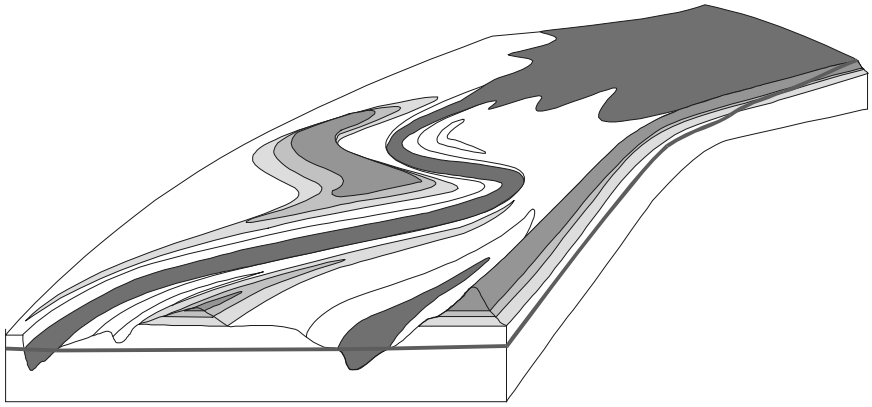
Eintrags- und Wirkungspfade von Schwermetallen und Arsen in Flußaue-Systemen am Beispiel der Mulde zwischen Bitterfeld/Wolfen und Dessau, Sachsen-Anhalt



vorgelegt vom

Diplom-Geologen
Oliver Brandt
aus Berlin

Von der Fakultät VI
Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften
der Technischen Universität Berlin
zur Erlangung des akademischen Grades
„Doktor der Naturwissenschaften“
– Dr. rer. nat. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuß:
Vorsitzender: Prof. Dr. rer. nat. U. Tröger
Berichter: Prof. Dr. rer. nat. W. Gläßer
Berichter: Prof. Dr. rer. nat. K. Germann
Berichter: PD Dr. rer. nat. G. Matheis

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 10.07.2003

Berlin 2003

D 83

Danksagung

Die Dissertation entstand im Rahmen der Forschungstätigkeiten im EU-Projekt „PROTO-WET[1]“ am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH (UFZ) in den Jahren 1996-1999. Hauptkoordinator war das „Royal Holloway Institute for Environmental Research“ mit Sitz in England. Das UFZ kooperierte darüber hinaus mit dem Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie im Institut für Angewandte Geowissenschaften der Technischen Universität Berlin. Hier wurde die Dissertation im Juli 2003 erfolgreich verteidigt.

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. W. Gläßer, der mir die Forschungstätigkeit in der Sektion Hydrogeologie am UFZ in dem erwähnten EU-Projekt ermöglichte und die Dissertation begutachtete. An dieser Stelle sei auch Frau Dipl.-Phys. U. Schmitz für die Realisierung des EU-Projekts gedankt.

Ein Dankeschön möchte ich an Herrn Prof. Dr. K. Germann und an Herrn PD Dr. G. Matheis vom Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie der TU Berlin richten. Neben der technischen Unterstützung wurde die Arbeit von ihnen fachlich betreut und in der letzten Phase gutachterlich geprüft. Gedankt sei auch Herrn W. Becker und Herrn L. Domin für die Nutzung des Geochemischen Gemeinschaftslabors an der TU Berlin.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. St. Geyer für die sehr gute Zusammenarbeit bei der Lösung fachlicher und logistischer Probleme zur Zeit meiner Tätigkeit in der Sektion Hydrologie des UFZ. Bei Herrn Dr. K. Henle bedanke ich mich für die Unterstützung bei EU-Projektarbeiten.

Danken möchte ich auch den Herrn Dipl.-Geol. M. Gunkel, Th. Barth, R. Lehr und Dipl.-Geogr. H. Potesta, die im Rahmen von Diplom- und Studienarbeiten mit ihren Ergebnissen zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Den Mitarbeitern/innen der Sektion Hydrogeologie insbesondere Frau B. Schneider, S. Leider, A. Sawallisch, G. Strenge und C. Zorn sowie den Herrn Dr. W. Richter und Dr. Dermietzel danke ich für ihre fachlich-technische Mithilfe bei Gelände-/Laborarbeiten und Analytik. Auch der Sektion Analytik des UFZ insbesondere Herrn Dr. R. Wennrich, PD Dr. J. Mattusch und Herrn Dipl. Ing. J. Steffen sei für die Bearbeitung der zahlreichen Wasserproben, Eluate und für die Arsen-Speziesanalytik gedankt. Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. R. Böhnke und Frau Dr. U. Wiegand für ihre Gastfreundschaft und bei Dr. W. Geyer und Dr. K. Kalbitz für wertvolle Literaturangaben.

Meinen Dank richte ich auch an Herrn PD Dr. T. Scheytt und Frau Dipl.-Geol. D. Gerstner von der TU Berlin für ihre Unterstützung zur Lösung hydrogeologischer Fragestellungen.

Zu danken ist auch Herrn Dr. F. Walkow vom Landratsamt Bitterfeld für die Einsicht von Karten- und Berichtsmaterial zur Umweltproblematik in der Aue bei Bitterfeld/Wolfen.

Ein herzliches Dankeschön sage ich auch meiner Freundin Jana für ihre Mithilfe und die kritische Durchsicht der Dissertation.

Die Arbeit möchte ich meinen überaus geduldigen Eltern widmen.

[1] PROTOWET: Procedures for the Operationalisation of Techniques for the Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (Contract nr. ENV4-CT95-0060)

Zusammenfassung

Im Rahmen des EU-Projekts „PROTOWET“ wurden in der mit anorganischen und organischen Schadstoffen belasteten Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen von Juli 1996 - Juni 1999 Untersuchungen zur Verteilung, Mobilität und Dynamik von Schwermetallen und Arsen in Böden sowie Oberflächen-, Boden- und Grundwasser durchgeführt. Eine Klassifikation der Aue nach lithofaziellen, pedogenen und hydrogeomorphologischen Eigenschaften bildete hierfür die Grundlage. Beobachtet wurde die Schadstoff-Dynamik in verschiedenen Auebereichen. Die Prognose des veränderlichen Schadstoffverhaltens in einer Flußaue ist insbesondere bei Renaturierungsmaßnahmen, Deichrückbau oder Wasserbaumaßnahmen von Interesse.

Im Verlauf der Hochwasserereignisse im März 1998, November 1998 und März 1999 wurden Elementgehalte und -mobilitäten (vorrangig Kornfraktion <63 µm) sowie Stoffkonzentrationen und saisonale Veränderungen der hydrodynamisch-hydrochemischen Boden- und Grundwasserverhältnisse untersucht. Von Bedeutung war die Erfassung des Senken- und Quellencharakters lithofaziell und hydrogeomorphologisch unterschiedlicher Auebereiche auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser in Anlehnung an das Bundes-Bodenschutzgesetz.

Der Rückgang der Schadstoffracht der Mulde seit der Fertigstellung des Muldestaudamms 1979 und der Vereinigung beider deutschen Staaten 1989/90 findet sich in der Elementverteilung rezenter und unterlagernder fossiler Oberbodenhorizonte wieder. Die Schwermetalle und Metalle Ag, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, U, W, V und Zn in den Aueböden bei Bitterfeld/Wolfen lassen sich nach zwei Elementverteilungsmustern gliedern. Die Oberböden sind vorrangig durch die chemisch-metallurgische Industrie Bitterfeld/Wolfens mit Ag, Cr, Sn, W, V (Cu, Pb) und über den Muldeoberlauf aus dem Erzgebirge (Bergbau, Industrie) mit As, Cd, Cu, Ni, Pb, U und Zn belastet. Das ältere Verteilungsmuster der Unterböden erfaßt Einträge von Ag, Cr aus Bitterfeld/Wolfen und As, Cd, Cu, Ni, Pb, Sn und Zn aus dem Erzgebirgsraum. Eine potentielle Grundwassergefährdung in der Muldeaue geht von Cd (10 - 20 mg/kg), As (100 - 300 mg/kg), Cr (200 - 2000 mg/kg) und Zn (250 - 2500 mg/kg) aus, die zum Teil auch in tieferen Bodenbereichen Belastungsmuster zeigen.
Im Gewässersediment des Spittelwassers wurden sehr hohe Gehalte von Zn und im Uferbereich von Cr ermittelt (Maximalwerte: Zn 10.044 mg/kg und Cr 10.117 mg/kg). Eine Schadstoffbelastung der Boden- und Grundwasserbereiche des Spittelwassers wurde nach Überschwemmungen im März 1998 bei pH-Werten von pH 4 - 5 in den sandigen, humosen Bodensubstraten anhand erhöhter Konzentrationen von Cr (0,44 - 0,17 mg/l) nachgewiesen.
Die Arsenproblematik betrifft verstärkt die Unterböden stark anoxischer Bereiche der Muldeaue mit GW-Flurabständen von weniger als 0,5 m u. GOK. Mikrobiologisch gesteuerte Reduktionsprozesse erhöhen die As-Konzentrationen im Boden- und Grundwasser auf durchschnittlich 1,5 mg/l bis maximal 29 mg/l. Elutions- und Extraktionsuntersuchungen bestätigen eine erhöhte As-Mobilität. Sickerwasserzuflüsse infolge von Überschwemmungen bewirken eine partielle Aufoxidation und den Grundwassertransport reduzierter As-Spezies. Die Mulde und benachbarte Grundwasserbereiche zeigen vergleichbare saisonale Konzentrationsverläufe. Senkenbereiche mit stark anoxischen Verhältnissen sind potentielle Quellbereiche für As.
Schwach anoxisch-oxische Auebereiche der karbonatfreien Muldeaue weisen niedrige pH-Werte auf, was die erhöhte Cd-Verfügbarkeit (Medianwerte: 3 - 21 µg/l) in Oberböden erklärt. Überschwemmungen verursachen einen Sickerwassertransport von gelöstem Cd aus dem Oberboden in das Grundwasser. O_2-reiche Sickerwasserzuflüsse in anoxischen Auebereichen bewirken Milieuänderungen und Erhöhungen der Cd-Konzentration im Grundwasser. Cd-Austräge sind verstärkt aus den Oberböden der Altarmbereiche während der Hochwasserphasen zu erwarten. Ein Cd-Austausch findet zudem in Grundwasser-Infiltrationszonen des Mulde-Uferbereichs im Kontakt zu den hochbelasteten Gewässersedimenten statt.

I. Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Inhaltsverzeichnis	I-1/-3
II.	Abbildungsverzeichnis	II-1/-7
III.	Tabellenverzeichnis	III-1/-3
IV.	Abkürzungen	IV-1
1.	Einleitung	1
1.1	Untersuchungsproblematik und Zielsetzung	1
1.2	Eigenschaften und Verhalten von Schwermetallen und Metallen in der Umwelt	3
1.2.1	Geogene und anthropogene Schwermetall- und Metallgehalte	3
1.2.2	Reaktions- und Umsetzungsprozesse in Böden	3
1.2.3	Spezifische Eigenschaften der untersuchten Schwermetalle und Metalle	7
1.2.4	Toxizität und Umweltverträglichkeit	9
1.3	Untersuchungskonzept und -methoden	10
1.3.1	Untersuchungskonzept	10
1.3.2	Anwendung der Bodensystematik und der lithofaziellen Gliederung in der Aue	11
1.3.3	Untersuchungsmethoden	13
1.3.3.1	Boden	13
1.3.3.2	Grund-, Boden- und Oberflächenwasser	14
1.3.3.3	Methoden der Laboranalytik	16
1.3.3.4	Speziierungsberechnungen mit Hilfe des Programmpakets PHREEQC	17
1.3.3.5	Statistische Methoden	17
1.3.3.6	Repräsentativität der Daten	18
1.4	Das Einzugsgebiet der Mulde und die Untersuchungsgebiete	20
1.4.1	Geographie, Klima und Hydrologie	20
1.4.2	Geologie des Mulde-Einzugsgebietes	21
1.4.3	Schadstoffbelastung der Muldeaue	22
1.4.3.1	Entwicklung der Industrieregion Bitterfeld/Wolfen	22
1.4.3.2	Umweltschäden in der Region Bitterfeld/Wolfen	23
1.4.4	Geographie	25
1.4.5	Zusammenfassung der großräumigen Verhältnisse	31
1.5	Lithofazies und pedologische Verhältnisse	32
1.5.1	Pedologisch-sedimentologische Kenndaten	35
1.5.2	Gliederung nach Lithofaziestypen	39
1.5.3	Zusammenfassung der lithofaziellen Verhältnisse und der Faziesgliederung	42
2.	Geochemie und Bodendynamik	44
2.1	Geochemisches Stoffinventar der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen	44
2.1.1	Korngrößenabhängige Verteilung von Schwermetallen und Metallen	44
2.1.2	Ermittlung regionaler geochemischer Hintergrundwerte	47
2.1.3	Eckdaten zur lithofaziellen-pedogenen Elementzusammensetzung	51
2.1.4	Verteilung von Schwermetallen und Metallen in Aueböden und Sedimenten	56
2.1.4.1	Eintragspfade von Schwermetallen und Metallen in der Muldeaue	56
2.1.4.2	Einfluß der Auenmorphologie auf die rezente Schwermetall-/Metallverteilung	64
2.1.4.3	Die historische Schwermetall- und Metallbelastung der Muldeaue	73
2.1.4.4	Zusammenfassung der rezenten und historischen Schwermetall-/Metallbelastung	79
2.2	Die Mobilität von Schwermetallen und Metallen in Aueböden und Sedimenten	81
2.2.1	Flächenbezogene Mobilitätsuntersuchungen	83
2.2.1.1	Elementspezifische Mobilität in Abhängigkeit von den Substrateigenschaften	83
2.2.1.2	Zusammenhänge zwischen Elementmobilität und Bodenreaktion (pH-/E_H-Wert)	89

		Seite
2.2.2	Erfassung der Elementbindungsverhältnisse an ausgewählten Vertikalprofilen	91
2.2.2.1	Redox-Prozesse in den Gewässersedimenten	93
2.2.2.2	Lithofaziestyp L1anox: Auengley unter stark anoxischen Verhältnissen	95
2.2.2.3	Lithofaziestyp L1ox: Auengley unter schwach oxisch-anoxischen Verhältnissen	97
2.2.2.4	Lithofaziestyp L2: undifferenzierte Auelehme	98
2.2.2.5	Lithofaziestyp L3: sandige Böden der Uferbereiche und einzelner Flutrinnen	98
2.2.2.6	Lithofaziestyp L4: kiesig-sandige Böden (Flutrinnen, Gleithänge, Kiesterrassen)	100
2.2.3	Zusammenfassung der substratabhängigen Elementmobilität in der Muldeaue	102
3.	Hydrogeologisch - hydrochemische Dynamik	106
3.1	Wasserhaushalt in Flußauen	106
3.1.1	Einfluß von Niederschlägen auf den Wasserhaushalt der Muldeaue	106
3.1.2	Hydrogelogische Verhältnisse in den Auebereichen der Transekte I und III	108
3.1.3	Modellrechnungen zur Abschätzung von Qualmwasserdurchbrüchen	111
3.1.4	Bilanzierung des Hochwassers im März 1998	114
3.1.5	Bodenwasserverhältnisse	118
3.1.6	Zusammenfassung der hydrologisch-hydrogeologischen Verhältnisse	121
3.2	Hydrochemie der Hauptkat-/Anionen, Schwermetalle (+As) u. Milieuparameter	122
3.2.1	Physiko-chemische Parameter und DOC	122
3.2.2	Gelöste Haupt- und Nebenbestandteile	128
3.2.2.1	Chlorid, Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium	128
3.2.2.2	Phosphorverbindungen	132
3.2.2.3	Reduzierbare und oxidierbare Stoffe	134
3.2.2.4	Gelöste Kohlenstoffspezies	139
3.2.2.5	Aluminium und Fluor	141
3.2.2.6	Ionenbilanz der gelösten Haupt- und Nebenbestandteile	144
3.2.3	Schwermetalle und Arsen	147
3.2.4	Speziesberechnung gelöster Ionen und Komplexe mit PHREEQC	155
3.2.4.1	Erläuterungen zu den verwendeten Parametern	155
3.2.4.2	Ergebnisse der Speziesberechnung	157
3.2.5	Multivariate statistische Analyse des milieuspezifischen Elementverhaltens	166
3.2.5.1	Korrelationsanalyse	166
3.2.5.2	Faktorenanalyse	168
3.2.6	Zusammenfassung des milieuspezifischen Stoff- und Elementverhaltens	171
3.3	Dynamik hydrochemischer Prozesse	175
3.3.1	Saisonale Variabilität physiko-chemischer Parameter: Temperatur, pH und E_H	176
3.3.2	Saisonale Variabilität von NO_3^-, Mn, Fe, As u. Cd im Boden- und Grundwasser	181
3.3.3	Korrelative Zusammenhänge zwischen Prozeß- und Stoffparametern	185
3.3.4	Zeitliche Entwicklung der Stoffdynamik von April 1997 - April 1999	188
3.3.5	Stoffdynamische Prozesse auf dem Pfad Oberflächen-/Grundwasser	191
3.3.6	Stoffbilanz von Auebereichen unter Hochwassereinfluß	199
3.3.7	Zusammenfassung der zeitabhängigen Stoff- und Elementdynamik	201
4.	Interaktionen geo-/hydrodynamischer Prozesse im Ökosystem „Flußaue“	203
4.1	Historische Stoffverteilung und ihre Wirkung	203
4.2	Mobilität von Metallen und Schwermetallen in unterschiedlicher Lithofazies	206
4.3	Hydrologie	207
4.4	Hydrochemische Standortverhältnisse	208
4.5	Hydrochemische Dynamik	210
4.6	Gefährdungspotentiale und Schlußfolgerungen	212
5.	Literatur	215

		Seite
V.	Anhang	V.1-1
V.1	Ausgegliederte Abbildungen und Tabellen	V.1-1
V.2	Datenanhang	V.2-1
V.2.1	Bodendaten	V.2-1
V.2.1.1	Erläuterungen zu den Bodendaten	V.2-1
V.2.1.2	Daten der untersuchten Aueböden	V.2-2
V.2.1.3	Vergleich zwischen Probenansprachen und Korngrößenanalysen	V.2-32
V.2.1.4	TC (Total Carbon) u. TOC (Total Organic Carbon) ausgewählter Bodenproben	V.2-39
V.2.1.5	Analyse der Korn- od. Substratdichte mittels Weithalspyknometer (DIN18124)	V.2-40
V.2.2	RFA-Bodendaten	V.2-41
V.2.2.1	Erläuterungen zu den RFA-Bodendaten	V.2-41
V.2.2.2	RFA-Bodendaten der Kornfraktion <63 µm	V.2-42
V.2.2.3	RFA-Bodendaten der Kornfraktion <2 mm	V.2-69
V.2.2.4	Element-Massenanteile einzelner Kornfraktionen (RFA-Daten)	V.2-75
V.2.2.5	Hintergrundgehalte (RFA) von Böden der Muldeaue und angrenzender Hochflächen	V.2-83
V.2.3	Daten der naßchemischen Extraktions- und Elutionsuntersuchungen	V.2-89
V.2.3.1	Methoden und Nachweisgrenzen zur Analytik	V.2-89
V.2.3.2	Daten der Extraktionen mit Königswasser (KW) und EDTA	V.2-90
V.2.3.3	Daten der NH_4NO_3-Elution (angenähert pflanzenverfügbarer Anteil „PFL“)	V.2-99
V.2.3.4	Statistische Zusammenfassung der Ergebnisse von KW, EDTA und PFL	V.2-102
V.2.3.5	Daten der sequentiellen Extraktion (ZEIEN & BRÜMMER 1989, 1991)	V.2-105
V.2.4	Daten der Grund-, Boden- und Oberflächengewässer	V.2-114
V.2.4.1	Erläuterungen zu Methoden der Wasseranalytik	V.2-114
V.2.4.2	Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt I	V.2-115
V.2.4.3	Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt II	V.2-135
V.2.4.4	Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt III	V.2-141
V.2.4.5	Analysen von Oberflächenwasser und Niederschlag (Schnee) – T I, II u. III	V.2-173
V.2.4.6	Vergleich ungefilterter mit gefilterten „b“-Wasserproben (gefiltert: <0,45 µm)	V.2-174
V.2.4.7	Daten der hydrochemischen Speziesberechnung mit Hilfe von PHREEQC	V.2-176

II. Abbildungsverzeichnis

		Seite
Abb. 1-1	Untersuchungskonzept zur Analyse von Wirkungs- und Transferpfaden von Schwermetallen u. Metallen i. d. Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen.	10
Abb. 1-2	Vergleich ausgewählter terrestrischer mit semiterrestrischen Böden nach AG BODENKUNDE (1994) mit vereinfachter Gliederung nach Oberboden- (Ob) und Unterbodenhorizonten (Ub).	11
Abb. 1-3	Meßkette zur Bestimmung des Redoxpotentials.	15
Abb. 1-4	Lageplan zum Einbau der Ausrüstung an den Meßstellen (T I und III).	16
Abb. 1-5	Einzugsgebiet der Mulde (umgezeichnet nach GUNKEL 1999).	20
Abb. 1-6	Übersicht über den Flußabschnitt zwischen Bitterfeld/Wolfen und Dessau. Untergliederung in Teilbereiche und Transekte.	25
Abb. 1-7	Karte des ersten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt I.	27
Abb. 1-8	Karte des zweiten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt II.	28
Abb. 1-9	Karte des dritten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt III.	29
Abb. 1-10	Karte des vierten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt IV.	30
Abb. 1-11	Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts I im Profilschnitt (stark überhöht).	32
Abb. 1-12	Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts II im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).	33
Abb. 1-13	Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts III im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).	34
Abb. 1-14	Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts III im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).	35
Abb. 1-15	Korrelation des TC mit dem TOC (Total Organic Carbon) im Diagramm „a“ und des TC • 2 mit dem GV (430° C) im Diagramm „b“.	36
Abb. 1-16	Glühverlust in Abhängigkeit von d. Korndichte (Frakt.<63 µm, <2 mm).	37
Abb. 1-17	Glühverlust (GV) der Ober-, Unterböden, fossilen Oberböden und Gewässersedimente der Transekte I - IV (Kornfraktion <63 µm).	37
Abb. 1-18	Vergleich von pH-Werten (0,1 M $CaCl_2$-Lösung) gemessen an feldfrischen Proben und nach Trocknung bei 40° C (r_{sp} = Spearman-Rho).	38
Abb. 1-19	Boden-pH ($CaCl_2$-Lsg.) von Ober-, Unterböden, fossilen Oberböden und Gewässersedimenten aller vier Transekte (T I - IV).	38
Abb. 1-20	Die räumlichen, lithofaziellen Verhältnisse aller Teilgebiete auf der Basis der Gruppierung nach Lithofaziestypen.	39
Abb. 1-21	Verteilung unterschiedlicher Lithofaziestypen in den Teiluntersuchungsgebieten der Transekte I und II.	40
Abb. 1-22	Verteilung unterschiedlicher Lithofaziestypen in den Teiluntersuchungsgebieten der Transekte III und IV.	40
Abb. 1-23	Verteilung der organischen Bodensubstanz gemessen am Glühverlust nach Transekten und Lithofaziestypen.	41
Abb. 1-24	Verteilung des pH-Werts nach Transekten und Lithofaziestypen.	41
Abb. 1-25	Relative Höhenlage der nach Transekten und Lithofaziestypen gruppierten Bodenhorizonte (Index).	42
Abb. 1-26	Schematische Gliederung der Aue nach Bodentypen (Kap. 1.3.2, Kap. 1.5) und Lithofaziestypen (Kap. 1.5.2).	43

		Seite
Abb. 2-1	Vergleich von Schwermetall-/Metallgehalten der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm des Vertikalprofils 2.11 am Spittelwasser (Profillänge 2 m).	44
Abb. 2-2	Gruppierung der As-Gehalte der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm nach Anteilen von I_K u. I_{GV} beider Fraktionen (Ober-/Unterbodenproben).	45
Abb. 2-3	Standorte der Stichprobenahme zur Ermittlung von regionalen Hintergrundgehalten für Schwermetalle/Metalle.	49
Abb. 2-4	Darstellung der SO_3-Gehalte (RFA) in den Oberböden des Transekts II in Abhängigkeit vom Abstand der Probenahmepunkte vom Spittelwasser.	55
Abb. 2-5	Boxplots der Verteilungen von Uran, Vanadium und Wolfram in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfr. <63 µm).	58
Abb. 2-6	Boxplots der Verteilungen von Arsen, Cadmium und Zink in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).	59
Abb. 2-7	Boxplots der Verteilungen von Kupfer, Nickel und Blei in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).	61
Abb. 2-8	Boxplots der Verteilungen von Silber, Chrom und Zinn in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).	62
Abb. 2-9	Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T I abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfr. <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).	65
Abb. 2-10	Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T II abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfr. <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).	66
Abb. 2-11	Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T III abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfr. <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).	67
Abb. 2-12	Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T IV abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfr. <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).	67
Abb. 2-13	*Auenrelieftypen* im Profilschnitt und theoretische Elementverteilung in Abhängigkeit von Überschwemmungen (grau).	68
Abb. 2-14	Clusteranalyse der Indizes der normierten Elementgehalte (Index: Gehalte/Median) von Oberböden. Darstellung von Geländehöhen und Fließgewässerabständen der Probenpunkte (RFA: Kornfraktion <63 µm).	70
Abb. 2-15	Boxplots der normierten Elementgehalte nach der Clusterung (Index = Wert/Median - Oberboden) je Untersuchungsgebiet der Transekte I - IV.	72
Abb. 2-16	Vertikale Verteilung von Spurenelementen im ufernahen Bodenprofil 3.7 des Transekts III (RFA: Kornfraktion <63 µm; Gehalte in mg/kg).	73
Abb. 2-17	Vertikale Elementverteilung im ufernahen Bodenprofil 4.2 (Muldeabstrom) des Transekts IV (RFA: Kornfraktion <63 µm in mg/kg).	74
Abb. 2-18	Vertikale Elementverteilung im ufernahen Bodenprofil 4.10 (Muldeanstrom) des Transekts IV (RFA: Kornfraktion <63 µm in mg/kg).	75
Abb. 2-19	Schadstoffbelastungsmuster verschiedener Auenrelieftypen 1 - 4 in Abhängigkeit von direkten oder indirekten Überschwemmungen.	80
Abb. 2-20	Vergleich der Gehalte von As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb und Zn feldfeuchter und trockener Proben (40° C) der Profile 1.1, 1.2 (Fraktionen in Tab. 1-4, S.14).	82
Abb. 2-21	Relativer Vergleich zwischen RFA-, KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalten auf der Basis von Medianwerten (Ober- und Unterböden).	84

		Seite
Abb. 2-22	Relativer Vergleich zwischen KW-, EDTA-, NH_4NO_3-Gehalten in Abhängigkeit von RFA-Gesamtgehalten der Kornfraktion <63 µm nach Bodenhorizonten (Ob: n = 40-70, fossiler Ob: n = 16-37, Ub: n = 21-71).	85
Abb. 2-23	Relativer Vergleich zwischen KW-, EDTA-, NH_4NO_3-Gehalten in Abhängigkeit von RFA-Gesamtgehalten der Kornfr. <63 µm nach Lithofaziestypen (L1: n = 14-34, L2: n = 31-76, L3: n = 17-55, L4: n = 7-14).	87
Abb. 2-24	Darstellung der pflanzenverfügbaren Anteile im Verhältnis zu RFA-Gesamtgehalten (Fraktion <63 µm) abhängig vom pH-Wert des Bodens.	90
Abb. 2-25	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Arsen.	96
Abb. 2-26	Pflanzenverfügbare Elementfraktion (NH_4NO_3) der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) im Verhältnis zum RFA-Gesamtgehalt (Kornfraktion <63 µm) im Bodenprofil 1.1 (TI oben; stark anoxisch) und im Bodenprof. 3.11 (TIII unten; schwach anoxisch/oxisch).	97
Abb. 2-27	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Cadmium.	99
Abb. 2-28	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Cd im Vertikalprofil 3.3/TIII (Flutrinne; Lithofaziestyp L4); Fraktionen 1-7 (siehe Tab. 2-15, S. 95).	100
Abb. 3.1-1	Lage der Klimameßstationen im Gebiet um Bitterfeld/Wolfen.	107
Abb. 3.1-2	Monatswerte des unkorrigierten Niederschlags und der potentiellen Verdunstung für Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes und Brandis (1981-97) [umgezeichnet nach HAFERKORN 2000].	107
Abb. 3.1-3	Grundwasserverhältnisse in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen umgezeichnet und verändert nach ANONYMUS (1994b).	108
Abb. 3.1-4	Hydrologische Verhältnisse am Transekt I bei Muldenstein/Greppin.	109
Abb. 3.1-5	Hydrologische Verhältnisse am Transekt III bei Schierau/Priorau.	110
Abb. 3.1-6	Prinzipskizze zum Ausbreitungsverhalten einer Hochwasserwelle im GWL einer Flußaue (idealisierter sinoidaler Wellenverlauf).	111
Abb. 3.1-7	Ergebnisse der numerischen Modellrechnung einer Hochwassersituation entlang von Vertikalprofilen entlang d. Transekte I, III mit ASMWin 6.0.	113
Abb. 3.1-8	Überschlägige Berechnung der Wasservolumina der gefluteten Senkenbereiche (einfacher linearer Ansatz).	114
Abb. 3.1-9	Bilanzierte Wasserfläche des Senkenbereichs am Transekt I.	115
Abb. 3.1-10	Ausdehnung der bilanzierten Altarm- und Flutrinnenbereiche auf der Westseite der Mulde bei Schierau/Priorau (Transekt III).	116
Abb. 3.1-11	Rückgang der Wasserstände im Altarmbereich nach dem Frühjahrshochwasser 1998 (Transekt III).	117
Abb. 3.1-12	Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstationen T I/2 und TI/3 (Transekt I; logarithmisch).	119
Abb. 3.1-13	Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstellen T III/1 und TIII/2 (Transekt III; logarithmisch).	119
Abb. 3.1-14	Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstellen T III/3 und TIII/4 (Transekt III; logarithmisch).	120
Abb. 3.1-15	Wirkungspfade des potentiellen Stofftransports zwischen Fließgewässer, Oberflächen- und Grundwasser in einer Flußaue bei Hochwasser.	121
Abb. 3.2.1-1	Temperatur, Leitfähigkeit und O_2-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der TI, TII und TIII (April 1996 - April 1999).	123
Abb. 3.2.1-2	pH-Werte im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).	124

Seite

Abb. 3.2.1-3 Redoxpotentiale (E_H-Werte) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 125

Abb. 3.2.1-4 Redoxpotentiale (E_H-Werte) des Boden- und Grundwassers der Transekte I, III in Relation zum GW-Flurabstand (Medianwerte, April 1996 - 1999). 126

Abb. 3.2.1-5 DOC-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 127

Abb. 3.2.2-1 Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} und Cl^{-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 129

Abb. 3.2.2-2 PO_4^{3-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 133

Abb. 3.2.2-3 Mikrobiologisch gesteuerte Redoxprozesse in aquatischen Systemen (umgezeichnet nach STUMM & MORGAN (1995) und ZOBRIST (2000)). 134

Abb. 3.2.2-4 NO_3^{-}- und NH_4^{+}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 135

Abb. 3.2.2-5 SO_4^{2-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 136

Abb. 3.2.2-6 Fe- und Mn-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 137

Abb. 3.2.2-7 Kennzeichnung der E_H-/pH-Stabilitätsbereiche von Fe und Mn im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (umgezeichnet nach SCHACHTSCHABEL et al. 1998). 138

Abb. 3.2.2-8 E_H-Grenzbereiche zur Kennzeichnung der beginnenden Reduktion von Fe und Mn (Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III, Probenahmen April 1996 - April 1999). 139

Abb. 3.2.2-9 HCO_3^{-}-, CO_3^{2-}- und CO_2-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 140

Abb. 3.2.2-10 F-, Al-Konzentration (Median) in der Muldeaue und am Spittelwasser (Transekte I, II und III, Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 142

Abb. 3.2.2-11 Adsorption von Anionen durch Goethit in Abhängigkeit vom pH (umgezeichnet nach HINGSTON et al. 1972). 142

Abb. 3.2.2-12 Ionen-Gesamtbilanz aller untersuchten Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereiche der Transekte I, II und III (Apr1996 - Apr1999). 144

Abb. 3.2.2-13 Fehler der Ionen-Gesamtbilanz aller Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereiche der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999). 145

Abb. 3.2.3-1 Arsen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 147

Abb. 3.2.3-2 Stabilitäts-Diagramm von Arsen (links) und As-Konzentrationen in Abhängigkeit vom E_H-Wert (rechts) (Oberflächen-, Boden- u. Grundwasser der T I, II und III; April 1996 - April 1999; APELLO & POSTMA 1993). 148

Abb. 3.2.3-3 Cadmium, Zink und Nickel im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 149

Abb. 3.2.3-4 Kupfer im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 152

Abb. 3.2.3-5 Chrom im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 153

Abb. 3.2.3-6 Blei im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999). 154

Seite

Abb. 3.2.4-1 Arsen-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 159

Abb. 3.2.4-2 Eisen-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 160

Abb. 3.2.4-3 Mangan-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 160

Abb. 3.2.4-4 Cadmium-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue d. Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 161

Abb. 3.2.4-5 Zink-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 162

Abb. 3.2.4-6 Nickel-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 162

Abb. 3.2.4-7 Kupfer-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 163

Abb. 3.2.4-8 Blei-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2). 164

Abb. 3.2.6-1 Darstellung der hydrochemischen Zusammenhänge zur Milieucharakteristik und zu Prozessen in unterschiedlichen Auebereichen. 172

Abb. 3.3-1 As- und Cd-Bodenlösungskonzentrationen im Vergleich zum NH_4NO_3-löslichen Anteil (Faktor = NH_4NO_3-Eluat / Median-Bodenlösung). 175

Abb. 3.3-2 Ganglinien der Temperatur im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I u. III v. April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode). 176

Abb. 3.3-3 Ganglinien der E_H-Werte des Oberflächen- und Grundwassers der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode). 177

Abb. 3.3-4 Ganglinien der E_H-Werte des Bodenwassers (BW) der Transekte I und III von April 97 - April 99 (graue Flächen: Winterperiode). 178

Abb. 3.3-5 Ganglinien der pH-Werte des Oberflächen- und Grundwassers der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode). 179

Abb. 3.3-6 Ganglinien der pH-Werte des Bodenwassers (BW) der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode). 180

Abb. 3.3-7 Jahreszeitliches Verhalten von Nitrat im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser). 181

Abb. 3.3-8 Jahreszeitliches Verhalten von Mangan im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI u. 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser). 182

Abb. 3.3-9 Jahreszeitliches Verhalten von Eisen im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser). 183

Abb. 3.3-10 Jahreszeitliches Verhalten von Arsen im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser). 184

Abb. 3.3-11 Jahreszeitliches Verhalten von Cadmium im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI u. 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser). 184

Abb. 3.3-12 Ganglinien der Konzentrationen von ΣAn-/Kationen, Ca^{2+}, SO_4^{2-} der Mulde (Transekte I und III) von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode). 187

Abb. 3.3-13 Ganglinien der Summen von An- und Kationen im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde). 189

Seite

Abb. 3.3-14 Ganglinien der Summen der DOC-Konzentration im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde). 190

Abb. 3.3-15 Ganglinien der NO_3^--Konzentration im Grundwasser (GW) der Transekte I, III und der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde). 191

Abb. 3.3-16 Ganglinien der Cd-Konzentration im Grundwasser der Transekte I, III und der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde). 192

Abb. 3.3-17 Ganglinien der As-Konzentration im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde). 193

Abb. 3.3-18 Chromatogramme verschiedener As-Spezies im Grundwasser der Auebereiche der Transekte I und III (IC/ICP-Massenspektrometrie; Sektion Analytik, UFZ Leipzig [MATTUSCH & WENNRICH 1998]; Chromatogramme umgezeichnet). 194

Abb. 3.3-19 Profilskizze zu Prozessen der As-Speziesverteilung im Grundwasser der Meßstellen GWMS 1, 2 und 3 (Transekt I) in den Monaten November 1998 und Februar 1999. 196

Abb. 3.3-20 Saisonal variierende Hydrochemie und Stoffdynamik in oxischen bis stark anoxischen Boden-/Grundwasserbereichen der Muldeaue. 201

Abb. 4-1 Zusammenfassung der hydrogeologisch-hydrochemischen Verhältnisse, der (Schad-)Stoffverteilung aufgrund der differenzierten Hydrogeomorphologie, der Klassifizierung der Elementmobilität nach Lithofaziesbereichen und der Stoffwirkungs- und Gefährdungspfade in der Muldeaue (ideal. Darstellung; Pfaddarstellung f. Schwermetalle/Metalle i. Abb. 4-2). 204

Abb. 4-2 Schema zur Gefährdungsabschätzung auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser für untersuchte Schwermetalle und Arsen in unterschiedlichen Lithofaziesbereichen (Spittelw. = Spittelwasserfazies / Ufer). 213

Anhang V.1	Ausgegliederte Abbildungen	Seite
Abb. V.1-1	Karte der Überschwemmungsbereiche i. d. Teiluntersuchungsgebieten.	V-1
Abb. V.1-2	Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse in den Auegebieten der Transekte I und II.	V-2
Abb. V.1-3	Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Auegebiet der Transekte III.	V-3
Abb. V.1-4	Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Auegebiet der Transekte IV.	V-4
Abb. V.1-5	Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts I.	V-5
Abb. V.1-6	Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts II.	V-6
Abb. V.1-7	Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts III.	V-7
Abb. V.1-8	Diskriminanzanalyse zur Überprüfung der Gruppierungsergebnisse der Clusteranalyse in Abb. 2-14, S. 70 (Kap. 2.1.4.2).	V-8
Abb. V.1-9	Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L1.	V-9
Abb. V.1-10	Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L2.	V-9
Abb. V.1-11	Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L3.	V-10
Abb. V.1-12	Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L4.	V-10
Abb. V.1-13	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Chrom.	V-11
Abb. V.1-14	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Kupfer.	V-12
Abb. V.1-15	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Eisen.	V-13
Abb. V.1-16	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Mangan.	V-14
Abb. V.1-17	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Nickel.	V-15
Abb. V.1-18	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Blei.	V-16
Abb. V.1-19	Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Zink.	V-17

III. Tabellenverzeichnis

		Seite
Tab. 1-1	Elementspezif. Grenz-pH-Werte für eine beginnende Schwermetallmobilisierung (BLUME & BRÜMMER [1987], HORNBURG & BRÜMMER [1993]).	5
Tab. 1-2	Ernährungsphysiologischer Nutzen und potentielle Toxizität wichtiger Metalle und Schwermetalle für Pflanzen und Tiere (BLUME 1992).	9
Tab. 1-3	Bodenparameter, welche für Bindung und Mobilität von Schwermetallen und Metallen Relevanz besitzen.	13
Tab. 1-4	Extraktions- und Elutionsmethoden zur Bestimmung des Mobilitätsverhaltens und der Bindungsverhältnisse von Schwermetallen und Metallen.	14
Tab. 1-5	Wasserprobenahme und Meßmethoden physiko-chemischer Parameter.	15
Tab. 1-6	Methoden der naßchemischen Analytik.	16
Tab. 1-7	Feststoffanalytik.	17
Tab. 1-8	Abflußstatistik des Muldepegels bei Bad Düben (OTTO & MLEINEK 1997).	20
Tab. 1-9	Vergleich von Eintragsraten von Schwermetallen aus dem Industrieraum Bitterfeld/Wolfen in die Mulde (ANONYMUS 1996).	23
Tab. 1-10	Auswahl bedeutender Altablagerungen und Deponien im Kreis Bitterfeld (Anonymus 1996).	24
Tab. 1-11	Anteile der Hauptkornfraktionen in den Böden aller vier Teilarbeitsgebiete (ausgenommen 15 Flußsedimentproben).	36
Tab. 2-1	Schwermetall-/Metallgehalte (RFA) von Kornfraktionen der Probe 2.11.7.	45
Tab. 2-2	Korrelationen von I_{EL}, I_K und I_{GV} nach Spearman-Rho (Ober- und Unterbodenhorizonte, RFA-Elementgehalte).	46
Tab. 2-3	Mittlere prozentuale Massenaneile von Schwermetallen/Metallen der Kornfraktionen <63 µm und 0,063 - 2 mm (Prob. d. Transekte I, II, IV).	47
Tab. 2-4	Hintergrundgehalte (mg/kg) für Auelehm im Land Sachsen-Anhalt nach LABO (1998); Elementgehalte des Gesamtbodens von 570 Proben.	48
Tab. 2-5	Ergebnisse der Stichprobenerhebung zur Ermittlung von Hintergrundgehalten bestimmter Metalle und Schwermetalle in Muldeaueböden.	48
Tab. 2-6	Geochemische Eckdaten der Muldeaue (Kornfraktion <63 µm; RFA).	52
Tab. 2-7	Korrelation der Hauptelemente sowie Bodenparameter GV und PT (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm; Korrelation nach Spearman-Rho).	53
Tab. 2-8	Medianwerte des als SO_3 berechneten Schwefels (RFA) der Böden in der Muldeaue (Kornfraktion <63 µm).	54
Tab. 2-9	Geochemische Eckdaten umweltrelevanter Spurenelemente in der Muldeaue (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm).	56
Tab. 2-10	Elementgehalte (mg/kg) von Gewässersedimenten der Transekte I bis IV (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm).	57
Tab. 2-11	Korrelation von Schwermetall-/Metallgehalten der rezenten Oberböden mit der Geländehöhe und Flußentfernung (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm; Spearman-Rho).	69
Tab. 2-12	Korrelation von Schwermetallen/Metallen der rezenten Ober- und Unterböden der Transekte I - IV (RFA: Kornfraktion <63 µm; Spearman-Rho).	76
Tab. 2-13	Faktorenanalyse von Schwermetallen/Metallen in Oberboden- und Unterbodenhorizonten (RFA: Kornfraktion <63 µm; Daten ln-normiert; Hauptkomponentenanalyse, Varimax-rotierte Komponentenmatrizes).	78

		Seite
Tab. 2-14	Vergleich der Bodenreaktion (pH-$CaCl_2$) im Feucht- und Trockenzustand.	81
Tab. 2-15	Korrelationen zwischen RFA-, KW- und NH_4NO_3-Gehalten von Schwermetallen- und Metallen (Spearman-Rho).	83
Tab. 2-16	Substratspezifische Mobilitätsverhältnisse nach Lithofaziestypen in Abhängigkeit vom Verhältnis der KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten.	88
Tab. 2-17	Durchschnittliche Ergebnisse (Mittelwerte) der sequent. Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991); %-Anteile der Frakt. (Kornfr. <63 µm).	92
Tab. 2-18	Ergebnisse der elementspezifischen Mobilität in Auebereichen mit unterschiedlicher Lithofazies und Milieuverhältnissen (pH < 7).	104
Tab. 3.1-1	Hydrochemische Inhaltsstoffe v. Niederschlägen (Probenahme 15.12.1999).	107
Tab. 3.1-2	Wasserbilanz der abflußlosen Senke am Transekt I (Hochwasser 1998).	115
Tab. 3.1-3	Wasserbilanz der Flutrinne am Transekt III (Hochwasser 1998).	116
Tab. 3.1-4	Wasserbilanz des Altarmbereichs in der Muldeaue am Transekt III (Hochwasser 1998).	118
Tab. 3.2.2-1	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} und Cl^{-}-Konzentration (Median) in der Mulde und im Spittelwasser (Transekte I, II und III, Meßzeitraum Apr 1996 - Apr 1999).	128
Tab. 3.2.2-2	Korrelation der F-, Al-, Fe und DOC-Konzentration (Median) mit E_H- und pH-Wert (Transekte I, III, Meßzeitraum April 1996 - April 1999).	143
Tab. 3.2.4-1	Ergebnisse der Huminstoff-Fraktionierung von HANSCHMAN et al. (1997) und KALBITZ (1996).	156
Tab. 3.2.5-1	Korrelationen der Einzelwerte der Wasseranalysen unterhalb der Diagonalen (n = 180 - 420). Korrelationen der Medianwerte der Meßreihen oberhalb der Diagonalen (n = 29 u. 12 [GW* = Flurabstand]) (OW/BW/GW-Daten der Transekte I, II und III).	167
Tab. 3.2.5-2	Faktorenanalyse der Hauptkationen und -anionen sowie wichtiger physikochemischer Parameter im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue (Hauptkomponentenmethode mittels SPSS 7.5 nach BACKHAUS et al. 2000; Daten logarithmiert).	169
Tab. 3.2.5-3	Faktorenanalyse der Schwermetalle, Metalle und Arsen sowie wichtiger physiko-chemischer Parameter im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue (Hauptkomponentenmethode mittels SPSS 7.5 nach BACKHAUS et al. 2000; Daten logarithmiert).	170
Tab. 3.3-1	Korrelation von Inhaltsstoffen und physiko-chemischen Parametern der Oberflächengewässer, des Boden- und Grundwassers aller Meßstellen der Transekte I, II und III (Spearman-Rho, zweiseitig). Korrelation Median-normierter Werte zur Analyse der saisonalen Abhängigkeit (monatliche Probenahmen von April 1997 - April 1999).	186
Tab. 3.3-2	Korrelationen monatlich beprobter Parameter/Stoffe in zeitlicher Aufeinanderfolge der Probenahmen (April 1997 - April 1999).	188
Tab. 3.3-3	As(III) und As(V) in Grundwasserauebereichen der Transekte I und III (Koppelungstechnik: Ionenchromatographie mit ICP-Massenspektrometrie; Analytik UFZ Leipzig [MATTUSCH & WENNRICH 1998]).	195
Tab. 3.3-4	Daten anderer Redox-empfindlicher Parameter zu den Grundwasserverhältnissen der Meßstellen 2 und 3 (T I/GW 2, 3) in den Monaten November 1998 und Februar 1999.	196

		Seite
Tab. 3.3-5	Daten anderer Redox-sensibler Parameter zu den Grundwasserverhältnissen an den Meßstellen 3 und 4 (T III/GW 3, 4) in den Monaten November 1998 und Februar 1999.	197
Tab. 3.3-6	Physiko-chemische Parameter u. Stoffkonzentrationen (As u.a.) des Altarmgewässers des Transekts III von Juli - Dezember 1999 (TIII/Altarm).	198
Tab. 3.3-7	Bilanzierung der umgesetzten Stoffmengen von Nitrat, Mn, Fe, As, Cd, Cu, Ni, Pb und Zn im Oberflächen- und Grundwasser an den Meßstellen TI/GW3 und TIII/GW4 zur Zeit der Hochwasserphasen 1998/99.	199

Anhang V.1	Ausgegliederte Tabellen	Seite
Tab. V.1-1	Korrelationen zwischen den KW/RFA-, EDTA/RFA- und NH_4NO_3/RFA-Verhältnissen der untersuchten Schwermetalle und Metalle und wichtigen Bodenparametern (Spearman-Rho).	V-18
Tab. V.1-2	Bodenprobenahme und Meßmethoden physiko-chemischer Parameter.	V-19
Tab. V.1-3	Nachweisgrenzen des Meßprogramms „Powder 1“ der RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse) an der TU Berlin, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geowissenschaften.	V-20
Tab. V.1-4	Methoden und Nachweisgrenzen zur naßchemischen Analytik der Extraktions- und Elutionslösungen.	V-21
Tab. V.1-5	Erläuterungen zu Methoden der Wasseranalytik.	V-22
Tab. V.1-6	Nachweisgrenzen zur Analytik der Wasserproben.	V-23

IV. Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektrometrie
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (12. Juli 1999)
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz (09.09.1998)
BSG	Bestimmungsgrenze
BW	Bodenwasser
C/H-Verhältnis	Kohlenstoff/Wasserstoff-Verhältnis (org. Bodensubstanz)
CKW	Chlorierte Kohlenwasserstoffe
C/N-Verhältnis	Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (org. Bodensubstanz)
O/C-Verhältnis	Sauerstoff/Kohlenstoff-Verhältnis (org. Bodensubstanz)
°dH	Gesamthärte des Wassers
DDT	Dichlorodiphenyl-Trichloroethan (Pestizit)
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff (Dissolved Organic Carbon)
DOM	gelöste organische Substanz (Dissolved Organic Matter)
EDTA	Ethylen-Diamin-Tetra-Essigsäure
GV	Glühverlust
GW	Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermeßstelle
HCH	Hexachlorcyklohexan
hPa	Hektopascal
IC	Ionenchromatographie
ICP-AES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma
KAK	Kationenaustauschkapazität
KW	Königswasserextraktion
LABO	Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
mval	Äquivalentionenkonzentrationen (alte Bezeichnung)
mmol	Äquivalentionenkonzentrationen (aktuelle Bezeichnung)
m üb. GOK	Meter über Geländeoberkante
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante
m NN (m üb. NN)	Meter über Normalnull
NH_4NO_3	Ammoniumnitrat
OC	Organischer Kohlenstoff (Organic Carbon)
OW	Oberflächenwasser
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
POC	partikulär organischer Kohlenstoff (Particulate Organic Carbon)
pH	Negativer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration
RDA	Röntgendiffraktometrie
RFA	Röntgenfluoreszenzanalyse
SE	Sequentielle Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991)
TC	Gesamtkohlenstoff (Total Carbon)
TIC	gesamter anorganischer Kohlenstoff (Total Inorganic Carbon)
TOC	gesamter organischer Kohlenstoff (Total Organic Carbon)
u.a.	unter anderem
UV/VIS-Spektren	Ultraviolet/Visible Spectrum (ultraviolettes und sichtbares Licht)

1. Einleitung

1.1 Untersuchungsproblematik und Zielsetzung

Die Dissertation beschäftigt sich mit der räumlichen Verteilung, dem Mobilitätsverhalten und der Dynamik von Schwermetallen und Metallen in lithofaziell und hydrogeomorphologisch unterschiedlichen Auebereichen an der Mulde zwischen Bitterfeld/Wolfen und Dessau in Sachsen-Anhalt. Bei den Untersuchungen stand der Wirkungspfad Boden-Grundwasser im Vordergrund (BBodSchG in BUNDESGESETZBLATT 1998).

Die Schadstoffbelastung in den mitteldeutschen Auen von Saale, Weißer Elster, Mulde und der Elbe stellt heute noch und auch zukünftig ein großes ökologisches Problem dar. Die Muldeaue war in der Vergangenheit bereits Forschungsgegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Arbeiten (ANONYMUS 1994, 1994b, 1995, 1996, 1997; BIRKE et al. 1995; BRANDT et al. 1999, 2000; FUCHS 1999a, 1999b; GEYER et al. 2000; HANSCHMANN 1997; HANSCHMANN et al. 1997; HEINRICH 1998; HEINRICH et al. 2000; HOPPE 1995; KALBITZ 1996; KALBITZ & WENNRICH 1998; KLIMANEK 2000; KLUGE 1997; KRÜGER et al. 1995; KRÜGER 1995; NEUMEISTER et al. 1991, 1995; OTTO & MLEINEK 1997; PEKLO & NIEHUS 1993, 1997; POPP et al. 1997; POTESTA 1999; POTESTA et al. 2000; TITOVA et al. 1995; u.a.). Untersuchungen zur Belastung von Boden, Flora und Fauna konzentrierten sich meist auf den Bereich der oberen humosen Bodenhorizonte. Die Rekonstruktion der historisch-sedimentären Abfolge der Stoffeinträge in der Muldeaue ist unvollständig. Detailliertere Studien über die Mobilität und Stoffdynamik in Abhängigkeit vom saisonal variierenden Wasserhaushalt der Aue sind für eine sichere Prognose unabdingbar.

Die Schwermetallbelastung der Flüsse nahm durch den Erzgebirgsbergbau seit dem Mittelalter und durch die Industrialisierung ab dem frühen 18. Jahrhundert stetig zu. Der industrielle Aufschwung im Verlauf des 19. Jahrhunderts führte zu einem raschen Anstieg der Gewässer-, Boden- und Luftbelastung mit organischen und anorganischen Schadstoffen. Die Vereinigung beider deutschen Staaten 1989/90 hatte den wirtschaftlichen Zusammenbruch und Rückbau der zumeist veralteten mitteldeutschen Industrie zur Folge. Daraufhin setzte mit dem Rückgang industrieller und kommunaler Einleitungen unmittelbar eine deutliche Verbesserung der Fließgewässerqualität ein (OTTO & MLEINEK 1997). Schadstoffe in Böden und Flußsedimenten belasten jedoch weiterhin das Flußauen-Ökosystem und beeinträchtigen die landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau, Grünlandnutzung) sowie die Grundwasserqualität.

Die elementspezifische Mobilität von Metallen und Schwermetallen ist abhängig von der variablen Schadstoffverteilung in unterschiedlichen Lithofaziesbereichen der Aue und von saisonal veränderlichen und hydrologisch geprägten Milieuverhältnissen. Für die Bewertung des Schadstoffgefährdungspotentials ist vor allem die Betrachtung der Transferpfade zwischen Fließgewässern, Boden, Sicker- und Grundwasser von Bedeutung.

Die Forschungsarbeiten in der Flußaue der Mulde bei Bitterfeld/Wolfen wurden unter der Leitung des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle (UFZ) im Zeitraum Sommer 1996 bis Sommer 1999 durchgeführt. Die Untersuchungen fanden im Rahmen des Europäischen Forschungsprojekts „PROTOWET[*]“ statt. Projektkoordinator war die „Wetland Ecosystem Research Group (WERG)“ am Royal Holloway Institute for Environmental Research (RHIER) der Royal Holloway University of London.

[*] PROTOWET: Procedures for the Operationalisation of Techniques for the Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (Contract nr. ENV4-CT95-0060)

Projektziel war die Validierung eines Bewertungssystems für Feuchtgebiete, dessen Klassifikationsschema auf geo-, hydrogeologischen, geomorphologischen, biologischen, pedologischen und nutzungsbedingten Informationen basiert. Kern des Bewertungssystems ist das „Hydrogeomorphe Einheiten-Konzept“ (BRINSON 1993). Dieses diente BRINSON (1993) als Grundlage zur Beschreibung und Bewertung zeitlich und räumlich hydrogeomorphologisch variabler Feuchtgebiete. MALDBY et al. (1994, 1996) modifizierte dieses Konzept, um es auf die bereits stark anthropogen veränderten Flußauen in Europa übertragen zu können (GEYER et al. 2000). Auebereiche mit vergleichbarer Geomorphologie, Hydrogeologie und ähnlichen Boden- und Vegetationsverhältnissen werden demnach als *Hydrogeomorphe Einheiten* zusammengefaßt (HGMU = *Hydrogeomorphic Unit*). Ziel ist die Entwicklung eines Indikatorenkonzepts zur Erfassung und Bewertung ökologischer Veränderungen von Feuchtgebieten. Deren Schutz aber auch die umweltgerechte, schonende Nutzung von Ressourcen durch die Land- und Wasserwirtschaft, die Industrie, den Bergbau (Steine und Erden), u.a. Interessengruppen soll beim europaweiten Einsatz gewährleistet werden.

Im Vorfeld von „PROTOWET“ wurde im Projekt „FAEWE[**] “ das grundlegende Klassifikationsschema entwickelt (FAEWE Procedures in WERG 1998).

An „PROTOWET“ waren neben RHIER folgende Forschungsinstitutionen beteiligt:

- Department of Plant Ecology and Evolutionary Biology, University of Utrecht;
  Themenschwerpunkt: Nährstoffhaushalt, Biomassenbilanzierung
- Laboratoire d’Écologie Végétale, Université de Rennes;
  Themenschwerpunkt: Vegetation/Habitatausbildung
- Department of Forest Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences (SUAS);
  Themenschwerpunkt: Kohlenstoffkreislauf
- Department of Forest Ecology, Trinity College Dublin (TCD);
  Themenschwerpunkt: Hydrogeologie, Hydrologie
- UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle, Sektion Hydrogeologie und Projektbereich Naturnahe Landschaften;
  Themenschwerpunkt: Wirkungs- und Eintragspfade von Schadstoffen in Auegebieten in Kooperation mit der TU Berlin, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie.

Unter den Vorgaben von „PROTOWET“ wurden an eigenen Auestandorten über zwei Jahre pedo-, geo-, bio- und hydrochemische sowie hydrologische Untersuchungen betrieben. Neben Untersuchungen der Schadstoffmobilität und -wirkung zwischen Boden und Oberflächen-, Boden- und Grundwasser, die den Schwerpunkt der Dissertation bilden, wurden u.a. Informationen zur Hydrologie, zur Nährstoffproblematik (Retention, Eintrag/Austrag) sowie zur floristischen Habitatausbildung und -diversifikation zusammengetragen.

Zuarbeiten zum Projekt und der Dissertation wurden geleistet durch:

a) Laboratoire d’Écologie Végétale (Université de Rennes): Vegetationskartierung.
b) Sektion Analytik in Leipzig und Halle des UFZ.
c) Studien- und Diplomarbeiten von BARTH (2000), GUNKEL (1999) und LEHR (1999) im Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie am Institut für Angewandte Geowissenschaften der TU Berlin.
d) Diplomarbeit von POTESTA (1999) an der Georg-August-Universität zu Göttingen.

[**] FAEWE: Functional Analysis of European Wetland Ecosystems (EC DGXII STEP CT90-0084 / EV5V-CT94-0559)

1.2 Eigenschaften und Verhalten von Schwermetallen und Metallen in der Umwelt

1.2.1 Geogene und anthropogene Schwermetall- und Metallgehalte

Geogene Elementgehalte der Böden sind zumeist auf unterschiedliche Ausgangsgesteine, Mineral- und Erzparagenesen sowie auf deren Verwitterung und Bodenbildungsprozesse zurückzuführen. Vulkanausbrüche sind oftmals die Ursache von schubweisen atmosphärischen Elementimmissionen in Form von Gasen, Stäuben und Flugaschen. Untermeerische vulkanische Aktivitäten in der Nähe der ozeanischen Rücken (hydrothermale Exhalationen) tragen zur Elementanreicherung der Meere bei. Im terrestrischen Bereich unterscheidet man verschiedene Elementprovinzen mit verschiedenen Ausgangsgesteinen und Böden (ALLOWAY 1990). Eine beispielhafte Zusammenstellung durchschnittlicher Gesamtelementgehalte verschiedener Gesteine und Böden sowie der Clarke-Werte und anderer Vergleichswerte verschiedener Autoren wie TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) findet man bei FIEDLER & RÖSLER (1993).

Für verschiedene Ausgangsgesteine und Böden wurden in der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen des neuen Bundesbodenschutzgesetzes (BUNDESGESETZBLATT 1998) durch die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ aufgestellt (LABO 1998). Diese setzen sich aus länderübergreifenden und länderbezogenen Listen zusammen, die der Unterscheidung geogener Gehalte von anthropogenen Einträgen dienen. Für Bewertungen von anthropogenen Bodenbelastungen wird generell die BBodSchV (BUNDESGESETZBLATT 1999) herangezogen.

Schadstoffe werden generell durch Industrie, Verkehr oder Hausbrand in die Atmosphäre und Fließgewässer eingetragen. In der Landwirtschaft gelangen Schadstoffe durch Deponierung und Düngung, Pestizid- oder Insektizideinsatz in die Böden und Gewässer. In den meisten Fällen überdeckt die anthropogene Schwermetallbelastung die geogenen Verteilungsmuster der Sedimente und Böden (BRÜMMER et. al. 1991, FIEDLER & RÖSLER 1993).

1.2.2 Reaktions- und Umsetzungsprozesse in Böden

Die Mobilität, Verfügbarkeit und das Transferverhalten von Schwermetallen und Metallen in der Umwelt werden entscheidend von Austauschprozessen zwischen Pedo-, Litho-, Hydro-, Atmo- und Biosphäre geprägt. Physikochemische Prozesse wie Sorption/Desorption, Fällung, Komplexbildung und Redoxreaktionen sind direkt für die Mobilität von Schwermetallen, anderen Elementen und Stoffen verantwortlich. Bei Änderung wichtiger physikochemischer Bodenparameter wie des pH-Werts, des Redoxpotentials und der reaktionskinetisch wichtigen Temperatur sowie der Stoffkonzentration kommt es zu Mobilisierungs- und Demobilisierungsprozessen zwischen der organisch-anorganischen Bodenmatrix und der Bodenlösung in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone.

Sorption und Desorption

Bei der *Sorption* unterscheidet man nach ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER (1990) und HAMER & SIEGER (1994) zwischen:

- der *Absorption*, oder dem Eindringen eines Stoffes in einen Festkörper ohne Mitwirkung von chemischen Bindungskräften
- der *Adsorption* bzw. der Bindung von Stoffen/Fremdatomen an Oberflächen oder Grenzflächen:

  Die *unspezifische Adsorption* erfolgt aufgrund der schwachen elektrostatischen Wirkung variabler Ladungen und wird durch die Absättigung von Restvalenzen im Kristallgitter oder durch Van Der Waalsche Kräfte hervorgerufen (Dipol-Dipol-Bindung).

Die *spezifische Adsorption* basiert auf kovalenten Bindungen mit deutlich höherer Bindungsenergie und irreversiblem Charakter. Die Begriffe „spezifische Adsorption“ und „Chemosorption“ beschreiben hierbei denselben Vorgang.

Die Kationensorption an negativ (elektrostatisch) geladenen Festkörperoberflächen (bsp. Tonmineraloberflächen oder Oxiden) wird nach der DDL-Theorie (diffuse double-layer) im Sorptionsmodell beschrieben (von GOUY und CHAPMAN in MCBRIDE 1994). DAVIS & LECKIE (1978) erweiterten das Modell der Kationensorption durch die Oberflächenadsorption aufgrund pH-Wert-abhängiger (monodentate) und chemischer (bidentate) Bindungsanteile. An unterschiedlichen Oberflächenreaktionskomplexen wie Hydroxylgruppen können u.a. H^+-Ionen oder andere einwertige Kationen (Na^+) durch höherwertige verdrängt werden.

Prozesse der unspezifischen (physikalischen) Sorption mit steigender Ionenkonzentration sowie Oberflächenfällung oder Fällung wurden näher untersucht (WERSIN et al. 1989). Hohe Salzgehalte (Na^+, K^+) in der Bodenlösung führen zu einer Verdrängung bereits sorbierter Kationen und damit zu einer Erhöhung der Schwermetallmobilität (KUNTZE et al. 1984).

Das komplexe milieu-, material- und stoffspezifische Sorptionsverhalten läßt sich mittels Isothermengleichungen und Sorptionskoeffizienten beschreiben (nach HENRY, FREUNDLICH und LANGMUIR in ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER 1990).

Komplex- und Kolloidbildung

Die *Komplexbildung* von Metallionen betrifft sowohl anorganische wie auch organische Liganden (Ionen oder Moleküle).

Anorganische Liganden sind u.a. OH^-, Cl^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}. Organische Komplexbildner sind u. a. Huminstoffe wie Fulvin- (löslich in Säuren und Basen) und höhermolekulare Huminsäuren (löslich in Säuren und Basen ab pH > 3,5) sowie Humine (unlöslich in Säuren und Basen), die beim Abbau organischer Substanz freigesetzt werden können.
Huminstoffe tragen als gelöste organische Substanzen (Dissolved Organic Matter = DOM) entscheidend zur Mobilität von Metallen in Böden bei. Schwermetallbindende Salze der Fulvin- oder Huminsäuren bezeichnet man als Fulvate bzw. Humate. Huminstoffe besitzen mit über 2000 m²/g generell eine weitaus größere spezifische Oberfläche und damit auch eine viel höhere Sorptionskapazität für Metallionen als Tonminerale. Huminstoffe belegen teilweise Sorptionsplätze an der Bodenmatrix und können somit die Adsorption von Metallionen oder auch anionischen Komponenten behindern (KRÜGER 1995; KALBITZ 1996).

Huminstoffe besitzen funktionelle Gruppen, die als Carboxyl-(-COOH), Carbonyl-(=CO), phenolische Hydroxyl-(Aromat-OH), Methoxyl-(OCH_3), Amino-($-NH_2$) oder Imino-(=NH)-Gruppen bezeichnet werden (GRAUER 1989; SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Diese gehen als negative Komplexbildner mittels elektrostatischer Kräfte (koordinative Bindung) oder über Atombindungen (kovalente Bindung) unterschiedlich stabile Komplexe mit Metallionen ein. Mit der Belegung der freien Sorptionsplätze sinkt die elektrostatische Abstoßung des Gesamtmoleküls, was eine Kontraktion, Aggregation und *Kolloidbildung* zur Folge hat. Daraus resultiert die Unlöslichkeit der Huminstoffe in saurer Lösung im Verlauf der Protonierung und des Übergangs zu kompakten, hydrophoben Strukturen (GRAUER 1989; KRÜGER 1995).
Die Komplexstabilität zwischen Metallen und Huminstoffen – ausgedrückt durch Stabilitätskonstanten nach dem Massenwirkungsgesetz – nimmt im allgemeinen in folgender Reihe ab: $Hg^{2+} > Fe^{3+} > Al^{3+} > Cu^{2+} > Pb^{2+} > Fe^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Cd^{2+} > Zn^{2+} > Mn^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+}$.
Für organische Substanzen wurde in sauren Humusextrakten und Sickerwässern folgende Stabilitätsreihe ermittelt: Cr > Fe > Al > Pb ≥ Cu > Ni > Co ≥ Cd > Zn ≥ Mn = Ca = Mg

(KALBITZ 1996). Mit steigendem pH-Wert und sinkender Elektrolytkonzentration erhöht sich die Stabilität gelöster organischer Substanz aufgrund eines größeren Angebotes an negativ geladenen funktionellen Gruppen. Im anoxischen und für viele Flußauebereiche charakteristischem Bodenmilieu findet oft eine verstärkte Umsetzung von organischer Substanz statt. Dementsprechend erhöht sich die DOM-Konzentration und gleichzeitig der Anteil metallorganischer Komplexe im Sicker- und Grundwasser (BRÜMMER 1978; SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Die DOM wird quantitativ über den Anteil an gelöstem organischen Kohlenstoff bestimmt (Dissolved Organic Carbon = DOC).

Der Grad der Metall-Komplexierung oder Chelatisierung durch die organische Substanz ist abhängig von deren Zusammensetzung. Schwermetalle und Metalle werden bevorzugt an sehr mobile hydrophile Säuren und weniger an hydrophobe und eher unbewegliche DOM-Bestandteile gebunden (KALBITZ 1996). Eine Speziation von huminstoffgebundenen Metallen ist hinsichtlich der schlechten Differenzierbarkeit verschiedener Bindungs- bzw. Sorptionstypen wie Huminstoffkolloide, Makromoleküle oder Huminstoff/Ton-Kolloide analytisch immer noch problematisch (KRÜGER 1995).

pH-Wert und Redoxprozesse

Die Mobilisierung von Metallen und Schwermetallen ist mit abnehmendem *pH-Wert* elementspezifisch (Tab. 1-1). Eine quantitativ relevante Mobilisierung wird nach BLUME & BRÜMMER (1987) und HORNBURG & BRÜMMER (1993) infolge der Unterschreitung eines Grenz-pH-Wertes angegeben (Tab.1-1).

Tab. 1-1: Elementspezifische Grenz-pH-Werte für eine beginnende Schwermetallmobilisierung (BLUME & BRÜMMER 1987; HORNBURG & BRÜMMER 1993).

Schwermetalle/Metalle	Cd	Cr(III)	Cu	Fe(III)	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
Grenz-pH-Wert	6,5-6	4,5-4	4,5	3,5	4	5,5	5,5	4	6-5,5

Stauwassereinfluß, Grundwasserschwankungen oder Überflutungsereignisse führen den Wechsel von *pH-Wert* und *Redoxbedingungen* in Böden herbei und verändern somit das Schwermetallverhalten (HERMS & BRÜMMER 1979).

Redoxreaktionen verursachen allgemein eine Änderung der Oxidationsstufe bei den beteilgten Elementen in Boden, Sicker- und Grundwasser und beeinflussen damit das Mobilitätsverhalten (HAMER & SIEGER 1994). Die Meßgröße für elektrochemische Reaktionen mit Elektronen-Transferprozessen ist das Redoxpotential. Dieses ist abhängig von der Art und Konzentration der reaktiven Stoffe sowie vom pH-Wert und den Druck- und Temperaturverhältnissen. An einer Redoxreaktion, formuliert durch die Nerst-Gleichung (SCHÜRTING et al. 2000), sind grundsätzlich zwei Redoxpaare in Form zweier Halbreaktionen beteiligt. Das Redoxpotential wird als Spannungsdifferenz zwischen einer Bezugselektrode und einer Meßelektrode ermittelt. Bei der oxidativen Halbreaktion wird durch eine Elektronenabgabe die Oxidationszahl erhöht, während bei der reduktiven Halbreaktion eine Elektronen-Aufnahme erfolgt.
Zwischen dem Redoxpotential und der H^+- bzw. OH^--Ionenkonzentration, gemessen als pH-Wert, existiert eine Abhängigkeit. Mit abnehmendem Redoxpotential treten charakteristische pH-Veränderungen der Böden auf. In schwach bis mäßig sauren Böden steigen die pH-Werte mit zunehmender Reduktion bis zu neutralen Werten an, da für die Reduktion von Substanzen H^+-Ionen verbraucht werden. Umgekehrt führt die Oxidation reduzierter Stoffe zu einer pH-Erniedrigung (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Biologische E_H- und pH-abhängige Prozesse dienen dem Energieaustausch und dem Stoffumsatz im Boden-, Sicker- und Grundwasser. Diese führen bei abnehmendem Sauerstoffangebot über mehrere Schritte zum Abbau organischer Substanz und zur Bildung von CO_2 und CH_4. Bei sinkendem Redpoxpotential sind Reduktionsprozesse von Mn- und Fe-Oxiden und anderer Elemente sowie die Denitrifizierung, der Sulfatabbau mit anschließender Sulfidbildung u.a. von Schwermetallen in der ungesättigten bis gesättigten Bodenzone zu erwarten.

Stabilitätsdiagramme dienen zur Darstellung der Elementspezies und ihrer jeweiligen Stabilitätsfelder bei gegebenen E_H- und pH-Verhältnissen und konstanten Druck- und Temperaturbedingungen.

Fällungsreaktionen

Bei der *Schwermetallfällung* spielt in erster Linie das Überschreiten des stoffspezifischen Löslichkeitsprodukts eine Rolle. Dabei treten z.B. bei der Fällung von Pb- oder Fe(III)-Hydroxiden Mitfällungsreaktionen anderer gelöster Stoffe auf (Kopräzipitation), auch wenn deren Löslichkeitsprodukt noch nicht überschritten wurde. Die Mitfällung von Stoffen ist auf die Sorption an Oberflächen und die Okklusion (Einschluß) in Oxiden/Hydroxiden zurückzuführen (LECKIE et al. 1980). Als mögliche Sanierungsmethode in der Umwelttechnik wird dieser Prozeß bei der Sanierung As-kontaminierter Grundwässer genutzt. Durch die Oxidation, Fällung/Flockung von Fe-Hydroxiden und anschließender Filtration wird Arsen(V) dabei mit entfernt (SEITH & JECKEL 1999).

Im Gegensatz zu Oberflächenfällungen werden definierte Schwermetallverbindungen nur unter extremen Bedingungen, d.h. bei sehr hohen Schwermetallgehalten im alkalischen Milieu und niedrigem Redoxpotential sowie bei einem Überschuß fällend wirkender Komponenten, wie Karbonaten und Phosphaten, gebildet (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Einfluß der Bodenzusammensetzung, speziell des Tonmineral- und Humusgehaltes

Tonminerale sind Zweischicht(1:1)- oder Dreischicht(1:2)-Silikate mit wechselnden Tetraeder-[T]/Oktaederschichten[O] und bilden [TO]-, [TOT]- sowie [TOTO]-Wechselschichten. In ihren Zwischenschichten können Tonminerale mit ausgeprägtem Kationenaustauschvermögen in Abhängigkeit von ihrer pH-unabhängigen Schichtladung Schwermetalle absorbieren (JASMUND & LAGALY 1993). Die permanente negative Schichtladung entsteht bei der tetraedrischen Substitution des vierwertigen Siliziums Si^{4+} durch Al^{3+} und bei der oktaedrischen Substitution von Al^{3+} durch Mg^{2+} und Fe^{2+}. Der Austausch des Al^{3+} durch Ti^{4+} oder Mn^{4+} erzeugt eine positive Ladungsbilanz.
Bei der spezifischen Adsorption an Tonmineraloberflächen werden relativ große und leicht dehydratisierbare Kationen wie K^+ oder NH_4^+ sehr nahe an die negativen Ladungen der Silikatschichten, meist napfförmige Vertiefungen der O_2-Sechserringe der Tetraederschichten, herangeführt und relativ fest gebunden (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).
Andererseits besitzen Tonminerale an ihren äußeren Oberflächen pH-abhängige, durch Protonierung bzw. Deprotonierung von O-, (OH)- und $(OH)_2$-Gruppen entstandene variable Ladungen, welche die Möglichkeit zur unspezifischen Adsorption von Schwermetallen und anderen Kationen bieten (HEIM 1990).

Häufig bilden Tonminerale mit Humusstoffen *organomineralische Verbindungen* oder Ton-Humus-Komplexe, die abhängig vom pH-Wert zur Schwermetallsorption tendieren (BLUME & BRÜMMER 1987).
Die Adsorptionsverhältnisse für Schwermetalle/Metalle im Boden lassen sich quantitativ durch die *Kationenaustauschkapazität* (KAK) angeben. Nach HEIM (1990) verfügen

Huminstoffe über die höchste KAK (180 - 300 mval/100g), die meist als Bestandteile der organischen Substanz im Oberboden angereichert sind, gefolgt von den quellfähigen Tonmineralen Vermiculit (150 - 200 mval/100g) und Smectit (70 - 130 mval/100g). Deutlich schwächere Kationenaustauschkapazitäten besitzen Illite (20 - 50 mval/100g), Chlorite (10 - 40 mval/100g) oder Kaolin-Tonminerale (3 - 15 mval/100g).

1.2.3 Spezifische Eigenschaften der untersuchten Schwermetalle und Metalle

Chemische, geochemische, physikalische Grundlagen zu den Elementen und ihrem Verhalten in hydrochemischen Stoffsystemen finden sich u.a. bei MERKEL & SPERLING (1998).

Arsen (As, Halbmetall) ist im Boden unter normalen oxidierenden Milieubedingungen als Arsenat(V) an Tonminerale, Fe- und Mn-Oxihydroxide sowie an Huminstoffe gebunden.
Unter oxidierenden Bedingungen in der Bodenlösung oder im Grundwasser liegt Arsen bzw. Arsenat(V) bereits ab pH 2 bis in den alkalischen pH-Bereich als Anion in Form von $H_2AsO_4^-$ oder $HAsO_4^{2-}$ vor und tendiert zur Sorption an Hydroxid-Oberflächen (RÜDE & WOHNLICH 2000; SEITH & JECKEL 1999; MATSCHULLAT 1999; ISENBECK-SCHRÖDER et al. 1999). Im reduzierenden Milieu dominiert As(III) als schwache Säure und liegt im pH-Bereich von 5,5 - 9,5 undissoziiert als neutrales Molekül vor (SEITH & JECKEL 1999). Im sauren, reduzierenden Milieu ist die Arsenige Säure (H_3AsO_3) stabil. Unter sehr stark anoxischen Bedingungen ist die Bildung von Polysulfiden wie As_2S_3 oder AsS_2^- möglich (SCHNOOR 1996).
Organo-As-Verbindungen wie Monomethylarsen-/Dimethylarsinsäure oder Trimethylarsinoxid wurden in Boden- bzw. Grundwässern zwar nachgewiesen, jedoch beträgt ihr Anteil am gesamten gelösten Arsen nur <1 % (MATSCHULLAT 1999; CHEN et al. 1994). Die Existenz von Organo-Arsenverbindungen ist im reduzierenden Milieu noch nicht gesichert (MATSCHULLAT 1999).

Cadmium (Cd) reagiert extrem empfindlich auf pH-Änderungen. Unter oxischen Bedingungen unterhalb von pH 6 ist Cd nur schwach und unspezifisch an Huminstoffe, Tonminerale oder Oxide gebunden. Im neutralen bis alkalischen Bereich ist die Mobilität von Cd geringer. Cd bildet teilweise Präzipitate oder Kopräzipitate in Form von $CdCO_3$ od. $Cd_3(PO_4)_2$. Im stark anoxischen Milieu kann Cd als Sulfid (CdS) festgelegt werden (MCBRIDE 1994).
Cd ist im Boden- und Grundwasser unter oxischen Verhältnissen mit abnehmender Tendenz vom sauren bis zum alkalischen Milieu als Chloro-Cd-Komplex ($CdCl^+$, $CdCl_2°$, $CdCl_3^-$, $CdCl_4^{2-}$) oder bei höheren Konzentrationen von Sulfat als $CdSO_4°$ mobil (BLUME 1992).

Chrom (Cr) ist in Böden im allgemeinen relativ immobil und erscheint häufig in oxidierter Form des Cr(VI) als Chromat (CrO_4^{2-}). In der reduzierten Form substituiert Cr(III) Fe^{3+}-Ionen in Mineralen oder erscheint als Gitterbestandteil von (Fe-/Mn-)Oxiden (MCBRIDE 1994).
Im oxidierenden Milieu ist Cr in der Bodenlösung oder dem Grundwasser ebenfalls wenig mobil und höchstens durch lösliche organische Komplexe beweglich (KALBITZ 1996). Neben organischen Cr-Komplexen lassen sich für den alkalischen Bereich Carbonato-Cr-Komplexe wie $CrCO_3^+$, $Cr(CO_3)_2^-$, und $Cr(CO_3)_3^{3-}$, bei pH-Werten von 2 - 6 das $HCrO_4^-$ und das orangerote Dichromat $Cr_2O_7^{2-}$ nachweisen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998; HIPPLER 2000).

Kupfer (Cu) bildet im oxischen Bodenmilieu häufig organische Cu-Komplexe (Chelat-Komplexe), wird aber auch an Mn- und Fe-Oxide gebunden. Unter stark reduzierenden Bedingungen können Cu^{2+}- und Cu^+-Ionen im Boden- oder Grundwasser in Form von Sulfiden wie CuS oder Cu_2S fixiert werden (MCBRIDE 1994; SCHACHTSCHABEL et al. 1998).
Die oxidische und alkalische Bodenlösung (pH >6) enthält fast nur organisch komplexiertes Cu, nebenbei auch Hydroxy-Cu-Komplexe sowie Carbonato-Cu-Komplexe wie $CuHCO_3^+$,

$CuCO_3°$. Unter Bedingungen von pH <5 dominieren im aeroben Milieu freie Cu^{2+}-Ionen, $CuSO_4°$ und org. Komplexe in der Bodenlösung (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Eisen wird oftmals als Fe^{3+} in Böden in Form schlecht kristalliner, wasserhaltiger, amorpher Eisenhydroxide, genannt Ferrihydrit, gebunden (SCHWERTMANN 1993). Verschiedene Autoren geben unterschiedliche Strukturformeln für Ferrihydrit wie $5Fe_2O_3 \cdot 9H_2O$ (TOWE & BRADLEY 1967), $Fe_3(O_4H_3)_3$ (CHUKHOV et al. 1973) oder $Fe_2O_3 \cdot 2FeOOH \cdot 2{,}6H_2O$ (RUSSEL 1979) an. Goethit (α-FeOOH) entsteht häufig infolge der Auflösung des wenig stabilen Ferrihydrits durch Hydrolyse von Fe^{3+}-Hydroxykationen und durch Keimung und Kristallwachstum direkt aus der Lösung. Dieser bildet den Hauptanteil an Eisenoxiden mit typisch gelb- bis rostbrauner Färbung in Böden des gemäßigten Klimas in Mitteleuropa, im Gegensatz zum Hämatit (α-Fe_2O_3) aus warm-humiden Klimabereichen (SCHWERTMANN 1993). Schwermetalle werden an Fe-Oxide/-Hydroxide adsorbiert und diffundieren meist langsam in neu gebildete Kristallgitterstrukturen hinein (BRÜMMER et al. 1988; FISCHER & BRÜMMER 1993; GERTH et al.1993).
In der Bodenlösung und im Grundwasser finden sich unter aeroben Bedingungen bei pH >3,5 fast ausschließlich lösliche Organo-Fe-Komplexe, während bei pH <3,5 Fe^{3+}-Ionen, $FeOH_2^+$ und $Fe(OH)_2$ dominieren. Unter stark reduzierenden Verhältnissen befindet sich fast ausschließlich mobiles Fe^{2+} in Lösung (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Mangan (Mn) ist unter aeroben Bedingungen in Form von Mn^{3+}-Oxiden (Phyllomanganate), erkennbar als schwarzbraune schwerlösliche Flecken, Aggregate, Konkretionen oder Krusten, oder als Mn-Hydroxid und Mn-Karbonat anzutreffen. Bei leicht reduzierenden Verhältnissen gerät Mangan im Gegensatz zum schwerer reduzierbaren Eisen als Mn^{2+} oder schwach organischer Komplex in Lösung. In neutralen bis alkalischen Bodenlösungen ist Mn an stabilere, lösliche organische Komplexe gebunden, während im sauren Bereich Mn hauptsächlich als Mn^{2+} mobil ist (SCHWERTMANN 1993).

Nickel (Ni) ist zu einem Großteil spezifisch an Mn-, Fe- und an Tonminerale gebunden. Im anoxischen Milieu können erhöhte Ni^{2+}-Konzentrationen auftreten und bei sehr niedrigen E_H-Werten eine Sulfid-Bildung ermöglichen. Bei pH-Werten <7,5 ist Ni zu 80 % als Ni^{2+} und zu 20% in Form organischer Ni-Komplexe in der Bodenlösung beweglich. Im alkalischen Bodenmilieu dominieren $NiHCO_3^+$, $NiCO_3°$ sowie $NiSO_4°$, $NiHPO_4°$ in der Lösung (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Blei (Pb) wird bei pH > 4 bis zu alkalischen Bedingungen vorrangig spezifisch an Fe-, Mn-Oxide und Tonminerale gebunden. Bei pH-Werten <4 wird Pb meist organisch komplexiert. Im stark anoxischen Bodenbereich ist eine PbS-Bildung und Imobilisierung möglich.
In der Bodenlösung treten im oxischen Milieu ab pH-Werten >4 verstärkt $PbCO_3°$, $PbHPO_3^+$ und $Pb(CO_3)_2^{2+}$ auf. Bei pH <4 ist Blei als Pb^{2+} an lösliche Organo-Komplexe gebunden oder als $PbSO_4°$ sowie als $PbHCO_3^+$ in Lösung (MCBRIDE 1994; SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Zink (Zn) ist in Böden unter aeroben Bedingungen bei pH 6 - 5 zu 40 - 60 % organisch gebunden. Zn ist bei pH-Werten <5 vorrangig als Zn^{2+} in Lösung und weist zudem eine hohe Affinität zur Sorption an Tonminerale auf. Bei pH-Werten >6 ist Zn an Mn- u. Fe-Oxide, an Tonminerale und bei sehr hohen Gehalten an Phosphate, Sulfate oder Karbonate gebunden. Im stark anoxischen Bodenmilieu wird Zn oft als Sulfid (ZnS) ausgefällt.
Bei pH-Werten <5 liegt Zink zu 99 % als gelöste Spezies (Zn^{2+}) vor. Bei steigendem pH-Wert nimmt der Anteil an $ZnOH^+$ und der organisch komplexierte Zn-Anteil zu. Bei nennenswerten Sulfat- oder Phosphat-Konzentrationen in der Bodenlösung sind anorganische Komplexe wie $ZnSO_4°$ oder $ZnH_2PO_4^+$ stabil (MCBRIDE 1994; SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

1.2.4 Toxizität und Umweltverträglichkeit

Für viele Lebewesen sind metallische Spurenelemente in erster Linie Mikronährstoffe, die in höheren Konzentrationen teilweise lebensbeeinträchtigende bis toxische Wirkung entfalten (FERGUSSON 1990; FIEDLER & RÖSLER 1993). Ihre toxische Wirkung auf Organismen hängt u.a. von den Aufnahmebedingungen, von Wechselwirkungen mit anderen (Schad-)Stoffen, ihrer Konzentration, Spezies, Mobilität sowie von der artspezifischen Verträglichkeit insbesondere vom Vitalitätsgrad und der Disposition des jeweiligen Organismus ab (Tab. 1-2).

Tab. 1-2: Ernährungsphysiologischer Nutzen und potentielle Toxizität wichtiger Metalle und Schwermetalle für Pflanzen und Tiere (BLUME 1992).

Elemente	ernährungsphysiologisch essentiell bzw. nützlich		potentiell toxisch für		Bemerkung
	Pflanze	Tiere	Pflanze	Tiere	
As	-	+	+	+	höhere Toxizität bei Pflanzen als bei Tieren
Cd	-	-	+	+	bereits in geringen Konzentrationen toxisch
Cr	-	+	+		Cr(VI) ist extrem giftig (abh. von Spezies)
Cu	+	+	+		organische Komplexe in Böden
Mn	+	+			Anreicherung über Nahrungsketten
Ni	-	+	+	+	sehr mobil in Pflanzen, relativ ungiftig
Pb	-	-	+	+	atmosphärische Verbreitung
Sn	-	+		+	relativ ungiftig, geringe Pflanzenaufnahme
Zn	+	+			weite Spanne zwischen Pflanzenbedarf u. Toxizität; für Tiere besteht oft Mangel

Lebenswichtige, essentielle Schwermetalle/Metalle sind unter anderem Cr, Cu, Zn, Fe oder Mn, welche Stoffwechselprozesse und Enzymaktivitäten fördern und bei höherer Konzentration ebenso behindern können (z.B. Cu-Anämie bei Wiederkäuern). Umgekehrt kann es bei Schafen und anderen Tieren durch die Spurenelementaufnahme weit über den physiologischen Bedarf hinaus zu einer Cu-Vergiftung mit folgenden Leber-, Nieren- und Hirnschädigungen und anderen Funktionsstörungen kommen (FIEDLER & RÖSLER 1993).

Nicht essentielle Schwermetalle/Metalle sind As, Cd, Pb und Ni, deren positive medizinische Wirkungen, z.B. bei der Leukämiebehandlung mit Arsentrioxyd, in den letzten Jahren verstärkt erforscht wurden (ANONYMUS 1998). Arsen kann allerdings in höheren Dosen Hautkrebs, Blasen- und Leberkrebs, Nieren-, Lungen- und Prostatakrebs, verschiedene Herzkranzgefäßerkrankungen sowie die aus Bangladesh bekannte „black-foot“-Krankheit auslösen (MATSCHULLAT 1999). Bei Cd sind u.a. Atemwegserkrankungen (Ödeme, Lungenkrebs), Nierenschäden und Osteoporose (Itai-Itai-Erkrankung) bekannt.

Bei bestimmten Pflanzenspezies verursacht Cd beispielsweise einen mehr oder weniger abnehmenden Wachstumsverlauf wie es beim Wasser-Schwaden beobachtet wurde (*Glyceria maxima*), der unter anderem in den Flußauen Mitteldeutschlands vorkommt (RAGHI-ATRI 1978; RAGHI-ATRI & SCHENKE 1978). Die toxische Wirkung von bestimmten Schwermetallen und Metallen wird z.B. bei der Anwendung von As- oder Cu-haltigen Pflanzenschutzmitteln gegen Schadinsekten wie den Kartoffelkäfer genutzt (FIEDLER & RÖSLER 1993).

1.3 Untersuchungskonzept und -methoden

1.3.1 Untersuchungskonzept

Nach Literaturrecherchen und einer Geländebegehung erfolgte die Festlegung von Teiluntersuchungsgebieten. Die Gebiete wurden bezüglich ihrer morphologischen, geo- und pedologischen Eigenschaften kartiert. Der Auswahl von Boden- und Grundwassermeßstellen und der Meßparameter gingen flächenhafte und vertikale Boden- und Sedimentbeprobungen u.a. entlang von Transekten und die Aufnahme horizontaler und vertikaler Elementverteilungsmuster voraus. Die elementspezifische Schadstoffmobilität wurde in Abhängigkeit von sorptionsbestimmenden Bodenparametern untersucht und unter dem Aspekt der Milieuabhängigkeit diskutiert. Die Bilanzierung und Modellierung eines Hochwassers in Teilbereichen der Muldeaue erbrachte ein besseres Verständnis für die Hydrodynamik. Es erfolgten von April 1997 - April 1999 monatliche Boden- und Grundwasseruntersuchungen zur Ermittlung der hydrologisch-hydrochemischen und hydrodynamischen Verhältnisse und Prozesse. Neben Berechnungen der im Boden- und Grundwasser anzutreffenden Element-Spezies wurden Reaktions- und Transferprozesse im Boden-/Grundwasser für Schwermetalle und Metalle unter Hochwassereinwirkung qualitativ/quantitativ beschrieben. Auebereiche mit unterschiedlichen Wirkungs-/Transferpfaden für Schwermetalle und Metalle konnten aufgrund der gewonnenen Ergebnisse abgegrenzt werden (Abb. 1-1).

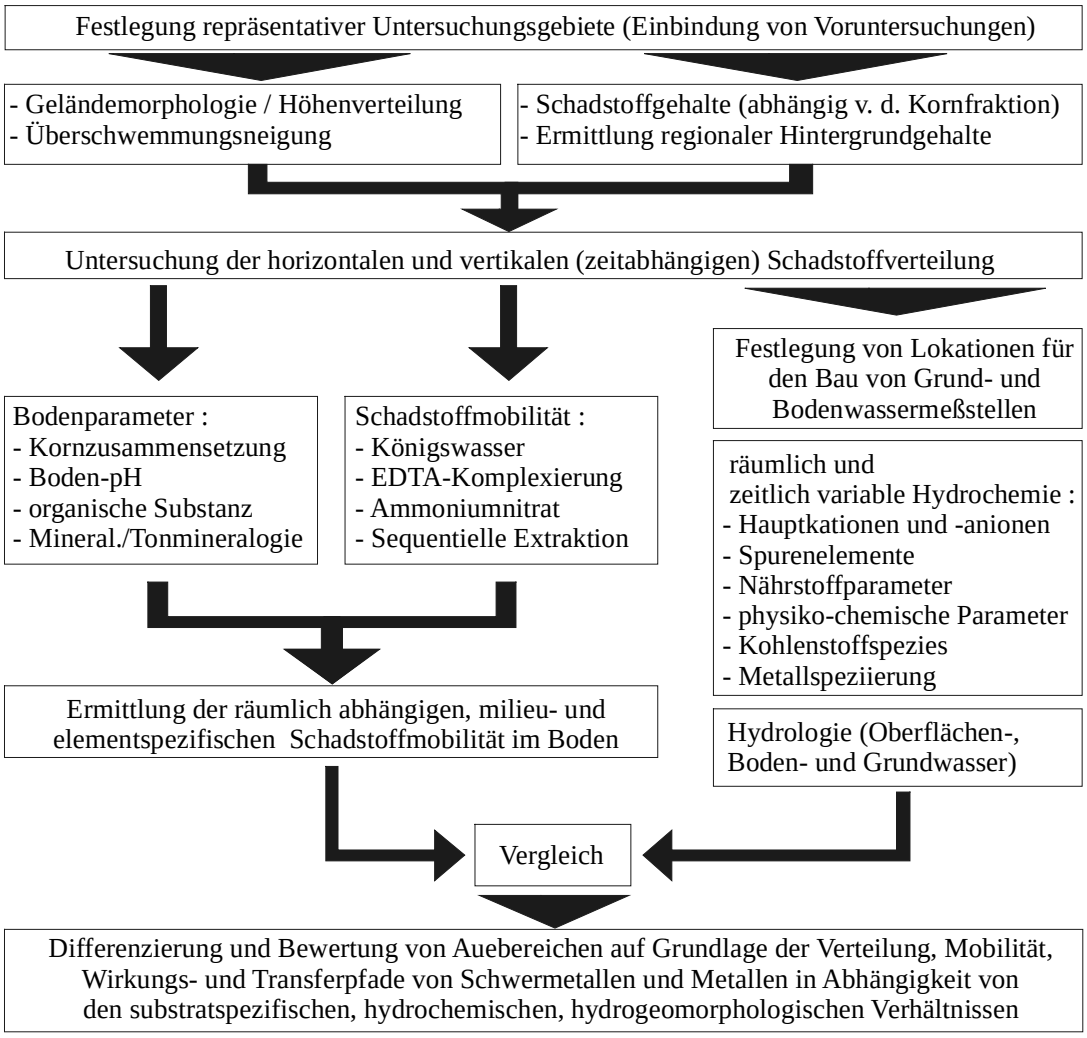
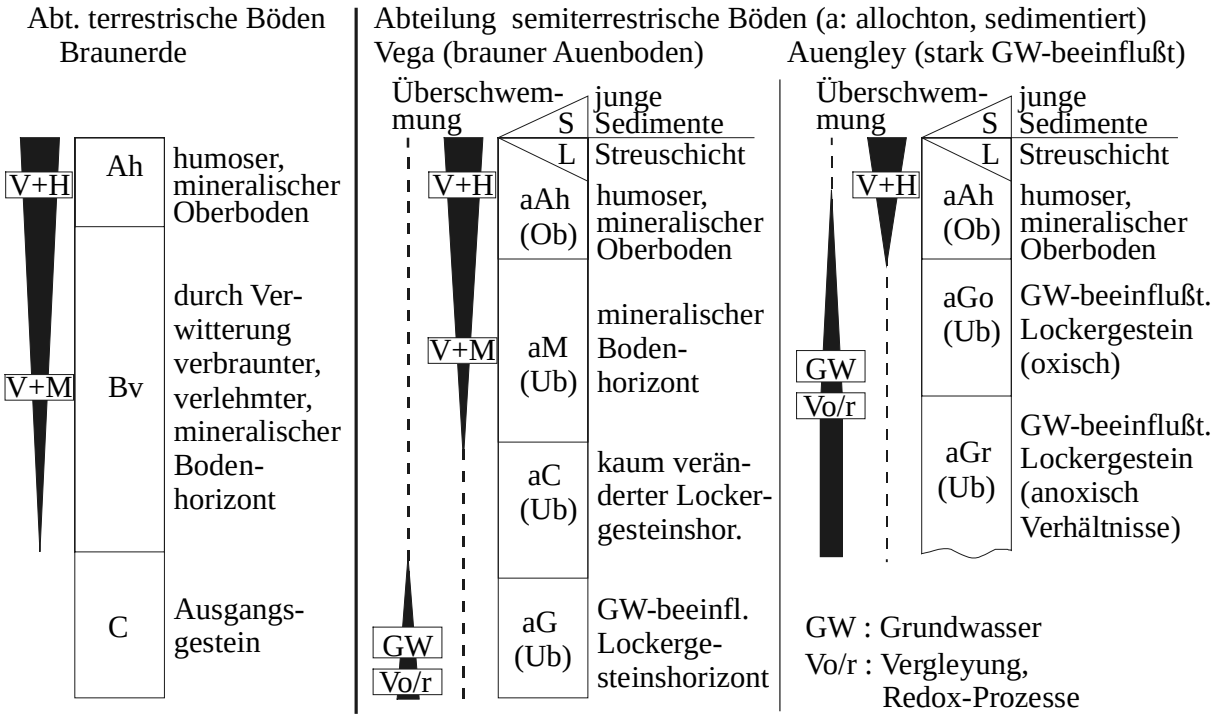


Abb. 1-1: Untersuchungskonzept zur Analyse von Wirkungs- und Transferpfaden von Schwermetallen und Metallen in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen.

1.3.2 Anwendung der Bodensystematik und der lithofaziellen Gliederung in der Aue

Ausgangsgesteine der Bodenbildung in Auen sind per Definition holozäne, fluviatile Sedimente, die Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern bis mehreren Metern erreichen (MIEHLICH 2000; WIECHMANN 2000). Diese überlagern in den meisten mitteleuropäischen Tälern pleistozäne Sedimente. Dauerhaft bodenbildende Prozesse bewirken in diesen Auesedimenten meist die Entwicklung einer Sequenz von typischen Bodenhorizonten, die eine bodensystematische Zuordnung ermöglichen (ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK 1998). Bodenbildung und Horizontaufbau sind dabei sehr stark an die lithofazielle Vertikalabfolge im Wechsel feinkörniger zu grobkörnigen Sedimentlagen gebunden. Trotz biologisch und mechanisch bedingter Durchmischungsprozesse bleibt die Profilabfolge mit den primär sedimentologischen Merkmalen weitgehend erhalten. Insbesondere für periodisch überschwemmte Auebereiche ist die Verflechtung von bodenbildenden und sedimentologischen Prozessen besonders intensiv. Nicht selten werden ehemalige Oberböden oder fossile Oberbodenhorizonte auch in größerer Profiltiefe angetroffen und weisen unter Berücksichtigung lateraler Abfolgen auf die historische Entwicklung dieses Auebereichs in Abhängigkeit von Veränderungen des Gewässersystems hin.

Die klassische Bodenbildung im terrestrischen Bereich auf einem Ausgangsgestein wird durch Verwitterungsprozesse von der Oberfläche aus gesteuert. Die Umwandlung zu einem charakteristischen Bodenprofil ist jedoch auf semiterrestrische Auestandorte nicht übertragbar (Abb. 1-2).



V : atmosphärisch gesteuerte Gesteinsverwitterung ausgehend von der Oberfläche (O_2 u.a. atmosphärische Komponenten, Sickerwasser, Biologie/Mikrobiologie)
H : Humifizierung/Mineralisierung der organischen Substanz im Oberbodenbereich
M : Verbraunung (Fe-Oxid/Hydroxidbildung), Verlehmung (Tonmineralneubildung)
vereinfachte Einteilung: Ob : Oberbodenhorizont Ub : Unterbodenhorizont

Abb. 1-2: Vergleich ausgewählter terrestrischer mit semiterrestrischen Böden nach AG BODENKUNDE (1994) mit vereinfachter Gliederung nach Oberboden- (Ob) und Unterbodenhorizonten (Ub).

Es gilt die grundsätzliche Definition, daß die Pedosphäre (Bodenbereich) jenen Grenzbereich der Erdoberfläche repräsentiert, indem sich Lithosphäre, Hydrosphäre, Biosphäre und Atmosphäre überschneiden. In Auenböden sind Bodenbildungsprozesse in den oberen Horizonten und gleichzeitig durch Sicker- und Grundwassereinflüsse in tieferen Horizontbereichen von Bedeutung (Abb. 1-2). Auebodenprofile erstrecken sich deshalb von humosen, mineralischen A-Horizonten über M- (mineralische Lockergesteinshorizonte) und C-Horizonte (relativ unverwitterte Lockergesteinshorizonte) bis in den G-Horizont unterhalb der Grundwasserschwankungszone (GW-gesättigter Bereich). Da der GW-Flurabstand, wie oben erwähnt, zwischen mehreren Dezimetern bis Metern schwanken kann, können G-Horizonte entsprechend nahe an der Geländeoberfläche oder sehr tief liegen.

Die häufigsten Auenböden sind nach AG BODENKUNDE (1994):

- *Rambla* (Auenrohboden): Meist Böden auf Kies-/Sandterrassen mit der Horizontfolge aAi-alC-aG (schwach ausgebildeter humoser Horizont mit <2 cm Mächtigkeit und geringen Wasserspeichervermögen; eingeschaltete Sedimentlagen häufig)
- *Paternia* (grauer Auenboden): Horizontfolge aAh-ailC-aG: Die sandige Paternia findet sich oftmals in Uferbereichen. Der humose Horizont ist meist >2 cm mächtig; Sandlagen können humose Horizonte trennen. Sandige, junge kalkarme bzw. kalkfreie Flußablagerungen bilden den C-Horizont. Kalkpaternia haben z.T. hohe Kalkgehalte.
- *Vega* (brauner Auenboden): Horizontfolge aAh-aM-IialC-IIaG: Die sandlehmige bis lehmige, oft in größerer Entfernung zum Fluß gelegene Vega besteht aus einem ausgeprägt humosen Oberbodenhorizont (aAh) gefolgt von Verwitterungs- und Sedimenthorizonten sowie GW-beeinflußten Horizonten mit hydromorphen Merkmalen.
- *Auengley*: Horizontabfolge aAh-aGo-aGr oder aAh-aGr: Verlehmte bis tonige Auengleye besitzen oft einen mächtigeren humosen Oberbodenhorizont, gefolgt von permanent GW-beeinflußten Horizonten. Bei höheren Grundwasserständen lassen sich verstärkt hydromorphe Merkmale feststellen (anoxische/oxische Verhältnisse).
- *Tschernitza*: (Schwarzerde-ähnlicher Aueboden): aAxh-aC-aG: Mächtiger Humushorizont.

Verwendete Symbole zur Bodenhorizontansprache nach AG BODENKUNDE (1994) finden sich in Tab. V.1-2 (unten). Im Rahmen der geo- und hydrochemischen Untersuchungen wurden vereinfacht nur vier verschiedene Horizonttypen lithofaziell unterschieden, um den Vergleich zwischen pedologisch differenten Auenböden zu ermöglichen:

Junge Fluß- oder Ufersedimente: Junge Sedimentablagerungen oder Einschwemmungen von mineralischem oder auch organischem Material, das die vorhandene Pflanzendecke oder den humosen Oberboden sichtbar überdeckt (S-Horizont).

Rezenter Oberboden: Mehr oder weniger humoser und durch die Pflanzendecke durchwurzelter, oberer mineralischer Bodenhorizont (Ah-Horizont).

Unterboden: In diesem Bereich wurden tiefere Mineralhorizonte, die typische Bodenbildungsmerkmale (Wurzeln, Verbraunung, Fe-/Mn-Konkretionen etc.) aufweisen (M-Horizonte), unverwitterte Mineralhorizonte (C-Horizonte) und auch tieferliegende, oftmals im Grundwasserschwankungsbereich anzutreffende Horizonte mit typischen hydromorphen Bildungsmerkmalen (G-Horizonte), zusammengefaßt.

Ehemaliger oder fossiler Oberboden: Ältere humose Bodenhorizonte, die von jüngeren Bodenhorizonten überdeckt werden und einen ehemaligen Oberboden kennzeichnen (spezieller Typ im Unterbodenbereich).

1.3.3 Untersuchungsmethoden

1.3.3.1 Boden

Die Bodenprobenahme orientierte sich an der Abfolge der Bodenhorizonte in den Bodenprofilen mit entsprechender Probenahmetechnik (Drehschappe, Pürckhauer, Schlitzsonde, Wackerhammer). Es wurden je nach Korngrößenzusammensetzung zwischen 1 - 5 kg Probenmaterial je Bodenhorizont in Polyethylen-Beuteln genommen.

Aufbereitungsschritte im Labor waren Trocknung (40° C), Homogenisierung und Siebung der Hauptuntersuchungsfraktionen <63 µm und <2 mm mittels Nylonsieben. Die Proben wurden wie folgt gekennzeichnet: 1.1.1 (Transekt.Bodenprofil.Horizont). Proben mit der Endung „.0“ (1.4.0) repräsentieren Sedimentproben aus dem Gewässerbereich.

Folgende Bodenparameter und Untersuchungen wurden zur Milieu- und Substratcharakterisierung des Probenmaterials gemessen bzw. ermittelt (Tab. 1-3 und Tab. V.1-2).

Tab. 1-3: Bodenparameter, welche für Bindung und Mobilität von Schwermetallen und Metallen Relevanz besitzen.

Parameter	Methoden
Korngrößenzusammensetzung	-Ansprache der Kornzusammensetzung in Anlehnung an DIN 4022 -Korngrößenanalyse an ausgesuchten Proben zur Überprüfung der Korngrößenansprachen : Siebanalyse nach DIN 18123 bzw. DIN ISO 11277 und Schlämmanalyse nach KÖHN (1928)
Granulometrische Schwermetalluntersuchungen	Schwermetalluntersuchungen an Fraktionen >2 mm, <2 mm, <500 µm, <250 µm, <125 µm, <63 µm, <20 µm, <6 µm und <2 µm zur Ermittlung der „wirksamen“ Kornfraktion (Fraktion mit dem größten Masseanteil an Schwermetallen und Metallen)
Bodenansprache	Bodenhorizontansprache in Anlehnung an AG BODENKUNDE (1994)
WV (40 - 105°C)	Wasserverlust (WV) nach vorhergehender Trocknung bei 40° C und anschließend bei 105° C (in Anlehnung an DIN 11465)
GV(105 - 430° C)	Glühverlust (GV) bei 430° C zur Ermittlung des Anteils organischer Substanz nach Trocknung bei 40°/105° C (SCHLICHTING et al. 1995)
TOC-Gehalt	TOC-Gehalt (gesamter organischer Kohlenstoff) als Differenz aus TC (Gesamtkohlenstoff) durch Umsetzen der Probe im Sauerstoffstrom bei 1000° C und Bestimmung des TIC (gesamter anorganischer Kohlenstoff bsp. in Karbonaten) durch Ansäuern im Sauerstoffstrom. Infrarotdetektion des gebildeten CO_2 analog DIN 38 409 - H3 (siehe auch DIN ISO 10694). Gerät: C-mat 550 der Firma Ströhlein.
Korndichte	Korn- u. Substratdichte mit Weithalspygnometer (DIN 18124-WP)
pH ($CaCl_2$)	Bestimmung des Boden-pH nach SCHLICHTING et al. (1995) und in Anlehnung an DIN ISO 10390 in 0,1 M $CaCl_2$-Lösung
pH (Aq. d.)	Bestimmung des Boden-pH nach SCHLICHTING et al. (1995) und in Anlehnung an DIN ISO 10390 in Aqua dest.
Farbansprache	Soil Colour Charts (MUNSELL 1973)
Nivellement	Höhennivellement mit AT-G4/7 (Firma TOPCON Deutschland GmbH)

Labortechnische Methoden zur Bestimmung des Mobilverhaltens und der Bindungsverhältnisse von Schwermetallen und Metallen werden in Tab. 1-4 aufgeführt.

Tab. 1-4: Extraktions- und Elutionsmethoden zur Bestimmung des Mobilitätsverhaltens und der Bindungsverhältnisse von Schwermetallen und Metallen.

Methoden	Beschreibung
Königswasserextraktion (BBodSchV)	Die Königswasserextraktion nach BBodSchV (BUNDESGESETZBLATT 1999) erfaßt sämtliche mobilisierbaren Schwermetall-/Metallanteile mit Ausnahme von silikatisch festgelegten Anteilen (DIN 38414, Tl. 7 oder DIN ISO 11466).
EDTA-Extraktion	Mobilisierung an Huminstoffe, Oxide und Karbonate gebundene und leichter verfügbare Schwermetalle und Metalle durch löslicher synthetischer Komplexbildner wie EDTA (Ethylendinitrilotetraessigsäure). 5 g Probenmaterial wurden mit 50 ml 0,1 M Na-EDTA (pH 4,5) versetzt, 90 Minuten lang geschüttelt und abschließend zur Analyse klargefiltert (SCHLICHTING et al. 1995).
Elution mittels Ammoniumnitrat in Anlehnung an DIN 19730	Über die Elution mit 50 ml einer 1 M Ammoniumnitrat-Lösung (NH_4NO_3) wurden die pflanzenverfügbaren Schwermetall- und Metallgehalte des Bodens erfaßt (SCHLICHTING et al. 1995). Die Probe wurde zwei Stunden geschüttelt, danach zentrifugiert, der klare Überstand gefiltert und anschließend mit Säure stabilisiert (konz. HNO_3). Zur Vergleichbarkeit mit der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) und zur Bereitstellung von ausreichend Probenmaterial für andere Untersuchungen, wurde die Probeneinwaage von 20 g (DIN 19730) auf 2 g verringert (Lösungsverhältnis 1:25).
Sequentielle Extraktion nach nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991)	1. Mobile Fraktion (NH_4NO_3) 2. Nachlieferbare Fraktion (NH_4Ac) 3. U.a. an Mn-Oxide gebundene Fraktion (NH_2OH-HCl + NH_4Ac) 4. Organisch gebundene Fraktion (NH_4-EDTA) 5. An schlecht kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion (NH_4-Oxalat) 6. An kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion (Ascorbinsäure im Oxalatpuffer) 7. Residualfrakt. (immobile Fraktion: Fraktion 7 (RFA) minus Frakt. 1-6)

1.3.3.2 Grund-, Boden- und Oberflächenwasser

Die Gewässerprobenahmen erfolgten an der Mulde, dem Spittelwasser und den Stillwasserbereichen der Mulde (Altarmbereiche). Grundwasserprobenahmen und -messungen fanden in 2-Zoll PE-Pegeln statt. Bodenwasserproben wurden mittels fest installierter Keramiksaugkerzen (K 100) und einer Vakuumpumpe VK-2 in drei Teufen von 0,2, 0,4 und 0,8 m u. GOK gewonnen (monatliche Probenahmekampagnen). Mit Hilfe des Auslesegeräts Infield 5 wurden über Tensiometer T8 die Bodenwasserspannungen in Teufen 0,1, 0,4 und 0,8 m u. GOK erfaßt (Bezugsquelle: Firma UMS GmbH in München). Die Wasserprobenahme erfolgte nach Einstellung konstanter Werte von Lf, pH, E_H und O_2-Gehalten (Durchlaufmeßzelle) sowie nach Mindestförderung des dreifachen Meßstellenvolumens (s.a. Abb. 1-3).

Es wurden unfiltrierte, nahezu suspensionsfreie Grund- und Oberflächenwasserproben gewonnen. Anoxische/oxische Bodenwässer wurden aufgrund der Filterwirkung des Keramikkörpers der Saugkerzen (Porenverteilung 1µm) von Schwebstoffen ebenfalls befreit. Verluste durch Adsorptionseffekte am Förderschlauch (SCHWARZ & MIEHLICH 1993) konnten nicht vollständig ausgeschlossen werden. Nach STUMM & MORGAN (1995) variieren suspen-

dierte Partikel und anorganisch/organische Kolloide im Größenbereich von 0,001 bis 100 µm, so daß bei der Abtrennung der Fraktion <0,45 µm in jedem Fall ein kolloidal gebundener Anteil an Wasserinhaltsstoffen in der Probe verbleibt (Tab. 1-5). PLEßOW & HEINRICHS (2000) untersuchten die größenselektiv wirkende Filtration von Wasserinhaltsstoffen mittels Filtermembranen ≥500 - 1 nm, wobei quantitativ bedeutende Filterverluste erzielt wurden, die durch Adsorption, Polarisation oder Komplexierung u.a. von Spurenelementen an der Filtermembran entstanden.

Tab. 1-5: Wasserprobenahme und Meßmethoden physiko-chemischer Parameter.

Parameter	Methoden
pH, Leitfähigkeit (Lf), Redox (E_H), Temp. (C°), O_2	Durchlaufmesszelle + WTW-Gerät (WTW GmbH)
Bodentemperatur (°C)	Boden-Temperaturfühler + Einstichmesssonde
Bodenwasserspannung (hPa)	Tensiometer (Fa. UMS GmbH in München)
Boden-Redoxwert (E_H)	Platin-Bodenmeßelektrode gekoppelt mit Ag/AgCl-Elektrode Meßelektrode (Typ GA 151 i, Nr. 56886; Mainzberger Elektroden) für die Messung des Redoxpotentials im ungesättigten/gesättigten Bodenbereich angelehnt an E DIN ISO 11271
untersuchte Stoffe, Elemente, Parameter	Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Sn, Zn, K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, F^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}, P-gesamt, DOC
Säuretitration (m-Wert) Titrationsendpunkt (pH 4,3)	Berechnung der Kohlenstoffspezies (HCO_3^-, CO_3^{2-} und CO_2) mittels Säurekonstate $K_{S4,3}$ nach QUENTIN (1988)
reduzierte As-Wasserproben	mittels PE-Sprize <0,45 µm gefiltert, unter Luftabschluß (MATTUSCH & WENNRICH 1998).

Der Aufbau einer Redox-Meßkette in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone ist in Abb. 1-3 dargestellt. Die Gelände-Installation von Meßketten ist im Gegensatz zum Gebrauch von Einstichelektroden wegen der genaueren und konstanteren Einstellung auf ein im Boden herrschendes Redox-Milieu von Vorteil (GALSTER 2000; SIGG 2000).

E_H-Meßwerte wurden über die Temperatur korrigiert und auf das Potential der Wasserstoffelektrode umgerechnet. Die Wasserproben zur Schwermetall- und Metallanalyse wurden zur Stabilisierung mit HNO_3 angesäuert. Sämtliche Proben wurden unter Einhaltung der Kühlkette in das Labor zur anschließenden Analyse transportiert. Die Analysen sämtlicher empfindlicher Proben (Hauptanionen/-kationen, DOC, Nährstoffparameter) erfolgten im Anschluß an die Probenahme.

Die Installation der Meßstellen zur Oberflächen-, Sicker- und Grundwasserbeprobung wurde im Gebiet des Transekts I südöstlich und im Gebiet des Transekts III nördlich von Bitterfeld/Wolfen realisiert. Das Transekt II wurde vorrangig nur mit Pegeln für GW-Beprobungen und wenigen Bodenwasser-Saugkerzen ausgerüstet (Abb. 1-4).

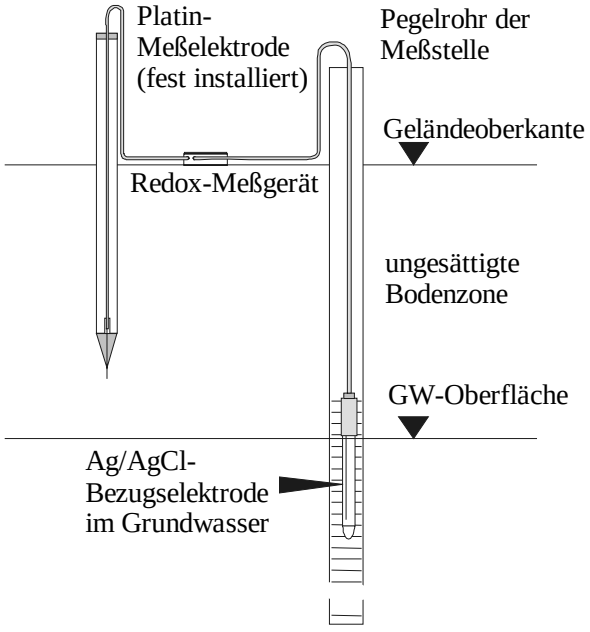


Abb. 1-3: Meßkette zur Bestimmung des Redoxpotentials.

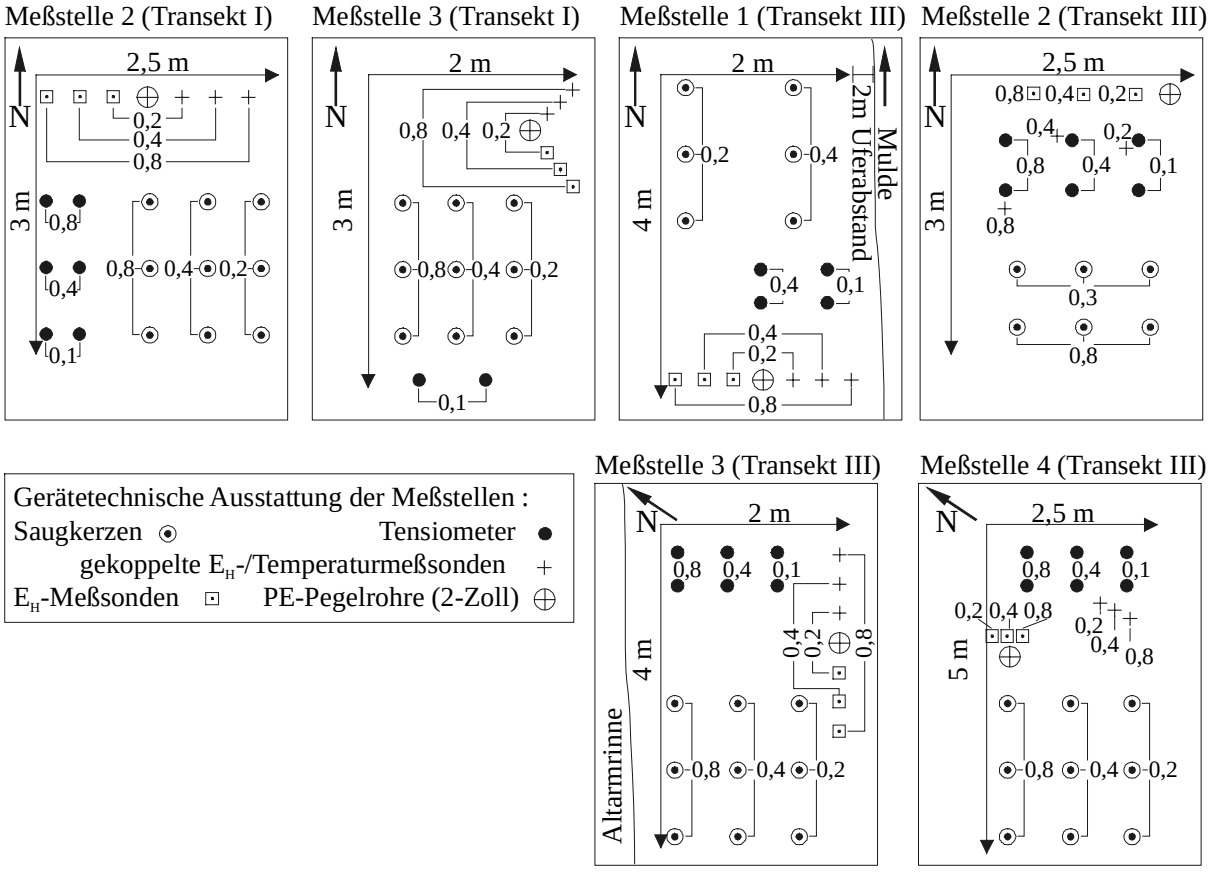


Abb. 1-4: Lageplan zum Einbau der Ausrüstung an den Meßstellen (Transekte I und III).

Im Bereich der Meßstellenpegel wurden jeweils drei Keramik-Saugkerzen in Teufen von 0,2(0,3), 0,4 und 0,8 m u. GOK im Boden eingebaut. In jeweils doppelter Anordnung wurden Temperaturmeßfühler, Redoxbodenelektroden in den oben genannten Tiefenbereichen und Tensiometer in Teufen von 0,1, 0,2 und 0,8 m u. GOK installiert (Abb. 1-4).

1.3.3.3 Methoden der Laboranalytik

Die Laboranalytik wurde in Abstimmung mit der Sektion Analytik des UFZ in Leipzig-Halle und an der TU Berlin (TUB) durchgeführt (Tab. 1-6; Tab. V.1-4 bis V.1-6).

Tab. 1-6: Methoden der naßchemischen Analytik.

Parameter	Methode
F^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}	IC Anionenchromatographie (UFZ)
K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	IC Kationenchromatographie (UFZ)
NH^{4+}	Photometrie (UFZ)
Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, P_{ges}, Sn	ICP-AES Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (UFZ, TUB)
Cr, Cu, Ni	AAS Atomabsorptions-Spektrometrie (Flamme; UFZ, TUB)
As	AAS Atomabsorptions-Spektrometrie (Hydridtechnik; UFZ)
Cd	AAS Atomabsorptions-Spektrometrie (Graphitrohr; UFZ)
As(III)/As(V) – Speziesanalyse	Ionenchromatographie verbunden mit ICP-MS Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (MATTUSCH & WENNRICH 1998; LONDESBOROUGH et al. 1999) (UFZ)

Die feststoffanalytischen Untersuchungen wurden an verschiedenen Korngrößenfraktionen mittels RFA durchgeführt (Tab. 1-7, Tab. V.1-3).

Tab. 1-7: Feststoffanalytik.

Parameter	Methode
SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, TiO_2, P_2O_5, SO_3, Mn, Ag, As, Ba, Bi, Br, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Cs, F, Ga, Hg, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, Tl, V, U, W, Zn, Zr	WD-RFA, wellenlängen-dispersive Röntgenfluoreszenzspektroskopie (Pulverpreßtabletten) (TUB)

1.3.3.4 Speziierungsberechnungen mit Hilfe des Programmpakets PHREEQC

An 23 ausgewählten Oberflächen- Boden- und Grundwasserproben wurde die Verteilung der Elementspezies von As, Cd, Cu, Cr, Mn, Fe, Ni, Pb und Zn mit Hilfe des Softwarepaketes PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001) von PACKHURST & APELLO (1999) auf der Grundlage des Basisdatensatzes „wateq4f.dat“ von BALL & NORDSTROM (1991) berechnet.

Die Speziesberechnung basiert auf den Eingangsparametern pH-Wert, Temperatur, E_H-Wert ($p\varepsilon = -\log\{e^-\}$; $p\varepsilon \bullet 0{,}059 = E_H$), den Konzentrationen an Hauptkat- und -anionen, Ammonium, Nitrat, Phosphat, P-gesamt und gelöst/kolloidalen Huminstoffen in Abhängigkeit vom DOC (Fulvin- und Huminsäureverhältnis) sowie auf der Alkalinität ($HCO_3^- + CO_3^{2-}$). Da keine Filtrierung der Wasserproben auf <0,45 µm stattfand, ist ausschließlich eine halbquantitative, d.h. prozentuale und nicht auf Stoffkonzentrationen bezogene Betrachtung der Speziesberechnungen möglich.

Die Speziesberechnung erfolgte mittels des Verfahrens nach NEWTON-RAPHSON und umfaßt ein System nicht-linearer Gleichungen, die iterativ zu lösen sind (APELLO & POSTMA 1993). Auf der Grundlage der Konzentration der ionaren Wasserinhaltsstoffe im Eingangsdatensatz sind als unbekannte Größen die Aktivitäten, Aktivitätsquotienten und Molaritäten der jeweiligen Stoff-Spezies (Haupt- und Nebenspezies) zu berechnen. In aufeinanderfolgenden Schritten sind dabei die Massenbilanz und die Bilanz der Elektronenneutralität, der Elektronenbalance und der Lösungsgleichgewichte zu kalkulieren (APELLO & POSTMA 1993).

1.3.3.5 Statistische Methoden

Es wurden verschiedene statistische Parameter und Methoden zur Datenanalyse nach SACHS (1982) und BACKHAUS et al. (2000) genutzt. Die Anwendung bi- und multivariater Verfahren erfolgte jedoch ausschließlich auf der Basis gesicherter Ergebnisse der univariaten Auswertung und hatte unterstützenden und zusammenfassenden Charakter.

Univariate Parameter/Methoden wie Median, Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, und Maximum dienen der Beschreibung der Verteilung von Daten. Histogramme präsentieren Häufigkeitsverteilungen klassierter Daten zur Analyse von Datenpopulationen. Boxplots (Box-Whisker-Diagramme) lassen dagegen den Vergleich von mehreren Datengruppen zu. Als vergleichende Parameter werden üblicherweise der Median, sowie das 1. und 3. Quartil verwendet. Zusätzlich werden der kleinste und größte Wert dargestellt, die keine Ausreißer oder Extremwerte sind. Ausreißer sind jene Werte, die einen Box-Abstand von einer 1,5 - 3fachen Boxhöhe haben. Extremwerte haben nach oben und unten einen mehr als 3fachen Box-Abstand. Wichtige Streuungsparameter sind Standardabweichung, Minimum-/Maximum, Quartile, Extremwerte und Ausreißer. Das 1.Quartil ist der Punkt, unter dem bei

aufsteigender Reihenfolge der Datenmenge 25 % der Datenwerte liegen. Dem 2. Quartil entsprechen 50 % und dem 3. Quartil 75 % aller unterhalb der jeweiligen Grenze liegenden Datenwerte. Quartile werden kaum durch Extremwerte beeinflußt.

Mittels bivariater Methoden lassen sich Zusammenhänge zwischen zwei Variablen u.a. durch Korrelationen beschreiben. Der Rangkorrelationskoeffizient (Spearman-Rho) ist unempfindlich gegenüber Ausreißern und Extremwerten und eignet sich für die Auswertung stark streuender Datenpopulationen (Spearman-Rho nach SACHS 1982). Der Rangkorrelationskoeffizient basiert auf der Differenz von Rangwerten. Jedem Wert des jeweiligen Datensatzes wird in aufsteigender Folge ein Rangwert 1, 2,..., n zugeordnet. Die Rangwerte beider Datensätze werden unabhängig von der Verteilung miteinander korreliert. Der Rangkorrelationskoeffizient (Spearman-Rho) eignet sich dementsprechend für die Analyse nicht-normalverteilter, nicht-linearer Datensätze (GRAMS 2000).

Multivariate Methoden

Die *Faktorenanalyse* eignet sich als struktur-entdeckendes Verfahren unter Berücksichtigung des Wirkungszusammenhangs zwischen mehreren Variablen zur Variablenreduktion. Anwendungsbeispiele sind Untersuchungen geochemischer Schadstoffverteilungsmuster oder die Differenzierung der Milieuspezifität von Elementen und Stoffen in Flußauen. Bei der Faktorenanalyse wird dabei von der Annahme ausgegangen, das sich jeder Beobachtungswert einer Ausgangsvariablen als eine Linearkombination mehrerer (hypothetischer) Faktoren beschreiben läßt (BACKHAUS et al. 2000). Die Faktorladung ist im übertragenen Sinne eine Maßgröße für den korrelativen Zusammenhang zwischen der Variablen und dem Faktor.

Die *Clusteranalyse* ist ebenfalls ein struktur-entdeckendes Verfahren und stellt eine Methode zur Gruppenbildung dar. Die gruppenbildenden Objekte können Variablen oder auch Fälle (Proben) sein. Ziel der Clusteranalyse ist es, Objekte in Gruppen so zusammenzufassen, daß zwischen den Gruppen ein möglichst geringer aber innerhalb der Gruppen ein hoher Ähnlichkeitsgrad besteht (BACKHAUS et al. 2000).

Die *Diskriminanzanalyse* gehört zu den struktur-prüfenden Verfahren. Die Güte der Gruppenbildung einer Clusteranalyse läßt sich beispielweise mit Hilfe einer schrittweisen Diskriminanzanalyse prüfen. Die auf der Grundlage der Clusteranalyse gebildete Gruppierungsvariable ist dabei in Abhängigkeit von der metrisch skalierten Merkmalsvariablen zu testen. Dabei wird nicht nur die Gruppenzugehörigkeit von Elementen sondern auch die Trennfähigkeit der erklärenden Merkmalsvariablen auf Signifikanz geprüft (BACKHAUS et al. 2000).

1.3.3.6 Repräsentativität der Daten

Im Rahmen der Dissertation wurden insgesamt ca. 30.500 physikalisch/chemische Boden- und Sedimentdaten ermittelt. Es wurden 291 Feststoffproben zuzüglich 21 Proben für Analysen an Einzelkornfraktionen und 24 Proben für die Erfassung von regionalen Hintergrundgehalten bearbeitet. Mittels RFA wurden rund 18.000 Einzelementbestimmungen an Feststoffproben durchgeführt. 6.200 Einzelelementdaten wurden durch Extraktions- und Elutionsuntersuchungen mittels Königswasser, EDTA, NH_4NO_3 und der sequentiellen Extraktion zusammengetragen. 6.300 bodenparametrische Kennwerte dienten zur Beschreibung der lithofaziellen und pedologischen Gegebenheiten. Bestimmungs- und Nachweisgrenzen zu den verschiedenen analytischen Methoden finden sich in den Tab. V.1-3 bis V.1-6.

Innerhalb von 2 Jahren (April 1997 - April 1999) wurden an 13 Meßstellen rund 12.500 hydrologische und hydrochemische Daten zur Charakterisierung der räumlich und zeitlich variablen Milieuverhältnisse auf der Grundlage monatlicher Beprobungen erhoben.

Probleme bei der RF-Analyse verursachten vor allem die Elemente Ag und Cd, da 34 % der Ag-Gehalte und 51 % der Cd-Gehalte der Fraktion <63 µm unterhalb der RFA-Bestimmungsgrenze von 4 mg/kg lagen. Ag und Cd sind entscheidend für die Interpretation charakteristischer Schwermetallmuster in der Muldeaue. Cd wurde zudem bei vergleichenden Mobilitätsuntersuchungen berücksichtigt. Bei der Auswertung besaßen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze jedoch einen relevanten Informationsgehalt und wurden bei der Datenanalyse mitbehandelt. Um Daten unterhalb der Bestimmungsgrenze berücksichtigen zu können, wurde ein mittlerer Wert von 50 % der jeweiligen elementspezifischen Bestimmungsgrenze angenommen. Die Bestimmungsgrenzen für die Feststoff- und naßchemische Analytik sind in Tabellen im Anhang V.1 aufgeführt.

Die Elution von Cr mit NH_4NO_3 ergab in 99 % aller Fälle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (ICP-AES), was die Darstellung der pflanzenverfügbaren Fraktion von Cr in Bezug zu anderen Parametern erübrigte.

Im Rahmen der Wasseranalytik war die Bestimmung des Gesamt-P mittels ICP-AES aufgrund geringer Konzentrationen problematisch. Die Schwermetalle und Metalle Fe, Mn, Cu, Ni, Pb und Zn wiesen ebenfalls eine erhöhte Anzahl von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze auf (17 - 36 %). Kritisch zu bewerten sind Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze von Al (61 %), Cr (52 %) und vor allem von Sn (90 %). Es wurden eine große Zahl von Proben hinsichtlich As und Cd mit Hilfe hoch empfindlicher AAS-Technik (Hydrid-, Graphitrohr-) analysiert, um repräsentative Meßdaten zu erhalten. Auf die Analyse von Quecksilber wurde nach anfänglichen Messungen verzichtet, da mehr als 95 % aller Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen (AAS-Hydridsystem: <0,5 µg/l).

Vergleiche zwischen gefilterten (<0,45 µm) und ungefilterten Proben erbrachten zur Problematik gelöster und ungelöster Stoffe (Kap. 1.3.3.2) bei Hauptkationen und -anionen und dem DOC Filterverluste von durchschnittlich 2,5 % und bei Schwermetallen (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) und Arsen zwischen 5 - 27 % (n = 27).

1.4 Das Einzugsgebiet der Mulde und die Untersuchungsgebiete

1.4.1 Geographie, Klima und Hydrologie

Die Mulde entspringt im Erzgebirge (südliches Sachsen) auf einer durchschnittlichen Höhe von 700 - 800 m NN nahe der Grenze zu Tschechien. Der Fluß entwässert ein Gebiet von 7345 km². Die Nord-Süd-Ausdehnung beträgt 166 km und die maximale Ost-West-Erstreckung des Einzugsgebietes 95 km. Die Quellgebiete der wasserreichen Zwickauer und Freiberger Mulde, der Zschopau und Flöha befinden sich zum großen Teil in der Kammregion des Erzgebirges und fangen dort den Niederschlag in den Wald- und Hochmoorregionen von durchschnittlich 900 - 1000 mm im Jahr auf. In der nördlichen Tieflandregion Sachsens und Sachsen-Anhalts erreichen die Niederschlagsraten wie bei Bitterfeld/Wolfen durchschnittlich nur 550 mm im Jahr (OTTO & MLEINEK 1997).

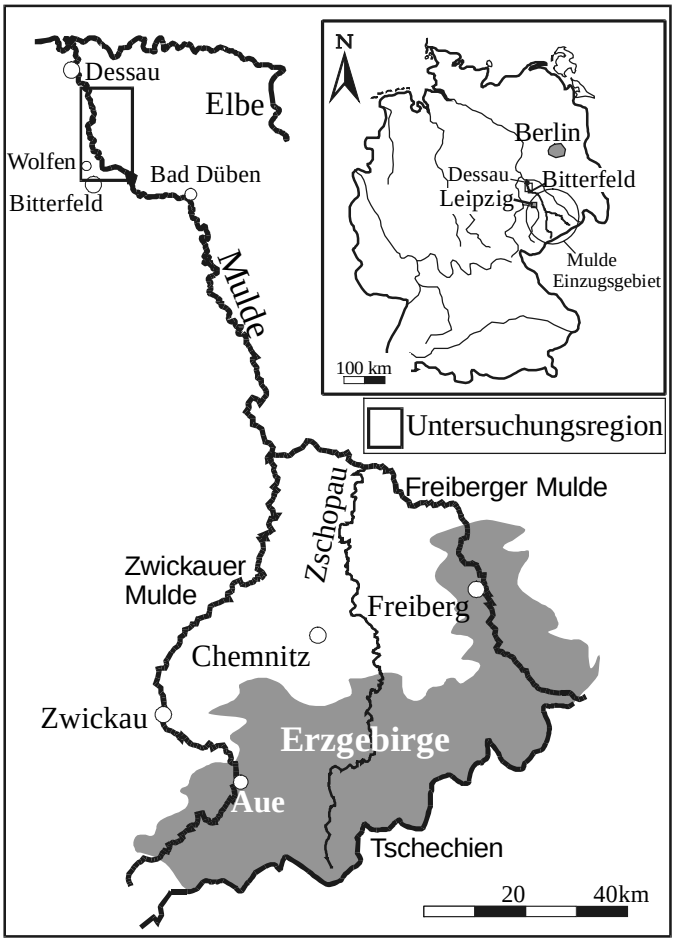


Abb. 1-5: Einzugsgebiet der Mulde (umgezeichnet nach GUNKEL 1999).

Die größeren Flüsse, Zwickauer Mulde mit 167 km im westlichen, die Freiberger Mulde mit 124 km Länge im östlichen und die kleinere Zschopau im mittleren Erzgebirge, haben in höheren Lagen ein Gefälle von 8,5 - 14 ‰. Kurz vor dem Zusammenfluß nördlich von Colditz beträgt das Gefälle nur noch 1 ‰ (OTTO & MLEINEK 1997). Die 147 km lange Vereinigte Mulde passiert etwa bei Bitterfeld/Wolfen den Muldestaudamm und mündet hinter Dessau auf einem Höhenniveau von 56 m NN in die Elbe (Abb. 1.5). Das Gefälle der Mulde verringert sich auf den letzten 40 km auf <0,5 ‰. Die Gesamtlauflänge beträgt bis zur Elbmündung ca. 314 km.

Der durchschnittliche Abfluß der Vereinigten Mulde beträgt bei Bad Düben 64,7 m³/s und bei Dessau 75,2 m³/s (Tab. 1-8).

Tab. 1-8: Abflußstatistik des Muldepegels bei Bad Düben (OTTO & MLEINEK 1997).

Abflußereignis	Zeitraum	Abflußmenge in m^3/s
Niedrigster Abfluß (NNQ)	2. Sept. 1976	5,4
Mittlerer Niedrigwasserabfluß (MNQ)	1961 – 1995	14,7
Mittlerer Abfluß (MQ)	1961 – 1995	64,7
Mittlerer Hochwasserabfluß (MHQ)	1961 – 1995	463
Höchster Hochwasserabfluß (HHQ)	21. Juli 1957	1920

Hochwässer sind generell im Frühjahr in den Monaten März und April aufgrund der Schneeschmelze im Erzgebirge zu erwarten. Herbst- oder Winterhochwässer treten seltener auf. Sommerhochwässer hängen insbesondere von Starkniederschlägen ab. Das bedeutendste Hochwasserereignis des vergangenen Jahrhunderts fand im Juli 1957 statt und hatte eine Abflußrate von 1920 m³/s (Tab. 1-8). Das jüngste große Mulde-Hochwasser im August 2002 überflutete große Bereiche der Aue bei Bitterfeld/Wolfen.

1.4.2 Geologie des Mulde-Einzugsgebietes

Die Flußsedimente der Mulde und ihrer Zuflüsse enthalten den Detritus der erodierten Gesteinsserien des Erzgebirges (Granite, Gneise, Ton- und Kieselschiefer, Vulkanite) mit seinen variszischen (Oberkarbon bis Perm) und postvariszischen (Obere Trias bis Tertiär) Mineralisationen und Vererzungen sowie den Verwitterungslagerstätten und glazialen Lockersedimenten des Sächsischen Tieflandes.

Die Vererzungen des 1. variszischen Mineralisationszyklus umfassen u.a. Sn-W (Kassiterit und Wolframit), Pyrit und Arsenopyrit (Freiberg), Uranpechblende (Schneeberg, Schlema, Westerzgebirge).
Der 2. variszische Mineralisationszyklus repräsentiert Assoziationen von Chalkopyrit, Galenit, Sphalerit (Freiberg) sowie Wismut und Co-Ni-Fe-Arsenide (BiCoNiAg-Formation im Westerzgebirge und auch Mittelerzgebirge). Es folgen Karbonate neben Sulfiden wie Bleiglanz, anschließend Silbersulfarsenide (Proustit, Tennantit) und am Ende Argentit (gediegen Silber) und Quarz-Roteisen-Manganoxid-Abscheidungen (BAUMANN 1968; HOPPE 1995).

Über 800 Jahre lang wurde in der Erzgebirgsregion intensiver Erzbergbau betrieben, wobei die Mulde und ihre Nebenflüsse mit den oben genannten Metallen entsprechend belastet wurde. Im westerzgebirgischen Raum wurden hauptsächlich Eisen, Silber, Kobalt, Nickel, Bismut, Zinn und Uran aus Ganglagerstätten gewonnen. Silber, Kobalt, Nickel und Zinn waren die bevorzugten Metalle des Bergbaus im Mittelerzgebirge. Der Schwerpunkt der Erzförderung des Freiberger Raums im östlichen Erzgebirge lag bei Blei, Zink, Cadmium und Kupfer. Im erzgebirgischen Becken wurde Steinkohle und im Nordwestsächsischen Becken hauptsächlich Braunkohle abgebaut (BAUMANN 1968; HOPPE 1995).

Die Heraushebung des Erzgebirges als NW-abgedachte Pultscholle vollzog sich im Miozän, begleitet von intensivem Basalt-Vulkanismus (HOPPE 1995). Das Flußsystem im Nordwestsächsischen Tiefland entstand im Quartär durch die glazialen Überprägungen mit Geschiebeablagerungen, Löß, und glazialen Sedimenten, vor allem im Verlauf der Saalevereisung (WOLF & SCHUBERT 1992). Im Holozän folgte abschließend die Ausbildung der heutigen Flußauen mit Lehmen, Sanden und Kiesen.

In der Region Bitterfeld bis Dessau trifft man auf quartäre und tertiäre Sedimente, die punktuell von älteren Gesteinen wie den Quarzporphyren von Muldenstein durchbrochen werden. Das Muldetal wird im Osten und Westen von höheren Ebenen mit glazifluviatilen Schmelzwassersedimenten (Sande) und Geschiebelehmen und -mergeln eingerahmt (siehe auch Abb. 1-6 bis 1-10). Den Talboden überdecken überwiegend holozäne Flußablagerungen. Die Grundwasseroberfläche senkt sich etwa von 70 m NN bei Jessnitz bis auf 56 m NN an der Mündung der Mulde in die Elbe ab. Die Mulde entwässert dabei die angrenzenden Hochflächen von Gräfenhainichen/Bad Schmiedeberg im Osten und die westliche Hochfläche nördlich des Fuhnetals zwischen Wolfen/Bobbau und Dessau (JORDAN & WEDER 1995).

Nach den regionalen geologisch/hydrogeologischen Verhältnissen bei Bitterfeld/Wolfen und Dessau überdecken *holozäne Auesedimente* wie Auelehm, -sand, -kies die tieferen lithologischen Einheiten mit Mächtigkeiten von durchschnittlich 0 bis 3 m. Der *quartäre Grundwasserleiter (GWL)* weist eine mittlere Mächtigkeit von ca. 15 m auf (KRAPP & RUSKE 1992). Fluviatile Sande (Talsande) und Kiessande überdecken glazifluviatile Vorschütt- und Nachschüttbildungen (Schmelzwassersande) und teilweise zwischengelagerte Geschiebemergel der Saalekaltzeit. Der obere *quartäre* und der untere *tertiäre GWL* sind teilweise hydraulisch miteinander verbunden. Von Raguhn bis Dessau wird der quartäre Grundwasserleiter von Fein- bis Mittelsanden der tertiären Cottbusser Folge unterlagert. Im südlich anschließenden, vom Bergbau geprägten Gebiet um Bitterfeld befinden sich im Liegenden der Quartärablagerungen Reste des Bitterfelder Flözes und darunter die Bitterfelder Glimmersande (NEUMEISTER & RUSKE 1995).

1.4.3 Schadstoffbelastung der Muldeaue

1.4.3.1 Entwicklung der Industrieregion Bitterfeld/Wolfen

Die Bitterfelder Industrieregion, in der auch die Projekt-Arbeitsgebiete an der Vereinten Mulde liegen, entwickelte sich erst zum Ende des 19. Jh. (ANONYMUS 1995).

Im Jahre 1887 belasteten bereits ca. 350 Industrieanlagen mit Ihren Abwässern die Mulde (POTESTA 1999). Braunkohle wurde seit 1839 im Bitterfelder Raum gefördert und stellt seitdem den Hauptenergierohstoff dar. 1893 begann man mit der Ansiedlung chemischer und elektrochemischer Industrie (Elektrochem. Werke Berlin GmbH). Mit der Chloralkalielektrolyse wurde 1894 durch die Griesheim Elektro-Werke Bitterfeld begonnen. 1895 erfolgte die Gründung der AGFA-Farbenfabrik in Wolfen. Neben der Magnesium- und Oxalsäureproduktion (1896) kamen bis 1916 Betriebe zur Herstellung von Phosphor (1899), Wasserstoff (1900), Kaliumpermanganat (1901), Chlorbenzol bzw. Monoessigsäure (1903), von Chloriden, Chloraten und Dichromaten des Kaliums und Sauerstoffs (1905) sowie die Produktion von flüssigem Chlor, Salzsäure, Ameisensäure und Salpetersäure (1911) hinzu. Die Ammoniak-Herstellung wie auch die Aluminium-Produktion wurde 1916 im Bitterfelder Al-Werk aufgenommen (ANONYMUS 1996).

1922 begann die Kunstseide-Produktion und ein Jahr später wurde die Chloralkalielektrolyse auf Quecksilberzellen umgestellt. 1924 startete die Verarbeitung von Molybdän und Wolfram-Stählen in der ortsansässigen Metallindustrie. Die Chemische Industrie nahm ein Jahr später die Produktion von Molybdän- und Wolframsäure auf. Im gleichen Zeitraum fusionierten AGFA und die größten Chemieunternehmen zur I.G. Farbenindustrie AG. Neben der Nutzung als Energieträger gewann die Braunkohle vor Ausbruch des 2. Weltkriegs als Ausgangsprodukt für synthetisches Benzin und Methanol an Bedeutung. 1938 begann die Produktion von künstlichem Kautschuk und die Herstellung des ersten Kunstharzionenaustauschers „WOFATIT“ durch die Farbenfabrik Wolfen.

Mit dem Ende des 2. Weltkriegs erfolgte im Rahmen von Reparationsleistungen die Demontage von Industrieanlagen durch amerikanische und später durch sowjetische Besatzungstruppen. Ab 1946 wurden Viskosedarm, Polyamidseide, -draht und -borsten (Perlon), Schwarz-/Weiß- und Color- sowie Pigment- und Lichtpauspapier in Bitterfeld/Wolfen hergestellt. Neben der ständigen Erweiterung der Produktionskapazität und Produktpallette der polytechnischen, chemischen und der Metall- und Farbindustrie wurde 1949 das Braunkohle-Abbaufeld des Tagebaus „Goitsche“ im Süden Bitterfelds in Angriff genommen (ANONYMUS 1996). 1955 gelangten Erzeugnisse aus der Pflanzenschutzmittel-Herstellung wie Spritzhormit und DDT-Pulver wie auch Hexachlorcyklohexan (HCH) auf den Markt.

Nach der Abspaltung der Filmfabrik Wolfen von der westdeutschen Produktionsstätte in Leverkusen (AGFA) im Jahre 1963 wurde 1964 das Warenzeichen ORWO international eingeführt. 1969 ging aus sechs verschiedenen Kombinaten das VEB Chemiekombinat Bitterfeld (CKB) hervor.

1979 wurde der Muldestaudamm fertiggestellt und damit insbesondere der Transport partikulär gebundener Schwermetalle und Metalle aus den sächsischen Bergbau und Industrieregionen reduziert. Mit der Vereinigung der beiden deutschen Staaten 1989/90 konnte die Umweltbelastung durch die Stillegung der Altindustrie ab 1990 nochmals deutlich gesenkt werden (ANONYMUS 1996).

1.4.3.2 Umweltschäden in der Region Bitterfeld/Wolfen

Luftemissionen

Industrielle Luftemissionen in einer Größenordnung von 12 Mio. t Flugasche und 18 Mio. t SO_2 belasteten den Raum Bitterfeld/Wolfen zwischen 1890 und 1990. Der Niederschlag führte einerseits im direkten Umfeld zu einer Aufbasung der Böden (Kalkung), andererseits bei größerer Entfernung zu dessen Versauerung durch SO_2 (NEUMEISTER & RUSKE 1995). Rauchgasfilter, Entschwefelungsanlagen sowie der Einsatz moderner Heizungstechnik führte zu Beginn der 90er Jahre zur Emissionsreduzierung. Im Bitterfeld/Wolfener Raum sanken die Staubemissionen u.a. von 0,8 - 1 g/cm^{3}d im Jahre 1989 (1970: 2 - 11 g/cm^{3}d) auf ca. 0,3 g/cm^{3}d im Jahre 1991 und bis 1995 auf ein Niveau von 0,1 g/cm^{3}d unterhalb des Grenzwertes der TA Luft von 0,35 g/cm^{3}d ab (ANONYMUS 1996). Die Luftwerte von SO_2 und NO_2 pendelten sich auf ein niedrigeres Niveau ein. Die Bleiemissionen im Straßenverkehr konnten seit Mitte der 80er Jahre mit der Einführung von bleifreiem Benzin bis heute fast vollständig zurückgefahren werden (FIEDLER & RÖSLER 1993).

Wasser- und Grundwasserverschmutzung

Mit über 120 Mio. t Abwasser belasteten die Kombinate ORWO und CKB die Mulde. Industrieabwässer flossen vorrangig über das Spittelwasser in die Mulde. Diese enthielten u.a. Schwermetalle, Stickstoffverbindungen, Phenole, PAK, CKW, HCH, Dioxine und Furane, Zinnorganika und chlorierte Pestizide wie DDT. Die Stoffe belasten noch heute zum Teil in hoher Konzentration die Sedimente der Mulde (ANONYMUS 1996). Schwermetallhaltige Abwässer, die bei der Industrieproduktion (Galvanik, Beizerei, Emaillierung, u.a.) und Metallverarbeitung anfielen, wurden oft ohne ausreichende Neutralisation und Abtrennung durch Ionenaustauscher oder Umkehrosmose in die Gewässer eingeleitet.
Der Rückgang der Industrieemissionen nach 1989/90 ist in der Tab. 1-9 dokumentiert. Über 200 Mio. m^3 Grundwasser des quartären Grundwasserleiters und des Aquifers der Bitterfelder Glimmersande wurden in einem Gebiet von 25 km² kontaminiert.

Tab. 1-9: Vergleich von Eintragsraten pro Jahr von Schwermetallen aus dem Industrieraum Bitterfeld/Wolfen in die Mulde (ANONYMUS 1996).

Region Bitterfeld/ Wolfen	Hg kg	Cu kg	Ni kg	Cr kg	Pb kg	Cd kg	Toxizität GF
1989/90	2281	2711	1600	6914	1950	32	45
1995	30	38	51	16	290	0,8	1
Schadstoffelimination (%)	99	99	97	≈100	85	97	98

GF: Gefährdungsfaktor

Kontamination der Böden

Die Schadstoffbelastung in den Aueböden resultiert in erster Linie aus den Überschwemmungen der Mulde und ihrer Zuflüsse wie dem Spittelwasser in Zeiten hoher Gewässerbelastung. Untersuchungen zur Klärung der Schadstoffverteilung Anfang der 90er Jahre ergaben hohe Konzentrationen toxischer Substanzen in den Aueböden.

As, Cd und Zn sowie Dioxine, Furane, HCH, DDX, PAK wurden in der Muldeaue zwischen Bitterfeld und Jessnitz festgestellt (ANONYMUS 1994b). Der Transfer von Schwermetallen und As in Nutzpflanzen wurde von PEKLO & NIEHUS (1993, 1997) und POPP et al. (1997) nachgewiesen. Das Spittelwasser ist mit As, Cd, Cr, Zn, Hg, Dioxinen und Furanen, HCH, DDX und PAK kontaminiert. Die organisch/anorganische Schadstoffbelastung findet sich im Abstrom von Bitterfeld/Wolfen in der Muldeaue wieder (ANONYMUS 1994b). Zudem sind landwirtschaftliche Maßnahmen wie Düngung, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Gülleausbringung, Melioration, Beregnung und Klärschlammaustrag als Phosphat-, Nitrat-, Sulfat-Quellen von Bedeutung.

Deponien und andere Altablagerungen

Zur Grundwasserkontamination tragen nicht zuletzt über 16 Mio. m^3 Deponate im Raum Bitterfeld bei. Diese verteilen sich hauptsächlich auf dreizehn bedeutende Altdeponien, die zumeist in Braunkohlerestlöchern ohne notwendige Basisabdichtung angelegt wurden. Hauptinhaltsstoffe sind vor allem Schwermetall- und Galvanikschlämme, Neutraschlämme, Asche, Asbest, Industrie- und Hausmüll, faulfähige Ligninschlämme sowie Chromat- u. Titanrückstände (Tab. 1-10).

Tab. 1-10: Auswahl bedeutender Altablagerungen und Deponien im Kreis Bitterfeld (ANONYMUS 1996).

Altablagerungen/ Deponien	Nutzungs-zeitraum	Vol. (Mio. m^3)	Hauptinhalts-stoffe	GW-Einfluß	Gefährdungs-pfade
Sondermüll-deponie Grube Antonie	seit 1918 (?)	5 - 6	HCH, Schwerme-tallschlämme, CKW	ja	GW, Luft, direkter Kontakt
Absatzdeponie Greppin	seit 1931 (?)	2,5	Neutraschlämme, (CKW)	ja	GW, Luft, direkter Kontakt
Sondermülldepo-nie Freiheit III	seit 1964	2,0	Industrieabfälle, Asche, Bauschutt	nein	GW, Luft
Absatzdeponie Grube Johannes („Silbersee“)	1921 bis 1991	2,0	Ligninschlämme, (Schwermetalle, CKW)	ja	Grundwasser, Luft
Aschespüldeponie Grube Hermine	1958 bis 1992	4,0	Asche, Asbest, Schwermetalle	ja	GW, Luft, direkter Kontakt

1.4.4 Geographie

Der Muldelauf ist zwischen Bitterfeld/Wolfen und Kleutsch südöstlich von Dessau weitgehend naturbelassen. Mäander mit Gleithängen und erosionsgefährdeten Prallhängen, kiesige Flußterrassen, Flutrinnen und verlandende Altarmbereiche prägen die Flußaue. Der 29 km lange Flußabschnitt der Mulde erstreckt sich vom Muldestaudamm bei Friedersdorf bis zur Autobahn A9 bei Kleutsch und durchquert in der Muldeaue ein eingedeichtes Überschwemmungsgebiet von ca. 28 km² Fläche (ANONYMUS 1997). Der Abschnitt läßt sich aufgrund der unterschiedlich naturräumlichen Ausprägung in drei Bereiche gliedern, in denen die Teilarbeitsbereiche inklusive der vier Probenahmetransekte und Meßstellen liegen (Abb. 1-6).

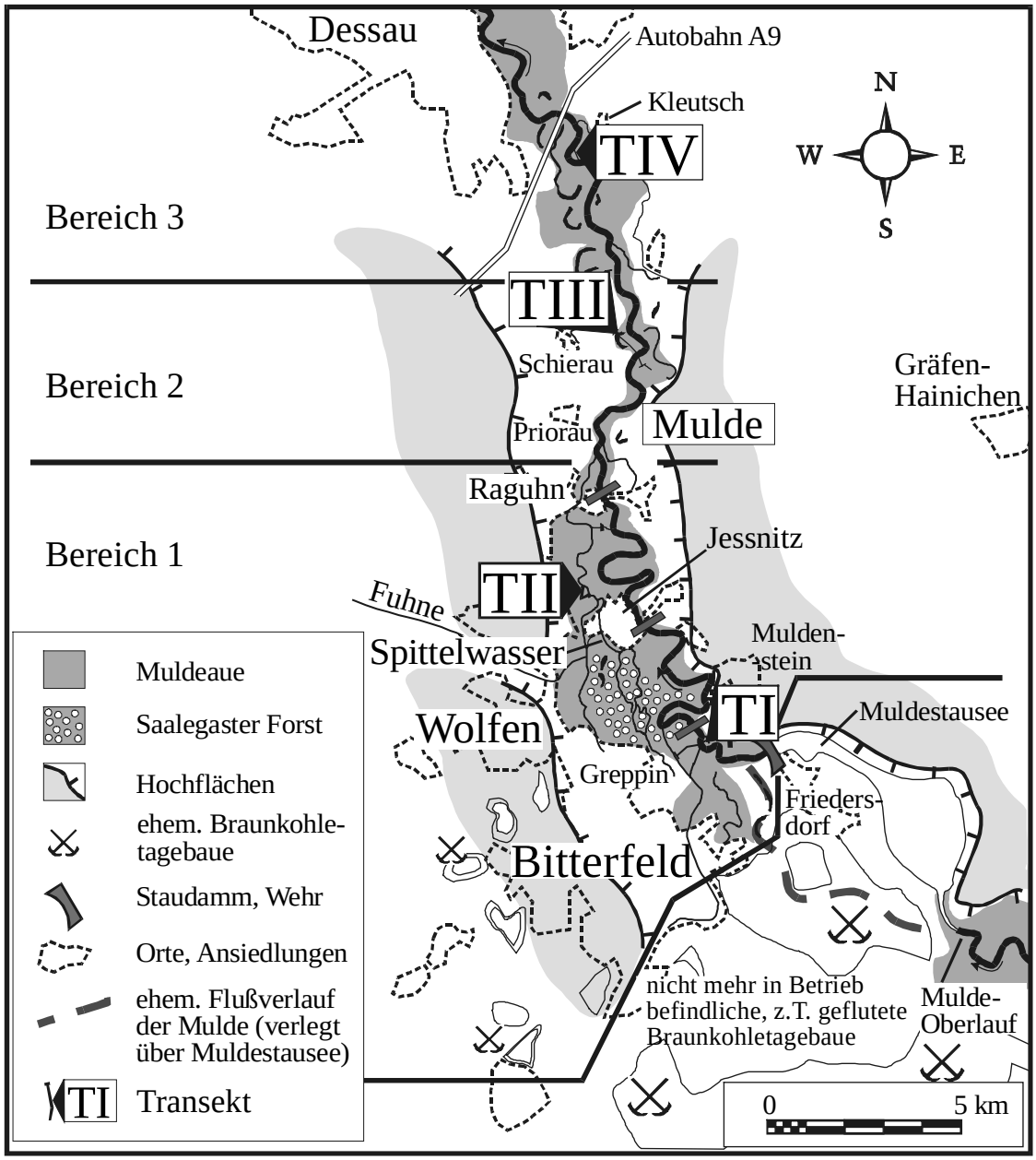


Abb. 1-6: Übersicht über den Flußabschnitt zwischen Bitterfeld/Wolfen und Dessau. Untergliederung in Teilbereiche und Transekte.

Bereich 1: Ein weites und relativ flaches Überschwemmungsgebiet der Mulde östlich von Bitterfeld/Wolfen beginnt südwestlich der Staumauer des Muldestausees zwischen

Muldenstein und Friedersdorf und endet bei Raghun im Norden. Es wechseln ausgedehnte Auewiesen mit größeren Waldbeständen (Saalegaster Forst). Ein System von Wehren bei Greppin, Jessnitz und Raguhn dient der Regulierung des Flußwasserstandes und führt zur Verlangsamung der durchschnittlichen Fließgeschwindigkeit auf <<1 m/s. Gräben und kleinere Flußläufe wie das Spittelwasser haben bei Überschwemmungen der Mulde eine Vorfluterfunktion. Vor 1990 nahmen sie ungeklärte Abwässer der Industrie und Kommunen auf.
Das Transekt I quert bei Greppin die relativ ebene Auelehmfläche (Grünland) und erfaßt ca. 1,5 km stromabwärts des Muldestausees die Einträge des Muldeoberlaufs. Mit Hilfe der Probenahme entlang des Transekts II bei Jessnitz am Spittelwasser wird die Belastung der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen dokumentiert.

Bereich 2: Der Mittelabschnitt bei Schierau/Priorau weist deutlich engere Überschwemmungsbereiche auf. Deichbauten begrenzen die Aue mit meist nur wenigen 100 m Abstand vom Fluß und tangieren streckenweise das Ufer. Der Abschnitt besitzt eine deutlich variablere Geländemorphologie mit charakteristischen Strukturen wie kiesig-sandige Flußterrassen und ausgeprägte Erosions- und Sedimentationszonen an Prall- und Gleithängen. Tiefere Rinnen, Altarmbereiche und Auelehmflächen wechseln einander ab. Der Fluß erreicht bei Hochwasser Fließgeschwindigkeiten deutlich über 1 m/s, da Stauwehre fehlen. Das Transekt III quert einen Grünland-Auebereich und erfaßt die gesamte Schadstofffracht des Muldeoberlaufs.

Bereich 3: Der Abschnitt ist Teil der Dessau-Wörlitzer Kulturlandschaft und umfaßt größere Auewaldbestände. Deichanlagen befinden sich bis zu mehreren 100 m weit vom Flußufer entfernt und schließen im Bereich des Transekts IV eine reliefarme Landschaft mit Auelehmflächen ein, die zum Teil der Grünlandnutzung unterliegen. Stauwehre fehlen zwischen Jessnitz und Dessau, was in der Mulde bei Hochwasser zu Fließgeschwindigkeiten von >1 m/s führen kann. Transekt IV stellt bei Kleutsch einen repräsentativen Querschnitt der Aue dar und erfaßt wie Transekt III die Schadstoffeinträge aus Bitterfeld/Wolfen und aus der südlichen Erzgebirgsregion Sachsens.

Transekt I

Im ersten Untersuchungsgebiet nordöstlich von Greppin/Bitterfeld wurden entlang des Transekts I an 11 Lokationen Bodenprobenahmen auf beiden Seiten der Mulde durchgeführt (Abb. 1-7). Das Transekt quert neben der Mulde von Ost nach West mehrere flache Senkenbereiche mit Auewiesen und endet am Leine-Durchstich. Der Kanaldurchstich ist die Verbindung zwischen dem südlich gelegenen Tagebaurestsee der „Goitsche“ und der Mulde. Im Nordwesten erreicht die Mulde den südlichen Rand des Saalegaster Auewaldes.

Das Gebiet ist mit einer Geländehöhe von zwischen 74 - 76 m NN morphologisch schwach ausgeprägt. Aufgrund des nach Westen abnehmenden Geländeniveaus ist die Aue auf dieser Flußseite gänzlich überschwemmungsgefährdet. Das Stauwehr auf Höhe des Röhrenwerks erzeugt einen permanent erhöhten Mulde-Wasserspiegel, was geringe Grundwasserflurabstände und ausgedehnte Feuchtbereiche in den Senken dokumentieren. Die Uferbereiche der Mulde sind Teil eines Landschaftsschutzgebiets. Östlich der Mulde ist das Areal als Naturschutzgebiet ausgewiesen. In diesem Bereich wurden drei Meßstellen installiert. Die Meßstelle 1 wurde in einem GW-beeinflußten Senkenbereich, die Meßstelle 2 auf einer wenig höher gelegenen Auelehmfläche und Meßstelle 3 am Ufer der Mulde errichtet.

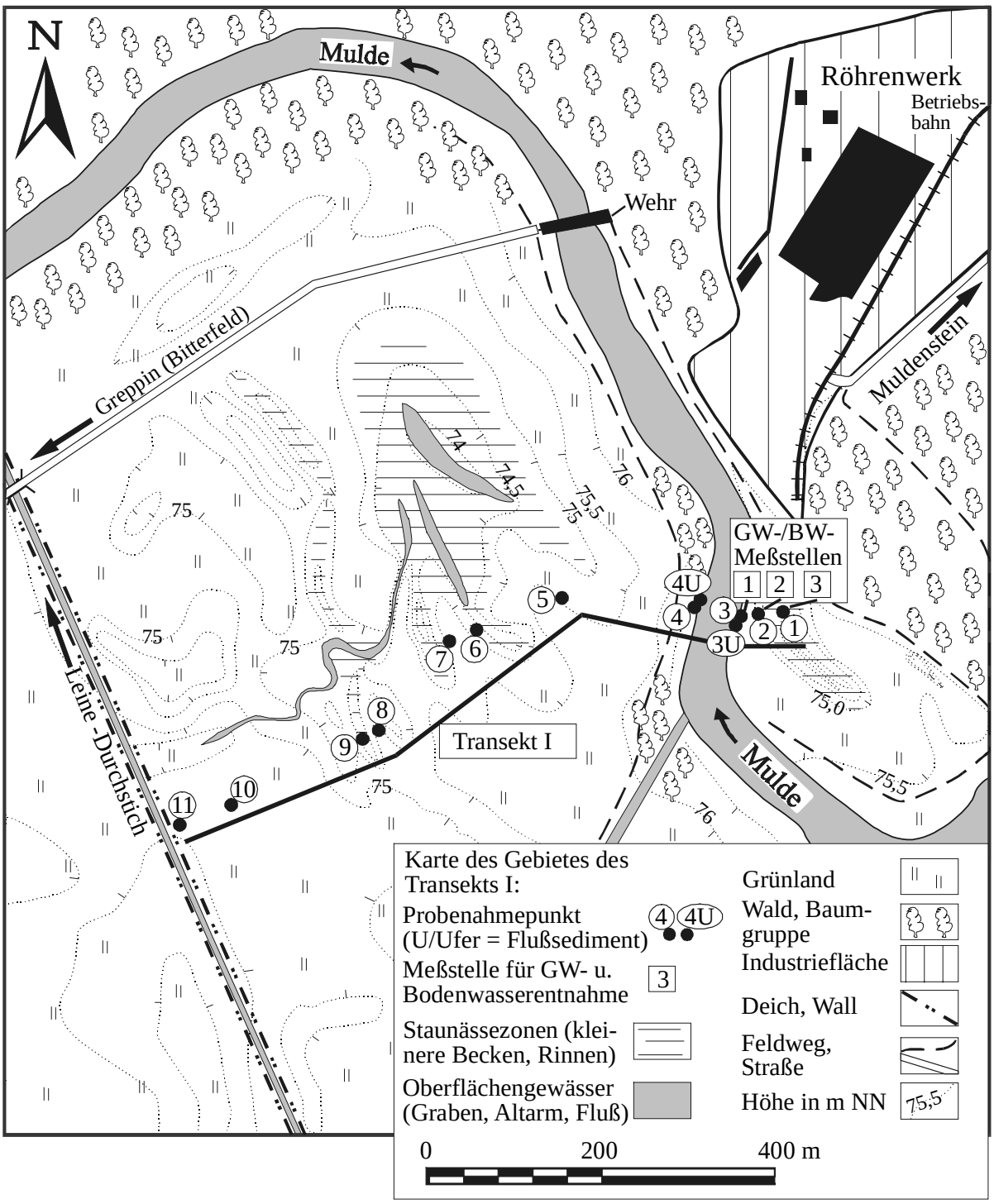


Abb. 1-7: Karte des ersten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt I.

Transekt II

Mit 11 Probenahmepunkten entlang des Transekts II wurde kurz hinter dem Zusammenfluß von Spittelwasser und Schachtgraben ca. 1 km nordwestlich von Jessnitz die Schadstoffracht aus Bitterfeld/Wolfen erfaßt (Abb. 1-8). Weitere 10 Punkte sollten Informationen zur Flächenverteilung von Schadstoffen liefern. Die Schadstofffracht gelangte überwiegend über den Schachtgraben als Vorfluter in das Spittelwasser und anschließend weiter nördlich bei

Raguhn in die Mulde. Die bei Hochwasser stark erosionsgefährdeten, verhältnismäßig steilen und naturgeschützten Uferbereiche sind überwiegend bewaldet. Das Transekt II führt, von Norden vom Spittelwasser kommend, an der GW-Meßstelle 2 vorbei in eine abflußlose Senke hinein, in der die GW-Meßstelle 4 liegt, und erreicht im Südteil wieder das westliche Ufer des Spittelwassers.

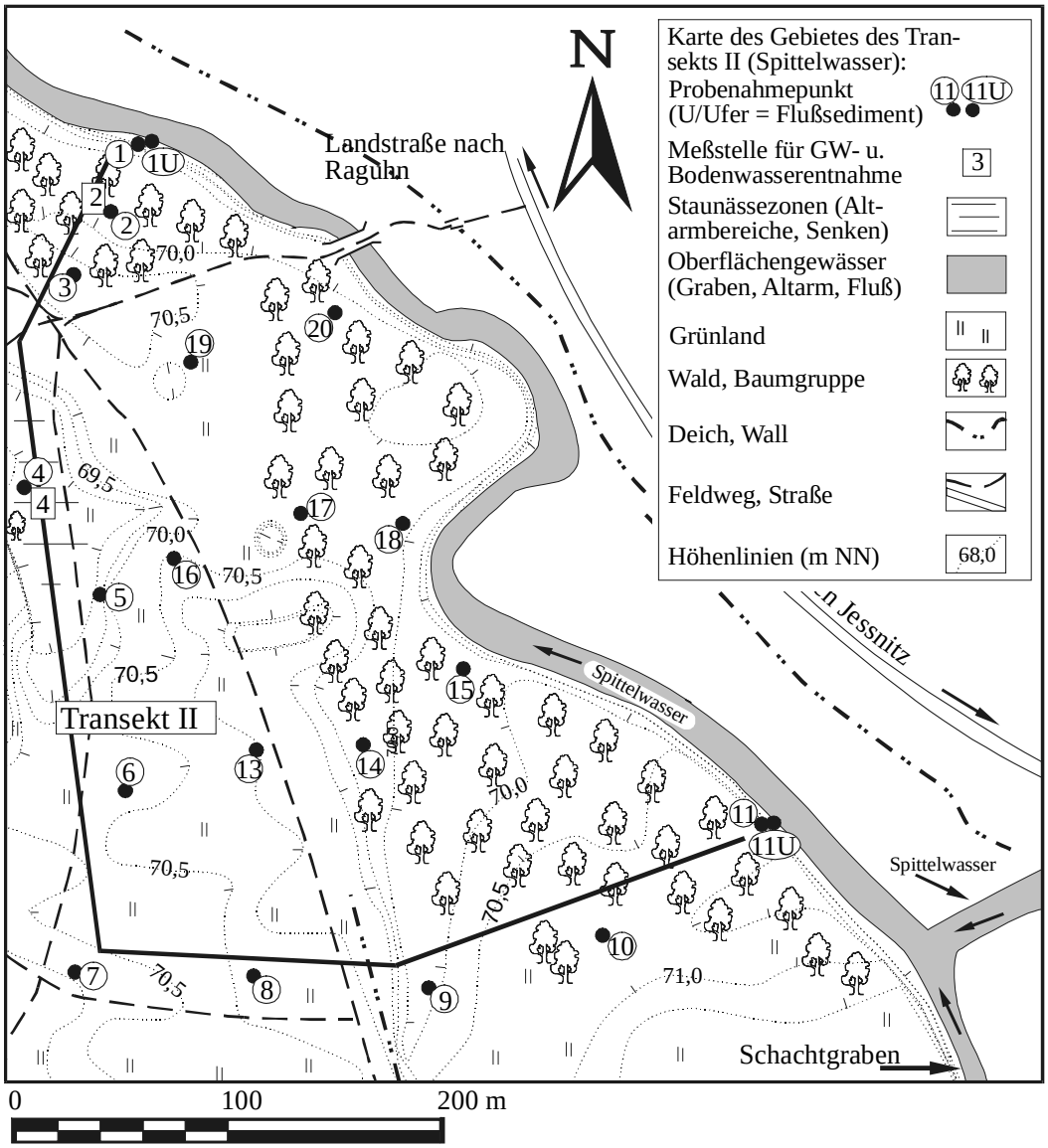


Abb. 1-8: Karte des zweiten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt II.

Transekt III

Das Transekt III quert von Nordwesten nach Südosten auf der Höhe von Schierau mit 21 Probenahmepunkten und 4 komplett ausgebauten Meßstellen ausschließlich unbewaldetes Grünland der Muldeaue. Ergänzt werden diese von weiteren 11 Probenahmelokationen zur Erfassung der horizontalen Schadstoffverteilung (Abb. 1-9).

Der überflutungsgefährdete Deichinnenbereich ist als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Das Transekt verläuft südöstlich der Mulde durch eine kleine Rinne, die bei Hochwasser den südlich gelegenen Altarmbereich des Schäfergeheges entwässert. Das südöstliche Ufer liegt bei Niedrigwasser um ca. 3 - 4 m höher als der Flußwasserspiegel und ist im Prallhangbereich

stark erosionsgefährdet. An der westlichen Uferseite des Gleithangs finden sich vorgelagerte, mit Schilfgras bewachsene Sand- und Kiesterrassen im Flußbett. Zur Kontrolle der Grund- und Bodenwasserverhältnisse im Anstrombereich wurde am Ufer die Meßstelle 1 eingerichtet.

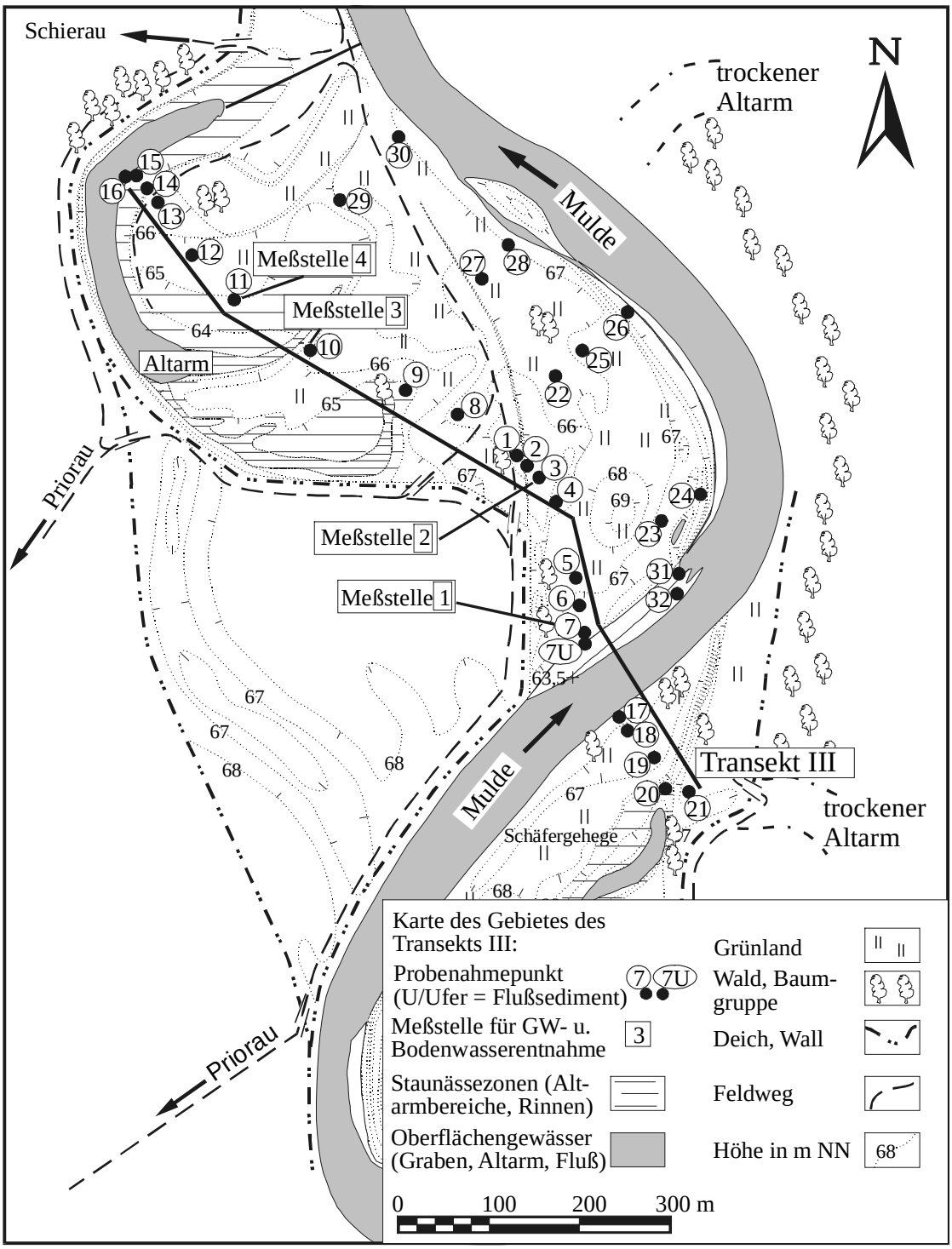


Abb. 1-9: Karte des dritten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt III.

Bei Hochwasser werden am Westufer oftmals ehemalige Rinnenstrukturen reaktiviert, von denen nur noch kleinere zum Teil noch mit Wasser gefüllte Senken erhalten sind. Weiter nördlich biegt der Fluß nach Westen um und bildet am Westufer einen sehr flach einfallenden, ausgedehnten Gleithang aus.

Die Meßstelle 2 liegt in einer ehemaligen Flußrinne und wird bei extremen Hochwasser von der Mulde überflutet. Die Flutrinne geht nach Norden in eine weitere Senke über, welche die östlich gelegene Hochterrasse von einer ehemaligen Uferböschung im Mittelteil des Gebiets trennt. Die Geländehöhe verringert sich um ca. 3 m in Richtung des Altarms. Der Altarmbereich hat nur im Norden über einen Entwässerungskanal eine direkte Verbindung zur Mulde. Die Meßstelle 3 wurde auf einem etwas erhöhten Wiesenteilstück und die Meßstelle 4 im tiefergelegenen Feuchtbereich des Altarms installiert. Das Transekt überquert nochmals eine höhere Terrasse, bevor es am gegenüberliegenden Altarmufer endet.

Transekt IV

Das nördlichste Teilarbeitsgebiet (Naturschutzgebiet) wird von Südosten nach Nordwesten vom Transekt IV mit 11 Bodenprobenahmepunkten durchquert. Neun weitere Probenahmepunkte erfassen zusätzlich die flächenhafte Schadstoffverteilung (Abb. 1-10).

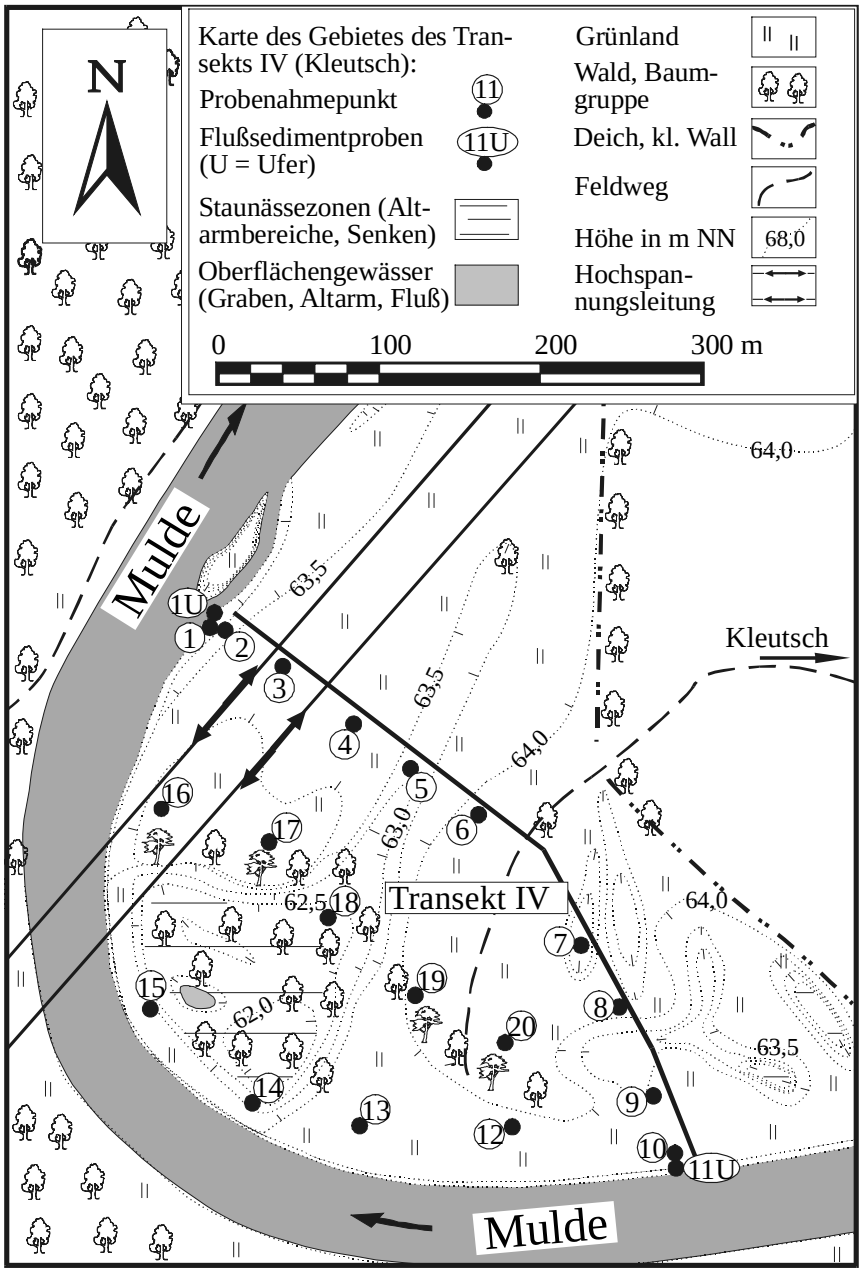


Abb. 1-10: Karte des vierten Untersuchungsgebiets mit dem Transekt IV.

Das Transekt IV quert nach dem Passieren der 2,5 m hohen Uferböschung Richtung Südosten ein flaches durch kleinere Rinnen gegliedertes Areal. Der Südostteil ist deutlich welliger und verstärkt von Rinnen durchschnitten. Diese sind durch einen breiten Uferwallbereich von der Mulde getrennt. Der überwiegende Teil des Areals ist Grünland. Im Zentrum des Flußbogens liegt ein tieferer, überschwemmungsgefährdeter Bereich mit Restbeständen eines Auewaldes. Am gegenüberliegenden Südwestufer der Mulde wurden nach Hochwasserphasen Abbrüche großer Teile der Böschung beobachtet. An den Uferbereichen auf der Innenseite des Flußbogens überwiegen Sedimentationsbedingungen gegenüber kleinräumigen Erosionserscheinungen. Deichbauten befinden sich ca. 1 km östlich der Ortschaft Kleutsch (Abb. 1-10). Die östlich gelegenen Äcker und Wiesen sind entsprechend überschwemmungsgefährdet.

1.4.5 Zusammenfassung der großräumigen Verhältnisse

Die Mulde transportiert u.a. anorganische Schadstoffe wie Schwermetalle und Metalle bei saisonal stark schwankender Abflußmenge aus den Industrie- und Bergbauregionen des Erzgebirges in die Aue bei Bitterfeld/Wolfen. Schneeschmelzen im Winter und Frühjahr (Erzgebirge) sowie Niederschlagsereignisse in der Spätsommerzeit führen zu Überschwemmungen. Diese können das gesamte eingedeichte Niederungsgebiet erfassen, was bei der Hochwasserkatastrophe im August 2002 zu beobachten war. Neben der ehemals hohen Luftschadstoffbelastung der Region gelangten jahrzehntelang anorganische (Schwermetalle) und organische Schadstoffe (Phenole, PAK, CKW, HCH, Dioxine, Furane, Zinnorganika, chlorierte Pestizide u.a.) aus der Industrie Bitterfelder/Wolfens vorrangig über den Schachtgraben und das Spittelwasser in die Muldeaue. Von Bedeutung waren in den Jahrzehnten vor der Vereinigung beider deutschen Staaten 1989/90 auch Einleitungen von Braunkohlesumpfungswässern aus den südlich gelegenen Braunkohletagebauen.

Für die Untersuchung der regional unterschiedlichen Schadstoffbelastungsmuster, welche die zwei unterschiedlichen Haupteintragspfade aus dem Erzgebirge und Bitterfeld/Wolfen repräsentieren, wurden Gebiete mit Untersuchungstransekten in unterschiedlichen Teilbereichen gewählt. Das Transekt I schneidet kurz hinter dem Muldestausee die Mulde und nimmt die Schadstofffracht aus der im Süden gelegenen Erzgebirgsregion auf. Am Spittelwasser nordwestlich von Jessnitz erfaßt das Transekt II Einträge aus Bitterfeld/Wolfen. Die Transekte III und IV repräsentieren die vereinigte Schadstofffracht im Mulde-Abstrombereich der Region.

Bei der Wahl der vier Transekte wurde die unterschiedliche Lithofazies der Teilbereiche und die variable Hydrogeomorphologie berücksichtigt. In der weitläufigen und flachen Muldeaue östlich von Bitterfeld/Wolfen überwiegt eine relativ geschlossene Auelehmüberdeckung (Transekt I). Mehrere Stauwehre verlangsamen die Fließgeschwindigkeit der Mulde, was die Ufer- und Flußbetterosion deutlich vermindert. Der Muldestausee hat seit seiner Fertigstellung im Jahre 1979 die Funktion einer Sedimentfalle für den Partikeltransport im Muldewasser. Entsprechend deutlich verringerte sich die Schadstoffbelastung und Sedimentationsrate unterhalb des Muldedamms südlich von Muldenstein. Bedeutende Hochwasserereignisse erfassen weiterhin die gesamte Muldeaue und erodieren dabei auch kontaminierte, sandige Böden und Gewässersedimente des Spittelwassers, die mit dem Abfluß in die nördlich angrenzende Muldeaue verfrachtet werden. Nördlich davon erstrecken sich schmalere Auebereiche (Transekt III), die lithofaziell und hydrogeomorphologisch durch Kiesterrassen, Flutrinnen, Uferwälle und Altarmbereiche variabler gestaltet sind. Hohe Fließgeschwindigkeiten der Mulde können bei Hochwasser, wie am Transekt IV bei der Ortschaft Kleutsch im März 1998, zu Uferabbrüchen und damit zur Remobilisierung von kontaminiertem Sedimentmaterial führen. Im Bereich von Kleutsch ist die Aue weniger intensiv strukturiert und umfaßt vorrangig flache Geländebereiche mit vereinzelten Rinnenstrukturen.

1.5 Lithofazies und pedologische Verhältnisse

Die vier Teilarbeitsgebiete wurden so gewählt, daß sie die variablen lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse in der Muldeaue repräsentieren. Anhand der Substratkartierung sowie Boden- und Sedimentuntersuchungen wurden Lithofaziesbereiche differenziert, auf denen die standortspezifischen geo-/hydrochemischen Untersuchungen basieren.

Transekt I

Transekt I beginnt im östlichen Bereich in einer abflußlosen Senke. Diese zeigt ein stark vergleytes, unter Grundwassereinfluß stehendes, anoxisches Auelehmprofil (*Auengley*), das überwiegend aus graubraunem, tonigen Schluff von 0 - 1,0 m u. GOK besteht (Abb. 1-11, Abb. V.1-2). Unterlagert wird der Auelehm von grundwasserführenden Sanden (Mittelsand). Der Uferwallbereich liegt nur 0,5 - 1,0 m u. GOK über dem Geländeniveau der Senke. Der größere Grundwasserflurabstand führt zur Ausbildung von Auelehmen (*Vega*), die am Ostufer im oberflächennahen Bereich einen höheren Sandanteil haben. Am Westufer (Prallhangbereich) ersetzen Sande (*Paternia*) im Bereich von 1 - 1,5 m u. GOK im Vertikalprofil den Auelehm, der bis zum Leine-Durchstich eine Mächtigkeit von 2 - 3 m erreicht (Abb. 1-11).

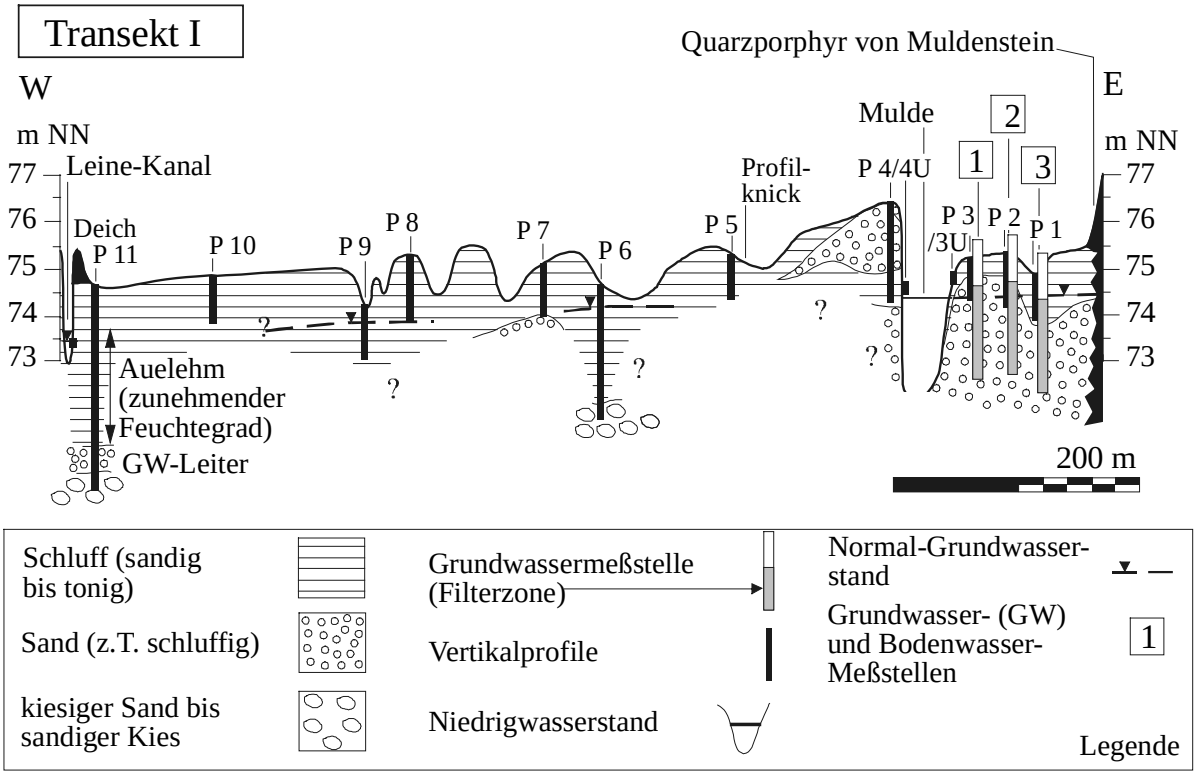


Abb. 1-11: Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts I im Profilschnitt (stark überhöht).

Transekt I tangiert auf der Westseite der Mulde Rinnenstrukturen mit ähnlichen Auelehmverhältnissen (*Auengley*) wie in der Senke auf der Ostseite. Das Rinnensystem auf der Westseite mündet schließlich in die nördlich gelegene abflußlose Senke. Der Grundwasserleiter auf der Westseite der Mulde ist überwiegend sandig bis kiesig ausgebildet.

Die Grundwasseroberfläche steigt durch den Flußwasseraufstau des ca. 0,5 km flußabwärts gelegenen Wehrs bei Greppin zur Mulde hin an.

Die drei Meßstellen östlich der Mulde liegen in einem Naturschutzgebiet ohne Grünlandnutzung. Die Bodenprofile der Meßstellen befinden sich in Abb. V.1-5.

Transekt II

Nordwestlich von Jessnitz verläuft am Zusammenfluß von Spittelwasser und Schachtgraben das Transekt II. Die Lithofazies ist noch bei 20 - 100 m Flußabstand im ersten halben Meter des Bodens überwiegend sandig ausgeprägt (*Paternia*) und meist von schluffigeren Horizonten unterlagert (Abb. 1-12, V.1-2 und V.1-6). Im Hinterland folgen oberflächennah sandige Schluffe (*Vega*) und in Senken auch GW-beeinflußte, schluffig-tonige und teilweise stark humose Auelehme, die aber nur selten Mächtigkeiten >1 m aufweisen (*vergleyter Auelehm bis Auengley*). Im Süden wechseln die oberflächennahen Bodenverhältnisse von kiesig-sandigen Oberböden, die schluffige Unterbodenhorizonte überlagern, zu sandigen Schluffen und in Ufernähe wiederum zu Sanden.
Die Lithofazies der oberen Horizonte ist im Verlauf des Spittelwassers deutlich sandiger im Vergleich zum ersten Teilgebiet des Transekts I. Unterlagert werden die sandigen, zum Teil schluffigen Deckschichten von einem kiesigen Grundwasserleiter (Abb. 1-12).

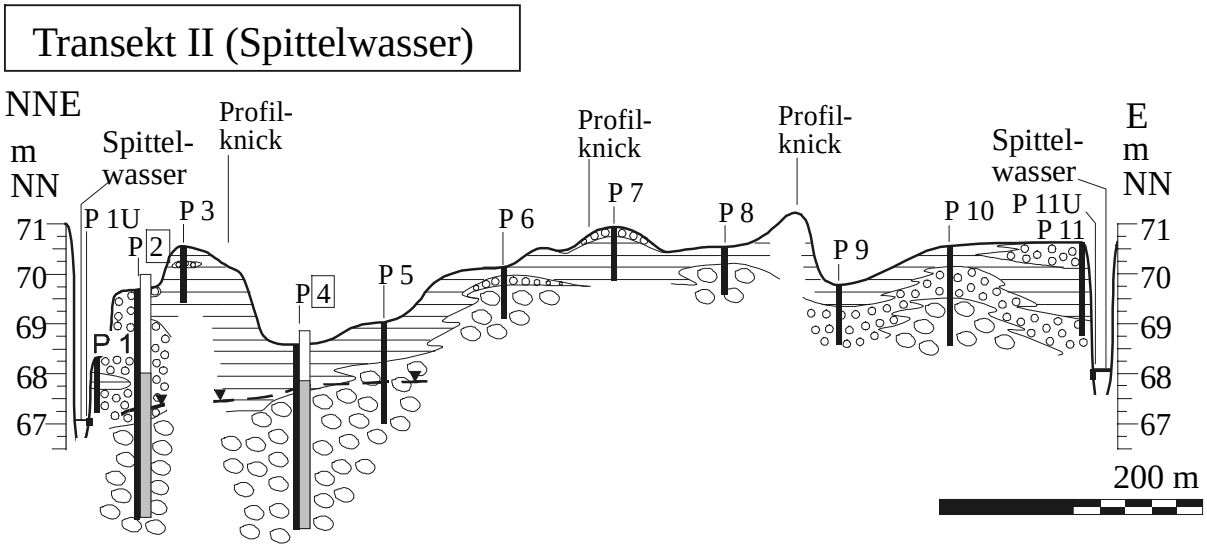


Abb. 1-12: Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts II im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).

Transekt III

Das dritte Arbeitsgebiet bei Schierau hinter dem Zusammenfluß von Mulde und Spittelwasser ist lithofaziell und pedologisch erheblich variabler (Abb. 1-13, V.1-3, V.1-7).
Auf der Ostseite der Mulde beginnt das Transekt III auf einer höher gelegenen Auelehmfläche (*Vega*) und quert eine Rinne mit vergleyten und GW-beeinflußtem Auelehm (*Auengley*). Die Lithofazies ist bis zum steilen und erosionsgefährdeten Muldeufer stark sandig und in tieferen Horizonten kiesig ausgeprägt (*Paternia*).

Dem Westufer sind junge Sand- und Kiesbänke im Flußbett vorgelagert. Die 2 - 4 m über Flußniveau liegenden Uferbereiche weisen entlang des Transekts III überwiegend sandige, 0,2 - 0,4 m mächtige Oberböden, unterlagert von fossilen Oberbodenhorizonten (*Paternia*) über Kiesen, auf.

Weiter westlich erstreckt sich in Nordsüd-Ausrichtung eine mächtige, über das mittlere Flußniveau aufragende Kiesterrasse mit schwach ausgebildeten humosen Oberboden (*Rambla*), die im Norden am Muldeufer durch kiesige Gleithänge begrenzt wird.

Das Transekt III quert an der Meßstelle 2 eine Flutrinne. Bis 0,5 m u. GOK herrschen kiesig-sandige Bodenverhältnisse mit Einlagerungen fossiler Oberbodenhorizonte (*Rambla*). Darunter folgt ein wechselhafter Bereich mit sandigen und schluffigen Horizonten. Erst ab 2 - 2,5 m u. GOK trifft man auf den sandig-kiesigen Grundwasserleiter.
Anschließend passiert das Transekt III in Richtung des Altarmbereichs einen ehemaligen Ufersteilhang. In westlicher Richtung flacht zur Meßstelle 3 (Altarmbereich) hin das überwiegend von ca. 0,5 - 1 m mächtigen sandigem Auelehm (*Vega*) überdeckte Gelände ab. An der Meßstelle 3 besteht eine geschlossene Auelehmüberdeckung von >1 m Mächtigkeit über teilweise verockerten Sanden und tiefer Kiesen (Abb. V.1-3, V.1-7).

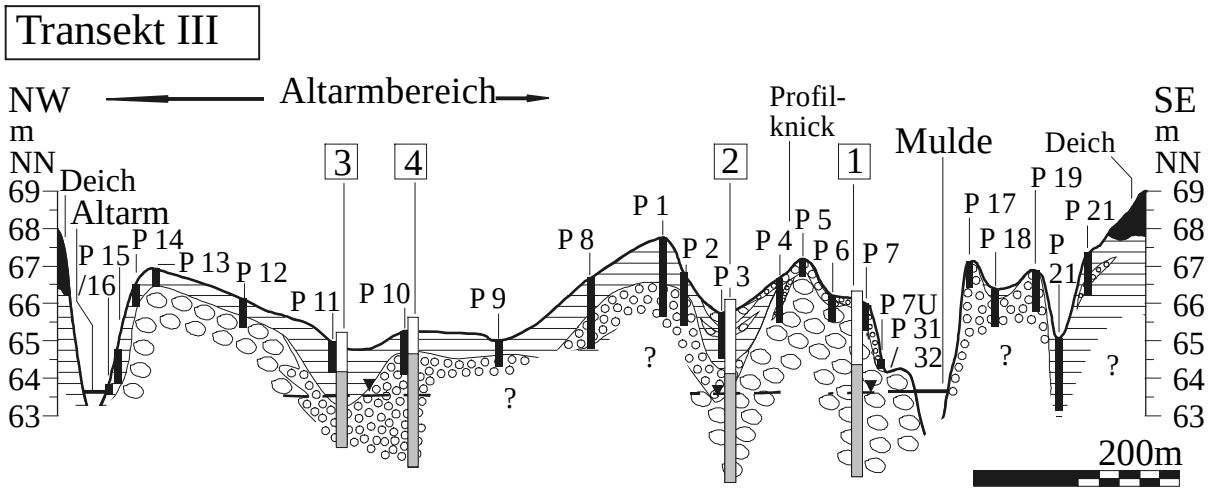


Abb. 1-13: Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts III im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).

Die Meßstelle 4 liegt im GW-beeinflußten, stark vergleyten Auelehmbereich (*Auengley*). Das Auelehmprofil zeigt mindestens zwei ca. 0,5 m mächtige Schluffpartien, die durch feine Mittelsandlagen unterbrochen sind. Darunter schließen sich ab ca. 1,5 m u. GOK im Grundwasserbereich Grobsande mit eingeschalteten geringmächtigen Schlufflagen an. Das Profil der Meßstelle 4 läßt auf schwach oxische und weniger auf stark reduzierende Verhältnisse wie am Transekt I schließen. Das Transekt III führt anschließend aus der Niederung über eine zweite, erhöht liegende Kiesterrasse und endet im Nordwesten an einem tiefer liegenden Altarmgewässer.

Transekt IV

Das Transekt IV quert einen lithofaziell und pedogen relativ homogen Auebereich (Abb. 1-14, V.1-4).
Auelehm (*Vega*) dominiert mit einer Mächtigkeit von ≥1 m das Areal des Muldemäanders und bedeckt den sandig-kiesigen Grundwasserleiter. Die Oberböden der Uferbereiche sind im südlichen Teil deutlich sandiger. Das Muldeufer wird von ca. 2 m steil zum Fluß abfallenden Böschungen gebildet (*Paternia*). Weiter nördlich werden bei Überflutung auch feinere, schluffig-tonige Sedimente am Ufer abgelagert (*Vega*).
Nord-Süd ausgerichtete Flutrinnen mit schluffig-sandiger Füllung über Kies zeugen von ehemaligen Fließwegen der Mulde, aus deren Position sich das Flußbett allmählich Richtung

Westen verlagert hat. Im Zentrum des Mäanders existieren an sandig-kiesigen Standorten noch Auewaldbestände.

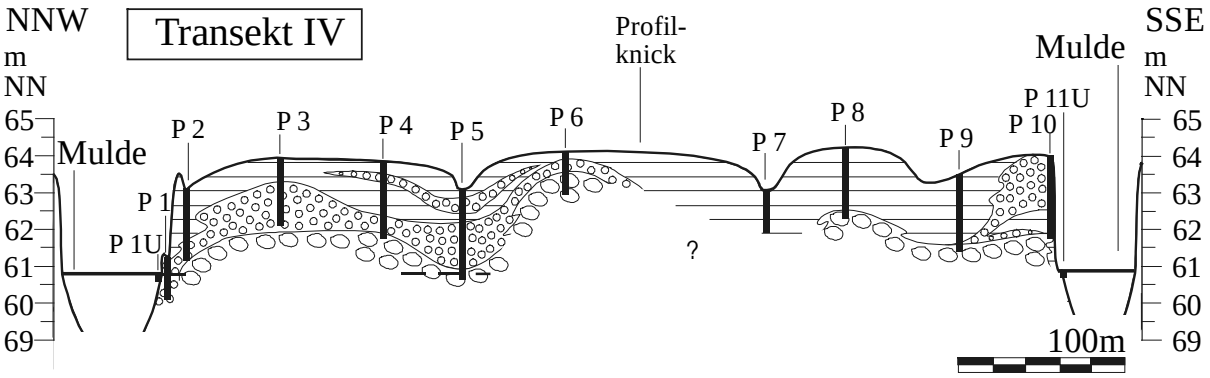


Abb. 1-14: Die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse des Transekts III im Profilschnitt (stark überhöht; Legende in Abb. 1-11).

1.5.1 Pedologisch-sedimentologische Kenndaten

Für die Bewertung des Mobilitätsverhaltens von Schwermetallen und Metallen in Böden und Sedimenten sind u.a. die Korngrößenzusammensetzung, der Gehalt an organischer Substanz und der pH-Wert von Bedeutung.

Granulometrisch-mineralogische Zusammensetzung

Die Kornzusammensetzungen sämtlicher Proben wurden aus zeitlichen Gründen bei der Bodenansprache abgeschätzt (n = 291). Der durch Sieb- und Schlämmanalysen an 21 Proben ermittelte Schätzfehler betrug bei dreiviertel aller Proben durchschnittlich ≤15 %. Die maximale Abweichung der Schätzung lag bei 35 % im Vergleich zur Kornanalyse. Die Korngrößenschätzungen können nach den Ergebnissen als hinreichend genau für die statistische Bearbeitung bewertet werden.

Die Oberböden im Gebiet des Transekts I setzen sich aus 75 % Schluff, 20 % Ton und 5 % Sand zusammen (Median). Tiefere Bodenbereiche inklusive des Grundwasserleiters haben höhere Anteile an der Sandfraktion (Median >30 % bis 90 %). Die Ober- und Unterbodenhorizonte entlang des Transekts II sind überwiegend sandig ausgebildet. In den Aue-Oberböden der Transekte III und IV dominiert die Schlufffraktion (50 - 60 % Median) gefolgt von der Sand- (ca. 20 - 30 % Median) und der Tonfraktion (5 - 15 % Median). In den Unterböden besitzt mit Ausnahme des Transekts I die Sandfraktion den höchsten prozentualen Kornanteil. Die Unterböden des Transekts III weisen zum Teil auch erhebliche Kiesanteile auf.

Die heterogen zusammengesetzten Fließgewässersedimente bestehen im Bereich des Transekts III (Mulde) aus Sanden und Kiesen, aus Sanden am Transekt II (Spittelwasser) und Sand/Schluff-Gemischen im Bereich der Transekte I und IV (Mulde).

Tab. 1-11 stellt die Zusammensetzung aller untersuchten Proben mit Ausnahme der Gewässersedimente dar. Demnach dominiert in den Oberbodenhorizonten die Schlufffraktion gegenüber der Sandfraktion. In den Unterbodenhorizonten ist das Verhältnis umgekehrt. Deutlich schwächer ist die Ton- und Kiesfraktion in Ober- und Unterböden vertreten.

Tab. 1-11: Anteile der Hauptkornfraktionen in den Böden aller vier Teilarbeitsgebiete (ausgenommen 15 Flußsedimentproben).

%-Median	Kiesfraktion	Sandfraktion	Schlufffraktion	Tonfraktion	Summe	n
Oberboden	2,0	40,0	47,2	10,8	100	83
Unterboden	4,2	52,0	34,5	9,3	100	193
Gesamt	3,2	46,0	40,8	10,0	100	276

Die Böden und Flußsedimente in den Auegebieten der Transekte I, II und III bestehen aus Quarz als Hauptkomponente, Feldspäten wie Kalifeldspat und Plagioklas sowie aus mafischen Mineralen (Pyroxene u.a.), Hellglimmern und aus verschiedenen für die Schwermetallbindung wichtigen Tonmineralen. Potentiell schwermetallbindende, amorphe bis kristalline Fe-Hydroxide (u.a. Ferrihydrit) oder Eisenoxide (Goethit) ummanteln als „Coatings“ größere Kornbestandteile in Oxidationszonen der Böden. Relevante Anteile an Karbonaten fehlen in den Aueböden (NEUMEISTER & RUSKE 1995). Im Rahmen einer Diplomarbeit (GUNKEL 1999) wurden halbquantitative, röntgendiffraktometrische Tonmineralanalysen an ausgewählten Proben durchgeführt, die eine durchschnittliche Zusammensetzung von 42 % Illit, 25 % Kaolinit, 19 % Chlorit und 14 % Vermiculit ergaben.

Organische Bodensubstanz

Mineralisierungs- und Humifizierungsprozesse der organischen Bodensubstanz laufen in semiterrestrischen Aueböden Bitterfeld/Wolfens zum Teil langsamer als in terrestrischen Böden ab (KALBITZ 1996; HANSCHMANN et al. 1997). Zudem besitzen mobilere Fulvinsäuren gegenüber den Huminsäuren in den Böden ein starkes Übergewicht (KRÜGER 1995). Sandig-humose Oberböden weisen in Abhängigkeit von Wiederbefeuchtungs- und Trocknungseffekten gehemmte Abbaubedingungen für die organische Substanz und einen erhöhten DOM-Austrag (Dissolved Organic Matter) auf. Bei zunehmender Bodenacidität führt dies zu erhöhter Schwermetall-Mobilität (KALBITZ 1996). Eine intensivere Humifizierung in bindigeren Bodensubstraten steigert dagegen die Immobilisierung von Schwermetallen durch Ausfällung von Metallhumaten bzw. durch die Sorption an Mineraloberflächen von Ton/Humus-Komplexen (KRÜGER 1995).

Die TC/TOC-Analysen bestätigen die Ergebnisse von NEUMEISTER & RUSKE (1995), daß die Muldeaueböden nahezu karbonatfrei sind (Abb. 1-15a). Der C-Anteil an der organischen Substanz beträgt ca. 50 % (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Demnach kann der Glühverlust bei 430° C etwa dem zweifachen TC-Gehalt gleichgesetzt werden (Abb. 1-15b).

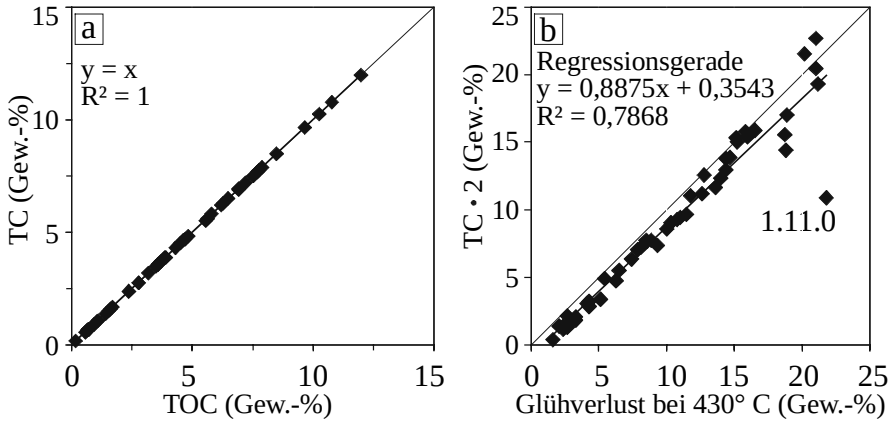


Abb. 1-15: Korrelation des TC mit dem TOC (Total Organic Carbon) im Diagramm „a“ und des TC • 2 mit dem Glühverlust (430° C) im Diagramm „b“.

Nur in wenigen Proben (z.B. 1.11.0) wurden relevante Abweichungen der Glühverluste vom zweifachen TC-Gehalt festgestellt. Ursache dafür sind u.a. Wasserverluste quellfähiger, wasserhaltiger Tonminerale (Vermiculit) oder Fe-Hydroxide.

Verschiedene Korndichten (Pyknometerversuch nach DIN 18 124) der Bodensubstrate lassen sich unterschiedliche Gehalte an organischer Substanz zurückführen (Abb. 1-16). Die Unterschiede wirken sich bei Substanzeinwaagen zu Bodenuntersuchungen (Gesamtgehalte, Extraktionen, Elutionen) auf das Analyseergebnis aus. Die Korndichten unterschiedlich zusammengesetzter Ober- und Unterböden der Muldeaue weisen für die Kornfraktion <63 µm eine Spannweite von maximal 14 % und für die Kornfraktion <2 mm von maximal 36 % auf.

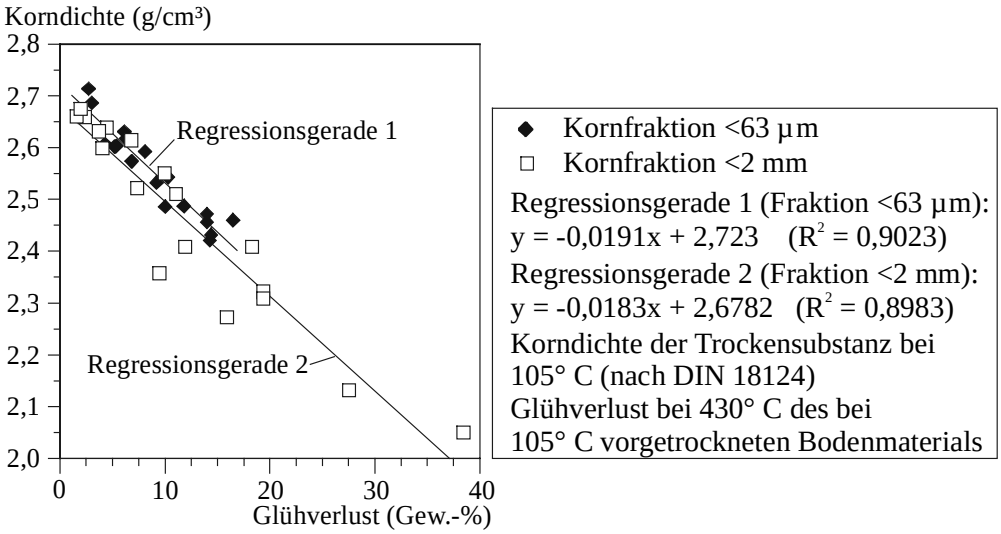


Abb. 1-16: Glühverlust in Abhängigkeit von der Korndichte (Frakt. <63 µm, <2 mm).

Die Glühverluste der Böden des Transekts II sind im Vergleich zu den Bodengehalten der anderen Transekte im Ober- und Unterbodenbereich deutlich höher (Abb. 1-17). Ausreißer und Extremwerte der Transekte I und II kennzeichnen fossile Oberböden, die verstärkt im Uferbereich der Fließgewässer auftreten. Gemessen am Glühverlust können höhere Gehalte an organischer Bodensubstanz bei sauren Bodenverhältnissen, wie oben beschrieben, nach KALBITZ (1996) und HANSCHMANN et al. (1997) auf einen gehemmten Substratabbau und damit auf eine gestörte Mikrobiologie hinweisen.

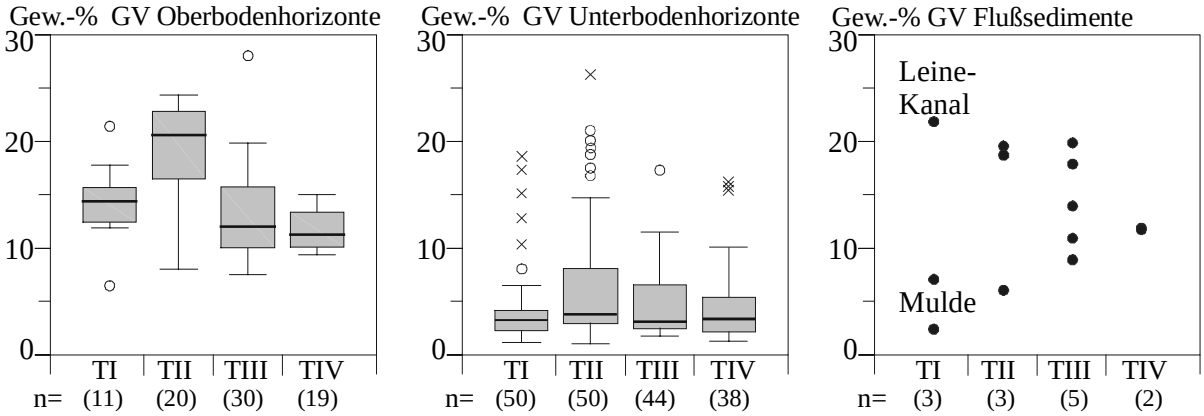


Abb. 1-17: Glühverlust (GV) der Ober-, Unterböden, fossilen Oberböden und Gewässersedimente der Transekte I - IV (Kornfraktion <63 µm).

pH-Wert

Die pH-Werte des Bodens wurden in 0,1 M $CaCl_2$-Lösung und in Aqua dest. ermittelt. Die in $CaCl_2$-Lösung gemessenen pH-Werte liegen im Vergleich mit den in Aqua dest. bestimmten pH-Werten um 0,5 - 1 pH höher. Auswirkung auf den pH-Wert des Bodens haben Oxidationsprozesse infolge der Probentrocknung. Bei Oxidations-Versuchen feldfrischer Proben aus reduzierenden Bodenbereichen wurde der pH-Wert durch die Abgabe von H^+-Ionen merklich abgesenkt (etwa 15 % der Versuchsproben). Bei Reduktionsprozessen werden dagegen H^+-Ionen verbraucht, was einer Erhöhung des pH-Werts gleichkommt (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Oxidationsprozesse und veränderliche pH-Werte beeinflussen die Schwermetallmobilität und konnten im Rahmen der Probenaufbereitung nicht ausgeschlossen werden (Abb. 1-18).

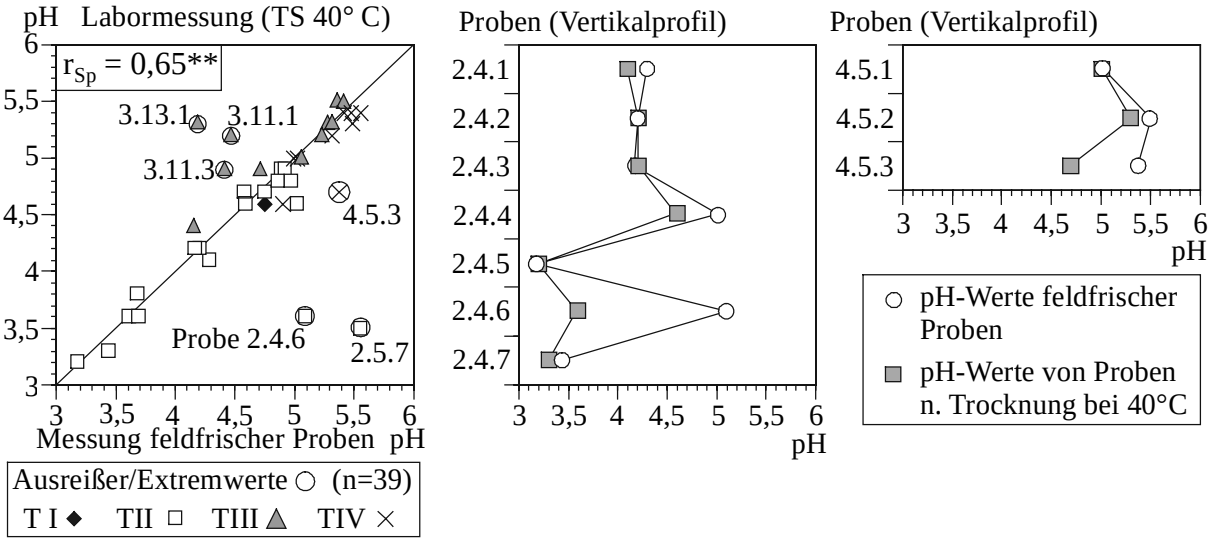


Abb. 1-18: Vergleich von pH-Werten (0,1 M $CaCl_2$-Lösung) gemessen an feldfrischen Proben und nach Trocknung bei 40° C (r_{sp} = Spearman-Rho).

Die pH-Werte des Bodens der drei Transekte I, III und IV liegen zwischen pH 4,5 und 6. Die Böden am Spittelwasser (Transekt II) weisen dagegen überwiegend Werte im Bereich von pH 3 - 5 auf (Median bei ca. pH 4). Die Böden im Uferbereich des Spittelwassers erreichen extrem niedrige Werte zwischen pH 3 - 4 (Abb. 1-19).

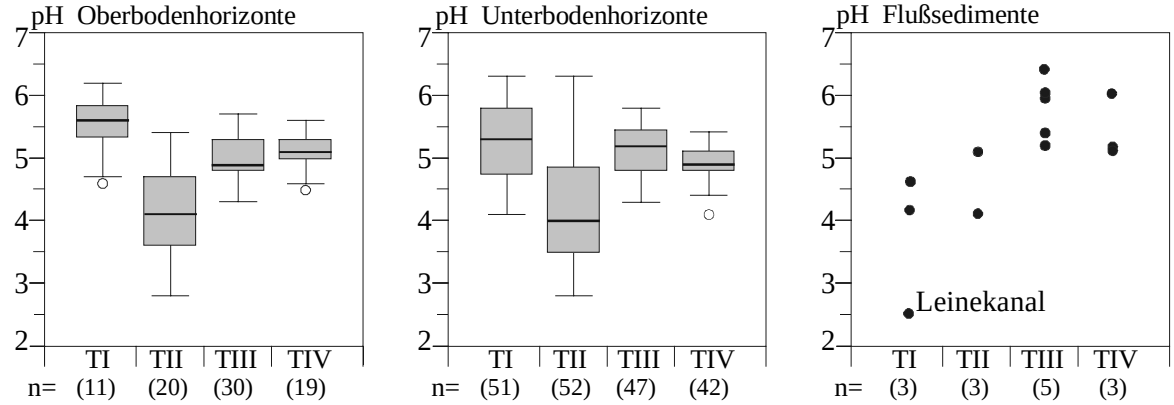


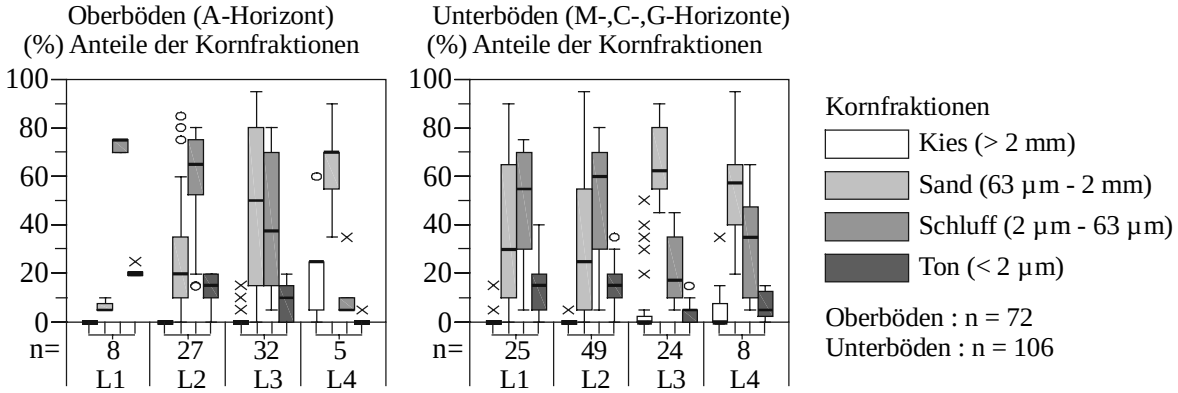
Abb. 1-19: Boden-pH ($CaCl_2$-Lsg.) von Ober-, Unterböden, fossilen Oberböden und Gewässersedimenten aller vier Transekte (T I - IV).

Ein zum Teil durch die anthropogene Belastung verursachter, sehr niedriger pH-Wert von pH 2,8 wurde in den Ufersedimenten am Spittelwasser festgestellt. Die höchsten pH-Werte

weisen Proben aus dem Auebereich des Transekts I mit Medianwerten von pH 5,6 (Oberböden) und pH 5,3 (Unterböden). Aufgrund fehlender Karbonate dient ausschließlich die Schluff-/Tonfraktion und die organische Substanz als H^+-Protonenpuffer. Diese können jedoch die Pufferleistung von Karbonaten nicht vollständig ersetzen, was zur Einstellung niedriger pH-Werte führt.

1.5.2 Gliederung nach Lithofaziestypen

Anhand der Substratkartierung wurden Lithofaziesbereiche ausgewiesen (Kap. 1.5). Zum Zwecke substratspezifischer Mobilitätsuntersuchungen von Schwermetallen und Metallen in Flußauebereichen wurden aus den Bereichen vier Lithofaziestypen generiert (Abb. 1-20, 1-21, 1-22).



Kartierte Lithofaziesbereiche :	generierte Lithofaziestypen (L 1 - 4) :
a) vergleyter Auelehm (Schluff, tonig, schw. sandig); z. T. GW-beeinflußt	L 1 (Altarmbereiche/Senken)
b) Auelehm (Schluff, sandig-tonig; teilweise vergleyt; > 1 m mächtig) c) Auelehm (Schluff; stärker sandig mit Grobsand-/Kiesanteil)	L 2 (undifferenzierte Auelehmbereiche)
d) Sande z. T. mit eingeschalteten schluffigen Unterbodenhorizonten e) schluffig-sandige Oberbodenhoriz.. üb. Sand/Kies (0,2-0,5 m u. GOK) f) kiesig-sandiger Oberboden über schluffig-sandigen Horizonten	L 3 (überwiegend Ufernahbereiche, Uferwälle, Flutrinnen)
g) sandig-kiesiger Oberboden über kiesigen Sanden/sandigen Kiesen h) sandige Kiese ohne humosen Oberboden	L 4 (höhere Terrassen, stark kiesige Flutrinnen)

Abb. 1-20: Die räumlichen, lithofaziellen Verhältnisse aller Teilgebiete auf der Basis der Gruppierung nach Lithofaziestypen.

Der *Lithofaziestyp L1* ist in Altarmbereichen und Senken anzutreffen. Dieser repräsentiert stark schluffig-tonige, vergleyte Auelehme mit redoximorphen Merkmalen stark anoxischer Verhältnisse (schwarze Bodenfarbe) bei geringen GW-Flurabständen von 0 - 1 m. In tieferen Horizonten nimmt der Sandanteil im Übergang zum GWL deutlich zu.

Undifferenzierte Auelehmflächen sind dem *Lithofaziestyp L2* zuzuordnen. Schluffig-sandige, teilweise vergleyte Auelehme herrschen vor (GW-Abstand >1 m). Die Oberböden sind hauptsächlich schluffig, während im Unterboden ein größerer Sandanteil auftritt.

Der variablere *Lithofaziestyp L3* findet sich in Ufernähe, auf Uferwällen oder allgemein in Flutrinnen. Teils schmale, schluffige Sandhorizonte mit einem geringen Kiesanteil decken schluffig bis kiesige Sande oder direkt den kiesigen Grundwasserleiter ab.

In den Oberböden des *Lithofaziestyps L4*, der verstärkt auf höher gelegenen (Kies-)Terrassen und stark kiesigen Flutrinnen vorkommt, dominieren Sande mit variablem Kiesanteil von

durchschnittlich >20 % bis hin zu sandigem Kies (Kiesanteil bis 60 %). In tieferen Bereichen können vereinzelt Schlufflagen auftreten, jedoch herrschen überwiegend Kies-Sand-Gemische vor.

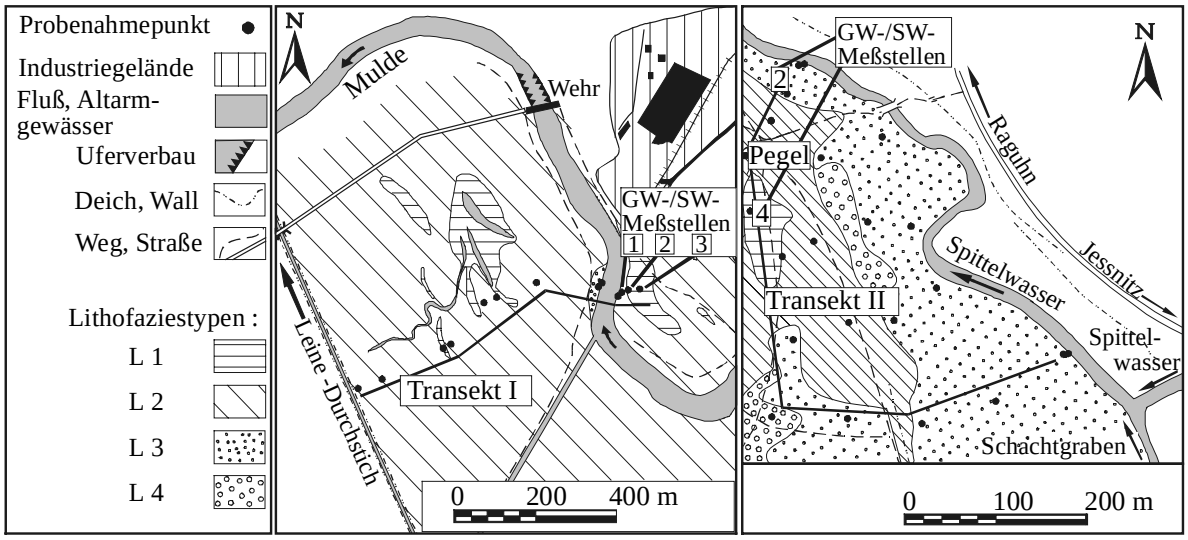


Abb. 1-21: Verteilung unterschiedlicher Lithofaziestypen in den Teiluntersuchungsgebieten der Transekte I und II.

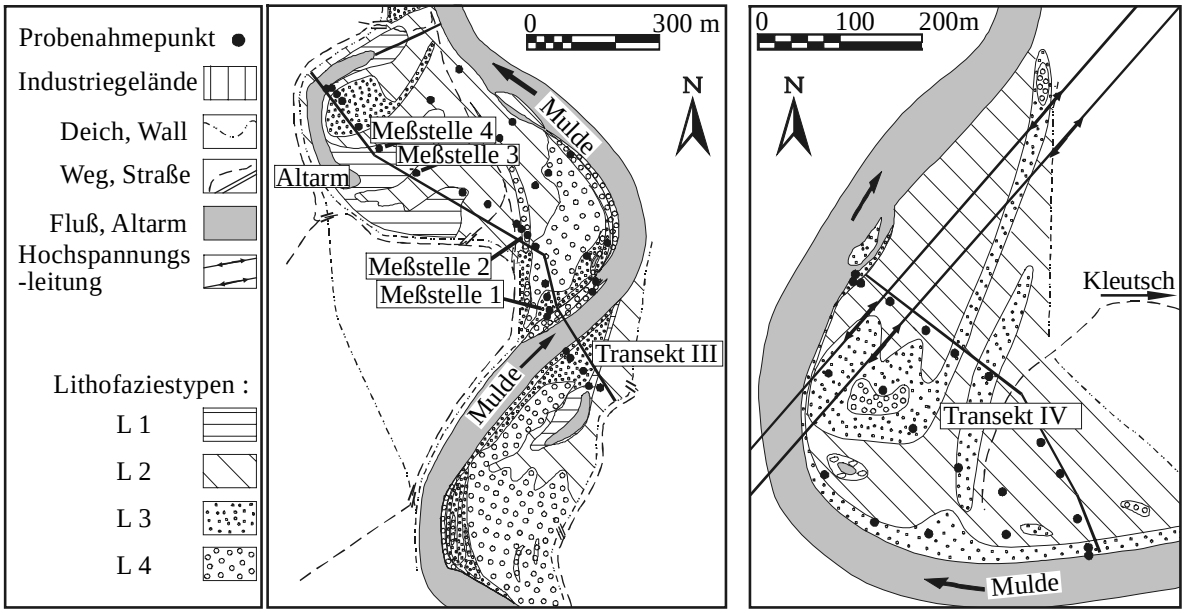


Abb. 1-22: Verteilung unterschiedlicher Lithofaziestypen in den Teiluntersuchungsgebieten der Transekte III und IV.

Die Lithofaziestypen L1 bis L4 lassen Unterschiede im Gehalt an organischer Substanz, gemessen am Glühverlust (430° C), erkennen (Abb. 1-23).

Hohe Anteile an organischer Substanz finden sich in den sandigen Oberböden am Spittelwasser (T II) wie auch in den sandigeren bis kiesigen Substraten der Oberböden des Transekts III (Abb. 1-17, linke Grafik). Die Unterböden sind bis auf fossile Oberbodenhorizonte meist nahezu frei von Humusanteilen und haben entsprechend geringere Glühverluste. Höhere Glühverluste sind im Unterboden meist auf wasserhaltige Tonminerale und erhöhte Wasseranteile von Fe-Hydroxiden zurückzuführen.

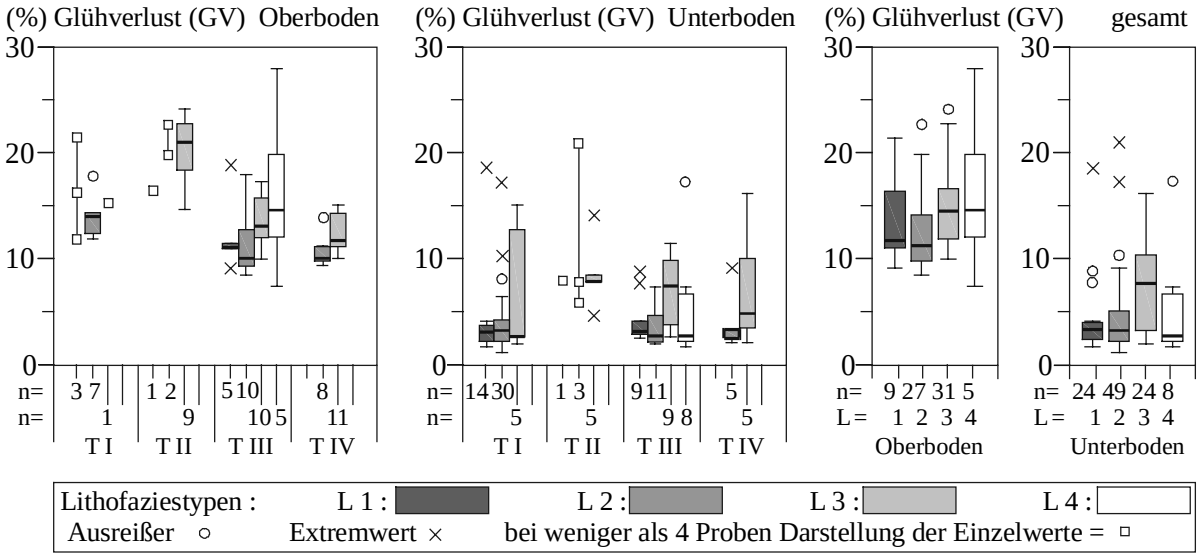


Abb. 1-23: Verteilung der organischen Bodensubstanz gemessen am Glühverlust nach Transekten und Lithofaziestypen.

Die niedrigsten pH-Werte waren in den sandigen Ober- und Unterböden im Uferbereich des Spittelwassers festzustellen (Abb. 1-23). Die pH-Werte der Oberböden lassen nach der Lithofaziesgliederung keinen interpretierbaren Trend erkennen (Abb. 1-24).

Die Unterböden im Gebiet des Transekts I (Lithofaziestypen L2, L3) tendieren generell zu höheren pH-Werten (z.T. pH >6). Die Unterbodenhorizonte deuten teilweise aufgrund schwarzgrauer Bodenfärbungen auf reduzierende Verhältnisse in der gesättigten Bodenzone hin. Reduzierende Prozesse verursachen im sauren Bodenmilieu einen erhöhten Verbrauch an freien H^+-Ionen und einen Anstieg des pH-Werts.

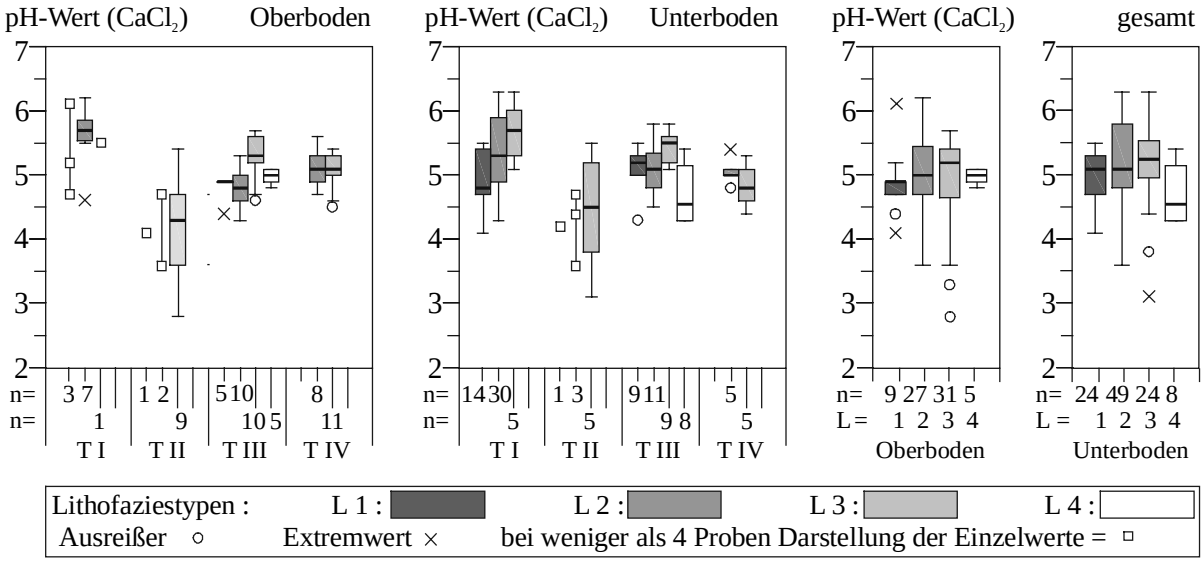


Abb. 1-24: Verteilung des pH-Werts nach Transekten und Lithofaziestypen.

Die Ober- und Unterböden des Lithofaziestyps 4 (Sande - Kiese) im Gebiet des Transekts III weisen dagegen bei annähernd aeroben Bodenverhältnissen und geringeren Pufferkapazitäten auf niedrigere pH-Werte hin (Abb. 1-24).
Ein Zusammenhang zwischen dem Geländeniveau und der Substratausbildung besteht für Oberböden des Lithofaziestyps L1, die überwiegend in Senkenbereichen auftreten. Die Ober-

böden der drei anderen Lithofaziestypen L2 - L4 verteilen sich überwiegend auf höher gelegene Areale, lassen sich jedoch über die Höhenlage nicht weiter differenzieren (Abb. 1-25).

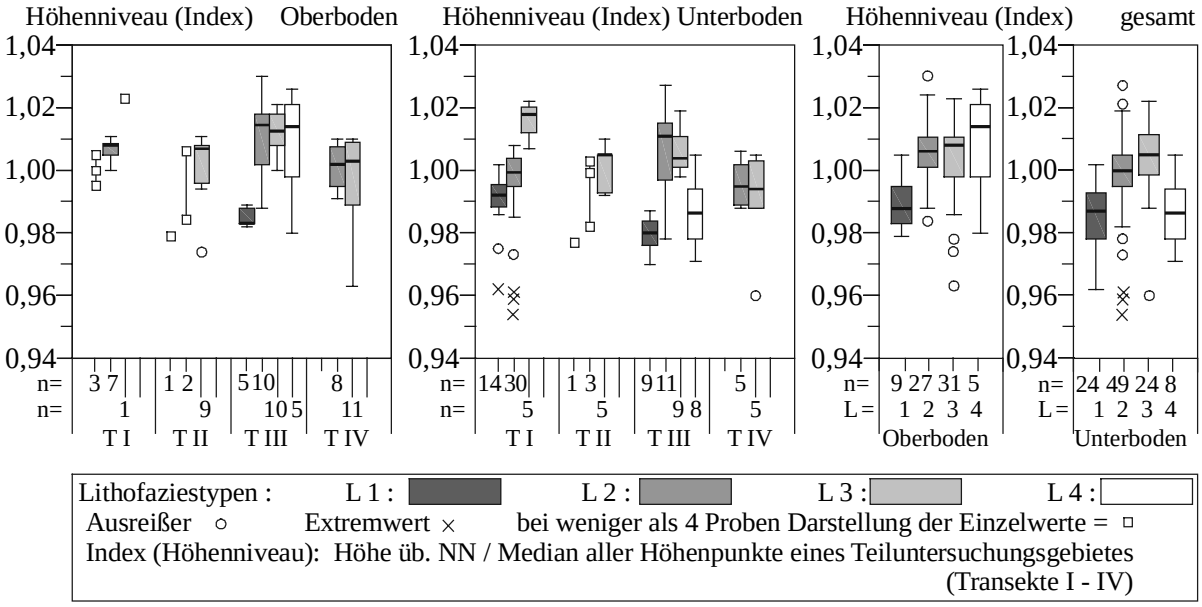


Abb. 1-25: Relative Höhenlage der nach Transekten und Lithofaziestypen gruppierten Bodenhorizonte (Index).

Die Substratzusammensetzung der Unterbodenhorizonte zeigt gleichfalls einen Zusammenhang mit der Höhenverteilung. Schluffreiche Auelehmprofile des Lithofaziestyps L1 sind in Altarmbereichen und Senken anzutreffen. Infolge des geringen GW-Flurabstandes weisen Unterböden oft hydroximorphe Merkmale im GW-Schwankungsbereich bis hin zu stark reduzierenden Verhältnissen in der gesättigten GW-Zone auf. Schluffig-sandige bis kiesige Unterböden finden sich auf mittlerem bis höherem Geländeniveau (Lithofaziestypen L2 u. L3). Kiesige Unterböden (Lithofaziestyp L4) existieren jedoch auch in tiefer gelegenen Auebereichen wie in Flutrinnen (Abb. 1-25).

1.5.3 Zusammenfassung der lithofaziellen Verhältnisse und der Faziesgliederung

Eine grundlegende Informationen über die lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse in der Muldeaue lassen sich aus den Korngrößenverhältnissen der entnommenen Proben ableiten. Die Anteile an Sand und Schluff sind nach der Auswertung der Boden- und Sedimentproben mit 46 % und 41 % relativ ausgeglichen. Die Tonfraktion hat einen geringeren Anteil von durchschnittlich etwa 10 %, und Kies von ca. 3 % aller untersuchten Proben.

Die organische Bodensubstanz ist zumeist in wassergesättigten oder in stark sauren Substraten angereichert, was auf einen möglichen gehemmten Substanzabbau hinweist (KALBITZ 1996, HANSCHMANN et al. 1997). Bei einem fehlenden Karbonatanteil in den Muldeaueböden sind die pH-Puffereigenschaften reduziert. Insbesondere trifft diese Beobachtung auf grobkörnige Oberböden der in der Vergangenheit extrem stark mit Schadstoffen belasteten Spittelwasseraue zu. Fehlt zudem die Tonfraktion und werden aufgrund einer gestörten Mikrobiologie vorrangig organische Säuren aus den humosen Oberböden freigesetzt, stellen sich zwangsläufig extrem niedrige pH-Werte ein. Der pH-Wert liegt unter oxidierenden Verhältnissen generell niedriger und wird im reduzierenden Milieu aufgrund des Verbrauchs von H^+-Ionen bei der Reduktion von Stoffen angehoben.

Die vier Transekte queren lithofaziell-pedologisch variable Auebereiche, die hydrogeologisch-hydrochemisch unterschiedliche Milieubedingungen aufweisen.

Transekt I durchquert ein Areal mit einer relativ geschlossenen Auelehmdeckschicht. Erhöhte Grundwasserstände lassen in flachen, abflußlosen Senken das Grundwasser im niederschlagsreichen Winterhalbjahr bis zur Geländeoberkante ansteigen. Die Wassersättigung der vergleyten Bodenhorizonte verursacht in Teilbereichen mehr oder weniger stark anoxische Milieubedingungen, die sich auch auf den oberflächennahen sandigen Grundwasserleiter übertragen.

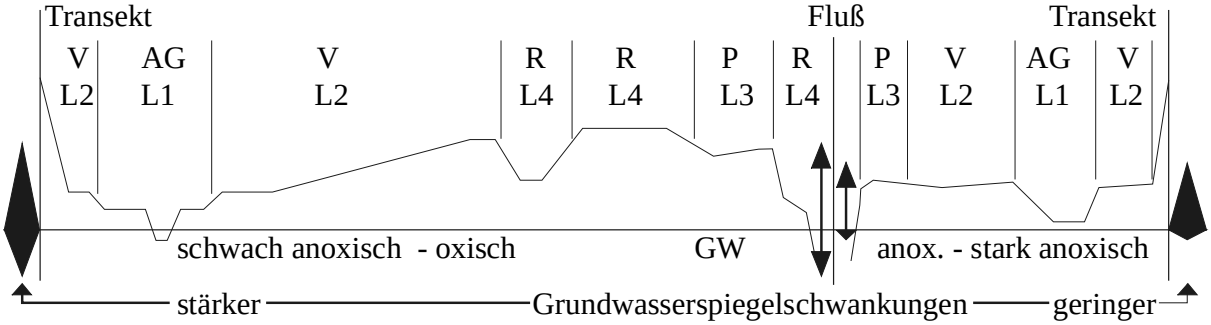
Im Auegebiet des *Transekts II* dominieren in Ufernähe des Spittelwassers sandige Substrate („Spittelwasserfazies“), die auch von der höheren Gewässerdynamik insbesondere bei Hochwasser künden. Die Auelehmdecke ist geringmächtig, in Senken stärker ausgebildet und wird im Bereich des Grundwasserleiters von Sanden und Kiesen unterlagert. Die Uferbereiche zeichnen sich durch besonders niedrige Boden-pH-Werte von pH <3- 4 aus, was sich auf die Schwermetall- und Metallmobilität auswirkt.

Der morphologisch, lithofaziell und pedologisch variabelste Auebereich wird vom *Transekt III* durchquert. Sandige Uferbereiche wechseln mit höher gelegenen Kiesterrassen und sandig-kiesigen Flutrinnen ab. In größerer Entfernung von der Mulde erstrecken sich ausgedehnte Altarmbereiche mit geschlossener Auelehmüberdeckung. Der Auelehm ist in den Feuchtzonen nahe dem Altarmgewässer stärker vergleyt, ohne jedoch Hinweise auf stark anoxische Bodenverhältnisse zu geben.

Der Auebereich des *Transekts IV* ist ebenfalls fast vollständig von Auelehm bedeckt. Das Relief ist weitgehend ausgeglichen flach und nur vereinzelt von flachen sandig-schluffigen Rinnen oder Senken unterbrochen. Im zentralen Bereich des Mäanders existiert eine Kiesterrasse. Der Grundwasserleiter besteht aus Kiesen.

Nach der Substratkartierung wurden Lithofaziestypen aus den unterschiedlichen Lithofaziesbereichen generiert, die sich aufgrund der starken Verflechtung zwischen Sedimentation und Bodenbildung mit Bodentypen (Kap. 1.3.2) der Aue vergleichen lassen (Abb. 1-26).

R : Rambla (Auenrohboden); häufig auf Kiesterrassen/Kiesbänken, in kiesigen Flutrinnen
P : Paternia (grauer Auenboden); häufig auf sandigen Uferwällen
V : Vega bis Vega-Gley (brauner Auenboden); verbraunte bis teilweise vergleyte Auelehme
AG : Auengley; in GW-beeinflußten, lehmig-tonigen Senken/Altarmbereichen (ox. - anox.)



Lithofaziestypen:
L1 : Altarmbereiche/Senken mit vergleyten, GW-beeinflußten Auelehmen oxisch - stark anox.
L2 : undifferenzierte, schluffig-sandige Auelehme morphologisch höherer Auebereiche
L3 : kiesig-sandig, teils schluffige Substrate der Ufernahbereiche u. vereinzelter Flutrinnen
L4 : höher gelegene Kiesterrassen, sandig-kiesige Flutrinnen, Kiesbänke an Gleithängen

Abb. 1-26: Schematische Gliederung der Aue nach Bodentypen (Kap. 1.3.2, Kap. 1.5) und Lithofaziestypen (Kap. 1.5.2).

2. Geochemie und Bodendynamik

2.1 Geochemisches Stoffinventar der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen

2.1.1 Korngrößenabhängige Verteilung von Schwermetallen und Metallen

Der Vergleich der Elementgehalte der Kornfraktionen <2 mm und <63 µm ließ erwartungsgemäß Verdünnungseffekte in der Kornfraktion <2 mm erkennen (BRANDT 1995; MATHEIS 1998). Verursacht werden diese durch den gering belasteten mineralischen Sandkornanteil und können zu Fehlinterpretationen der horizontalen und vertikalen Elementverteilung führen.

Das Bodenprofil 2.11 zeigt exemplarisch einen Querschnitt des sandigen Uferbereichs des Spittelwassers (Abb. 2-1). Dem sandigen, humosen Oberboden (Probe 2.11.1) folgt zur Tiefe hin wiederum ein sandiger, lagenweise humoser Horizont (fossiler Oberboden, Probe 2.11.2). Periodische Überschwemmungen verursachen die Bildung einer feinen Wechsellagerung von Sand- und Humushorizonten. Die Proben 2.11.3 und 2.11.4 stammen aus einem sandigen, gering humosen Unterbodenbereich, was am Rückgang des Glühverlusts der Kornfraktion <2 mm zu erkennen ist. Im tieferen Profilabschnitt (Proben 2.11.5 bis 2.11.8) werden bindigere Partien mit deutlicher Zunahme des Schluff-/Tongehalts angeschnitten. Darunter folgen wiederum Sande bis kiesige Sande mit geringem Schluffanteil.

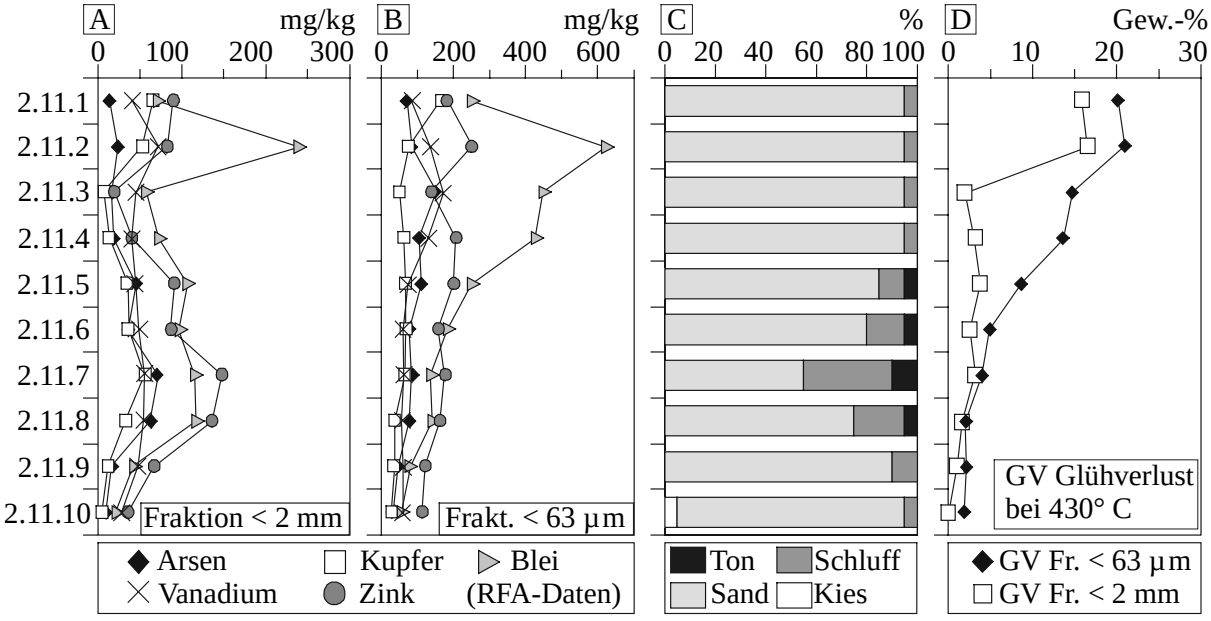


Abb. 2-1: Vergleich von Schwermetall-/Metallgehalten der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm des Vertikalprofils 2.11 am Spittelwasser (Profillänge 2 m).

Beim Vergleich von Elementgehalten der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm werden im obigen Profilverlauf bei wechselnden Substratverhältnissen Verdünnungseffekte in der Fraktion <2 mm sichtbar (Abb. 2-1). Tendenziell sind die Elementgehalte der Fraktion <2 mm in den ersten beiden humosen Horizonten 2.11.1, 2.11.2 leicht erhöht, verringern sich in den sandigen Unterbodenhorizonten 2.11.3 und 2.11.4 und steigen in den feinkörnigeren Horizonten 2.11.7 und 2.11.8 wiederholt deutlich an. Der Verlauf läßt auf den ersten Blick eine Elementverlagerung in den Bereich der Horizonte 2.11.7 und 2.11.8 aufgrund höherer Elementmobilitäten vermuten. Dagegen spricht, daß die Elementgehalte der Kornfraktion <63 µm ab dem Horizont 2.11.2, 2.11.3 kontinuierlich zur Tiefe hin ohne erneuten Anstieg abnehmen.

Tab. 2-1: Schwermetall-/Metallgehalte (RFA) von Kornfraktionen der Probe 2.11.7.

Probe	Kornfraktion Größe	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
		mg/kg								
2.11.7-1	<6 µm	258	4,7	181	178	1860	50	444	64	472
2.11.7-2	<20 µm	237	<4	168	161	1690	48	410	67	447
2.11.7-3	<63 µm	95	<4	67	110	759	24	157	50	189
2.11.7-4	63 - 250 µm	16	<4	14	45	234	11	41	13	46
2.11.7-5	250 - 500 µm	15	<4	19	40	201	10	43	<10	26
2.11.7-6	0,5 - 2 mm	32	<4	74	83	332	<10	87	12	56

Der These einer Verlagerung und Anreicherung von Spurenelementen in der Feinkornfraktion im Bereich der Horizonte 2.11.7 und 2.11.8 kann hier widersprochen werden. Eine Verlagerung und Anreicherung in den genannten Horizonten müsste sich auch in der bindungsstärkeren Kornfraktion <63 µm durch höhere Elementgehalte abzeichnen, was nachweislich nicht der Fall ist. Der Horizont 2.11.7 dokumentiert abnehmende Gehalte mit größerer Kornfraktion, was gegen eine Anreicherung von Elementen in Grobfraktionen spricht (Tab. 2-1). Niedrige Elementgehalte in der gröberen Sandfraktion der Horizonte 2.11.7 und 2.11.8 bestätigen diesen Zusammenhang. Aus den Ergebnissen kann letztlich nur auf einen Verdünnungseffekt durch den Sandanteil (<2 mm Fraktion) geschlossen werden.

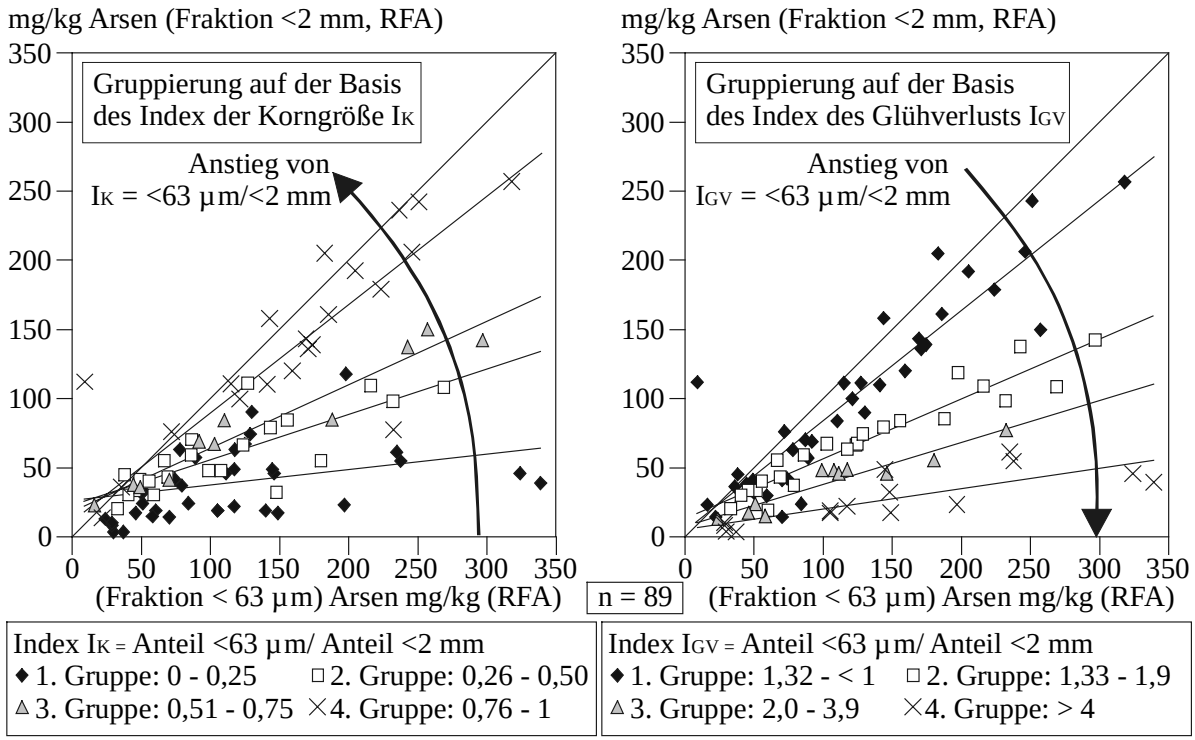


Abb. 2-2: Gruppierung der As-Gehalte der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm nach Anteilen von I_K und I_{GV} beider Fraktionen (Ober- und Unterbodenproben).

Die organische Bodensubstanz ist in den sandigen Oberbodenhorizonten des Vertikalprofils 2.11 (Abb. 2-1) eindeutig wichtigstes Adsorbens, da eine Tonmineralfraktion nahezu fehlt. Der Verdünnungseffekt der mineralischen Sandkornfraktion ist am Verhalten des Elements Arsen nachzuvollziehen (Abb. 2-2).

Mittels Indices für zwei verschiedene Korngrößenklassen <63 µm und <2 mm kann das entgegengesetzte Verhalten hinsichtlich der Elementgehalte im Vergleich zur organischen Substanz (Glühverlust) und der mineralischen Sandkornfraktion dargestellt werden (Abb. 2-2).

Erhöht sich der Anteil der Fraktion <2 mm im Verhältnis zur Fraktion <63 µm, so verringert sich der Gehalt an organischer Bodensubstanz gemessen am Glühverlust und der Elementgehalt in der Fraktion <2 mm im Vergleich zur Fraktion <63 µm.

Im umgekehrten Fall verringert sich der Sandkornanteil der Fraktion <2 mm im Verhältnis zum Feinkornanteil der Fraktion <63 µm. Die Fraktion <2 mm nähert sich also von der Zusammensetzung her der Fraktion <63 µm an ($I_K \approx 1$). Die Gehalte an organischer Bodensubstanz (Glühverlust) und die As-Gehalte beider Kornfraktionen gleichen sich aus ($I_{GV} \approx 1$).

Die Korrelationen der drei Indizes I_K, I_{GV} und I_{EL} aller untersuchten Elemente in Tab. 2-2 weisen auf ein mit Arsen vergleichbares Verhalten aufgrund gleicher Vorzeichen und ähnlich signifikanter Koeffizienten hin.

Tab. 2-2: Korrelationen von I_{EL}, I_K und I_{GV} nach Spearman-Rho (Ober- und Unterbodenhorizonte, RFA-Elementgehalte).

Index I_{EL}	I_{Ag}	I_{As}	I_{Cd}	I_{Cu}	I_{Cr}	I_{Mn}	I_{Ni}	I_{Pb}	I_{Sn}	I_U	I_V	I_W	I_{Zn}	I_K
Index I_K	**-,44**	**-,73**	-,25	**-,69**	**-,72**	**-,74**	**-,77**	**-,76**	**-,61**	**-,27**	**-,74**	**-,29**	**-,76**	
Index I_{GV}	**,52**	**,87**	**,47**	**,92**	**,84**	**,83**	**,84**	**,83**	**,64**	**,55**	**,78**	**,36**	**,90**	**-,68**

Fettdruck: Korrelationen mit 2 seitiger Signifikanz >99 % n = 89
Normaldruck: Korrelationen mit 2 seitiger Signifikanz <99 % und >95 %
Index I_{EL} = Quotient der Elementgehalte <63 µm/<2 mm
Index I_K = Quotient der Korngrößenanteile <63 µm/<2 mm
Index I_{GV} = Quotient der Glühverlustanteile <63 µm/<2 mm

Der Korngrößenindex I_K korreliert mit dem Index des Glühverlusts I_{GV} ausschließlich negativ. In Abb. 2-2 ist dies am Beispiel von Arsen durch gegenläufige Verhältnisse in den Diagrammen belegt. Zudem korreliert der Korngrößenindex I_K mit allen Elementindizes I_{EL} für Ober- und Unterbodenhorizonte negativ, was auf ansteigende Elementgehalte mit sinkendem Anteil der Kornfraktion <2 mm hinweist. Im Gegensatz dazu korrelieren fast alle Elementindizes I_{EL} positiv mit dem Index I_{GV}. Entsprechend sind bei geringeren Anteilen der Kornfraktion <2 mm höhere Glühverluste und somit höhere Gehalte an organischer Substanz bei gleichfalls erhöhten Elementgehalten zu erwarten.

Entscheidend für die Wahl der Untersuchungsfraktion sind zum einen die Elementgehalte und ihre Variabilität in Abhängigkeit von anderen Fraktionen und Parametern. Zum anderen ist jedoch auch der quantitative Anteil dieser Kornfraktion am Gesamtsediment entscheidend für die Repräsentativität der Untersuchungsergebnisse.

Untersuchungen der elementspezifischen Massenverhältnisse der Kornfraktionen ergaben, daß der Elementgesamtgehalt zu durchschnittlich 79 % auf die Kornfraktion <63 µm und mit nur 21 % auf die Sandfraktion (0,063 - 2 mm) verteilt ist (Tab. 2-3). In 87 untersuchten Proben wurde der geringe Kiesanteil von 2,4 % (10 %) nicht berücksichtigt. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Elemente Ag, As, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Sn, U, V, W und Zn.
Im Ergebnis fallen auf die Kornfraktion <63 µm etwa dreiviertel und auf die Sandfraktion nur ca. einviertel der gesamten Elementmasse, obwohl die Gewichtsanteile der Kornfraktionen in der Summe aller untersuchten Bodenproben in etwa ausgeglichen sind. Die Ergebnisse lassen

den Schluß zu, daß die Fraktion <63 µm sich vorrangig für Boden- und Sedimentuntersuchungen eignet. Detaillierte granulometrische Untersuchungen der einzelnen Kornfraktionen von GUNKEL (1999) bestätigen, dass die Fraktion <63 µm die sogenannte „wirksame" Kornfraktion darstellt (MATHEIS 1998).

Tab. 2-3: Mittlere prozentuale Massenanteile von Schwermetallen/Metallen der Kornfraktionen <63 µm und 0,063 - 2 mm (Proben der Transekte I, II, IV).

	Gesamt			Oberböden			Unterböden			fossile Oberböden		
RFA-Daten	<63 µm	0,063 - 2 mm		<63 µm	0,063 - 2 mm		<63 µm	0,063 – 2 mm		<63 µm	0,063 - 2 mm	
Masseanteil	Mittel %	Mittel %	n	Mittel %	Mittel %	n	Mittel %	Mittel %	n	Mittel %	Mittel %	n
Ag	83,1	16,9	70	82,3	17,7	27	83,3	16,7	32	82,6	17,4	11
As	80,2	19,8	87	83,5	16,5	27	77,7	22,3	49	82,1	17,9	11
Cd	85,1	14,9	48	86,0	14,0	18	84,0	16,0	23	84,4	15,6	7
Cu	77,5	22,5	87	74,9	25,1	27	80,6	19,4	49	67,5	32,5	11
Cr	80,9	19,1	87	89,1	10,9	27	75,4	24,6	49	84,0	16,0	11
Mn	68,9	31,1	87	70,4	29,6	27	67,5	32,5	49	68,9	31,1	11
Ni	75,0	25,0	87	77,3	22,7	27	72,8	27,2	49	77,7	22,3	11
Pb	79,6	20,4	87	83,6	16,4	27	75,8	24,2	49	85,1	14,9	11
Sn	81,3	18,7	84	88,6	11,4	27	76,7	23,3	46	81,6	18,4	11
U	79,1	20,9	73	73,1	26,9	26	82,3	17,7	38	80,1	19,9	9
V	94,9	5,1	87	90,6	9,4	27	97,8	2,3	49	91,3	8,7	11
W	63,7	36,3	74	69,5	30,5	27	58,0	42,0	37	66,9	33,1	10
Zn	78,4	21,6	87	77,1	22,9	27	77,4	22,6	49	83,9	16,1	11
Mittel	79,0	21,0		80,5	19,5		77,6	22,4		79,7	20,3	

2.1.2 Ermittlung regionaler geochemischer Hintergrundgehalte

Zur Feststellung der Schadstoffbelastung einer Flußaue ist der Vergleich mit Referenz- oder Hintergrundwerten von Bedeutung. Die Höhe des anthropogenen Anteils an den Einträgen kann prinzipiell nur auf diesem Wege abgeschätzt werden. Die Bezeichnung „geogen" sollte jedoch im Rahmen der Ermittlung von Hintergrundwerten möglichst vermieden werden. Die Aueböden des Muldeeinzugsgebietes wurden über mehrere Jahrhunderte durch die Besiedlung und landwirtschaftliche Erschließung des Großraums sowie durch bergbauliche und industrielle Einflüsse des Menschen geprägt (BIRKE et al. 1995; HOPPE 1995; KLUGE 1995). Ausgehend von der vorkulturellen, „geogenen" Grundbelastung manifestierte sich eine erhöhte, anthropogen geprägte Element-Hintergrundbelastung in den Böden. Die am stärksten kontaminierten Bodenbereiche, vorrangig Oberböden, reflektieren dagegen die letzten Jahrzehnte industrieller und bergbaulicher Entwicklung in Mitteldeutschland.

Hintergrundwerte für Aueböden des Landes Sachsen-Anhalt bietet die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz an (LABO 1998). Die Daten wurden länderübergreifend durch die Entnahme von 10.000 Bodenproben (1.300 Bodenprofile) gewonnen (LABO 1998). Anhand dieser Probenserie wurden für Auelehme Hintergrundwerte ausgewählter Schwermetalle bestimmt (Tab. 2-4). Die Mehrzahl der Gehalte des Gesamtbodens wurden zum größten Teil durch Königswasserextraktion ermittelt (LABO 1998). Diese repräsentieren jedoch nur einen elementspezifischen, nicht silikatisch gebundenen Elementanteil der Totalgehalte.

Nach LABO (1998) können mit Hilfe von Faktoren die Königswasserwerte (KW) in Totalgehalte (TOT) umgerechnet werden (Tab. 2-4).

Tab. 2-4: Hintergrundgehalte (mg/kg) für Auelehm im Land Sachsen-Anhalt nach LABO (1998); Elementgehalte des Gesamtbodens von 570 Proben.

Ausgangsgestein : Auelehm (ohne Überschwemmungsflächen, Acker-Oberboden)

mg/kg			Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
Typ O	KW	50. P.	0,15	25	12	16	20	52	0,10
Typ O	TOT	50. P.	0,19	42	15	20	25	65	0,13
	KW	90. P.	0,5	50	25	35	50	120	0,15
	TOT	90. P.	0,6	84	31	44	63	150	0,19
Faktor			1,25	1,67	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25

KW = Königswasserextraktion, TOT = Totalaufschluß (Gesamtgehalt), Faktor • KW = TOT
50. Perzentil = Median (90. P. = oberer Schwellenwert) Typ O = ohne Gebietsdifferenzierung

Zusätzlich wurden eigene stichprobenartige Untersuchungen zur Ermittlung von regionalen Hintergrundwerten in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen durchgeführt. Die Ergebnisse basieren auf RF-Analysen der Kornfraktionen <63 µm und <2 mm (Tab. 2-5). Die größtenteils schluffigen Auelehmproben wurden außerhalb der eingedeichten Überschwemmungszonen entnommen (Abb. 2-3). Die Oberbodenproben besitzen nur einen geringen Kiesanteil von 4 %, Unterbodenproben einen Anteil von 2 % und Proben der sandigen Hochflächen westlich und östlich der Muldeaue einen Kiesanteil von 9 %. Aufgrund des hohen Anteils von >90 % der Kornfraktion <2 mm an der Gesamtprobe können die ermittelten RFA-Gesamtgehalte (Tab. 2-5) mit den Hintergrundwerten der LABO-Liste verglichen werden (Tab. 2-4).

Tab. 2-5: Ergebnisse der Stichprobenerhebung zur Ermittlung von Hintergrundgehalten bestimmter Metalle und Schwermetalle in Muldeaueböden.

Grundlage : RFA-Totalgehalte		Aueböden außerhalb der eingedeichten Überschwemmungszonen der Muldeaue				Hochflächen östl. u. westlich der Muldeaue		Überschwemmungszone der Muldeaue	
Elemente	Konzentration	Oberböden (0,0 – 0,2 m u. GOK)		Unterböden (0,2 – 0,5 m u. GOK)		Hochflächen (0,0 – 0,1 m u. GOK)		Unterböden (tiefer 0,5 m u. GOK)	
		<63 µm	<2 mm	<63 µm	<2 mm	<63 µm	<2 mm	<63 µm	<2 mm
		n = 8	n = 8	n = 8	n = 8	n = 8	n = 8	n = 99	n = 30
		Median	Median	Median	Median	Median	Median	Median	Median
Ag	mg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
As	mg/kg	45	46	43	46	21	11	98	58
Cd	mg/kg	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
Cu	mg/kg	35	31	29	23	31	13	38	31
Cr	mg/kg	92	68	100	86	75	16	82	72
Hg	mg/kg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Mn	mg/kg	844	796	610	645	888	361	650	499
Ni	mg/kg	35	30	35	31	24	11	29	19
Pb	mg/kg	81	97	65	53	69	21	168	119
Sn	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	63	33
U	mg/kg	7,4	<5	7,6	7,2	<5	<5	6,5	<5
V	mg/kg	98	81	97	83	74	28	70	54
W	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10	11	13
Zn	mg/kg	219	206	162	141	140	35	265	197

Für Cadmium und Quecksilber liegen sämtliche Medianwerte der untersuchten Stichproben unter dem Kalibrierungsbereich der RFA mit <4 mg/kg (Cd) und <2 mg/kg (Hg). Ein Vergleich mit den Hintergrundgehalten der LABO-Liste Sachsen-Anhalts ist demnach nicht möglich (LABO 1998).

Für Chrom im Oberboden wurde bezüglich der Kornfraktion <2 mm der Stichprobenserie ein Medianwert von 68 mg/kg ermittelt, der sich zwischen dem Median von 50 mg/kg und dem 90. Perzentil (84 mg/kg) der LABO-Liste (Totalgehalte) befindet.

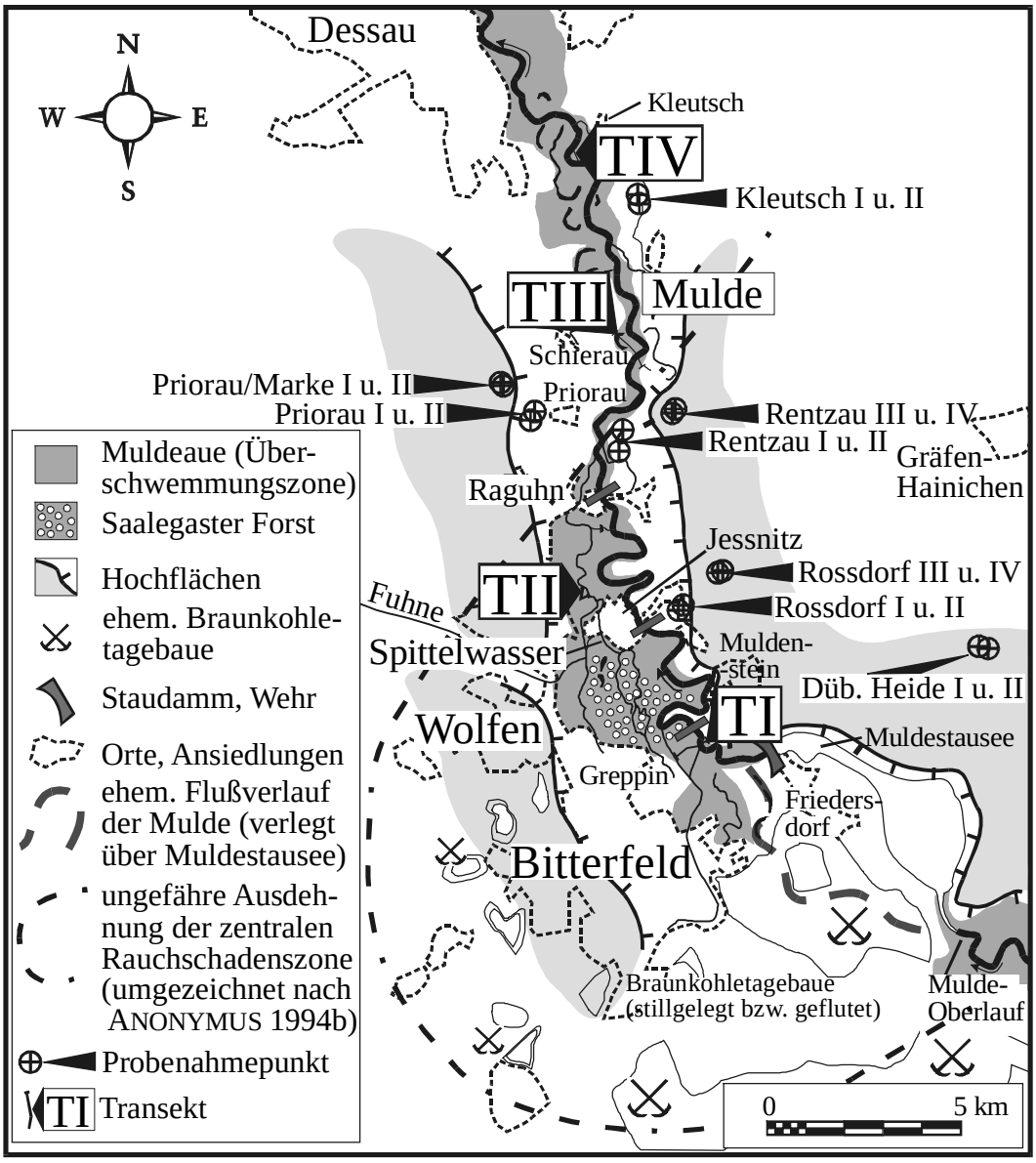


Abb. 2-3: Standorte der Stichprobenahme zur Ermittlung von regionalen Hintergrundgehalten für Schwermetalle/Metalle.

Der Stichprobenmedian von Kupfer beträgt für die Oberboden-Kornfraktion <2 mm 31 mg/kg und ist mit dem 90. Perzentil identisch. Für Nickel wurde bezüglich der Kornfraktion <2 mm ein Stichprobenmedian von 30 mg/kg ermittelt, der sich zwischen dem Median von 20 mg/kg und dem 90. Perzentilwert für Oberböden der LABO-Liste befindet.

Der Stichprobenmedian von Blei liegt mit 97 mg/kg über dem 90. Perzentilwert von 63 mg/kg und den Median von 25 mg/kg der Labo-Liste für Oberböden (Fr. <2 mm). Vergleichbar mit Blei überschreitet der Stichprobenmedian von Zink mit 206 mg/kg den 90. Perzentilwert von 150 mg/kg und den Median von 65 mg/kg der LABO-Liste für Oberböden (Fr. <2 mm). Für Blei und Zink wurden im Rahmen der Stichprobenahme demnach höhere Hintergrundgehalte im Vergleich zur LABO-Liste Sachsen-Anhalts festgestellt. Die durch die Stichprobenahme ermittelten Medianwerte für Kupfer, Chrom und Nickel (Kornfraktion <2 mm) liegen im Bereich der 50. und 90. Perzentilwerte der LABO-Liste für Oberböden des Landes Sachsen-Anhalt.

Die relativ gute Übereinstimmung bei den meisten untersuchten Elementen läßt den Schluß zu, daß die Medianwerte der Stichprobe verläßliche Hintergrundgehalte der Muldeaue darstellen. Entsprechend repräsentativ als Hintergrundwerte für die Muldeaue sind neben den Stichprobenwerten der Kornfraktion <2 mm auch die nur geringfügig höheren oder niedrigeren Medianwerte der feineren Fraktion <63 µm (Tab. 2-5).

Ursache für die höhere Stichproben-Grundbelastung durch Blei und Zink könnten mit Schwermetallen belastete Rauchgasemissionen der Bitterfelder Industrie sein, die in der Region niedergingen (NEUMEISTER & RUSKE 1995). Das Ballungsgebiet Bitterfeld/Wolfens bildete mit seiner Industrie und dem Braunkohlebergbau das Emissions- und Immissionszentrum mit einer sich tendenziell ostwärts ausdehnenden Rauchschadenszone (Abb. 2-3). Die erhöhten Werte für Blei sind u.a. auf die jahrzehntelange Luftverschmutzung durch die Verbrennung verbleiter Ottokraftstoffe zurückzuführen. Zudem zeigen Blei und Zink in den untersuchten Oberböden der Auelehme außerhalb der Überschwemmungszonen als einzige Elemente deutlich höhere Gehalte im Vergleich zu den Unterböden (Pb: 97 zu 53 mg/kg, Zn: 206 zu 141 mg/kg; Kornfraktion <2 mm). Die Elemente Arsen, Kupfer, Chrom, Mangan, Nickel, Uran, Vanadium weisen dagegen im Ober- und Unterbodenbereich bezüglich beider Kornfraktionen <2 mm und <63 µm vergleichbar niedrige Medianwerte auf. Hinsichtlich der genannten Elemente ist der Einfluß von Einträgen über den Luftpfad aufgrund der vorliegenden Ergebnisse eher als gering zu bewerten.

Die Medianwerte der in der Tab. 2-5 aufgeführten stark sandigen Hochflächenböden sind von der Korngrößenzusammensetzung und Genese her nicht direkt mit den Auelehmen vergleichbar. Diese bestätigen jedoch den geringeren Einfluß von Luft- gegenüber Flußschadstoffen im Bereich der Rauchschadenszone aufgrund deutlich niedrigerer Schwermetall-/Metallgehalte.

Von Interesse sind auch die Medianwerte von Unterböden, die sich unterhalb von 0,5 m u. GOK im Überschwemmungsbereich der Mulde befinden (Tab. 2-5). Im Vergleich liegen die Medianwerte der Kornfraktion <63 µm von Arsen (98 mg/kg), Blei (168 mg/kg), Zinn (63 mg/kg) und Zink (265 mg/kg) noch deutlich über den Werten der Ober- und Unterböden der Außendeichgebiete. Die Ergebnisse weisen auf die mögliche Existenz mehrerer elementspezifischer Eintragsmuster hin. Zum einen existieren oberflächennahe Eintragsmuster, geprägt durch Luft- und Fließgewässeremissionen. Diese überdecken sehr wahrscheinlich wiederum ältere, im Unterboden gespeicherte Elementmuster, die auf Fließgewässereinträge der genannten Elemente zurückzuführen sind.

2.1.3 Eckdaten zur lithofaziellen-pedogenen Elementzusammensetzung

Mittels RF-Analytik wurde ein breites Elementspektrum der Böden der Muldeaue erfaßt. 10 Haupt- und Nebenelemente (Silizium bis Schwefel) wurden über das Meßprogramm aufgrund ihres mineralischen Vorkommens als Oxide berechnet. Zusätzlich erfolgte die Analyse von 30 häufig im Boden anzutreffenden Spurenelementen. Die Untersuchungen wurden anhand der Kornfraktion <63 µm vorgenommen.

Der Vergleich des Mittelwerts mit dem Medianwert läßt Aussagen über die Verteilung der Probengesamtheit zu. Unkontaminierte Standorte weisen im Idealfall eine statistische Streuung der Messwerte in Form der Normalverteilung auf, bei der Median und arithmetischer Mittelwert nahezu deckungsgleich sind. Log-normale oder linkssteile Verteilungen weichen von der Normalverteilung wegen einer größeren Anzahl hoher Werte oder Extremwerte und Ausreißer ab. Da der Mittelwert im Gegensatz zum stabilen Median auf hohe Werte empfindlich reagiert, erhöht sich dieser mit zunehmender Log-Normalverteilung.

Die Datenverteilung läßt sich mittels Häufigkeitsverteilungen und Lageparametern untersuchen. Methodisch einfacher ist der direkte Vergleich von Mittelwert und Median. Links- oder rechtsschiefe Verteilungen lassen sich anhand zunehmender Differenzen zwischen Mittelwert und Median bemessen.

In Tab. 2-6 sind die geochemischen Eckdaten für Elemente der Böden und Sedimente der Muldeaue dargestellt (RFA: Fraktion <63 µm). Die Verteilung von Schwermetallen und Metallen wird in den folgenden Kapiteln gesondert diskutiert.

Die Hauptelemente Si, Al, Mg, Na, K und Ti wurden als Oxide berechnet und zeigen, gemessen an der Differenz (Diff.) zwischen Mittelwert (MW) und Median (M_{ge}), keine relevanten Abweichungen von der Normalverteilung. Auch sind die Medianwerte für die Probengesamtheit (M_{ge}) der genannten Elemente mit den Gehalten der Stichprobenahme zur Ermittlung von Hintergrundgehalten (HG) vergleichbar. Dagegen weisen die Mittelwerte (MW) von Fe, Ca insbesondere von P und S auf deutlich positive Abweichungen vom Median (M_{ge}) hin. Ursache dafür sind erhöhte Gehalte in humosen Oberböden (A_h), fossilen Oberböden (A_{hrel}) oder Flußedimenten (F). In rezenten und fossilen Oberböden wurden deutlich höhere Elementgehalte im Vergleich zu Unterbodenhorizonten (M, C + G) festgestellt.

Erhöhte prozentuale Abweichungen des Mittelwerts vom Median weisen u.a. auch Ba und Br auf (Tab. 2-6). Höhere Gehalte der genannten Elemente waren in humosen A_h-, A_{hrel}- oder F-Horizonte im Vergleich zu den Unterboden- bzw. Lockergesteinshorizonten festzustellen.

Die in Tab. 2-6 aufgeführten Spurenelemente liegen alle bis auf Cl und Zr auf dem Niveau der durch die Stichprobenahme ermittelten Hintergrundgehalte (HG). Neben hohen Ba-Gehalten wurden nur in den Oberböden am Spittelwasser relativ hohe Chloridgehalte von 2000 - 4000 mg/kg festgestellt (Transekt II).

Korrelative Zusammenhänge zwischen den Hauptelementen, dem Glühverlust (GV: 430° C) und der relativen Probentiefe „PT“ unter Geländeoberkante geben Auskunft über die Mineralogie und Geochemie der Böden und Sedimente (Tab. 2-7).

Mit Hilfe der Korrelationsmatrix können zwei größere Parametergruppen mit unterschiedlichem mineralogischen Ursprung unterschieden werden.

Tab. 2-6: Geochemische Eckdaten der Muldeaue (Kornfraktion <63 µm; RFA).

Elemente	Einheit	HG		Medianwerte						MW	Std.	Diff.
		M_{Ob}	M_{Ub}	M_{Ah}	M_{Arel}	M_M	M_{C+G}	M_F	Mge	ges.	ges.	%
n =		8	8	85	27	76	85	13	286	286	286	286
SiO_2	Gew.-%	53,7	53,5	49,0	47,2	59,2	60,4	48,7	55,9	54,0	7,8	-3,5
Al_2O_3	Gew.-%	13,1	15,8	10,9	12,1	12,4	12,3	10,3	12,0	11,9	1,8	-0,7
Fe_2O_3	Gew.-%	3,85	5,01	4,42	5,34	3,86	3,62	8,73	4,06	4,78	4,54	15,1
MgO	Gew.-%	1,03	1,15	0,83	0,88	0,99	0,99	0,80	0,94	0,93	0,17	-0,7
CaO	Gew.-%	0,80	0,88	0,85	0,80	0,55	0,57	0,90	0,61	0,70	0,29	13,3
Na_2O	Gew.-%	0,50	0,46	0,53	0,49	0,73	0,77	0,33	0,67	0,64	0,15	-4,3
K_2O	Gew.-%	2,20	2,10	2,07	2,03	2,44	2,50	1,60	2,34	2,25	0,38	-4,1
TiO_2	Gew.-%	0,76	0,90	0,83	0,86	0,84	0,83	0,68	0,83	0,88	0,27	5,3
P_2O_5	Gew.-%	0,22	0,16	0,57	0,61	0,18	0,17	0,96	0,27	0,44	0,43	37,3
SO_3	Gew.-%	0,17	0,05	0,44	0,65	0,08	0,09	0,75	0,20	0,47	0,79	57,3
Mn	mg/kg	844	610	636	472	763	583	668	665	708	387	6,1
Ba	mg/kg	634	613	940	1200	637	645	920	747	891	526	16,1
Br	mg/kg	12,1	5,6	15,6	18,3	4,8	<2	17,7	8,2	11,4	11,8	28,2
Co	mg/kg	13	16	15	17	14	13	30	14	16	7	10,5
Cs	mg/kg	17,9	21,2	9,7	10,7	12,4	11,2	6,0	11,0	11,2	5,3	2,2
F	mg/kg	1314	1566	gesamt <600/<200						<600/<200		-
Mo	mg/kg	<5	<5	5,2	6,7	<2,5	<2,5	6,8	<2,5	5,9	9,3	-
Cl	mg/kg	<100	<100	205	375	<100	<100	211	<100	368	858	-
Ga	mg/kg	15	19	14	14	14	14	13	14	14	3	1,5
Rb	mg/kg	128	136	112	111	125	131	99	122	120	21	-2,0
Sr	mg/kg	96	86	106	113	87	84	99	91	98	21	7,6
Th	mg/kg	10,7	14,6	11,7	12,2	13,8	13,6	11,3	13,0	12,6	3,1	-3,2
Zr	mg/kg	230	231	386	371	492	494	361	445	453	112	2,0

HG = Hintergrund-Median von Ober- (M_{Ob}) und Unterbodenhorizonten (M_{Ub}), MW = Mittelwerte, Std. = absolute Standardabweichung, Diff. = prozentuale Abweichung des Mittelwerts vom Median (Mge)
Medianwerte: M_{Ah} = Oberbodenhorizont, M_{Arel} = fossiler Bodenhorizont (ehem. Oberboden), M_M = Mineralbodenhorizont, M_{C+G} = tiefere Lockergesteinshorizonte mit geringen Bodenbildungseinflüssen (C) und Grundwassereinfluß (G), M_F = Flußsedimente, M_{ge} = Median der Probengesamtheit

Die Elemente Si, Al, Mg, Na, K und F korrelieren eng miteinander (Tab. 2-7). Neben Si als Hauptbestandteil von Quarz kommen diese Elemente in Silikaten (K-/Na-Feldspäte), in mafischen Mineralen (Amphibole, Pyroxene) sowie in Glimmern (Biotit, Muskovit) und Tonmineralen vor. Mit zunehmender Bodentiefe läßt sich ein Anstieg der Elementgehalte aus der positiven Korrelation mit der Probentiefe „PT“ ableiten. Das bei der Verwitterung freigesetzte Titan stammt meist aus einer Reihe von primären, leicht (Biotit, Amphibol) oder schwer verwitterbaren (Ilmenit, Titanit, Titanomagnetit) Mineralen aus dem Erzgebirge. Titan korreliert zudem mit der oben genannten Gruppe von Elementen silikatischer Minerale (Al, Mg, K) und ist häufig Bestandteil von Tonmineralen (JASMUND & LAGALY 1992). Fluor ist wie Kalium in trioktaedrischen Glimmern vorhanden (MCBRIDE 1994).

Manganoxide entstehen bei der Verwitterung von Biotiten, Pyroxenen oder Amphibolen und bilden stöchiometrisch relativ variable Strukturen, die ebenfalls wie Tonminerale schicht-

förmige Oxidminerale (Phyllomanganate) seltener auch sogenannte „Tunnelmangane“ bilden (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Mn-Oxide lagern u.a. Hauptkat- und -anionen wie Na, Ca, K oder auch Mg ein (JASMUND & LAGALY 1992).

Tab. 2-7: Korrelation der Hauptelemente sowie Bodenparameter GV und PT (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm; Korrelation nach Spearman-Rho).

RFA	SiO_2	Al_2O_3	MgO	NaO	K_2O	PT	TiO_2	F	Mn	CaO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	GV
SiO_2	1													
Al_2O_3	0,51	1												
MgO	0,60	0,95	1											
NaO	0,92	+	+	1										
K_2O	0,85	0,74	0,82	0,77	1									
PT	0,65	+	+	0,63	0,60	1								
TiO_2		+	+		+		1							
F	+	+	0,51	+	0,52	+		1						
Mn			+		+		–	+	1					
CaO	-0,50			–	–	–			+	1				
Fe_2O_3	-0,63			-0,66	–	–	+			+	1			
P_2O_5	-0,89	–	–	-0,90	-0,71	-0,63				+	0,72	1		
SO_3	-0,82	–	–	-0,80	-0,74	-0,58			–	+	0,65	0,84	1	
GV	-0,89	–	–	-0,86	-0,76	-0,70			–	0,56	0,69	0,86	0,89	1

Angegebene Koeffizienten: Korrelationen mit 2 seitiger Signifikanz > 99 % n = 286
Vorzeichen (+/–): Koeffizienten < 0,5 aber mit 2 seitiger Signifikanz > 99 %
Leerstellen : Koeffizienten mit 2 seitiger Signifikanz < 99 %
GV: Glühverlust (430° C) als Leitparameter für den Gehalt an organischer Bodensubstanz
PT: relative Probentiefe unter Geländeoberkante im vertikalen Bodenprofil

Zur zweiten korrelativ eng verknüpften Gruppe gehören die als Oxide berechneten Elemente Fe, P, S und Ca. Diese korrelieren stark positiv mit dem Gehalt an organischer Bodensubstanz, gemessen am Glühverlust (GV). Zur Gruppe mit Si, Al, Mg, Na, K besteht ein deutlich negativer Zusammenhang. In Verbindung mit den negativen Korrelationen bezüglich der Probentiefe (PT) läßt sich daraus eine Konzentrationsabnahme von Fe, P, S und Ca mit zunehmender Tiefe ableiten. Aufgrund der Affinität zur organischen Bodensubstanz sind höhere Gehalte der Elemente Fe, P, S und Ca überwiegend in Oberböden festzustellen. Eine verstärkte Festlegung an Huminstoffe läßt eine erhöhte Mobilität im Vergleich zu den meist silikatisch gebundenen Elementen (Si, Al, Mg, Na, K) vermuten.

Calcium ist für gewöhnlich in Karbonaten oder Feldspäten und Tonmineralen vertreten. Mittels Kohlenstoffanalyse des TC, TIC und TOC konnte nachgewiesen werden, daß Karbonate in den untersuchten Aueböden gänzlich fehlen (Kap. 1.5.1). Die pH-Werte der Böden sind dementsprechend niedrig (Kap. 1.5.1). Die negativen Korrelationen von CaO mit SiO_2, Na_2O und K_2O lassen auf den ersten Blick nicht auf ein Vorkommen in Feldspäten oder Tonmineralen schließen. Vielmehr deuten positive Korrelationen mit Schwefel, Phosphor, Eisen und vor allem mit dem Glühverlust auf eine Bindung an die organische Bodensubstanz hin. Die Medianwerte von CaO der untersuchten Oberböden der Überschwemmungsgebiete sind mit den Hintergrundgehalten der Stichprobenahme vergleichbar (Tab. 2-6). Calcium kann sowohl aus ehemaligen Flugaschedepositionen, aus Einträgen durch Überschwemmungen als auch aus der Verwitterung mineralischer Bodenkomponenten stammen.

Phosphor liegt als Phosphat überwiegend in organischen Verbindungen vor oder wird von Oxiden, Hydroxiden, Tonmineralen adsorbiert. Im sauren Bodenmilieu sind anorganische Calciumphosphate wie der Apatit instabil und deshalb in den Aueböden der Mulde aufgrund der niedrigen pH-Werte kaum anzutreffen. Die Phosphatgehalte sind mit einem Median von 0,57 Gew.-% in den Oberböden der Überschwemmungszonen (M_{Ah}) und mit sogar 0,96 Gew.-% für Flußsedimente deutlich höher als der Median-Hintergrundgehalt von 0,22 Gew.-% für Oberböden (Tab. 2-6). Die erhöhten Phosphor-Gehalte in den Oberböden der Überschwemmungszonen resultieren vermutlich aus der Einleitung großer Mengen von Orthophosphat in die Mulde. Jahrzehntelang gelangten große Mengen phosphathaltiger Waschmittel und Düngemittel in die mitteldeutschen Flüsse (ANONYMUS 1997).

Als dominierende Quelle für Schwefel in den Böden um Bitterfeld wurden in der Literatur häufig basische Flugascheemissionen der ehemaligen Industrie genannt, deren Hauptkomponenten Ca, Mg und SO_4^{2-} sind (NEUMEISTER & RUSKE 1995). Zusätzlich haben sehr wahrscheinlich SO_2-Emissionen aus dem Industrieraum Bitterfeld in der Vergangenheit meist über Niederschläge in Form von H_2SO_4 od. H_2SO_3 den pH-Wert der Böden gesenkt (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Neben den diffusen atmophärischen Emissionen wird jedoch häufig der Schadstoffeintrag über Muldehochwässer unterschätzt. Zuzüglich sulfathaltiger Sumpfungswässer der Tagebaue mit Rückständen aus der pyrithaltigen Braunkohle dürften industrielle Schmutzwassereinleitungen von Sulfat- u. a. S-Verbindungen sowie Düngemitteleinträge aus der Landwirtschaft zu den heutigen Bodengehalten beigetragen haben (ANONYMUS 1996). Für einen stärkeren Eintrag über den Gewässerpfad in der damaligen DDR sprechen die mit 0,44 - 0,75 Gew.-% weitaus höheren Medianwerte der rezenten Oberböden (M_{Ah}), fossilen Oberböden (M_{Arel}) und der Gewässersedimente (M_F) der Überschwemmungszonen im Vergleich zu den Hintergrund-Medianwerten der Stichprobenahme von 0,17 (M_{Ob}) bzw 0,05 Gew.-% (M_{Ub}) (Tab. 2-6).

Tab. 2-8: Medianwerte des als SO_3 berechneten Schwefels (RFA) der Böden in der Muldeaue (Kornfraktion <63 µm).

Median	n = 286	Transekt I	Transekt II	Transekt III	Transekt IV	Hintergrund
M_{Ah}	Gew.-%	0,41	1,29	0,35	0,37	0,17 (M_{Ob})
M_{Arel}	Gew.-%	0,37	1,81	0,40	1,13	
M_M	Gew.-%	0,07	0,19	0,06	0,07	0,05 (M_{Ub})
M_{C+G}	Gew.-%	0,11	0,11	0,07	0,05	
M_F	Gew.-%	0,57/0,27	2,41	0,71	0,64	

Hintergrund-Median von Ober- (M_{Ob}) und Unterbodenhorizonten (M_{Ub}), Medianwerte: M_{Ah} = rezenter Oberbodenhorizont, M_{Arel} = fossiler Oberbodenhorizont (ehem. Oberboden), M_M = Mineralbodenhorizont, M_{C+G} = tiefere Lockergesteinshorizonte mit geringen Bodenbildungseinflüssen (C) u. GW-Einfluß (G), M_F = Flußsedimente, M_{ge} = Median der Probengesamtheit

Welche Bedeutung der Fließgewässereintrag von Schwefel hat, zeigt auch die Tab. 2-8. Bereits die Medianwerte der rezenten Oberböden (M_{Ah}), der fossilen Oberböden (M_{Arel}) und Gewässersedimente (M_F) der Überschwemmungszonen des Transekts I liegen deutlich über dem Hintergrund-Median (M_{Ob}). Der Leine-Durchstich aus dem ehem. Tagebau „Goitsche“ führte einst eisen- und sulfathaltige Sumpfungswässer zur Mulde (RFA-SO_3: 6,05 Gew.-%). Der deutliche Anstieg der Medianwerte von SO_3 im Boden des Transekts II kann auf Einträge durch Überschwemmungen des Spittelwassers zurückgeführt werden.

In Abb. 2-4 sind die als Oxid berechneten Schwefelgehalte gegenüber dem Abstand der Probenahmepunkte vom Spittelwasser aufgetragen. Der Oberboden des vom Fluß am weitesten

entfernt liegenden Probenahmepunktes 2.7.1 hat mit 0,36 Gew.-% SO_3 den niedrigsten Schwefelgehalt. Die Gehalte der Oberbodenhorizonte am Spittelwasser weisen dagegen eine Erhöhung um den Faktor 5 - 7 auf.

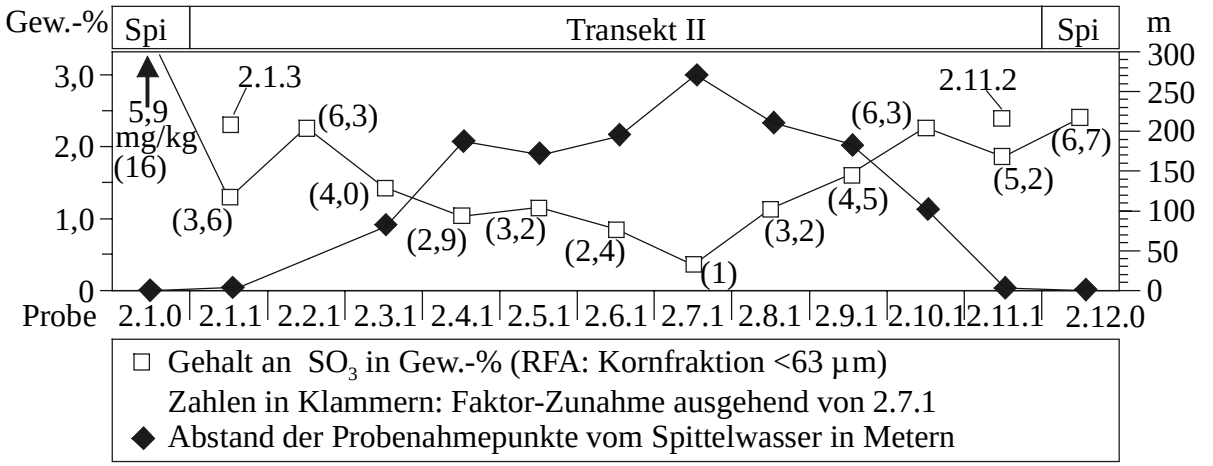


Abb. 2-4: Darstellung der SO_3-Gehalte (RFA) in den Oberböden des Transekts II in Abhängigkeit vom Abstand der Probenahmepunkte vom Spittelwasser.

Die zum Fluß hin ansteigenden SO_3-Gehalte deuten darauf hin, daß der S-Eintrag in die Böden der Überflutungsbereiche hauptsächlich durch industrielle Einleitungen über das Spittelwasser erfolgt sein muß. Man erkennt an den Gehalten der Oberböden der Punkte 2.1.1 und 2.11.1, daß zum Zeitpunkt der Probenahme im Spätsommer 1996 der Haupteintrag von Schwefel über das Spittelwasser bereits einige Jahre zurücklag. In fossilen Oberbodenhorizonten des Uferbereichs am Spittelwasser (2.1.3, 2.11.2) wurden erheblich höhere SO_3-Gehalte als in jüngeren, darüber liegenden rezenten Oberböden oder jungen Streuhorizonten festgestellt.

Generell weisen fossile Oberbodenhorizonte (M_{arel}) und Flußsedimente (M_F) in allen Untersuchungsgebieten die höchsten SO_3-Gehalte auf (Tab. 2-8). Dementsprechend existiert ein Übergewicht an Einträgen durch das Spittelwasser und die Mulde in den Überschwemmungszonen gegenüber den Luftemissionen.

2.1.4 Verteilung von Schwermetallen und Metallen in Aueböden und Sedimenten

2.1.4.1 Eintragspfade von Schwermetallen und Metallen in der Muldeaue

Die Mehrzahl der untersuchten Schwermetalle und Metalle weist mit Ausnahme von As, Pb, und V deutlich höhere prozentuale Abweichungen (Diff.) des Mittelwerts (MW) vom Median-Gesamtwert (Mge) auf (Tab. 2-9). Die prozentualen Abweichungen von Ag, Cd, Cu, Cr, Ni, Sn, U, W und Zn resultieren vorwiegend aus den höheren Gehalten der Oberböden (M_{ah}), fossilen Oberböden (M_{arel}) und Gewässersedimenten (M_F) im Vergleich zu Unterbodenhorizonten (M_M, M_{C+G}). Zudem überschreiten die genannten Elemente zumindest in den Oberböden (M_{ah}, M_{arel}) und Gewässersedimenten (M_F) die Hintergrundwerte (M_{ob}).

Tab. 2-9: Geochemische Eckdaten umweltrelevanter Spurenelemente in der Muldeaue (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm).

Elemente	HG		Medianwerte						MW ges.	Std. ges.	Differenz
	M_{ob}	M_{ub}	M_{Ah}	M_{Arel}	M_M	M_{C+G}	M_F	Mge			
n =	8	8	85	27	76	85	13	286	286	286	286
Einheit	mg/kg		mg/kg						mg/kg		%
Ag	<2	<2	8,3	9,4	2,2	<2	4,5	3,1	14,8	38,0	79,0
As	45	43	130	174	101	111	223	124	136	91	8,7
Bi	<3	<3	4,1	5,5	<3	<3	8,2	3,7	5,0	11,0	26,5
Cd	<4	<4	5,6	7,0	<4	<4	12,6	<4	5,5	5,4	63,5
Cu	35	29	111	164	50	42	145	69	92	78	25,2
Cr	92	100	225	392	88	83	185	111	366	955	69,7
Hg	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	-
Ni	35	35	41	61	27	30	70	33	40	25	17,9
Pb	81	65	262	349	204	193	282	246	255	160	3,8
Sb	<3	<3	7,3	8,5	5,6	6,1	11,0	6,8	7,6	4,4	10,5
Se	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	-
Sn	<10	<10	77	76	65	66	109	73	117	305	37,9
Tl	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	-
U	7,4	7,6	15	19	6	7	24	8	14	17	47,6
V	98	97	83	95	72	70	93	77	83	24	7,3
W	<10	<10	25	31	11	5	32	14	22	25	35,9
Zn	219	162	538	665	298	307	1256	379	556	750	32,0

HG = Hintergrund-Median von Ober- (M_{Ob}) und Unterbodenhorizonten (M_{Ub}), MW = Mittelwerte (Probengesamtheit), Std. = Standardabweichung (Probengesamtheit) , Diff. = prozentuale Abweichung des Mittelwerts vom Median (Mge)
Medianwerte: M_{Ah} = Oberbodenhorizont, M_{Arel} = fossiler Horizont (ehem. Oberboden), M_M = Mineralbodenhorizont, M_{C+G} = tiefere Lockergesteinshorizonte mit geringen Bodenbildungseinflüssen (C) teils mit Grundwassereinfluß (G), M_F = Flußsedimente, M_{ge} = Median der Probengesamtheit

Hohe Gehalte an Ag, Cd, Cu, Cr, Ni, Sn, U, W und Zn oberhalb der Hintergrundwerte dokumentieren in den Überschwemmungsgebieten den Eintrag über die Fließgewässer wie Mulde und Spittelwasser. Frühere atmosphärische Einträge haben die Böden der Region zwar großflächig kontaminiert, treten aber nach den obigen Ergebnissen gegenüber den Fließgewässereinträgen in den Hintergrund (Tab. 2-9).

Arsen und Blei weisen in bezug auf den Mittelwert und den Median nur relativ geringe Differenzbeträge von weniger als 10 % (Diff.) auf, was auf eine annähernde Normalverteilung der Daten hindeutet. Jedoch liegen die Medianwerte aller Horizontbereiche einschließlich der Unterböden der Überschwemmungszonen weit über den Median-Hintergrundwerten (M_{Ob}, M_{Ub}) und zeigen einen Fließgewässereintrag an. Zudem ist eine bis in die Unterbodenhorizonte hinabreichende, ältere Belastung der Böden in den Überschwemmungsgebieten erkennbar.

Die Medianwerte von Vanadium für Oberbodenhorizonte (M_{Ah}), fossile Oberböden (M_{Arel}) und Gewässersedimente (M_F) liegen dagegen nur geringfügig über dem Median-Hintergrundwert (M_{Ob}). Einträge durch Mulde-Überschwemmungen sind somit weniger relevant.

Die Gehalte von Quecksilber lagen in der Mehrzahl unterhalb des Kalibrierungsbereichs des RFA-Meßprogramms für Preßtabletten.

Durch den Vergleich der Elementgehalte charakteristischer Bodenhorizonte des Transekts I im Südosten von Bitterfeld bis zum Transekt IV nördlich von Bitterfeld/Wolfen nahe Dessau werden regionale Unterschiede in Abhängigkeit von den Eintragspfaden in der Vertikalverteilung sichtbar (Abb. 2-5 bis -14). Parallel dazu lassen sich Schadstoffeinträge über die Sedimente der Fließgewässer qualitativ und quantitativ erfassen (Tab. 2-10).

Tab. 2-10: Elementgehalte (mg/kg) von Gewässersedimenten der Transekte I bis IV (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm).

		n	Ag	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Sn	U	V	W	Zn
T I	Median	2	<2	137	5	96	104	<2	49	223	70	17	78	13	630
T II	Median	3	66	116	23	496	1627	<2	202	658	3223	7	102	140	2880
T III	Median	5	4	291	13	135	185	<2	87	249	92	58	93	32	1408
T IV	Median	2	5	286	12	125	189	<2	68	285	135	52	81	31	1179

Das Schadstoffverteilungsmuster von *Uran* in Abb. 2-5 läßt sich auf Einträge über den Oberlauf der Mulde zurückführen. Die niedrigen Urangehalte des Spittelwassersediments von 7 mg/kg (Median) im Vergleich zu 17, 58 und 52 mg/kg (Median) der Gewässersedimente der Mulde-Transekte I, III und IV geben Hinweise auf Eintragsquellen im Bereich des Oberlaufs der Mulde (Tab. 2-9). Die These wird auch durch die Tatsache gestützt, daß in den rezenten und fossilen Oberböden der drei Transekte an der Mulde deutlich höhere Urangehalte im Vergleich zu Böden am Spittelwasser ermittelt wurden. Die Fertigstellung des Muldestausees 1979 führte zu einer Reduzierung der über den Oberlauf der Mulde eingetragenen Sediment- und Schadstofffracht (ANONYMUS 1997). Entsprechend verringerten sich die Urangehalte in den jungen Oberbodenhorizonten im Vergleich zu älteren fossilen Oberböden. Die Urangehalte der Unterbodenhorizonte (M, C+G) der Transekte I, III und IV überschreiten nur geringfügig die Bestimmungsgrenze von 5 mg/kg. Diese liegen bis auf wenige Werte unterhalb des Median-Hintergrundwertes von 8 mg/kg (Tab. 2-9). Die Ausreißer 3.7.4, 4.2.2 und 4.10.3 kennzeichnen Proben aus jüngeren Uferbankprofilen mit deutlich höherer Überschwemmungsneigung und Sedimentationsrate (Abb. 2-5).

Eine wesentliche Quelle des Urans, das über den Oberlauf der Mulde eingetragen wurde, stellt der ehemalige Uranbergbau im Erzgebirge dar (WISMUT GmbH 1999). Mit der Gründung der SDAG Wismut im Jahre 1946/47 begann in größerem Umfang die Urangewinnung unter Beteiligung der sowjetischen Besatzungsmacht (WISMUT GmbH 1999). Ein Zentrum des Uranbergbaus war die Lagerstätte Niederschlema-Alberoda in der Nähe von Aue, deren

Grubenwässer über die Zwickauer Mulde in die Vereinigte Mulde abgeleitet wurden (HOPPE 1995; KLUGE 1997). Dementsprechend dokumentieren die U-Gehalte in den fossilen und rezenten Oberböden die Entwicklung des Uranbergbaus von 1946/47 bis heute.

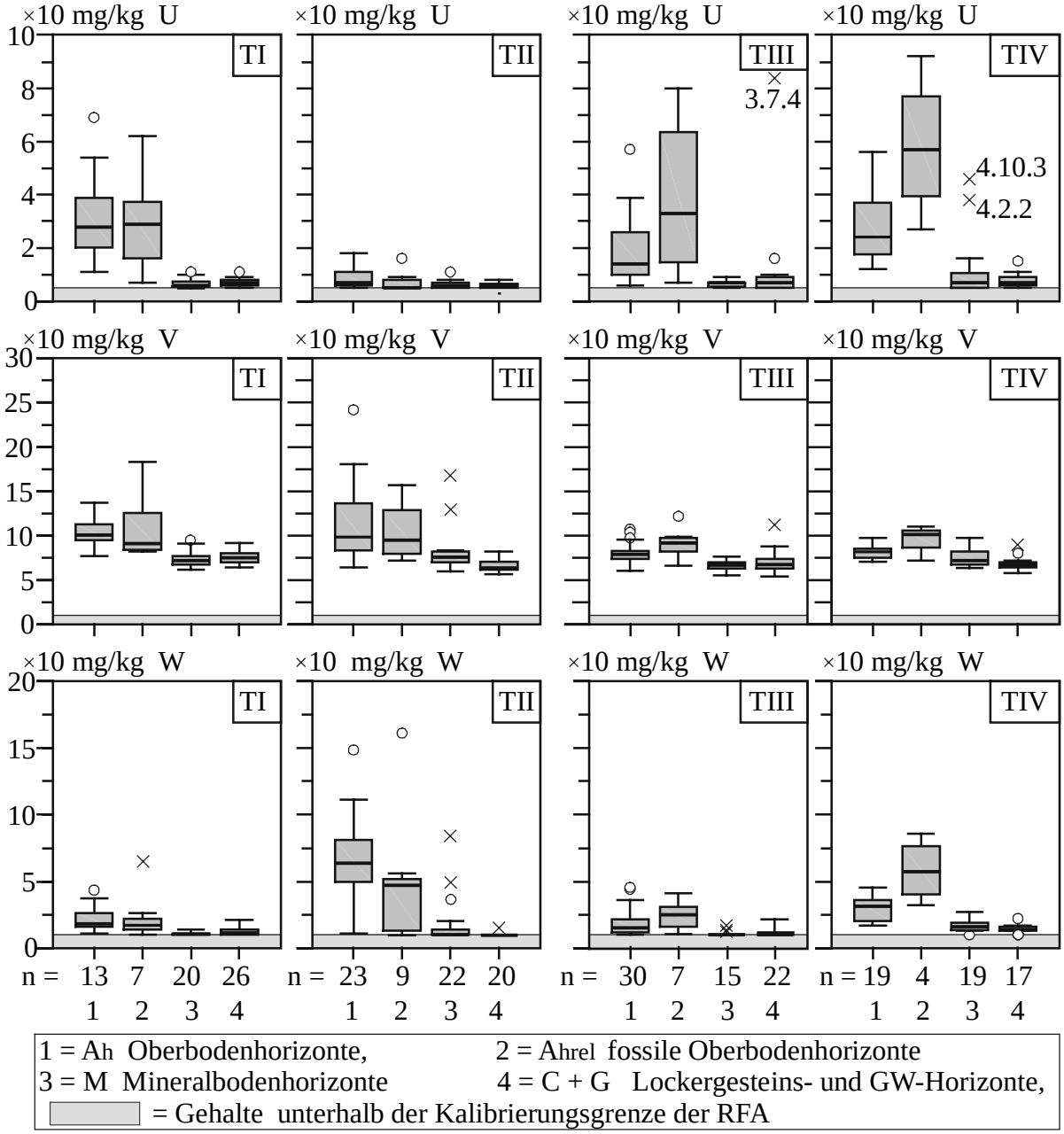


Abb. 2-5: Boxplots der Verteilungen von Uran, Vanadium und Wolfram in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).

Vanadium tendiert nur in rezenten und fossilen Oberbodenhorizonten der Transekte I und II zu höheren Gehalten. Diese liegen mit durchschnittlich 100 mg/kg geringfügig höher als die Hintergrund-Medianwerte von 98 und 97 mg/kg für Ober/-Unterbodenhorizonte. Die Gewässersedimente des Spittelwassers lassen bei einem Median von 102 mg/kg gegenüber den Gehalten in den Gewässersedimenten des Transekts I mit 78 mg/kg (Median) und jenen der Transekte III, IV (93, 81 mg/kg) keine relevanten Einträge erkennen (Tab. 2-9).

Anders ist die Verteilung von *Wolfram* in den Bodenhorizonten der vier Transekte zu interpretieren (Abb. 2-5). Die rezenten und fossilen Oberböden des Transekts I weisen nur äußerst

geringe Wolframgehalte auf. Dagegen können die Wolframgehalte der rezenten Oberböden des Transekts II auf Einträge durch die Industrie von Bitterfeld/Wolfen zurückgeführt werden. Diese lassen sich noch in den rezenten und fossilen Oberböden des stromabwärts gelegenen Transekts IV nachweisen. Die Wolframgehalte in den Gewässersedimenten der vier Transekte dokumentieren den Haupteintrag über das Spittelwasser aus Bitterfeld/Wolfen (Tab. 2-9).

In den fossilen Oberbodenhorizonten aller vier Transekte wurden die höchsten *Arsengehalte* festgestellt (Abb. 2-6). Deutlich geringer fallen die Gehalte der rezenten aufliegenden Oberbodenhorizonte aus. Der Rückgang der Arsengehalte hängt in erster Linie mit der Fertigstellung des Muldestausees im Jahre 1979 zusammen, der bis dato als Sedimentfalle den partikelgebundenen Stoffeintrag des Oberlaufs reduziert. Deutlich geringere Arsenbelastungen in den Böden und Gewässersedimenten des Transekts II am Spittelwasser spiegeln den geringen Einfluß von Bitterfeld/Wolfen wider.

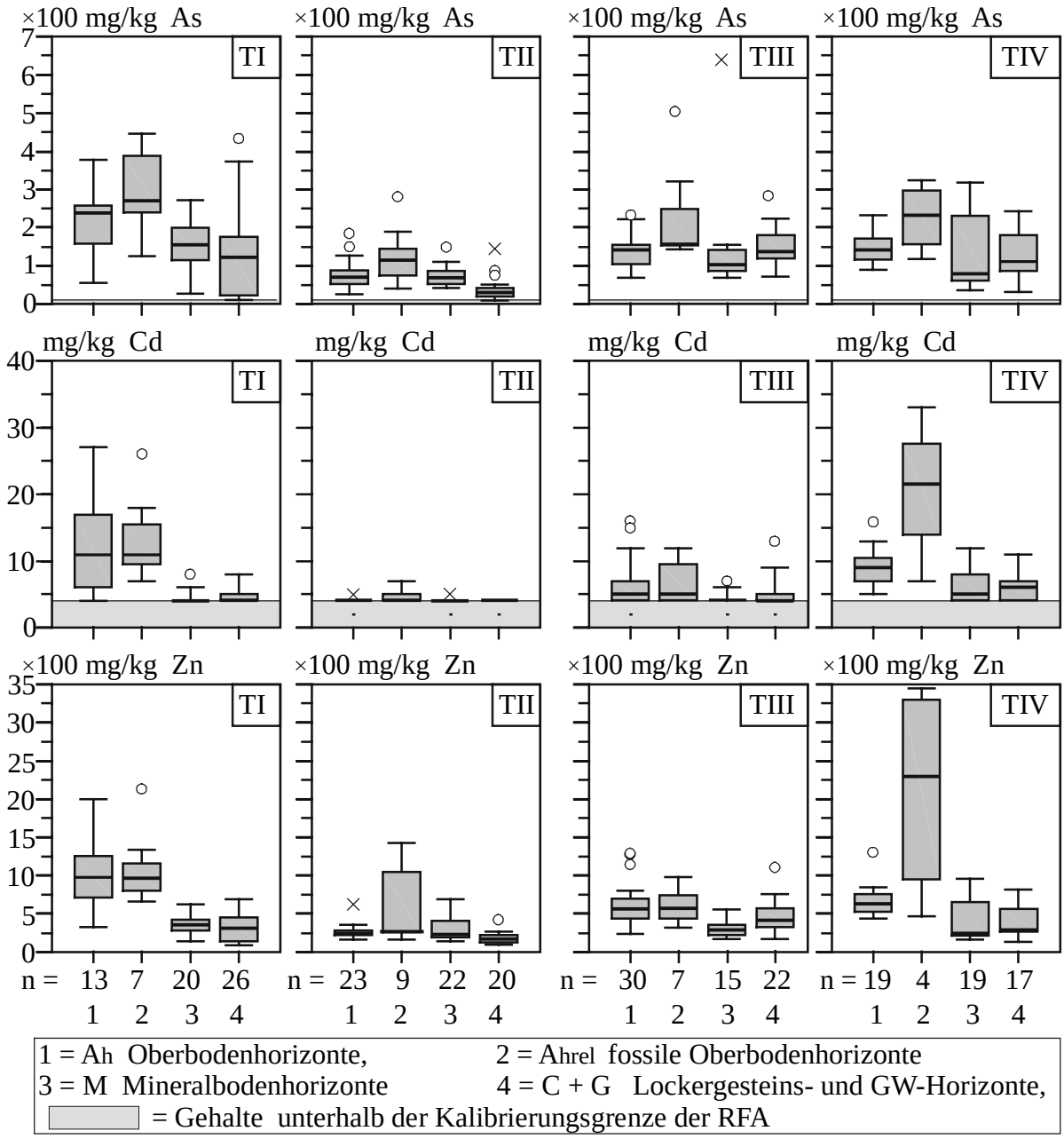


Abb. 2-6: Boxplots der Verteilungen von Arsen, Cadmium und Zink in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).

Auffällig ist, daß die Medianwerte der Unterbodenhorizonte (M, C+G) der Transekte I, III und IV den Median-Hintergrundwert von As mit 43 mg/kg um das 2 - 3fache überschreiten. Im Zusammenhang mit der Uran-Verteilung im Boden ist dies als Hinweis auf ein älteres As-Schadstoffmuster zu deuten.

Cadmium weist eine vergleichbare Vertikalverteilung wie Arsen mit hohen Gehalten in rezenten und fossilen Oberböden der Transekte I, II und III auf (Abb. 2-6). Die höchsten Cd-Gehalte finden sich in den fossilen Oberböden des Transekts IV. Obwohl die Böden am Spittelwasser (T II) nur relativ gering kontaminiert sind, deuten die Gewässersedimente mit einem Median von 23 mg/kg Cd auf jüngere Einträge aus Bitterfeld/Wolfen hin. Die Cadmiumgehalte der Muldesedimente steigen von 5 mg/kg (Transekt I) nach dem Zufluß des Spittelwassers in den Gewässersedimenten der Transekte III und IV auf Medianwerte von 13 und 12 mg/kg an (Tab. 2-10).

Zink zeigt in den Böden der Muldeaue eine mit dem As und Cd vergleichbare Vertikal-Verteilung (Abb. 2-6). Auffallend hoch sind die Gewässersedimente des Spittelwassers mit Spitzengehalten von 1.812 bis 10.044 mg/kg Zn (Median 2.880 mg/kg) belastet, was sich allerdings nicht in den Böden widerspiegelt. Die Gewässersedimente der Mulde repräsentieren am deutlichsten den Eintrag von Zn aus dem Spittelwasser (1.408 TIII bzw. 1.179 mg/kg Zn TIV). Die fossilen Oberbodenhorizonte des Transekts IV (Zn-Gehalte bis 3.500 mg/kg) dokumentieren die Zunahme der Zn-Belastung durch Einträge aus dem Gewässerbereich am deutlichsten. Höher belastete fossile Oberbodenhorizonte entstammen Uferbankprofilen der Mulde. Leicht erhöhte Zn-Unterbodengehalte (M, C+G) geben ebenso wie die von As und Cd Hinweise auf ältere Schadstoffeinträge durch den Bergbau und die Industrie des Muldeoberlaufs.

Höhere Kupfer- und Nickelgehalte sind insbesondere in älteren fossilen und jüngeren rezenten Oberbodenhorizonten nachgewiesen worden (Abb. 2-7).

Die Gehalte an *Nickel* in den fossilen Oberbodenhorizonten liegen mit Medianwerten von 36 - 71 mg/kg nur wenig über dem Median-Hintergrundwert von 35 mg/kg (Tab. 2-9). Nickel deutet auf Einträge über den Muldeoberlauf wie auch aus Bitterfeld/Wolfen hin (Metallindustrie). Die Ni-Gehalte in Unterbodenhorizonten (Median) der vier Transekte liegen generell im Bereich des Hintergrundwertes von 35 mg/kg.

Die *Kupfergehalte* der Unterbodenhorizonte nähern sich ebenfalls dem Hintergrundwert von 28 mg/kg an (Abb. 2-7). Im Gegensatz dazu befinden sich die Cu-Gehalte der Oberböden und vor allem der fossilen Oberbodenhorizonte mit >100 mg/kg deutlich über dem Median-Hintergrundwert von 35 mg/kg Cu. Relativ hohe Cu-Gehalte (Ausreißer) von 478 und 515 mg/kg wurden in den fossilen Oberbodenhorizonten eines Uferbankprofils am Spittelwasser festgestellt. In das Spittelwasser wurden u.a. Rückstände von Kupfersulfat aus der WOFATIT-Herstellung eingeleitet, die neben möglichen Einträgen durch die Ferrohütte in Bitterfeld/Wolfen eine Erklärung für die hohen Gehalte sein könnten (ANONYMUS 1994b). Zudem wurde ein Kupfergehalt von 496 mg/kg Cu im Sediment des Spittelwassers im Vergleich zum Transekt I mit einem Median von 96 mg/kg Cu festgestellt. Die Gewässersedimentproben der Transekte III und IV weisen ebenfalls niedrigere Medianwerte von 135 und 125 mg/kg Cu auf. Allerdings liegen die Kupfergehalte der rezenten und fossilen Oberböden des Transekts I mit Medianwerten von 148 und 243 mg/kg noch deutlich über jenen Bodengehalten des Transekts II, was auf Einträge aus den stromaufwärts liegenden Bergbau- und Industrieregionen des Erzgebirgsraums hinweist.

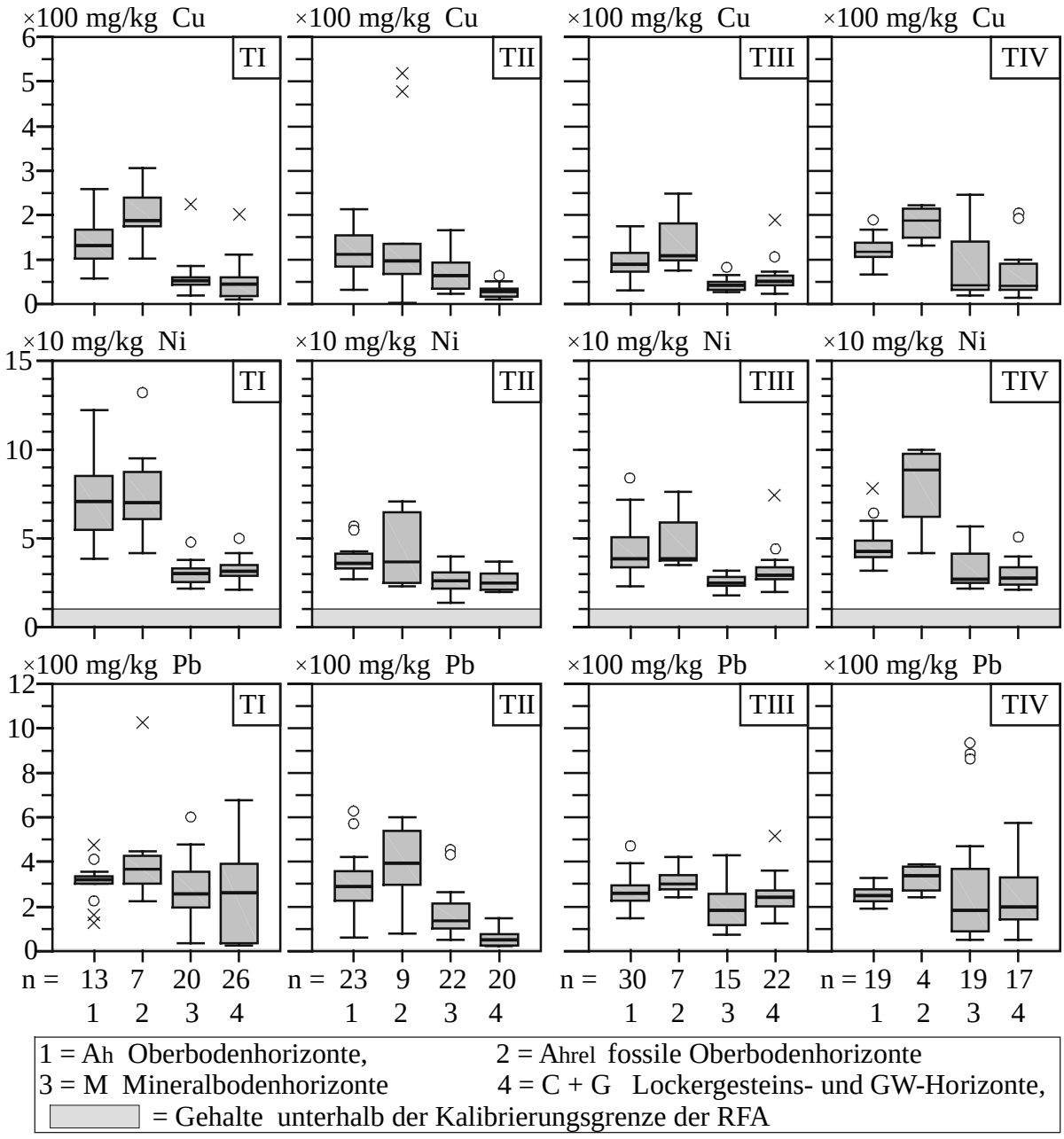


Abb. 2-7: Boxplots der Verteilungen von Kupfer, Nickel und Blei in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).

Blei besitzt gegenüber Nickel und Kupfer ein verändertes Verteilungsmuster (Abb. 2-7). Die höchsten Pb-Gehalte befinden sich in rezenten und insbesondere in den fossilen Oberböden der vier Transekte. Bleigehalte im Unterbodenbereich der Transekte I, III und IV weisen zudem ein höheres Niveau von ca. 200 und 400 mg/kg auf. Ausschließlich die Gehalte der Unterbodenhorizonte (M, C+G) des Transekts II nähern sich dem Hintergrund-Median von 65 mg/kg an (Medianwerte 135 und 53 mg/kg). Die höheren Bleigehalte der Unterbodenhorizonte der Transekte I, III und IV sind auf ältere Einträge über den Muldeoberlauf zurückzuführen. Bleiemissionen aus Bitterfeld/Wolfen gelangten sehr wahrscheinlich erst in jüngerer Zeit über die Fließgewässer in die Böden, was durch die Pb-Belastung der rezenten und fossilen Oberböden dokumentiert wird (Abb. 2-7).

In Abb. 2-8 zeigen *Silber*, *Chrom* und *Zinn* ein charakteristisches Verteilungsmuster. Die rezenten und fossilen Oberböden spiegeln die hohe Gewässerbelastung aus Bitterfeld/Wolfen

wider. Im Gewässersediment des Spittelwassers wurden entsprechend hohe Gehalte der Elemente Silber und Chrom festgestellt.

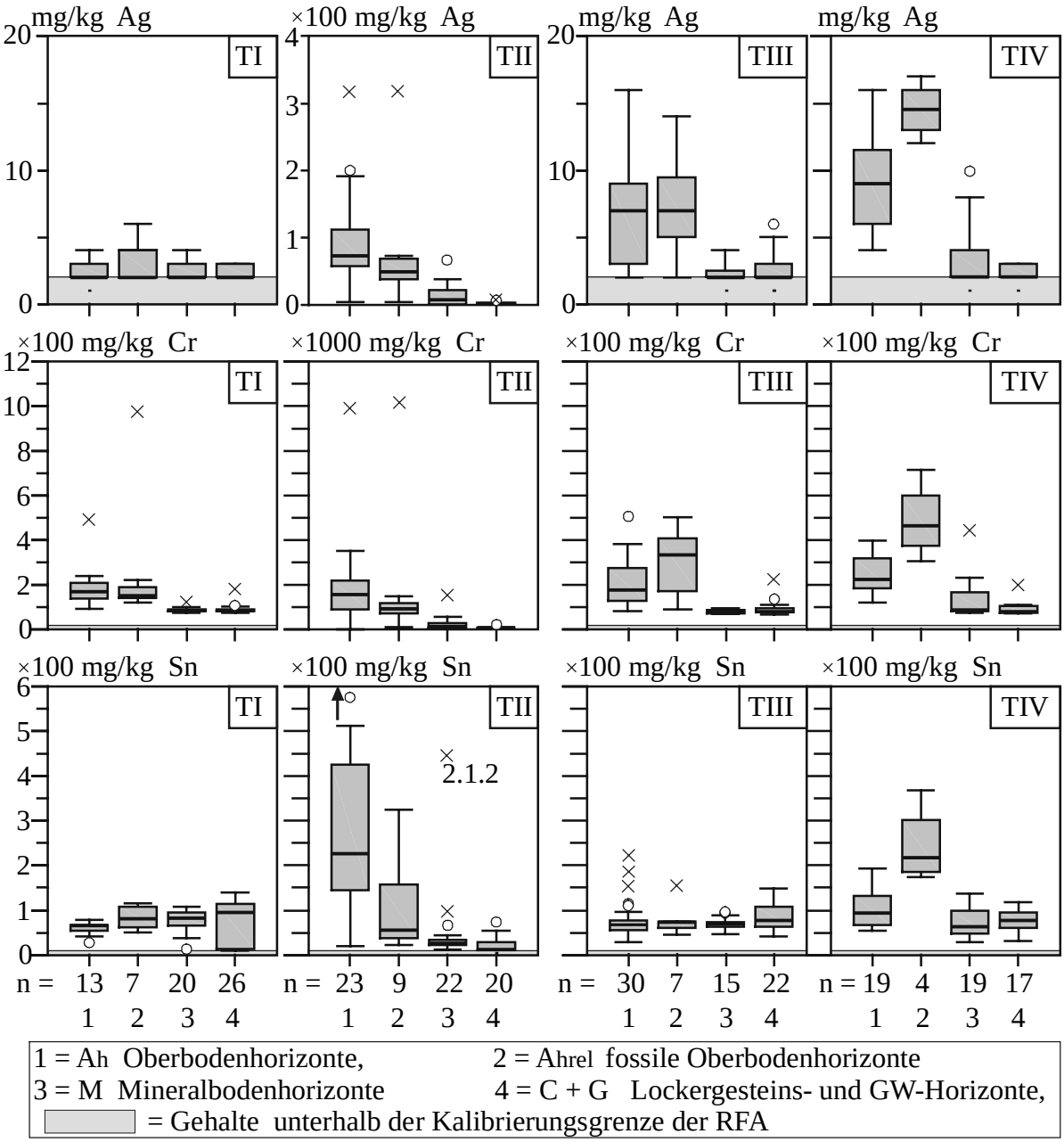


Abb. 2-8: Boxplots der Verteilungen von Silber, Chrom und Zinn in verschiedenen Horizonten der Transekte I bis IV (RFA: Kornfraktion <63 µm).

Die Silber- und Chrombelastung ist sehr wahrscheinlich auf die bereits vor dem II. Weltkrieg existierende Filmfabrik und die metallverarbeitende Industrie in Bitterfeld/Wolfen zurückzuführen (ANONYMUS 1996). Bereits 1925 wurde mit der Stahl- und Leichtmetallproduktion (Wolfram-, Molybdänstähle u.a.) und 1929 die Blechproduktion begonnen (ANONYMUS 1996). Seit 1925 produzierte AGFA und später ORWO Filmmaterialien unter Verwendung von Chrom und Silber für Filmbeschichtungen (ANONYMUS 1996).

Die *Chrom-Verteilung* deutet im Vergleich mineralischer Unterbodenhorizonte (M) des Transekts II, mit einem Median von 156 mg/kg (max. 1.539 mg/kg, min 84 mg/kg) gegenüber tieferen C- und G-Horizonten mit einem Median von 85 mg/kg (max. 120 mg/kg, min.

74 mg/kg), auf ältere Stoffeinträge hin. Eine ähnliche Verteilung läßt sich auch für *Silber* feststellen. Mineralische Bodenhorizonte (M) des Transekts II weisen ein Mediangehalt für Silber von 7 mg/kg (max. 38 mg/kg, min. <2 mg/kg) gegenüber tieferen C- und G-Horizonten mit einem Median von <2 mg/kg (max. 5 mg/kg, min. <2 mg/kg) auf. Die Hintergrundgehalte für Silber in Ober- und Unterböden liegen unterhalb der Kalibrierungsgrenze der RFA (<2 mg/kg Ag).

Aus der industriellen Produktion stammendes *Zinn* (Abb. 2-8) wurde, erkennbar an den hohen Gehalten der rezenten und fossilen Oberbodenhorizonte des Transekts II, über das Spittelwasser eingetragen (ANONYMUS 1996). Die Probe 2.1.2 repräsentiert eine nur schwach humose Sandlage, die zwischen dem rezenten und dem ersten fossilen Oberbodenhorizont eines Uferbankprofils liegt.

Weiterhin waren in den Unterböden (M, C+G) des Transekts I mit 83 - 95 mg/kg Sn deutlich höhere Medianwerte als in den Unterböden des Transekts II mit 27 und 12 mg/kg Sn festzustellen. Die Zinngehalte der Unterböden der Transekte III und IV sind mit denen des Transekts I vergleichbar. Zudem sind die Einträge aus Bitterfeld/Wolfen erst in rezenten/fossilen Oberbodenhorizonten nachweisbar. Die Unterböden des Transekts I geben einen Hinweis auf ältere Emissionen aus dem Erzgebirge. Die Zinnbelastung der Gewässersedimente des Spittelwassers ist auf Einträge durch die Bitterfelder Industrie in der ehemaligen DDR zurückzuführen. Eine Gewässersedimentbelastung von 3.223 mg/kg Sn bestätigt im Vergleich zu den Mulde-Flußsedimenten der Transekte I, III und IV diese These (Tab. 2-10).

Ein Teil des *Zinns* in den Böden der Muldeaue stammt sehr wahrscheinlich aus der Bitterfeld/Wolfener Weißblechproduktion (ANONYMUS 1996). Weiterhin wurden auch Organozinnverbindungen aus der PVC-Herstellung (Mono- und Diorganozinnverbindungen) oder der Pflanzenschutzmittelproduktion (Triphenylzinn u.a.) immitiert. Teilweise toxisch ist auch das Tributylzinn, welches meist aus der Produktion von Antifouling-Farben für Schiffsanstriche (Farbenindustrie) stammt und Bestandteil von Holzschutz- und Desinfektionsmitteln ist (ANONYMUS 1996).

Im Rahmen einer Studie zur „Herkunft und Verteilung von Organozinnverbindungen in der Elbe und in Elbenebenflüssen“ (ARGE ELBE 1999) wurde die Schwebstoffbelastung der Mulde untersucht. Schwebstoffuntersuchungen an der Station Dessau in den Jahren 1994/1995 erbrachten Jahresmittelwerte für Tetrabutylzinn von 21.122/2.516 µg/kg Sn und für Tributylzinn von 1.339/284 µg/kg Sn. Im Fall des Tetrabutylzinns sanken in den Jahren 1996/97 die Jahresmittelwerte für Sn auf 676/301 µg/kg und bei Tributylzinn auf 195/104 µg/kg Sn (ARGE ELBE 1999). Es wurden Gewässerfrachten der Mulde für verschiedene Butylzinnverbindungen angegeben. Die Frachtraten für Tetrabutylzinn betrugen für die Jahre 1995/96/97 44,2, 11,9 und 2,9 kg/a Sn und für Tributylzinn 5,1, 2,9 und 1,0 kg/a Sn (ARGE ELBE 1999). Der Rückgang der Frachtraten und Schwebstoffkonzentrationen in der Mulde steht im Einklang mit der 1994 bis Mitte 1997 erfolgten Stillegung der industriellen Produktion von Organozinnverbindungen in Bitterfeld, insbesondere des Ausgangsprodukts Tetrabutylzinn (ARGE ELBE 1999).

Hohe Gehalte an Tributylzinn verursachen bei Mollusken erhebliche Wachstumshemmungen und eine Erhöhung der Mortalitätsrate (ARGE ELBE 1999). Bei Fischen und zooplanktonischen Lebewesen konnte ein Laichrückgang bzw. eine Produktivitätsverminderung beobachtet werden (ARGE ELBE 1999). Hohe Gehalte von Tributylzinn bewirkten eine Aktivitätsverminderung bei zersetzenden Bakterien (ARGE ELBE 1999). Die hohen Sn-Gehalte in den Böden am Spittelwasser lassen in Verbindung mit den Quelleninformationen den Schluß zu,

daß ein beträchtlicher Teil in Form zinnorganischer Verbindungen, insbesondere als Tributylzinn, eingetragen wurde und möglicherweise noch vorliegt. Es stellt sich daher die Frage, ob die Belastung mit Zinnorganika möglicherweise den biologischen Abbau organischer Substanz und damit die Huminstoffgenese in der Muldeaue stören kann (KALBITZ 1996; HANSCHMANN 1997).

Direkte Wirkungen von Butylzinnverbindungen auf den Menschen sind bisher nur in bezug auf den Arbeitsschutz beim Umgang mit Tributylzinn-haltigen Antifouling-Anstrichen untersucht worden. Dabei wurden ggf. Haut- und Augenirritationen beim Umgang mit TBT festgestellt. Der Ingestion von Tributylzinn wird aufgrund der bislang vergleichsweise geringen Mengen in der Nahrungskette zum Menschen wenig Beachtung geschenkt (ARGE ELBE 1999).

2.1.4.2 Einfluß der Auenmorphologie auf die rezente Schwermetall-/Metallverteilung

Die flächige, horizontale Elementverteilung ist überwiegend von der Überschwemmungsneigung des Flusses und der Geländemorphologie abhängig. Die Transekte I bis IV durchlaufen Auegebiete mit klar unterscheidbaren Reliefstrukturen und entsprechend differenzierten Elementverteilungsmustern.

Maßgebende Einflußgrößen der Elementverteilung sind somit die Flußentfernung und die Geländemorphologie oder Geländehöhe. Die Schwermetall- und Metallgehalte wurden zum Vergleich über den Median aller Oberbodengehalte des Teiluntersuchungsgebiets (Transekte I - IV) normiert. Ein Index von >1 entspricht einem überdurchschnittlichen Elementgehalt und ein Index <1 einem unterdurchschnittlichen Elementgehalt.

Der Verlauf des idealisierten Höhenprofils des Transekts I zeigt mit Ausnahme des Uferwalls (1.4.1) am südwestlichen Ufer der Mulde und kleineren Gräben oder Senken ein wenig variables Relief (Abb. 2-9). Ausgehend vom Uferwall im Prallhangbereich fällt mit zunehmendem Flußabstand in südwestlicher Richtung die Geländeoberfläche langsam ab. Die Geländehöhe erreicht im äußersten Südwesten ein um 0,5 m niedrigeres Niveau im Vergleich zum nordöstlich gelegenen Auebereich mit den Punkten 1.1.1b, 1.2.1, 1.3.1.

Die NO-Seite des Transekts I weist in den Senken (Punkt 1.1.1b) deutlich erhöhte Elementgehalte auf. Leicht überdurchschnittliche bis mittlere Gehalte waren bis zum NO-Ufer der Mulde festzustellen. Das SW-Ufer besteht aus einem höheren Uferwall, der vom Punkt 1.4.1 bis zum in einer Senke gelegenen Probenahmepunkt 1.6.1 von über 76 m auf unter 75 m NN ausläuft. Die Schwermetall- und Metallgehalte in den Böden fernab der Mulde steigen hingegen tendenziell an. Im Bodenprofil des Uferwalls (1.4.1) folgen unterhalb des rezenten Oberbodenhorizonts mindestens zwei fossile Oberbodenhorizonte und anschließend ein Mineralbodenhorizont. Die höheren Elementgehalte des zweiten fossilen Oberbodenhorizonts lassen auf einen weitaus größeren Schadstoffeintrag in der Vergangenheit schließen. Mit der Fertigstellung der Muldetalsperre und des Stausees 1979 verringerte sich im Unterlauf der Stofftransport erheblich (HOPPE 1995; KLUGE 1997), woraus der Rückgang der Elementgehalte der beiden oberen Horizonte resultiert.

Invers ist das Verhalten der Schwermetall- und Metallgehalte im Vergleich zum Höhenniveau auch an den Probenahmestandorten 1.7.1, 1.8.1 und 1.9.1. Die Gehalte von Cadmium, Zink und Wolfram erreichen an diesen Punkten ein stark überdurchschnittliches Niveau. Trotz des niedrigen Höhenniveaus lässt das Bodenprofil des Probenahmepunkts 1.10.1 nur durchschnittliche Elementgehalte erkennen. Der Probenahmepunkt 1.11.1 nahe dem eingedeichten

Leine-Stichkanal weist mit Ausnahme von Chrom (494 mg/kg) und Wolfram (37 mg/kg) ebenfalls durchschnittliche bis unterdurchschnittliche Elementgehalte auf.

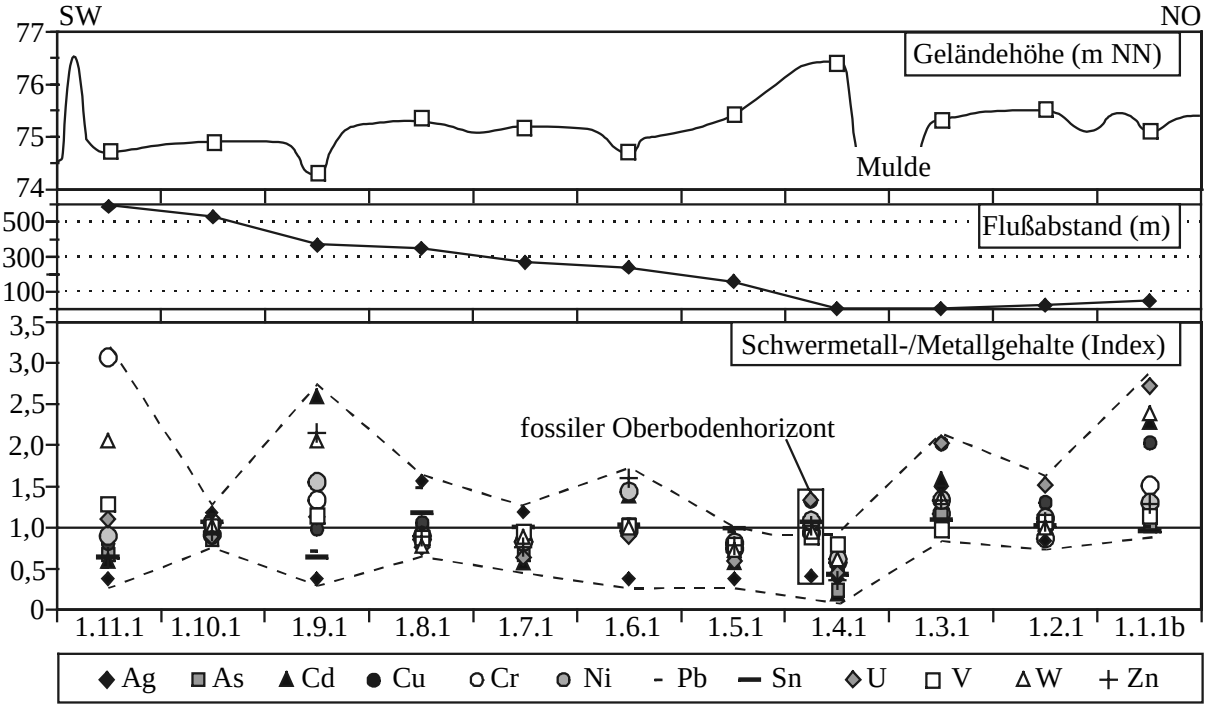


Abb. 2-9: Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des Transekts I abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfraktion <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).

Das Transekt II am Spittelwasser führt vom Gewässer im Nordosten (Punkt 2.1.1) über ein höher gelegenes Gelände in eine abflußlose Senke mit den Probenahmepunkten 2.4.1 und 2.5.1 und kehrt im Südosten wieder zum Spittelwasser zurück (Abb. 2-10).

Mit zunehmender Entfernung vom Fließgewässer nehmen die Gehalte der Elemente Zinn, Zink, Cadmium, Chrom und Nickel an den Probenahmepunkten 2.1.1, 2.2.1 und 2.3.1 sukzessive ab. Uran weist mit 18 mg/kg am Standort 2.5.1 in größerer Entfernung zum Spittelwasser durchschnittlich höhere Gehalte auf. Dagegen erhöhen sich mit Annäherung an das Spittelwasser insbesondere die Gehalte von Chrom, Silber und Wolfram.

Das Transekt III zeichnet ein äußerst variables Höhenprofil unterschiedlicher Geomorphologie nach (Abb. 2-11). Das Gelände südöstlich der Mulde beginnt ebenfalls mit einem leicht erhöhten Uferwall an der Mulde. Der gesamte SO-Bereich besteht aus einer höher gelegenen Auelehmfläche (3.21.1), einer Flutrinne (3.20.1), einer kiesig-sandigen Terrasse (3.18. - 3.19.1) und dem sandigen Uferwall.

Einen weniger steilen Anstieg verzeichnet das NW-Ufer bis hinauf zur Kiesterrasse (Punkte 3.7.1, 3.6.1+2, 3.5.1). Weiter nördlich wechselt die Uferböschung in einen flachen Gleithang über. An den Punkten 3.7.1 und 3.6.1+2 wurden rezente Oberböden, unterlagert von zwei fossilen Oberbodenhorizonten über Terrassenkiesen angetroffen. Das charakteristische Elementmuster der Standorte weist auf Sedimenteinträge durch Überschwemmungen hin.

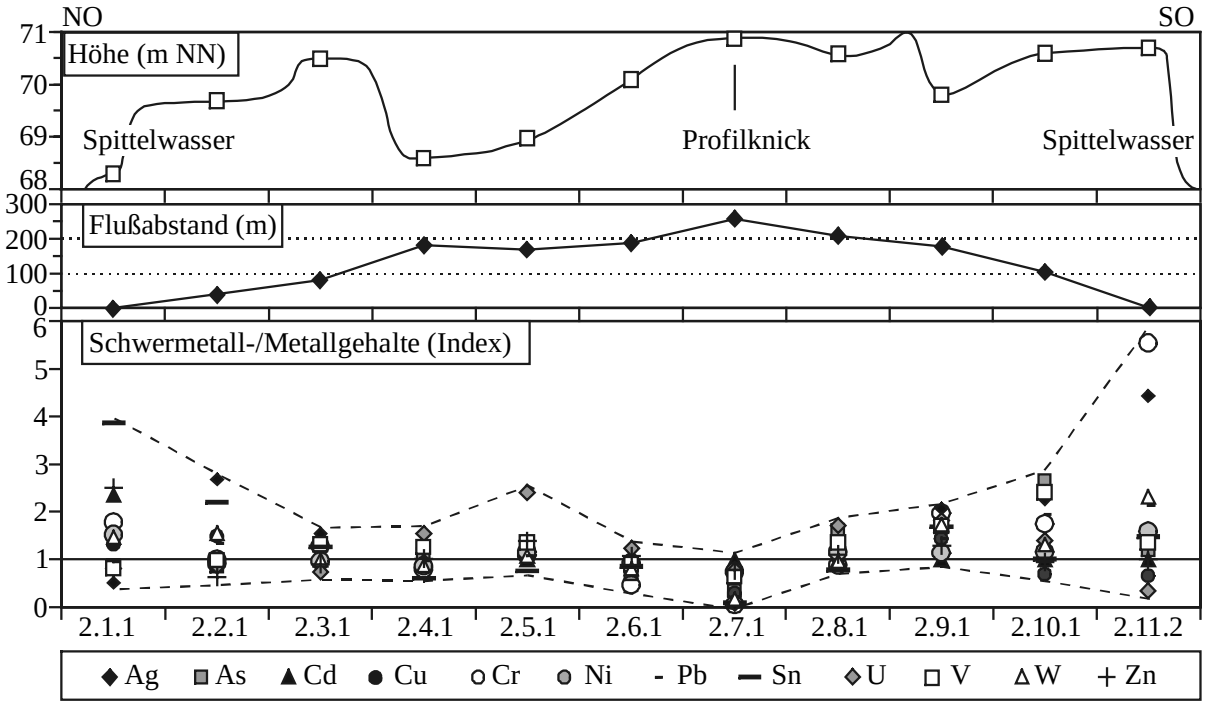


Abb. 2-10: Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T II abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfraktion <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).

Im rückwärtigen Bereich der Kiesterrasse befindet sich eine Flutrinne (Punkt 3.3.1) die bei extremen Hochwasser überschwemmt wird. Nach Nordwesten wird der Rinnenbereich durch eine ca. 2,5 m hohe Böschung, die in der Vergangenheit vermutlich einen Uferbereich darstellte, von einem höheren Terrain abgegrenzt. Die Mulde-Flußschleife verlagert sich allmählich nach Südosten. Der ausgedehnte Altarmbereich ist vom aktiven Flußbett des Muldemäanders im Osten bzw. Südosten weitestgehend abgeschnitten und hat nur noch bei Hochwasser über Flutrinnen und rückwärtige, tiefere Uferbereiche Verbindung mit der Mulde. Das Transekt III schneidet nordwestlich eine ältere Kiesterrasse (Punkte 3.12.1, 3.13.1, 3.14.1) und endet am Ufer des nach NO zur Mulde hin umbiegenden Altarmbereichs (3.15.1).

Generell belegen überdurchschnittliche Indizes in den Ufernahbereichen der Mulde hohe Eintragsraten im Gegensatz zu abgelegenen, geringer belasteten Altarmbereichen. Eine Ausnahme bilden die im Altarmbereich gelegenen Punkte 3.11.1 und 3.15.1. Infolge der vorgelagerten Kiesterrassen wird der Altarmbereich bei extremen Hochflutereignissen rückwärtig überschwemmt, wobei die Sedimentation überwiegend in der Nähe des Muldeufers stattfindet. Der Zusammenhang zwischen der Geländehöhe und dem Belastungsgrad tritt stärker zurück, währenddessen der Zusammenhang zwischen Flußentfernung und Belastungsgrad in den rezenten Oberböden stärker zur Geltung kommt.

Das Transekt IV durchquert ein morphologisch relativ ausgeglichenes Gelände innerhalb einer Flußbiegung bei Kleutsch, welches nur von kleineren Flutrinnen oder Senken unterbrochen wird (Abb. 2-12). Der abstromseitige Uferbereich ist im Nordwesten deutlich stärker gegliedert (Punkte 4.1.1, 4.2.1, 4.3.1) als die südöstliche Ufersteilkante im Anstrombereich. Das Südost-Ufer liegt in der Übergangszone von einem Prallhang- zu einem Gleithangbereich.

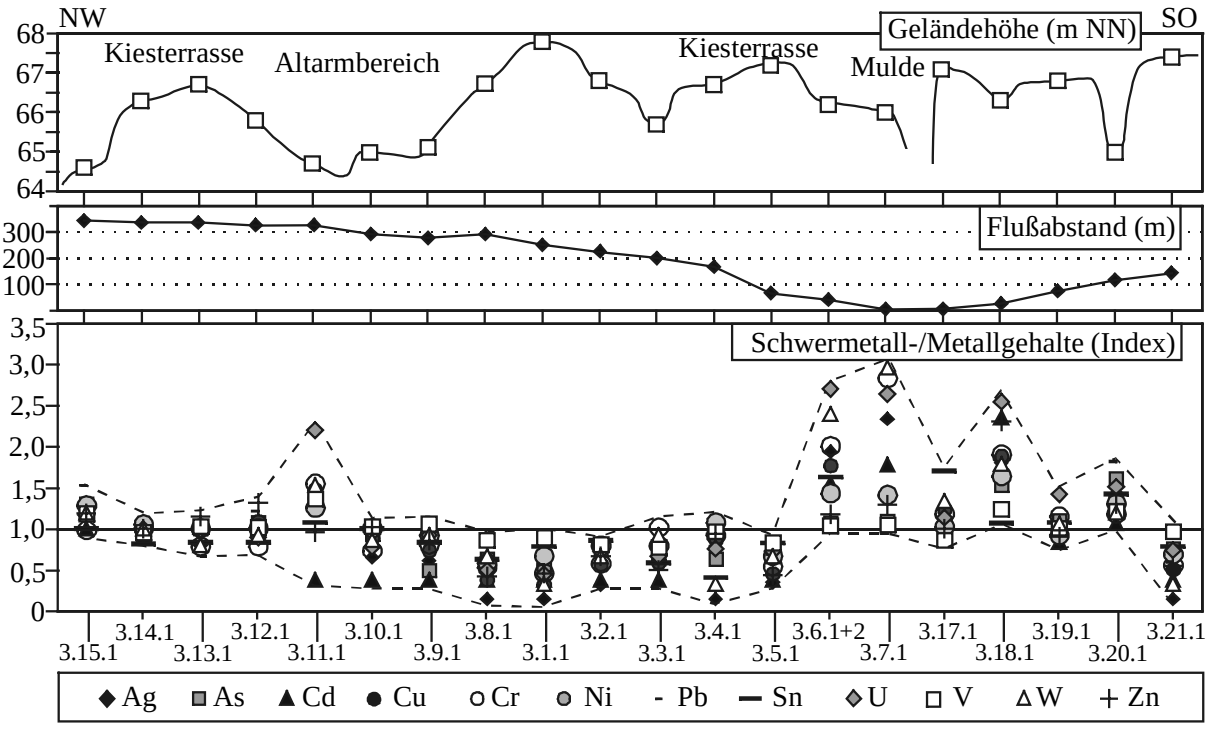


Abb. 2-11: Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T III abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfraktion <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).

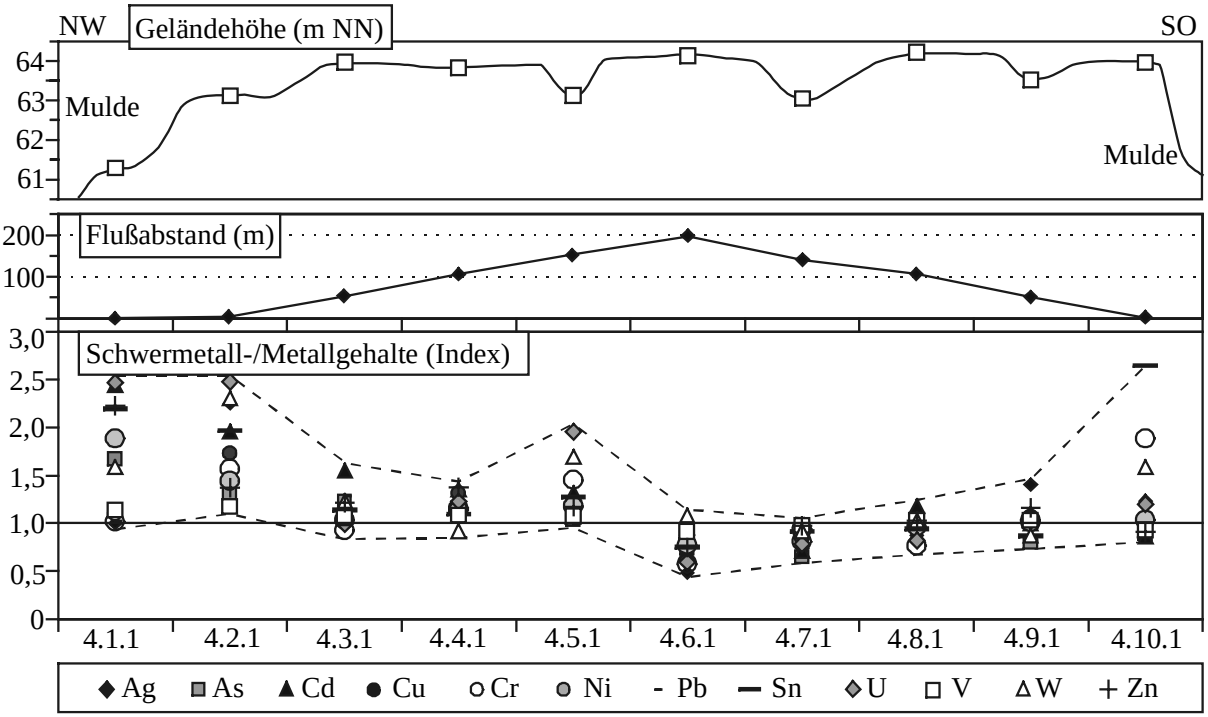


Abb. 2-12: Horizontale Verteilung von Schwermetallen/Metallen in rezenten Oberböden entlang des T IV abhängig von der Geländehöhe und dem Flußabstand (RFA: Kornfraktion <63 µm, Index = Wert/Median-Oberboden).

Die rezenten Oberböden der Probenahmepunkte 4.1.1, 4.2.1 und 4.10.1 der Uferbereiche weisen eindeutig die höchsten Schwermetall-/Metallgehalte auf. Einen Zusammenhang zwischen der Geländemorphologie und den Elementgehalten wird nur am Probenahmepunkt 4.5.1 deutlich, der sich in einer flachen Flutrinne befindet. Eine vom Fluß abgeschnittene Senke weist nur durchschnittliche bis unterdurchschnittliche Elementgehalte auf (4.7.1). Der Abstrombereich (Punkte 4.1.1 bis 4.5.1) zeigt tendenziell höhere überdurchschnittliche Elementgehalte im Vergleich zu den Probenahmepunkten im Anstrombereich (4.6.1 - 4.10.1). Die südöstlichen Punkte 4.6.1 und 4.8.1 liegen mit 64,13 m und 64,05 m NN nur geringfügig höher als Punkte im Abstrombereich (NW) mit Geländehöhen <64 m NN. Eine etwas größere Überschwemmungsneigung bedingt vermutlich die erhöhten Gehalte im Nordwesten des Untersuchungsgebiets.

Elementverteilungsmuster (s.a. Abb. V.1-1) können in Verbindung mit dem Ausbreitungsverhalten des Hochwassers und in Abhängigkeit von der Geländemorphologie und Flußentfernung vereinfacht mittels *Auenrelieftypen* beschrieben werden (Abb. 2-13).

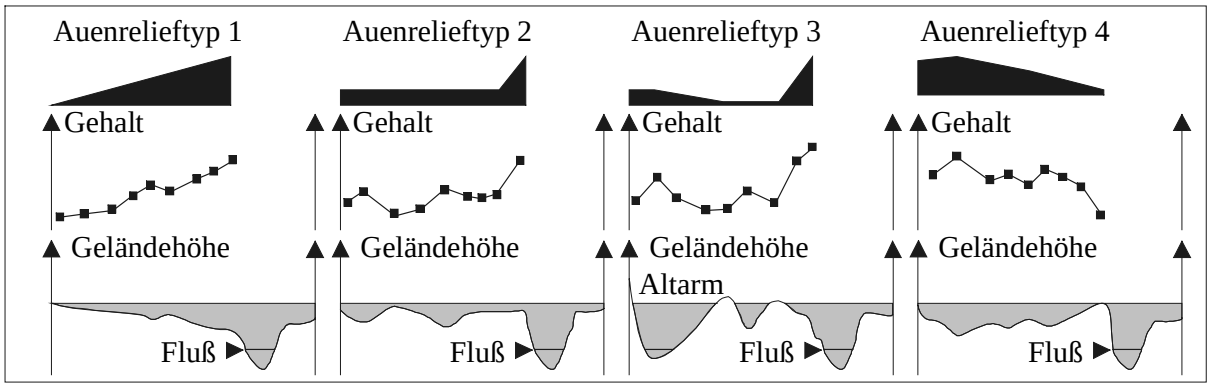


Abb. 2-13: *Auenrelieftypen* im Profilschnitt und theoretische Elementverteilung in Abhängigkeit von Überschwemmungen (grau).

Der morphologisch einfachste *Auenrelieftyp 1* entspricht keinem der untersuchten Auebereiche. Er zeigt ein mit zunehmender Entfernung vom Fluß stetig ansteigendes Querprofil (Abb. 2-13). Die Morphologie läßt die ungehinderte Ausbreitung eines Hochwassers zu. Die Bodengehalte der untersuchten Stoffe im Boden nehmen mit steigender Geländehöhe und zunehmender Entfernung vom Fluß ab.

Der *Auenrelieftyp 2* repräsentiert eine flachwellige Morphologie mit einzelnen kleineren Rinnen oder Kesseln. Eine Übereinstimmung läßt sich vor allem mit dem Untersuchungsgebiet des Transekts IV finden. Die Elementgehalte spiegeln in ihrer Höhe nur undeutlich die Geländeunterschiede wider. Durch Überschwemmungen eingetragene Stoffe konzentrieren sich stärker in den Sedimentationszonen der Uferbereiche.

Der Auebereich des Transekts III lässt sich mit dem *Auenrelieftyp 3* vergleichen, der eine stark ausgeprägte und variable Morphologie besitzt. Entferntere Altarmbereiche sind vom Fluß durch hohe Terrassen isoliert und vom Hochwasser nur über abstromseitige Durchlässe oder im Anstrombereich über Flutrinnen erreichbar. Qualmwasser oder aufsteigendes Grundwasser kann in den Senken eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Die Stoffgehalte sind in den überflutungsgefährdeten Uferzonen am höchsten und stehen im Kontrast zu deutlich niedrigeren Gehalten in den isolierten Senkenbereichen. Das morphologisch wechselseitige Gelände am Spittelwasser (Transekt II) repräsentiert eine Kombination aus den Auenrelieftypen 2 u. 3.

Der *Auenrelieftyp 4* stellt ein flachwelliges Gelände dar, zu dem abseits der Uferwälle ausgedehnte flache, abflußlose Senken gehören, die bei Überschwemmungen vollständig geflutet werden. Der Typ entspricht dem Untersuchungsgebiet des Transekts I. Da der Flußwasserstand durch ein abstromseitiges Wehr in dem Auegebiet künstlich hoch gehalten wird, können häufig Überschwemmungen, Qualmwasserbildungen und entsprechend auch Stoffeinträge wegen fehlender morphologischer Barrieren beobachtet werden.

Zusammenhänge zwischen der Elementverteilung, der Geländehöhe und der Flußentfernung der Probenahmepunkte lassen sich anhand von Korrelationen diskutieren. Hierzu wurden zu den Punkten entlang der Transekte II, III und IV auch Lokationen in der Fläche zur Informationsverdichtung und Erhöhung der Repräsentanz hinzugenommen (Tab. 2-11).

Flußentfernung und Höhenniveau der Probenlokalitäten korrelieren ausschließlich hinsichtlich des Transekts I signifikant miteinander (-0,73). Mit zunehmender Flußentfernung verringert sich die Geländehöhe. Ein negativer Zusammenhang zwischen dem Geländehöhenniveau und den Elementgehalten ist nur für Kupfer, Nickel, Blei und Zink in Oberböden erkennbar. Insbesondere weisen Chrom mit -0,75 im Untersuchungsgebiet des Transekts I und Kupfer mit -0,59 im Gebiet des Transekts II signifikante Korrelationskoeffizienten auf.

Ein überwiegend negativer Zusammenhang zwischen der Entfernung der Probenlokalitäten zum Fließgewässer und den Gehalten wurde für die Elemente mit Ausnahme von Arsen, Blei, Vanadium und Zink nachgewiesen. In den Auebereichen der Transekte II, III und IV verringern sich die Oberbodengehalte der Elemente Ag, Cd, Cr, Zn, U und W mit zunehmender Flussentfernung. Dagegen sind die Korrelationen der Elementgehalte mit dem Geländehöhenniveau im Transekt I stärker ausgeprägt. Signifikante Korrelationen der Elementgehalte mit der Geländehöhe ergeben sich für Chrom (-0,75), Nickel (-0,64), Vanadium (-0,69) und Wolfram (-0,68).

Tab. 2-11: Korrelation von Schwermetall-/Metallgehalten der rezenten Oberböden mit der Geländehöhe und Flußentfernung (RFA-Daten der Kornfraktion <63 µm; Spearman-Rho).

n = (78)		E	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Sn	U	V	W	Zn
Gesamt	H						-0,28	-0,26	-0,24					-0,24
T I (11)	H	-0,73				**-0,75**		-0,64				-0,69	-0,68	
T II (19)	H						**-0,59**							
T III (29)	H								-0,41			-0,43		
T IV (19)	H										-0,52			
Gesamt	E	1	**-0,33**		**-0,40**	**-0,34**	**-0,37**	-0,33		**-0,56**			**-0,38**	
T I (11)	E	1												
T II (19)	E	1								**-0,68**	0,54		-0,52	
T III (29)	E	1	-0,37		**-0,60**	**-0,55**				**-0,55**	-0,46		**-0,49**	
T IV (19)	E	1	-0,46			-0,48				**-0,76**	-0,52		-0,48	

Fettdruck: Korrelationen mit 2-seitiger Signifikanz >99 %
Normaldruck: Koeffizienten mit 2-seitiger Signifikanz >95 %
Leerstellen: nicht signifikante Koeffizienten (2-seitiger Signifikanz <95 %)
H: Geländehöhe E: Entfernung zum Fließgewässer (Mulde/Spittelwasser)

Abhängig von Überschwemmungen und der Geländemorphologie zeigt sich im Untersuchungsgebiet des Transekts I ein stärkerer Zusammenhang mit der Geländehöhe. Andererseits sind in den Gebieten der Transekte II, III und IV die Elementgehalte stärker von der Fließgewässerentfernung abhängig.

Um den unterschiedlichen Einfluß des Höhenniveaus und der Fließgewässerentfernung auf die Elementgehalte sichtbar zu machen, wurde eine Clusteranalyse der Oberbodenproben (n = 78) durchgeführt (Abb. 2-14).

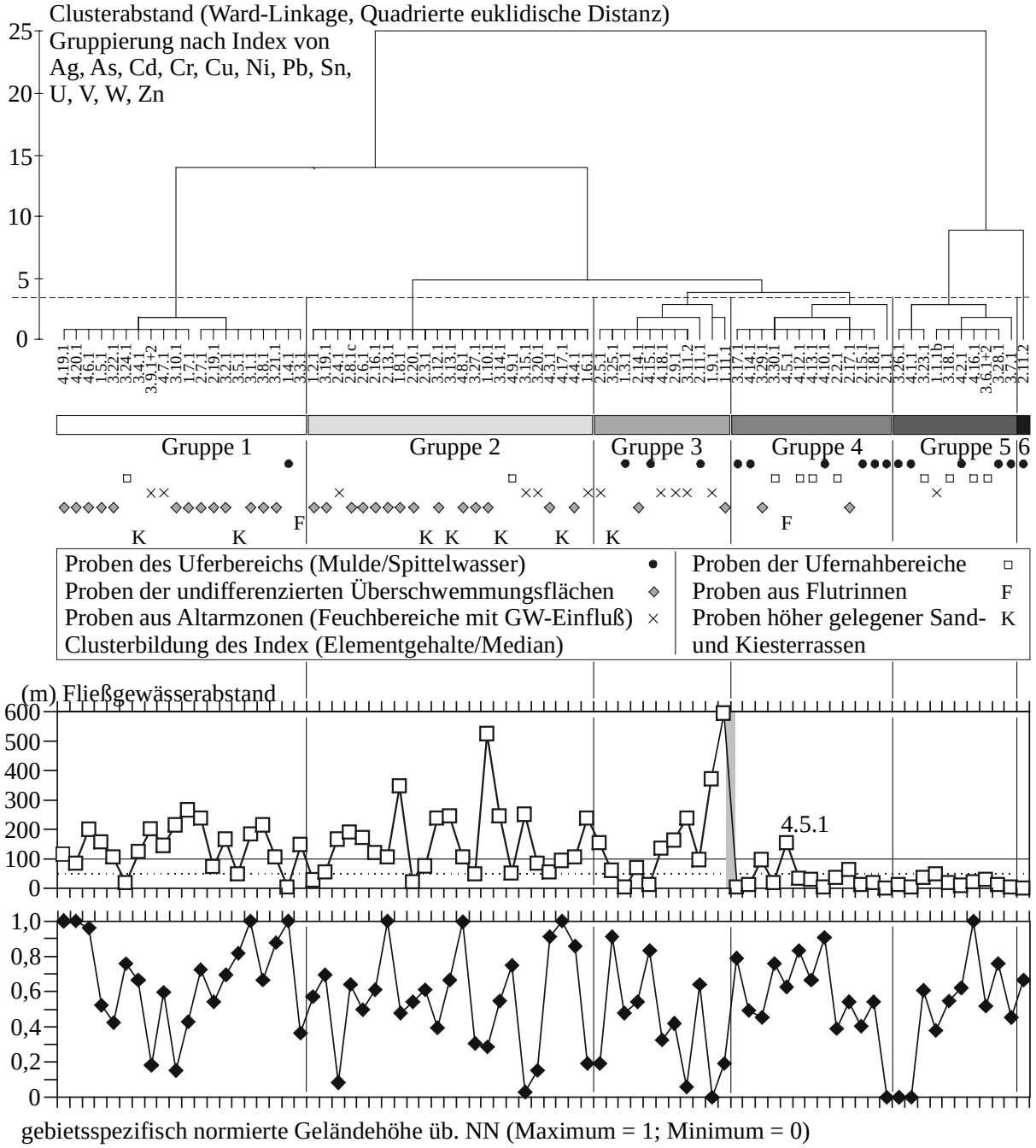


Abb. 2-14: Clusteranalyse der Indizes der normierten Elementgehalte (Index: Gehalte/Median) von Oberböden. Darstellung von Geländehöhen und Fließgewässerabständen der Probenpunkte (RFA: Kornfraktion <63 µm).

Gruppiert wurde anhand der Median-normierten Elementgehalte (Index: Wert/Median-Oberboden). Ergänzend werden die Fließgewässerabstände und die normierten Höhenniveaus der Probenahmepunkte in Abb. 2-14 dargestellt, um die Zusammenhänge zu veranschaulichen.

Die Gruppenbildung ergab eine Lösung mit 6 Gruppen. Die Gruppen 2, 3 und 4 weisen allerdings eine relativ geringe Distanz auf, deren Dreiteilung durch signifikante Änderungen der Fließgewässerabstände von Gruppe 4 zu Gruppe 3 bestätigt werden kann. Die Oberbodenprobe 2.11.2 (Probe 2.11.1 nur Streuhorizont) repräsentiert als Einzelprobe aufgrund ihres Clusterabstandes die Gruppe 6 (Abb. 2-14).

Um das Gruppierungsergebnis der Clusteranalyse anhand der normierten Elementgehalte von Ag, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Sn, U, V, W und Zn zu prüfen, wurde eine Diskriminanzanalyse durchgeführt (Abb. V.1-8). Die Diskriminanzanalyse ergab, daß 96,2 % (75 von 78 Fällen) der durch die Clusteranalyse gruppierten Oberbodenproben korrekt klassifiziert wurden. Die ersten beiden Diskriminanzfunktionen erklären 90,0 % der Gesamtvarianz. Die erste Funktion trennt die Gruppen 1 bis 5 und erklärt 69,3 % der Gesamtvarianz. Die zweite Funktion trennt dagegen hauptsächlich die Probe 6 (Gruppe 6) von den übrigen 5 Gruppen.

Die genormten Elementgehalte der Oberböden (Index) der 12 Schwermetalle/Metalle wurden gruppenweise in Boxplotdarstellungen gegeneinander aufgetragen (Abb. 2-15).

Die Indizes der Gruppe 1 zeigen für alle Elemente durchgehend ein unterdurchschnittliches Niveau an (Index <1). Die Indizes Gruppe 2 weisen dagegen auf generell durchschnittliche Elementgehalte hin (Index bzw. Median ≅1). Beide Gruppen 1 und 2 umfassen etwa 55 % aller Oberböden und repräsentieren überwiegend Probenlokalitäten undifferenzierter Überschwemmungsflächen, Kiesterrassen und Proben aus Altarmbereichen. Nur 3 Proben stammen aus Uferzonen bzw. Ufernahbereichen sowie eine Probe aus einem Flutrinnenbereich (Abb. 2-14). Die verschiedenen Probenlokalitäten der Gruppe 1 und 2 weisen sehr unterschiedliche Geländeniveaus auf. Die durchschnittlichen Fließgewässerabstände der beiden Gruppen variieren ebenfalls stark zwischen ca. 50 und 250 m mit maximalen Abständen von über 300 und 500 m (Abb. 2-14).

Die Gruppe 3 setzt sich überwiegend aus Probenlokalitäten der Altarm- und Uferrandbereiche inklusive dreier Proben der undifferenzierten Überschwemmungsflächen und Kiesterrassen zusammen (Abb. 2-14). Im Gegensatz zu allen anderen Elementen fallen die Zinn-Gehalte nur durchschnittlich aus (Abb. 2-15). Die Geländehöhe und die Fließgewässerentfernung der Probenlokalitäten der Gruppe 3 sind extrem unterschiedlich (Abb. 2-14).

Die Probenahmepunkte der Gruppe 4 zeigen sehr unterschiedliche Geländehöhen und liegen mit Ausnahme von drei Standorten (z.B. 4.5.1) überwiegend im Ufer- oder Ufernahbereich des jeweiligen Fließgewässers (Abb. 2-14). Die Elementgehalte von Cadmium, Kupfer, Zinn und Wolfram sind als überdurchschnittlich zu bewerten. Im Gegensatz dazu erweisen sich die übrigen Gehalte der Elemente Arsen, Vanadium oder Zink als durchschnittlich oder sogar unterdurchschnittlich (Abb. 2-15). Die Uferbankprobe 2.1.1 aus dem Bereich des Spittelwassers zeigt in dieser Gruppe extrem hohe Cd-, Sn- und Zn-Gehalte.

Die Gruppe 5 schließt dem Ufer naheliegende Probenlokalitäten mit variablem Geländeniveau ein (Abb. 2-14). Mit Ausnahme von Vanadium und Blei deutet der Index der übrigen Elemente deutlich überdurchschnittliche bis sehr hohe Oberbodengehalte an (Abb. 2-15).

Die Gruppe 6 repräsentiert eine Einzelprobe 2.11.2 aus dem Uferbereich des Spittelwassers mit deutlich erhöhten Silber-, Chrom-, Blei- und Wolframgehalten.

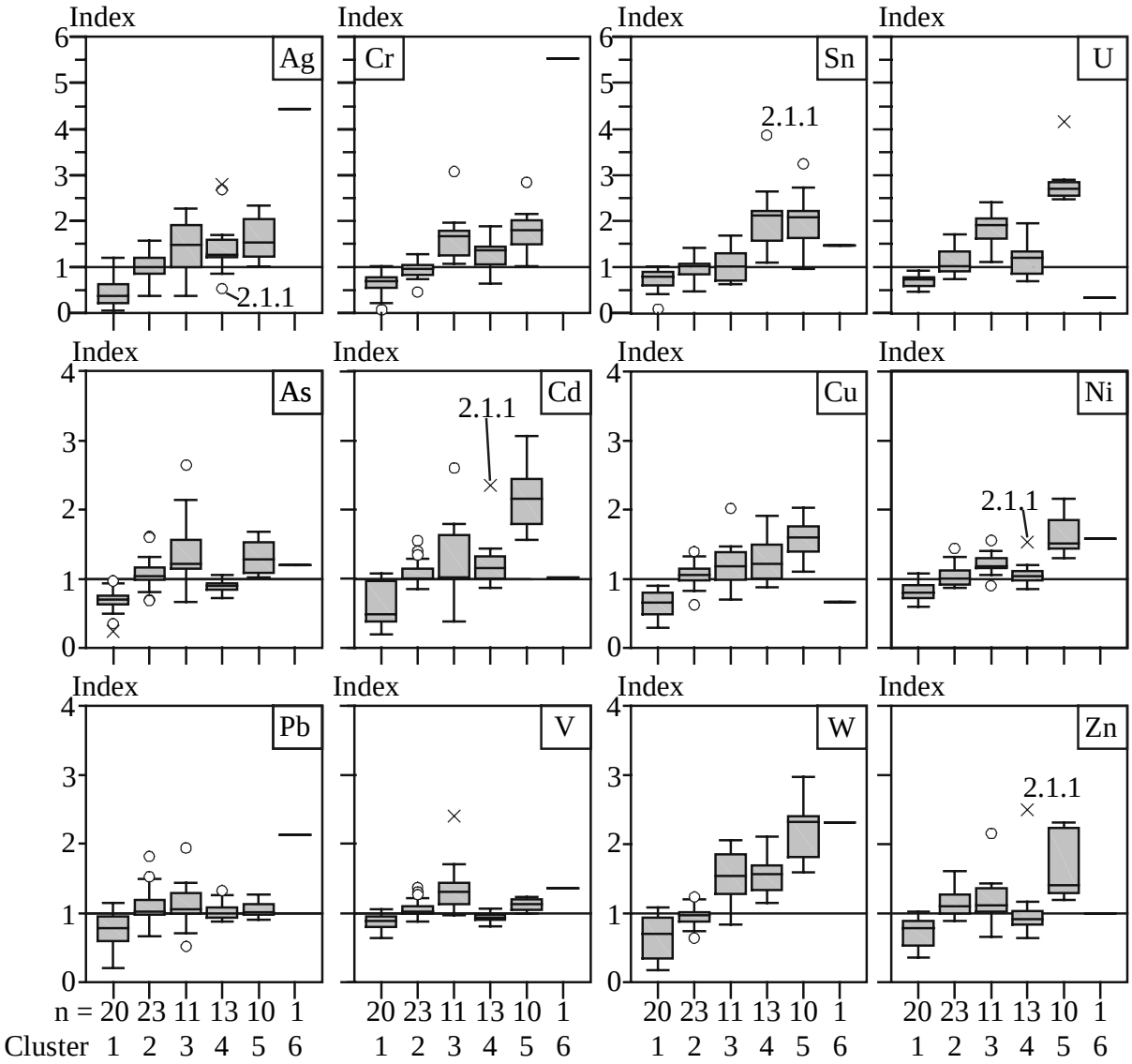


Abb. 2-15: Boxplots der normierten Elementgehalte nach der Clusterung (Index = Wert/Median - Oberboden) je Untersuchungsgebiet der Transekte I - IV.

Die Proben der ersten beiden Gruppen (55 % aller Oberböden) zeigen unterdurchschnittlich bis durchschnittliche Elementgehalte und stammen mit aus Bereichen mit größerer Fließgewässerentfernung. Von 43 Proben liegen lediglich 8 im Nahbereich mit <50 m Abstand vom Fließgewässer. Die inhomogene Gruppe 3 beinhaltet einerseits höher belastete Proben aus Altarmbereichen mit größerem Flußabstand andererseits aber auch Proben der Uferstandorte. Die Gruppen 4, 5 und 6 setzten sich fast ausschließlich aus Proben der Uferzonen (<50 m Flußabstand) zusammen. Die Gruppen 5 und 6 dokumentieren mit zum Teil sehr hohen Elementgehalten (Index) die Schwermetall-/Metallanreicherung in den Uferbereichen. Im Gegensatz dazu variieren die normierten Geländehöhen in jeder Gruppe ohne erkennbaren Trend (Abb. 2-14).
Die Ergebnisse lassen erkennen, daß die Ausweisung von Flächen mit unterschiedlichem Schadstoff-Gefährdungspotential ausschließlich nach der Geländehöhe kein ausreichendes Kriterium für die großräumige flächendeckende Bewertung von Auegebieten ist.

Bei der Bewertung von flächendeckenden Belastungsmustern sind vor allem der Geländetyp und die Hydrogeomorphologie (Abb. 2-13) sowie die daraus resultierenden Sedimentationsbedingungen bei Hochwasser zu berücksichtigen. Aufgrund der Variabilität der Sedimente und Böden kommt der Wahl der Untersuchungs-Kornfraktion besondere Bedeutung zu. Beim Vergleich sehr stark variierender toniger, kiesiger Substratverhältnisse können Verdünnungseffekte durch gröbere Mineralkornfraktionen die Ergebnisse stark beeinflussen (Kap. 2.2.1).

2.1.4.3 Die historische Schwermetall- und Metallbelastung der Muldeaue

Vertikale Verteilungen von Schwermetallen und Metallen in den Aueböden geben Aufschluß über räumlich und zeitlich differenzierbare Schadstoffmuster. Häufig überschwemmte Uferbankprofile spiegeln in ihrer Horizontabfolge oftmals die historische Entwicklung des Stoff- bzw. Schadstofftransports eines Flusses wider.

Das Bodenprofil 3.7 nahe dem Muldeufer des Transekts III zeigt ca. 0,45 - 0,5 m mächtige Horizonte, die eine Kiesterrasse überdecken (Abb. 2-16). Im März 1999 wurde durch ein großes Frühjahrshochwasser eine ca. 2 - 4 cm mächtige Sandlage auf den bewachsenen rezenten Oberboden aufgetragen. Unter dem aufliegenden mittelsandigen Oberboden befinden sich zwei weitere humose, fossile Oberböden (0,125 - 0,175, 0,25 - 0,35 m u. GOK), die durch Mittelsandlagen voneinander getrennt sind. Der unterste gS-mS Horizont stellt den Übergang zu den unterlagernden Terrassenkiesen dar. Vorrangig die feinkörnigeren, humosen Horizonte wurden zuzüglich des Übergangshorizonts auf Schwermetalle/Metalle untersucht.

Die Bodengehalte von Arsen, Cadmium, Zink und Blei sowie von Uran und Nickel sind im Oberboden geringer als in den tieferen Horizonten (Abb. 2-16). Umgekehrt steigen die Gehalte von Silber, Chrom, Zinn und Wolfram zur Geländeoberfläche hin an.

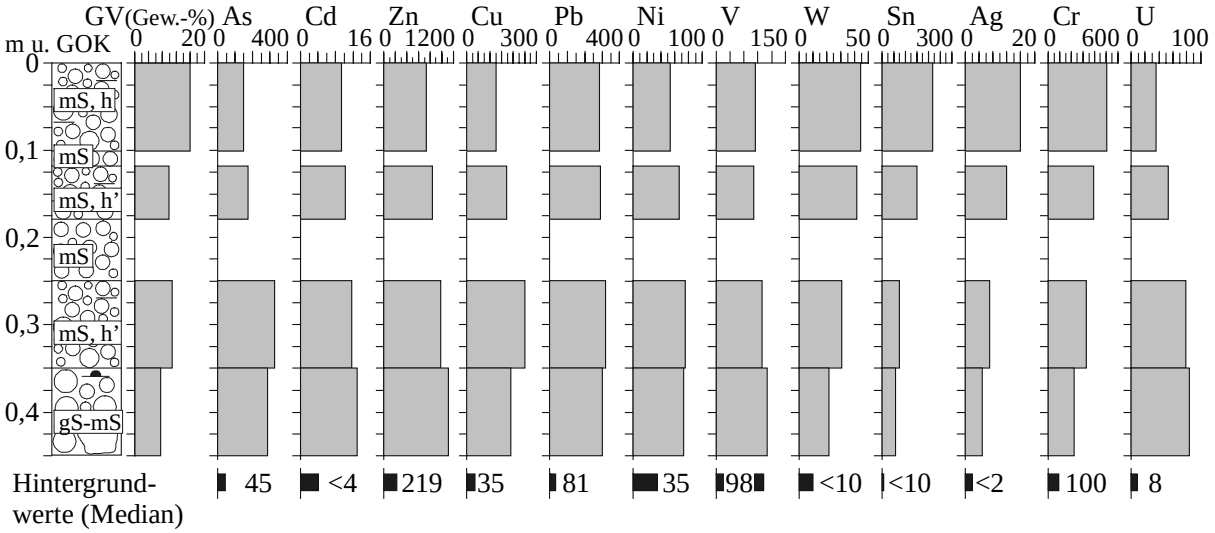


Abb. 2-16: Vertikale Verteilung von Spurenelementen im ufernahen Bodenprofil 3.7 des Transekts III (RFA: Kornfraktion <63 µm; Gehalte in mg/kg).

Die Urangehalte liegen im rezenten Oberboden mit 36 mg/kg und 50 - 84 mg/kg in den tieferen Horizonten deutlich über Medianwerten zwischen 6 - 7 mg/kg U der vier Transekte (Tab. 2-9). Ausgehend vom Beginn des Uranbergbaus in Sachsen und einem Anwachsen der U-Belastung der Mulde ab 1946/47, entstand das kurze Profil 3.7 vermutlich erst in der Nachkriegszeit (Abb. 2-16). Ein Rückgang des Urangehalts sowie der Elemente Arsen, Cadmium, Zink, Blei, Nickel und Kupfer ist von den fossilen bis zu den rezenten Oberbodenhorizonten

zu beobachten. Als Ursache wurde bereits der Rückgang der partikelgebundenen Schwermetall-/Metallfracht der Mulde aus dem Erzgebirgsraum genannt, die schon nach Fertigstellung des Muldestausees 1979 reduziert wurde (ANONYMUS 1996).

Hohe Gehalte von Silber, Chrom, Zinn und Wolfram in den rezenten Oberböden im Gegensatz zu tieferen Bodenbereichen deuten auf jüngere Einträge aus Bitterfeld/Wolfen hin.

Am Transekt IV bei Kleutsch wurden 10 - 15 km flußabwärts von Bitterfeld/Wolfen zwei Uferbank-Vertikalprofile 4.2 (Abb. 2-17) und 4.10 (Abb. 2-18) abgeteuft, deren Horizontabfolge den historischen Stoffeintrag und unterschiedliche Elementmuster repräsentativ wiedergeben.

Im Profil 4.2 (Abb. 2-17) sind die beiden obersten Horizonte mit 48 und 38 mg/kg U deutlich höher belastet. Niedrigere Gehalte im Bereich der Hintergrundgehalte von durchschnittlich 8 mg/kg weisen dagegen die tieferen Mineralbodenhorizonte (<0,5 m u. GOK) Urangehalte zwischen 6 - 11 mg/kg auf.

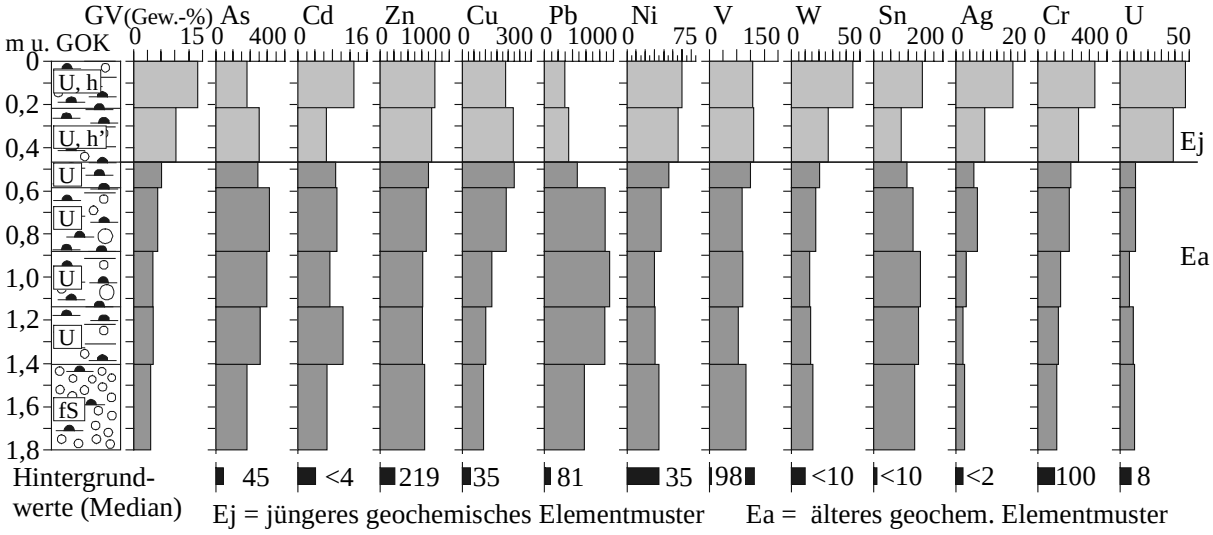


Abb. 2-17: Vertikale Elementverteilung im ufernahen Bodenprofil 4.2 (Muldeabstrom) des Transekts IV (RFA: Kornfraktion <63 µm; Gehalte in mg/kg).

Im Profilverlauf erreicht der Blei-Gehalt gegenüber den anderen Elementen im unteren Mineralbodenbereich von 0,6 m bis ca. 1,8 m u. GOK ein Maximum. Dagegen zeigen die obersten drei Horizonte weitaus geringere Gehalte. Blei korreliert nicht mit dem Gehalt an organischer Bodensubstanz und ist im humosen Oberbodenbereich deutlich schwächer vertreten. Höhere Schwermetallgehalte in Unterbodenhorizonten werden oft mit einer Schwermetallverlagerung aufgrund eines niedrigen Boden-pH begründet. Die Verhältnisse im Profil 4.2 legen allerdings einen Widerspruch offen. Blei erreicht in der Regel erst bei einem Boden-pH von pH <4 (BLUME & BRÜMMER 1987) eine deutlich höhere Mobilität, insbesondere durch eine höhere Pflanzenverfügbarkeit. Gegen eine erhöhte Pb-Mobilität sprechen allerdings Boden-pH-Werte von pH 4,9 - 5,1 ($CaCl_2$) im gesamten Profilverlauf. Andererseits müßten Elemente wie Cadmium und Zink mit Grenz-pH-Werten von pH 6,5 - 6,0 und pH 6,0 - 5,5 oder auch Nickel mit pH 5,5 (BLUME & BRÜMMER 1987) eine stärkere Mobilisation und Abreicherung in den oberen Horizonten erfahren, als es Blei in diesem Profil andeutet. Cadmium- und Zinkgehalte dokumentieren im Profilverlauf mit hohen Gehalten im Oberboden im Vergleich zu Blei genau umgekehrte Verhältnisse. Die Verhältnisse belegen, daß Elementgesamtgehalte im

Vertikal-Profilverlauf keinen sicheren Hinweis auf Elementverlagerungen in tiefere Horizonte geben.

Bereits im Kap 2.1.4.1 wurde auf die hohe Gewässersedimentbelastung des Spittelwassers durch Cadmium mit einem Median von 23 mg/kg und durch Zink mit einem Median von 2.880 mg/kg (Zn-Maximum 10.044 mg/kg) hingewiesen. Die Gehalte sind auf jüngere Einträge aus Bitterfeld/Wolfen zurückzuführen. Eine ähnliche Verteilung weist auch Zinn auf (Abb. 2-17). Zinn, Zink und Cadmium geben neben hohen Gehalten im rezenten und fossilen Oberboden und auch im Unterbodenbereich Hinweise auf ein zweites Schadstoffmuster.

Im Bodenprofil 4.2 (Abb. 2-17) weist Arsen vergleichbar mit Blei im Oberboden geringere Gehalte von 183 mg/kg und höhere im Unterboden von 318 - 297 mg/kg auf, was auf ein älteres Eintragsmuster hindeutet. Arsenfrachten aus Bitterfeld/Wolfen haben kaum Relevanz, was niedrige As-Gehalte in den Böden und Gewässersedimenten des Spittelwassers bestätigen (Median: 114 mg/kg; Abb. 2-6). Die As-Belastung in den tieferen Bodenhorizonten ist somit auf ältere Einträge über den Muldeoberlauf aus dem Erzgebirge zurückzuführen.

Die Kupfergehalte in den obersten vier Horizonten repräsentieren jüngere Einträge der ehem. Metallindustrie und Chemischen Industrie Bitterfeld/Wolfens sowie der südlich gelegenen Bergbau- und Industrieregionen (Muldeoberlauf).

Die hohen Gehalte an Chrom, Silber und Wolfram sind auf Immissionen aus Bitterfeld/Wolfen zurückzuführen. Nickel und Vanadium lassen sich dagegen nicht einem bestimmten Eintragspfad zuordnen (Abb. 2-17).

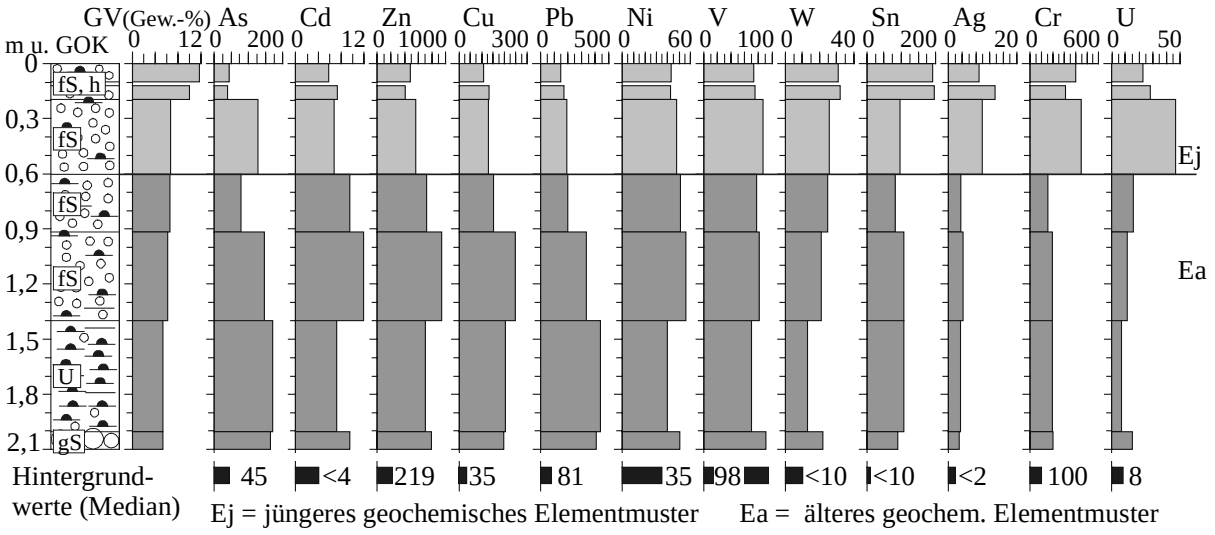


Abb. 2-18: Vertikale Elementverteilung im ufernahen Bodenprofil 4.10 (Muldeanstrom) des Transekts IV (RFA: Kornfraktion <63 µm; Gehalte in mg/kg).

Das Vertikalprofil 4.10 präsentiert ähnliche Element-Verteilungsmuster wie das Profil 4.2. Arsen, Cadmium, Zink und Blei (Abb. 2-18) deuten auf ein älteres Verteilungsmuster in den Unterbodenhorizonten hin. Im Gegensatz zum Profil 4.2 (Abb. 2-17) lassen die Gehalte von Kupfer im Profil 4.10 (Abb. 2-18) auf ältere Einträge schließen. Das Profil 4.10 befindet sich allerdings im Gegensatz zum Profil 4.2 im Anstrombereich der Mulde, was die Anstromgeschwindigkeit und Sedimentationsrate für Grobfraktionen (Sand-Kies) erhöht. Daraus resultiert eine andere Substratzusammensetzung wie auch ein veränderter Stoffbestand, was letztendlich auch Auswirkungen auf die Vertikalverteilung der Elemente Cadmium, Zink und

Kupfer hat. Sehr wahrscheinlich sind die genannten Schwermetalle sehr stark an der deutlich kleineren Tonfraktion gebunden, die in der Untersuchungsfraktion <63 µm des Profils 4.10 quantitativ geringer vertreten ist als im Profil 4.2 im Abstrombereich der Mulde.

Hohe Uran-Gehalte von 46 mg/kg U im Horizont von 0,3 - 0,6 m u. GOK weisen auf jüngere Schadstoffeinträge hin. Chrom zeigt zwei Maxima im ersten Mineralbodenhorizont und im Oberbodenhorizont. Die höchsten Silbergehalte wurden im fossilen Oberbodenhorizont (0,1 - 0,2 m u. GOK) festgestellt. Vanadium und Nickel lassen sich keinem bestimmten Elementmuster zuordnen und zeigen eine gleichmäßige Verteilung mit zunehmender Profiltiefe.

Korrelationen von Schwermetallen und Metallen bestätigen die erkannten Verteilungsmuster in Ober- und Unterböden (Tab. 2-12).

Tab. 2-12: Korrelation von Schwermetallen/Metallen der rezenten Ober- und Unterböden der Transekte I - IV (RFA: Kornfraktion <63 µm; Spearman-Rho).

I. Oberböden

RFA	Ag	Cr	W	V	Sn	Pb	Cu	As	Cd	Ni	Zn	U
Ag	1											
Cr	**0,83**	1										
W	**0,79**	**0,86**	1									
V	**0,42**	**0,51**	**0,62**	1								
Sn	**0,86**	**0,79**	**0,82**	**0,38**	1							
Pb	**0,29**	0,23	**0,33**	**0,63**	**0,36**	1						
Cu	**0,37**	**0,43**	**0,58**	**0,58**	**0,51**	**0,59**	1					
As	**-0,31**			**0,34**		**0,48**	**0,45**	1				
Cd	**-0,31**						**0,48**	**0,79**	1			
Ni				**0,49**		**0,46**	**0,64**	**0,77**	**0,75**	1		
Zn	**-0,42**	-0,22			-0,25	0,26	**0,42**	**0,83**	**0,89**	**0,81**	1	
U				0,25			**0,50**	**0,82**	**0,86**	**0,76**	**0,82**	1

n = 85

II. Tiefer liegende Horizonte (M-, C- und G-Horizonte)

RFA	Ag	Cr	W	V	Sn	Pb	Cu	As	Cd	Ni	Zn	U
Ag	1											
Cr	**0,62**	1										
W	**0,24**	**0,26**	1									
V	**0,38**	**0,52**	**0,40**	1								
Sn	**0,27**		**0,38**		1							
Pb	**0,49**	**0,35**	**0,37**	**0,28**	**0,86**	1						
Cu	**0,67**	**0,62**	**0,38**	**0,34**	**0,62**	**0,85**	1					
As	**0,37**	0,20	**0,28**	0,16	**0,85**	**0,90**	**0,77**	1				
Cd	**0,27**	0,20	**0,54**	0,16	**0,57**	**0,59**	**0,52**	**0,60**	1			
Ni	**0,36**	**0,41**	**0,35**	**0,56**	**0,27**	**0,40**	**0,46**	**0,37**	**0,43**	1		
Zn	**0,54**	**0,36**	**0,36**	**0,33**	**0,65**	**0,80**	**0,79**	**0,78**	**0,63**	**0,66**	1	
U	0,20	**0,30**	**0,26**	**0,30**	0,20	**0,26**	**0,30**	**0,27**	**0,32**	**0,43**	**0,38**	1

Fettdruck: Korrelationen mit 2 seitiger Signifikanz >99 % n = 161
Normaldruck: Koeffizienten mit 2 seitiger Signifikanz >95 %
Korrelationen mit Koeffizienten <0,6
hoch signifikante Korrelationen mit Koeffizienten >0,6

Anhand korrelativer Zusammenhänge der Elementverteilung in den Oberböden sind eindeutig zwei verschiedene Eintragsmuster zu unterscheiden (Tab. 2-12, oben). Die Metalle Silber, Chrom, Wolfram, Vanadium und Zinn und schwächer auch Kupfer und Blei sind demnach überwiegend über das Spittelwasser aus Bitterfeld/Wolfen eingetragen worden.

Die zweite Gruppe von Schwermetallen und Metallen umfaßt die Elemente Arsen, Cadmium, Nickel, Zink, Uran und Blei. Über den Vergleich der Elementgehalte in Oberböden des Oberlaufs der Mulde vor Bitterfeld/Wolfen (Transekt I) mit jenen der Aueböden am Spittelwasser (Transekt II) konnte der Eintragspfad ermittelt werden. Demnach fand ein Eintrag von Arsen, Cadmium, Nickel, Zink, Uran und Blei über die Mulde aus dem sächsischen Raum statt. Elementmuster und Eintragspfade decken sich weitgehend mit Ergebnissen vorausgegangener Studien (ANONYMUS 1994b; ANONYMUS 1996; FUCHS 1999b). Die vorangegangenen Untersuchungen unterschieden jedoch nicht zwischen jüngeren und älteren Schadstoffmustern. Ältere Schadstoffmuster im Unterboden haben jedoch unter dem Aspekt der Mobilisierung durch GW-Einfluß eine große Bedeutung.

Die Korrelationsmatrix von Schwermetallen und Metallen der Unterbodenhorizonte zeigt andere Zusammenhänge (Tab. 2-12, unten). Silber und Chrom deuten aufgrund einer signifikanten Korrelation und abgeschwächt auch durch Korrelationen zwischen Kupfer, Blei, Nickel, Zink, Wolfram und Vanadium auf ältere Vorkriegseinflüsse aus Bitterfeld/Wolfen hin. In den älteren Unterbodenhorizonten korreliert Zinn anders als im Oberboden mit Arsen, Blei, Kupfer, Cadmium, Nickel, Zink, die vorwiegend aus dem Erzgebirgsraum stammen.

Relativ schwache Korrelationen zwischen den untersuchten Schwermetallen und Metallen und Uran kann mit Ausnahme von Nickel als weiteres Indiz dafür gewertet werden, daß die Gehalte der Unterböden auf Einträge vor 1946 zurückzuführen sind. Vorausgesetzt wird, daß mit dem Anstieg der Uranförderung im Erzgebirge ab 1946/47 auch die Uranbelastung der Mulde erheblich anstieg (HOPPE 1995; KLUGE 1997; WISMUT GmbH 1999).

Ergänzend lassen sich über eine Faktorenanalyse die erkannten Elementverteilungsmuster in Ober- und Unterböden differenzieren (Tab. 2-13).

Die Faktorenanalyse der Oberbodenhorizonte ergab hohe Faktorladungen für Ag, Cr, V, W, Sn (Faktor 2), die auf Einträge aus Bitterfeld/Wolfen hinweisen (Tab. 2-12, links). Im Gegensatz dazu deuten hohe Faktorladungen der Elemente As, Cd, Zn, Ni, U auf Einträge aus dem Erzgebirge hin (Faktor 1). Pb und Cu können wegen ausgeglichenen Faktorladungen keinem spezifischen Eintragspfad zugeordnet werden.

Die Faktorenanalyse der Unterbodenhorizonte führte zur Extraktion von 3 Faktoren, von denen der Faktor 2 das Belastungsmuster Bitterfeld/Wolfens repräsentiert (Tab. 2-13, rechts). Dabei ist zu berücksichtigen, daß Einflüsse während bzw. vor dem II. Weltkrieg die Elementverteilungsmuster der Unterbodenhorizonte erheblich stärker geprägt haben.

Nach Arbeiten von HOPPE (1995), BIRKE et al. (1995) und KLUGE (1997) über die großräumige Belastung des Gewässersystems der Mulde wurden Arsen, Blei Cadmium, Kupfer und Zink überwiegend über die Freiberger Mulde und über die Zwickauer Mulde Chrom, Kupfer, Nickel und Uran transportiert. Die Unterboden-Gehalte von Uran und Nickel liegen allerdings bei Bitterfeld/Wolfen im Bereich der Hintergrundwerte (Tab. 2-9).

Die signifikant miteinander korrelierenden Elemente Zink und Cadmium lassen sich hinsichtlich ihrer Faktorladungen allerdings gleichermaßen den Faktoren 1 und 3 zuordnen. Die beidseitige Faktorenzuordnung von Cadmium ist durch die von HOPPE (1995) beschriebene industrielle und lagerstättengenetische Herkunft zu erklären. Faktor 3 weist auf den Zusammenhang zwischen Cadmium und Nickel im Sediment der Zwickauer Mulde hin, was u.a. auf Einflüsse der Galvanikindustrie (Ni-Cd-Akkumulatorenproduktion) schließen läßt. Cadmium und Zink gelangten vermutlich aufgrund der gemeinsamen lagerstättengenetischen Herkunft

durch Immisionen des Buntmetallbergbaus und der Buntmetallverarbeitung in die Freiberger Mulde. Die U-Gehalte der untersuchten Unterbodenhorizonte erreichen nur die Hintergrundbelastung. Trotzdem kann Uran aufgrund der Korrelation mit Nickel und entsprechend hoher Faktorladung dem Verteilungsmuster der Zwickauer Mulde zuordnet werden.

Korrelationen und hohe Faktorladungen von Arsen, Blei und Kupfer deuten auf Einträge über die Freiberger Mulde hin (Faktor 1). Zinn und Arsen in Unterbodenhorizonten der Mulde bei Bitterfeld/Wolfen sind dem Elementspektrum der Freiberger Mulde zuzuordnen. Nach ihrer lagerstättengenetischen Herkunft, der bergbaulichen Gewinnung und dem Vorkommen in Flußsedimenten sind die Elemente über die Zwickauer wie auch über die Freiberger Mulde eingetragen worden (BIRKE et al. 1995).

Tab. 2-13: Faktorenanalyse von Schwermetallen/Metallen in Oberboden- und Unterbodenhorizonten (RFA: Kornfraktion <63 µm; Daten ln-normiert; Hauptkomponentenanalyse, Varimax-rotierte Komponentenmatrizes).

I. Oberböden (n = 85)				Erklärter Varianzanteil (Kommunalitäten)	II. Tiefere Horizonte: M-, C- und G-Horizonte (n = 161)				Erklärter Varianzanteil (Kommunalitäten)
	Faktorladng.					Faktorladungen			
Elemente	F. 1	F. 2			Elemente	F. 1	F. 2	F. 3	
Ag	-0,38	0,87		0,90	Ag	0,23	0,87	-0,01	0,81
Cr	-0,26	0,80		0,71	Cr	0,11	0,93	0,06	0,88
V	0,21	0,68		0,51	V	-0,04	0,70	0,32	0,60
W	-0,03	0,93		0,87	W	0,22	0,55	0,36	0,48
Cu	0,59	0,65		0,77	Cu	0,73	0,50	0,29	0,86
Sn	-0,21	0,87		0,80	Sn	0,90	0,05	0,05	0,82
Pb	0,44	0,64		0,60	Pb	0,94	0,23	0,13	0,95
As	0,91	-0,03		0,84	As	0,93	0,06	0,14	0,90
Cd	0,91	-0,13		0,84	Cd	0,54	0,03	0,60	0,65
Zn	0,94	-0,21		0,92	Zn	0,72	0,19	0,53	0,84
Ni	0,89	0,22		0,84	Ni	0,17	0,23	0,85	0,81
U	0,88	-0,11		0,79	U	0,08	0,14	0,79	0,65
Varianz (%)	41,3	37,0	=	∑ 78,3	Varianz (%)	33,8	23,8	19,6	= ∑ 77,0

F. : Faktoren mit elementspezifischen Faktorladungen

Arsen und Zinn sind lagerstättengenetisch miteinander vergesellschaftet und weisen im Rahmen der Faktorenanalyse der Unterböden entsprechend hohe Ladungen hinsichtlich des Faktors 1 auf. Im Osterzgebirge (Schellerauer Granitmassiv) lassen sich Arsen und Zinn den regional verbreiteten Greisen-Vererzungstypen, einer As-W-Cu-Vererzung und Sn-Th-Nb-Vererzung, zuordnen (SCHILKA & BAUMANN 1996). Spätvariszische Sn-W-Vererzungen, zeitlich gefolgt von Quarz-Polymetall-Mineralisationen (Arsenopyrit u. a.), findet man räumlich vergesellschaftet im Zinnlagerstättenrevier von Ehrenfriedersdorf im Westerzgebirge (JUNG & SEIFERT 1996). Eine lagerstättengenetisch zusammenhängende Struktur von Zinn- und Arsenvererzungen ist in der Bergbauregion von Annaberg im Mittelerzgebirge anzutreffen (SEIFERT et al. 1996). Da Arsen und Zinn signifikanter mit Blei und Kupfer als mit Nickel und Uran korrelieren, besitzen diese höhere Faktorladungen unter dem Faktor 1. Blei und Kupfer sind dem Schadstoffmuster des Freiberger Bezirks zuzuordnen (BIRKE et al. 1995).

In den Unterböden der Vereinigten Mulde bei Bitterfeld/Wolfen lassen sich Schadstoffmuster der Freiberger und der Zwickauer Mulde nicht vollständig differenzieren. Durch die Über-

schneidung der physiko-chemischen und lagerstättengenetischen Verwandtschaft mit der regionalen Verteilung der industriellen Emittenten ergeben sich für bestimmte Elemente doppelseitige (Cadmium, Zink, Kupfer) oder versetzte (Paarung Arsen-Zinn) Faktorzuordnungen. Tendenziell repräsentiert der Faktor 1 stärker das Eintragsmuster aus dem Freiberger Raum und der Faktor 3 Einträge aus dem Zwickauer Muldeeinzugsgebiet. Faktor 2 charakterisiert den Stoffeintrag aus Bitterfeld/Wolfen.

Die diskutierten Elementmuster lassen sich aufgrund ihres komplexen Ursprungs nicht allein durch eine Faktorenanalyse interpretieren. Die mit Unterstützung von statistischen Verfahren durchgeführte Analyse verlangt neben der detaillierten Betrachtung der Einzeldaten zur räumlich-zeitlichen Stoffverteilung in den kontaminierten Flußauen eine Verknüpfung mit Informationen zum lagerstättengenetischen Ursprung und zur industriellen Historie.

2.1.4.4 Zusammenfassung der rezenten und historischen Schwermetall-/Metallbelastung

Untersuchungen der Kornfraktionen der variablen Lithofazies der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen hatten zum Ergebnis, daß für die Analyse rezenter (lateraler) und historischer (vertikaler) Verteilungsmuster von Schwermetallen und Metallen in der Muldeaue die Fraktion <63 µm aufgrund geringer Korngrößeneffekte und ihres quantitativen Anteils besonders geeignet ist.

Weiterhin sind erhöhte Phosphat- und Sulfat-Gesamtgehalte (RFA) in humosen Oberböden der Muldeaue festgestellt worden, die frühere anthropogene Einträge über die Landwirtschaft und Industrie (u.a. Düngemittel, Waschmittel) oder den Bergbau (Sumpfungswässer) sowie die Auswirkungen der Rauchgasemissionen im Raum Bitterfeld anzeigen (SO_2-Emissionen).

Der Vergleich mit eigenen Hintergrundwerten aus der Region und Werten der LABO-Liste (LABO 1998) bestätigt, daß die Elemente Ag, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Sn, U, W, V und Zn ebenfalls vorrangig durch Überschwemmungen der Mulde und des Spittelwassers eingetragen wurden.

Das Gewässersediment des Spittelwassers dokumentiert den Eintrag von Ag, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Sn, W, V, und Zn aus Bitterfeld/Wolfen. Hohe Gehalte waren für Ag (66 mg/kg), Cd (23 mg/kg), Cr (1627 mg/kg), Sn (3223 mg/kg) und Zn (2880 mg/kg) im Spittelwasser festzustellen. Dagegen dominieren As und U im Gewässersediment der Mulde, obwohl auch erhöhte Gehalte an Cd, Cu, Ni, Pb, Sn und Zn vor dem Spittelwasser-Zufluß nachgewiesen wurden.

Für die Belastungsbewertung ist zudem die rezente Schadstoffausbreitung in der Muldeaue infolge von Überschwemmungen von Bedeutung. Die flächige, laterale Ausbreitung und Sedimentation der partikulären Schwermetall- und Metallfracht der Mulde ist vor allem vom Auenrelief mit Terrassen, Auelehmflächen, Senken, Flutrinnen und Altarmbereichen und damit von der Kombination aus Geländehöhe und vor allem auch von der Flußentfernung abhängig. Der indirekte Stoffeintrag in Senken ist über reaktivierte Flutrinnen oder stromabwärts tiefer liegende Uferbereiche möglich (Abb. 2-19). Vier Auenrelieftypen wurden unterschieden. Der Typ 2 läßt sich dem im nördlichen, flacheren Muldeauebereich bei Kleutsch (Transekt IV) zuordnen. Der Abschnitt bei Schierau/Priorau nördlich von Wolfen (Transekt III) ist mit dem Typ 3 und die sehr flache Aue bei Greppin (Transekt I) mit dem Typ 4 zu vergleichen. Der Auebereich des Spittelwassers (Transekt II) besitzt morphologische Merkmale, die für die Auerelieftypen 2 und 3 charakteristisch sind. Neben flacheren Geländebereichen und kleineren Rinnen existieren auch abflußlose Senken, die den Charakter verlandeter Altarmbereiche besitzen.

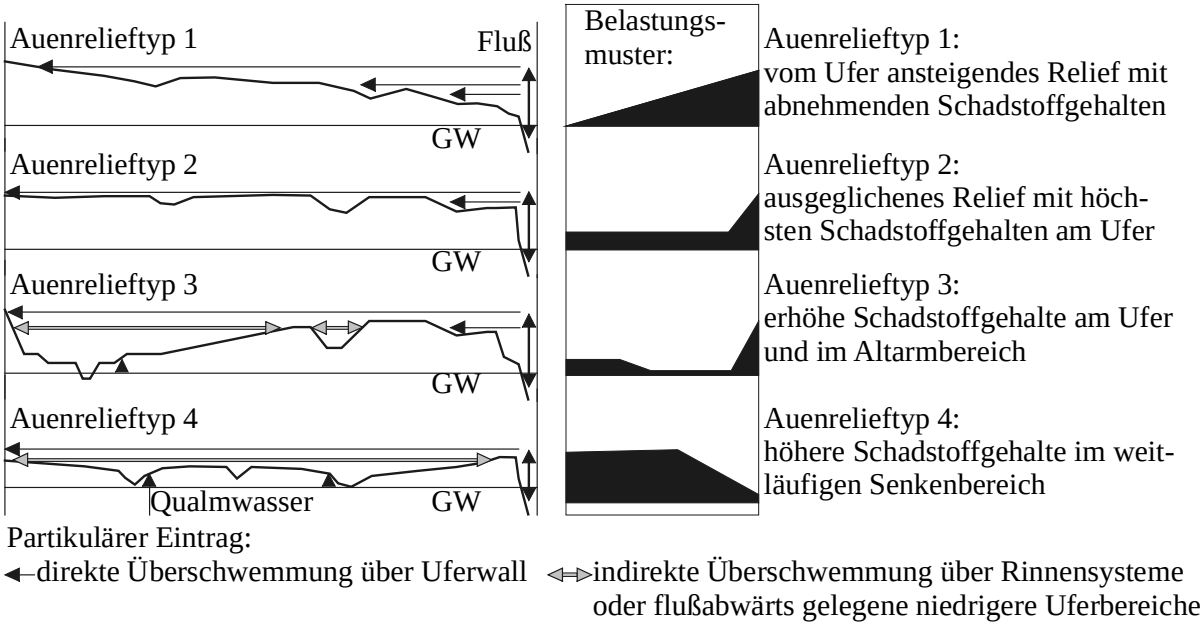


Abb. 2-19: Schadstoffbelastungsmuster verschiedener Auenrelieftypen 1 - 4 in Abhängigkeit von direkten oder indirekten Überschwemmungen.

Für die Auswertung der historischen Belastung ist der Beginn des intensiven Uranbergbaus im Erzgebirge im Jahre 1946/47 (WISMUT GmbH 1999) von Bedeutung. Der U-Belastung der Mulde durch den Bergbau folgte der Anstieg von ca. 8 mg/kg U (Hintergrundbelastung) zu höheren Werten >10 - 100 mg/kg U in den oberen Bodenhorizonten, die demnach jüngere Auesedimente nach 1946/47 repräsentieren und somit eine wichtige Zeitgrenze markieren.

Auswertungen von Vertikalprofilen der Muldeuferbereiche, Korrelations- und Faktorenanalysen hatten zum Ergebnis, daß die Verhältnisse in den Oberböden der Muldeaue auf ein Eintragsmuster mit den Elementen Ag, Cr, V, W, Sn (Pb, Cu) aus Bitterfeld/Wolfen und auf ein weiteres Muster mit As, Cd, Zn, Ni, U aus der südlichen Region des sächsischen Erzgebirges hindeuten. Davon ließ sich ein älteres Eintragsmuster tieferer Bodenhorizonte abgrenzen, das keinen korrelativen Zusammenhang von Uran mit den oben genannten Elementen erkennen läßt. Ältere Stoffeinträge der Elemente Ag, Cr, V und W (Cu) fanden vor 1946/47 durch die Industrie Bitterfeld/Wolfens statt. Bodenbelastungen durch Schwermetalle und Metalle wie As, Cd, Ni, Pb, Sn, U, Zn (Cu) sind zudem Relikte des Bergbaus und der Industrie des sächsischen Raums. Die Element-Eintragsmuster der Zwickauer und Freiberger Mulde können aufgrund der industriell-lagerstättengenetischen Verflechtungen (Cadmium, Zink, Kupfer, Arsen, Zinn) im Bereich der Vereinigten Mulde nicht mehr eindeutig getrennt werden.

Für eine Belastungsbewertung in Hinblick auf die Grundwasserqualität spielen ältere, in tieferen Bodenhorizonten der Muldeaue akkumulierte Schwermetall- und Metallgehalte eine große Rolle, die zeitlich zumindest bis in das 19. Jahrhundert und sogar bis zum Beginn des Erzbergbaus im Mittelalter zurückreichen können. In den Senkenbereichen befinden sich die älteren Belastungsmuster im GW-Bereich und sind damit der Remobilisierung durch schwankende Redox- und pH-Verhältnisse ausgesetzt. Eine erhöhte As-Mobilität hat zwangsläufig auch negative Auswirkungen auf die vom Grundwasser abhängige Auevegetation.

2.2 Die Mobilität von Schwermetallen und Metallen in Aueböden und Sedimenten

Zur Ermittlung der Mobilität von Metallen und Schwermetallen in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen wurden im Rahmen einer Studienarbeit (LEHR 1999) und einer Diplomarbeit (BARTH 2000) unterschiedliche Extraktions- und Elutionsverfahren durchgeführt. Unter dem Begriff der *Mobilität* wird dabei die *„chemische Mobilisierbarkeit eines Elementes*" verstanden, das an die organische/anorganische Festsubstanz gebunden ist. Die Mobilität oder Verfügbarkeit eines Elements ist abhängig von der jeweiligen chemischen Bindung und variiert mit den standortspezifischen physiko-chemischen Bodenverhältnissen.

- Flächenbezogene Untersuchungen :
    - Königswasserextraktion (Standard nach BBodSchV)
    - Elution mittels EDTA (komplexierbare, organisch und schwächer gebundene und mobile Elementfraktionen)
    - Elution mittels NH_4NO_3 (pflanzenverfügbare und mobile Elementfraktionen)

  Die Untersuchungen dienen der näheren Charakterisierung der Schwermetall- und Metallmobilität in größeren, nach Substratausbildung und hydrogeomorphologischen Kriterien unterscheidbaren Auebereichen. Auf geographische, lithofazielle und pedogene Gegebenheiten in den Teilarbeitsgebieten wurde bereits in den Kap. 1.4/1.5 eingegangen.

- Untersuchungen anhand ausgesuchter Vertikalprofile :
    - sequentielle Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) zur detaillierten Ermittlung der elementspezifischen Bindungsverhältnisse (7 Fraktionen)

  Die sequentielle Extraktion wurde primär an Bodenhorizonten der Meßstellenstandorte angewendet. Zudem ist das Mobilitätsverhalten der Elemente in Abhängigkeit von physiko-chemischen Bodenparametern und Ergebnissen der Oberflächen-, Grund- und Sickerwasserverhältnisse von Bedeutung.

Es wurden Versuche zur Eignung der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) an Aueböden durchgeführt. Aueböden sind zum Teil sehr unterschiedlichen Redox-Bedingungen ausgesetzt (CZEGKA et al. 1997). Andere sequentielle Extraktionsverfahren berücksichtigen die sulfidisch gebundene Fraktion, ohne jedoch diese von der organisch gebundenen Fraktion zu trennen (TESSIER et al. 1979). Versuche an getrocknetem, oxidierten Probenmaterial im Vergleich zu unbehandelten feldfeuchten Proben des gleichen Standorts dienten der Bewertung des Einflusses von Redoxreaktionen und des pH-Werts auf die Elementmobilität (Tab. 2-14, s.a. Kap. 1.5.1).

Tab. 2-14: Vergleich der Bodenreaktion (pH-$CaCl_2$) im Feucht- und Trockenzustand.

Proben	feldfeucht	Differenz feucht – trocken (105° C)	trocken (105° C)	tr. (40° C)
1.1.1c	5,14	-0,03	5,17	4,92
1.1.2c	5,80	0,47	5,33	4,94
1.1.3c	5,91	0,52	5,39	5,27
1.2.1c	5,91	0,04	5,87	5,84
1.2.2c	6,27	0,25	6,02	6,01
1.2.3c	6,18	0,25	5,93	6,04
1.2.4c	6,09	0,26	5,82	5,84

Veränderungen der Elementmobilität durch Oxidationsprozesse können durch Probentrocknung und Präparation herbeigeführt werden. In-situ sind Oxidationseffekte auch durch milieuverändernde hydraulische Maßnahmen wie Grundwasserabsenkungen möglich.

Im Ergebnis hatten die Versuche zur Oxidation von stark reduziertem Probenmaterial eine Fe-Oxidbildung und eine stärkere Immobilisierung von As, Cd, Zn, Ni, Cu und Pb zur Folge (Abb. 2-20). Insbesondere erhöhten sich bei As, Cd, Cu, Fe, Pb und Ni die Anteile der Residualfraktion (Fraktion 7). Sehr wahrscheinlich deutet das Verhalten der genannten Elemente bei getrockneten Proben einen Zusammenhang zwischen der Bildung sehr stabiler Fe-Oxide (Fr. 6) und der Erhöhung des Residualanteils an. Es ist anzunehmen, daß sich der u.a. an Tonminerale spezifisch stärker gebundene Elementanteil bei der Probentrocknung erhöht hat. Zudem konnte die an kristalline Fe-Oxide gebundene Elementfraktion nicht vollständig extrahiert werden.

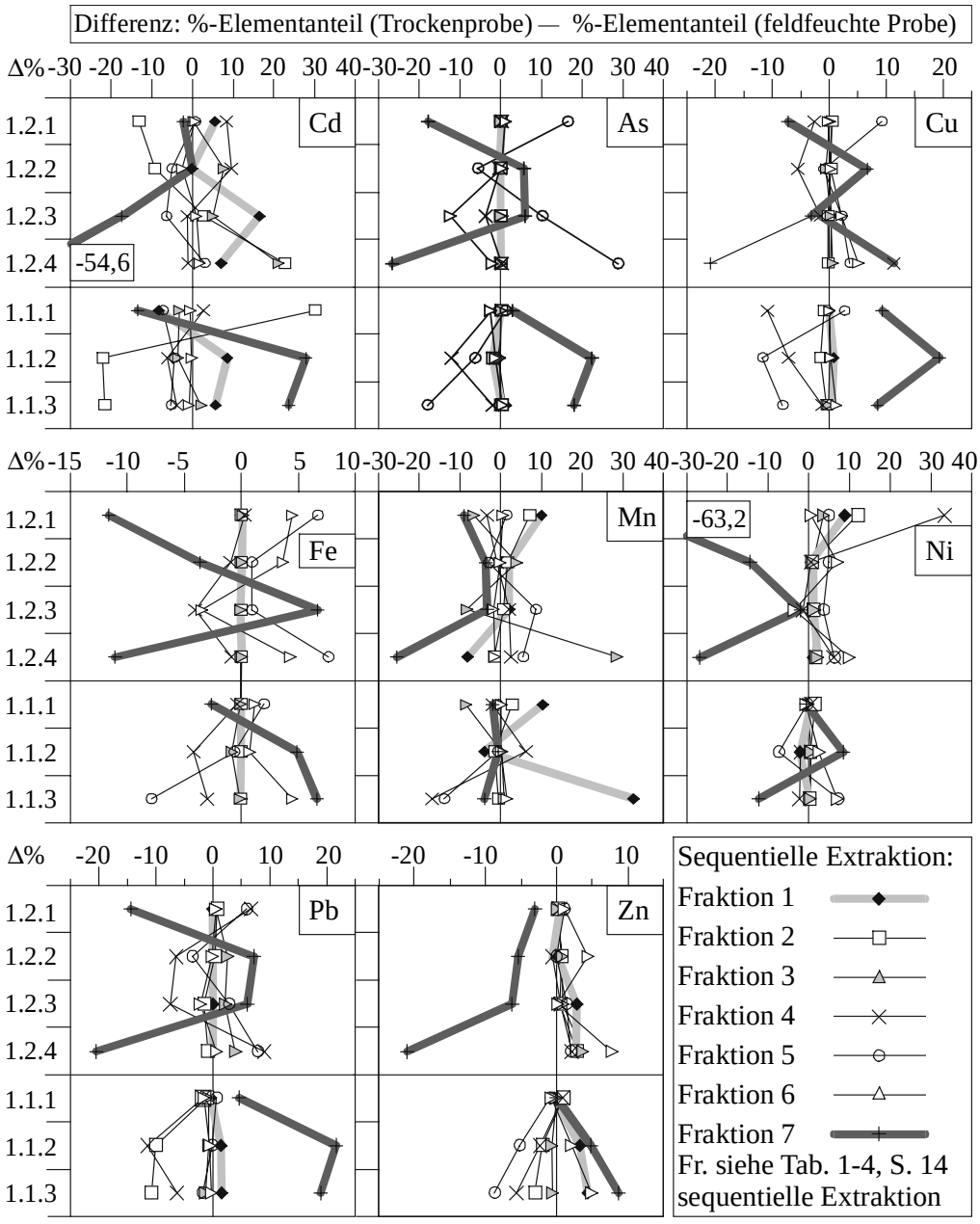


Abb. 2-20: Vergleich der Gehalte von As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb und Zn feldfeuchter und trockener Proben (40° C) der Profile 1.1, 1.2 (Fraktionen in Tab. 1-4, S.14).

Schwächer gebundene Fraktionen werden durch eine Senkung des pH-Werts mobilisiert. Es wurde eine Verringerung der Elementanteile der mobileren EDTA-löslichen (4. Fraktion), Mn- (3. Fr.) und unspezifisch (2. Fr.) gebundenen Fraktionen beobachtet (Abb. 2-20). Ausgleichend erfolgte eine Erhöhung des pflanzenverfügbaren Anteils von Cd, Zn und Mn (1. Fraktion). Der Vergleich zwischen Trocken- und Feuchtproben bestätigt, daß die Trocknung und die folgende Oxidation stark anoxischer Proben Remobilisierungseffekte auslösen.

Zu Beginn der Untersuchungen wurde die bindungs- und untersuchungsrelevante Korngrößenfraktion die Fraktion <63 µm ermittelt (Kap. 2.1.1). Änderungen der Substratzusammensetzung und Durchlässigkeit der Böden beeinflussen die Sorptionseigenschaften und wirken sich auf die Elementmobilität der Kornfraktion <63 µm aus. Durch die Wahl der Untersuchungsfraktion <63 µm wurde beim Vergleich stark sandig-kiesiger mit schluffig-tonigen Böden Verdünnungseffekte durch Grobkornfraktionen vermieden. Obwohl eine einheitliche Untersuchungsfraktion gewählt wurde, sind die Ergebnisse flächenbezogener und punktueller Untersuchungen zum elementspezifischen Mobilitätsverhalten auf die klassifizierten Lithofaziestypen übertragbar. Verschiebungen der Bindungsverhältnisse der Untersuchungsfraktion <63 µm durch die Probenbehandlung/Trocknung werden bei der Interpretation berücksichtigt.

2.2.1 Flächenbezogene Mobilitätsuntersuchungen

2.2.1.1 Elementspezifische Mobilität in Abhängigkeit von den Substrateigenschaften

Das Kapitel setzt sich mit der Mobilität von As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb und Zn anhand der Gliederung in Ober- und Unterbodenhorizonte (Kap. 1.3.2) und der oben beschriebenen Klassifizierung nach Lithofaziestypen (Kap. 1.5.2) auseinander.

Verglichen werden RFA-Gesamtgehalte mit den Ergebnissen der Königswasserextraktion (KW) und der schwächeren EDTA- und NH_4NO_3-Elutionen. Die Höhe der Elementmobilität wird am Verhältnis zwischen Elementgehalten der Extraktions- und Elutionslösungen zu den RFA-Gesamtgehalten gemessen.

Tab. 2-15: Korrelationen zwischen RFA-, KW- und NH_4NO_3-Gehalten von Schwermetallen- und Metallen (Spearman-Rho).

Oberböden	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
RFA korreliert mit KW	**0,96**	**0,89**	**0,87**	**0,98**	**0,90**	**0,98**	**0,97**	**0,78**	**0,98**
Anzahl	72	70	48	72	72	72	41	72	72
RFA korreliert mit EDTA	**0,46**	**0,8**	**0,81**	**0,9**	**0,59**	**0,85**	**0,78**	**0,64**	**0,75**
Anzahl	72	70	41	72	72	72	41	72	72
RFA korrel. mit NH_4NO_3	0,28	**0,53**	-	**0,53**	0,09	**0,50**	**0,43**	0,15	**0,33**
Anzahl	71	70	41	71	71	71	41	71	71

Unterböden	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
RFA korreliert mit KW	**0,96**	**0,68**	**0,81**	**0,94**	**0,89**	**0,99**	**0,90**	**0,96**	**0,99**
Anzahl	106	85	89	106	106	106	87	106	106
RFA korreliert mit EDTA	**0,75**	**0,68**	**0,86**	**0,88**	**0,74**	**0,72**	**0,77**	**0,77**	**0,87**
Anzahl	49	48	30	49	49	49	30	49	49
RFA korrel. mit NH_4NO_3	0,17	**0,53**	-	0,37	0,21	**-0,45**	0,36	0,08	0,36
Anzahl	35	36	36	36	36	36	36	36	36

Fettdruck: Korrelationen mit 2seitiger Signifikanz >99 %

Die RFA-Gesamtgehalte aller Elemente in Ober- und Unterbodenhorizonten korrelieren signifikant mit den Königswasser- und EDTA-Gehalten (Tab. 2-15). Wesentlich schwächer, aber noch signifikant sind die Korrelationen zwischen RFA- und NH_4NO_3-Oberbodengehalten der Elemente Cd, Cu, Mn, Ni und Zn. RFA- und NH_4NO_3-Gehalte von As, Fe und Pb zeigen nur einen geringen bis keinen signifikanten Zusammenhang. Die schwächeren Korrelationen zwischen RFA- und NH_4NO_3-Gehalten lassen sich durch eine stärkere Milieuabhängigkeit der pflanzenverfügbaren Fraktion erklären.

Ausschließlich Cd und Mn bestätigen im Unterboden signifikante Korrelationen zwischen den RFA- und NH_4NO_3-Gehalten. Die negative Korrelation zwischen Mn-Gehalten der Fraktionen RFA und NH_4NO_3 weist auf Standorte mit höherem Anteil an pflanzenverfügbaren Mn und geringeren Gesamtgehalten und umgekehrt hin. Korrelationen für Cr wurden nicht angegeben, da die NH_4NO_3-Gehalte von Cr gänzlich unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen.

Cd ist mit einem KW-löslichen Anteil von 100 %, einem EDTA-Anteil von 65,3 % und einem NH_4NO_3-löslichen Anteil von 22,5 % das mobilste Element im Oberboden (Abb.2-21). As folgt mit einem KW-extrahierbaren Anteil von 96,5 %, ist aber im Vergleich zu Cd, Cu, Mn, Pb, Ni und Zn hinsichtlich der Eluierbarkeit mit EDTA und NH_4NO_3 im Oberboden wesentlich immobiler. Die KW-Anteile der Oberböden variieren bei allen Elementen mit Ausnahme von Cr zwischen 75 - 100 %. Dagegen ergeben sich bei den EDTA- und den NH_4NO_3-Gehalten deutlich größere Schwankungsbreiten.

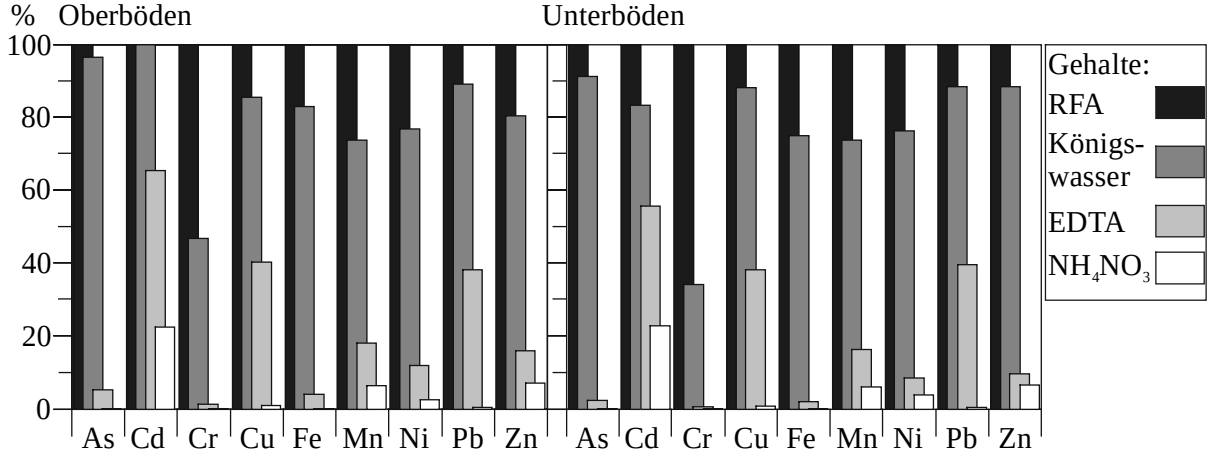
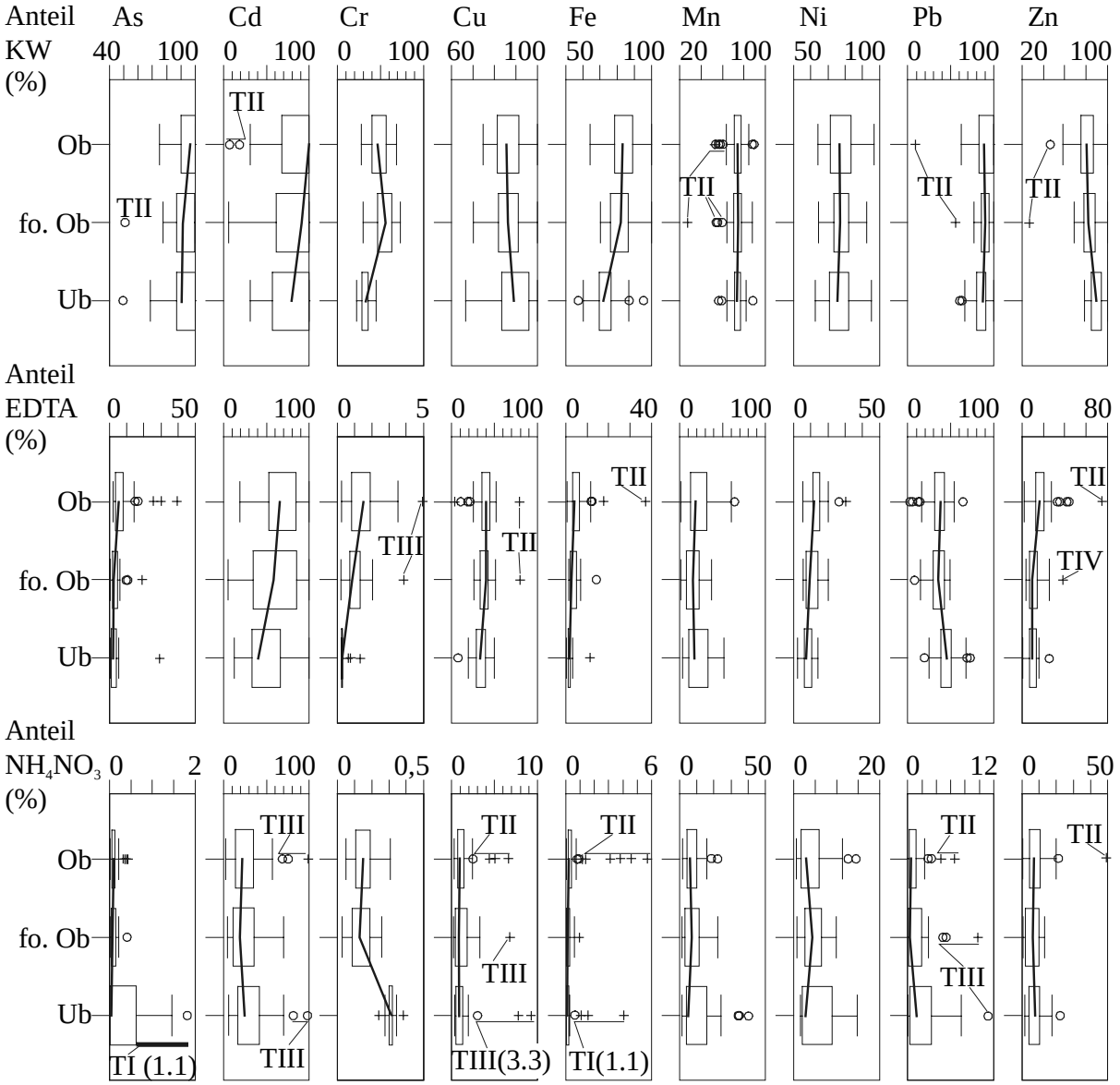


Abb.2-21: Relativer Vergleich zwischen RFA-, KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalten auf der Basis von Medianwerten (Ober- und Unterböden).

In Ober- wie in Unterböden weisen Cd, Cu, und Pb die höchsten EDTA-eluierbaren Gehalte auf. Gemessen an der Höhe der EDTA-Gehalte bilden Mn, Zn und Ni eine zweite Gruppe, gefolgt von den wenig mobilisierbaren Elementen As, Fe und Cr. Ausgesprochen pflanzenverfügbar sind Cd (22,5 %), Zn (7,2 %), Mn (6,4 %), Ni (2,8 %). Es folgen mit deutlich geringeren NH_4NO_3-Anteilen gemessen am RFA-Gesamtgehalt die Elemente Cu (0,97 %), Pb (0,41 %) und Cr mit 0,15 % vor As (0,09 %) und Fe (0,02 %).

Das EDTA- und NH_4NO_3-Mobilitätsverhalten der Elemente in den Unterböden ist mit dem der Oberböden vergleichbar. Die KW-löslichen Anteile von Cd verringern sich von Ober- zu Unterboden auf 83,3 % und die Cr-Anteile auf 34,3 %. KW-lösliche Cu- und Zn-Anteile steigen vom Unter- zum Oberboden leicht an.

Cd, Zn und Ni bilden aufgrund ihrer relativ hohen Pflanzenverfügbarkeit eine Gruppe. Mn ist trotz ähnlich hoher Pflanzenverfügbarkeit aufgrund der negativen Korrelation von RFA- mit NH_4NO_3-Gehalten der Unterböden separat zu betrachten (Tab. 2-15). Cu, Pb besitzen aufgrund ihres hohen EDTA-Anteils eine Affinität zur Bindung an die organische Bodensubstanz, sind jedoch kaum pflanzenverfügbar. Cd ist ebenfalls verstärkt durch EDTA eluierbar, zeigt aber im Gegensatz zu Pb und Cu einen viel höheren NH_4NO_3-Anteil. As, Cr und Fe können aufgrund ihrer geringen EDTA- und NH_4NO_3-Anteile ebenfalls zu einer Gruppe zusammengefasst werden. As und Fe repräsentieren Elemente, die empfindlich auf Änderungen der Redox-Verhältnisse reagieren.



Ob : humose Oberbodenhorizonte Ub : mineralische Unterbodenhorizonte (M, C, G)
fo. Ob : fossile humose Oberbodenhorizonte ⟨ Median ○ Ausreißer + Extremwert
KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte bezogen auf RFA (Gesamtgehalte: 100 %).

Abb.2-22: Relativer Vergleich zwischen KW-, EDTA-, NH_4NO_3-Gehalten in Abhängigkeit von RFA-Gesamtgehalten der Kornfraktion < 63 µm nach Bodenhorizonten (Ob: n = 40-70, fossiler Ob: n = 16-37, Ub: n = 21-71).

Weiterhin ist das Verhalten der Elemente auch durch die Zu- oder Abnahme des prozentualen Extraktions- oder Elutionsanteils am Gesamtgehalt im Vergleich von Ober- zu Unterbodenhorizonten interpretierbar (Abb.2-22). Generell nimmt der KW-lösliche Anteil am Gesamtgehalt von As, Cd, Cr, Fe und Pb im Übergang von Ober- zu Unterbodenhorizonten ab. Cu und Zn lassen dagegen eine Zunahme des KW-löslichen Anteils in tieferen Bodenbereichen erkennen.

Cd und Cr und schwächer Cu, Fe, Ni und Zn sind in mineralischen Unterbodenhorizonten mittels EDTA geringer mobilisierbar als in rezenten oder fossilen humosen Oberbodenhorizonten. Hervorzuheben sind Oberbodenhorizonte entlang des Transekts II im Bereich der sandigen Spittelwasserfazies, die infolge der anthropogenen Umwelteinflüsse Tendenzen der Bodenversauerung zeigen.

Die durchschnittliche Pflanzenverfügbarkeit von As, Pb und vor allem von Cr nimmt dagegen in den Unterböden zu. Die Zunahme der Pflanzenverfügbarkeit im Unterbodenbereich betrifft überwiegend lehmige Standorte, die häufig bis permanent vom GW beeinflußt werden und entsprechend oxische bis stark anoxische Verhältnisse aufweisen (TIII Probenpunkt 3.11, TI Probenpunkt 1.1). Demzufolge steigt im aeroben Bereich die Pflanzenverfügbarkeit von Cd und im anoxischen Milieu die Verfügbarkeit von As und Fe an. Die Pflanzenverfügbarkeit von Cr, Cu und Pb in Unterböden ist dagegen tendenziell an sandig-kiesigen Standorten mit voraussichtlich höherer DOM-Dynamik (dissolved organic matter) größer.

Die Ergebnisse der Mobilitätsuntersuchung mit Hilfe unterschiedlicher Extraktions- und Elutionsmethoden lassen sich zur Charakterisierung der in Kap. 1.5.2/1.5.3 beschriebenen Lithofaziestypen L1 - L4 verwenden (Abb. 2-23).

Der KW-lösliche Anteil der Elemente As, Cd, Cu, Fe, Mn, Ni und Pb ist demnach an Auelehmstandorten der Lithofaziestypen L1 und L2 mit deutlichem bis schwächeren GW-Einfluß geringer als an sandig-kiesigen Standorten von Kiesterrassen, Uferbereichen oder Flutrinnen (Lithofaziestypen L3 und L4).

Eine höhere EDTA-Verfügbarkeit lassen die chemisch miteinander verwandten Elemente Cd, Ni und Zn in Auebereichen der Lithofaziestypen L1 und L2 erkennen. Zudem ist der pflanzenverfügbare Anteil der drei Schwermetalle in GW-beeinflußten Senken (Lithofaziestyp L1) und an sandig-kiesigen Standorten (L4) erhöht.

As und Fe wie auch Mn lassen aufgrund ihres Redox-Verhaltens in gut durchlässigen Substraten mit oxischen Bedingungen und sandig-kiesiger Lithofazies (L3 und L4) dagegen keine höheren pflanzenverfügbaren Anteile erkennen. Erhöht pflanzenverfügbar sind diese in anoxischen Unterböden des Lithofaziestyps L1 (TI, insbesondere Probenahmepunkt 1.1).

Cu und Pb deuten, wie oben bereits angesprochen, an exponierten sandig-kiesigen Standorten des Lithofaziestyps L4 auf eine höhere Pflanzenverfügbarkeit hin (TIII, Probenahmepunkt 3.3). Cr ist aufgrund seines Mobilitätsverhaltens nur eingeschränkt mit den genannten Elementen vergleichbar (Bildung von Anionenkomplexen).

Von Bedeutung ist allerdings auch hier die erhöhte Pflanzenverfügbarkeit von Cu, Fe und Pb in den versauerten sandigen Oberböden des Lithofaziestyps L3 in unmittelbarer Nähe des Spittelwassers (Transekt II).

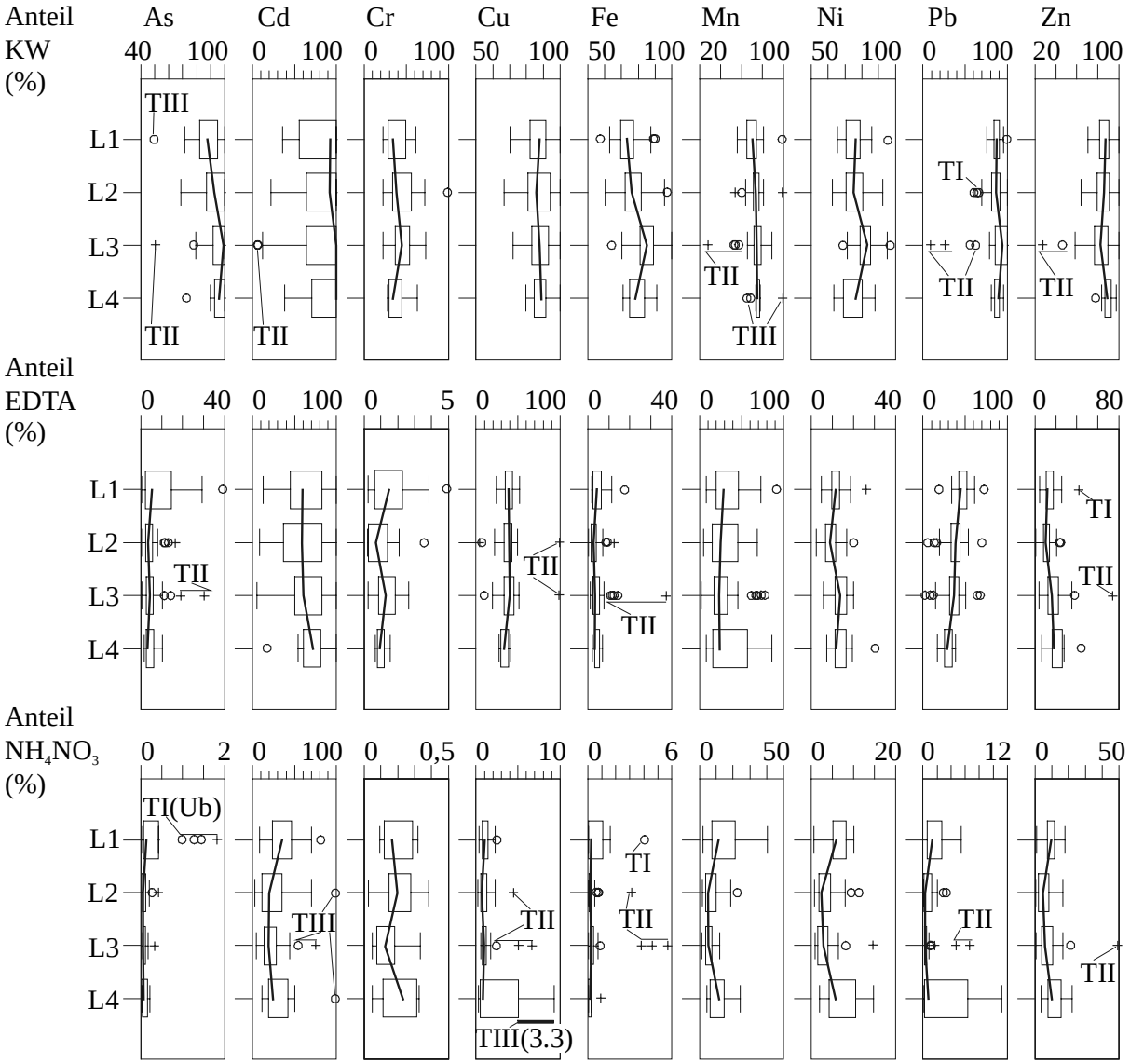


Abb.2-23: Relativer Vergleich zwischen KW-, EDTA-, NH_4NO_3-Gehalten in Abhängigkeit von RFA-Gesamtgehalten der Kornfraktion < 63 µm nach Lithofaziestypen (L1: n = 14 - 34, L2: n = 31 - 76, L3: n = 17 - 55, L4: n = 7 - 14).

Ein wichtiges Ergebnis für die Interpretation der elementspezifischen Mobilität ist die Beobachtung eines tendenziell gegensätzlichen Verhaltens der KW-Löslichkeit im Vergleich zur Pflanzenverfügbarkeit. Gemessen am Gesamtgehalt der Kornfraktion <63 µm ist der KW-lösliche Anteil von Auelehmen des Lithofaziestyps L2 und Auesanden der Uferbereiche (L3) höher als in vergleyten Auelehmen oder Auegleyen (L1) der Senken. Negative Korrelationen zwischen dem KW/RFA-Verhältnis der Elemente Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn sowie As und dem Kornindex bestätigen diesen Zusammenhang (Tab. V.1-1). Dagegen besitzen Auelehme und -gleye der Senkenbereiche (L1) aufgrund ihrer geringeren Durchlässigkeit und der höheren Sorptionskapazität ein größeres Retentionspotential, stehen aber häufig unter GW-Einfluß und damit unter wechselnden Redox- und pH-Bedingungen. Wechselnde Milieuverhältnisse in den bindigen Substraten vergrößern das Potential schwach gebundener Elementfraktionen wie

der pflanzenverfügbaren Fraktion. Schwermetalle und Metalle dieser Fraktion sind nachweislich vom pH-Wert abhängig. Negative Korrelationen zwischen NH_4NO_3-Anteil am Gesamtgehalt und dem pH-Wert dokumentieren dies (Tab. V.1-1).

Gleichfalls lassen Standorte der Flutrinnen mit heterogenem Profilaufbau in tieferen, stärker sandig-schluffigen Horizonten, die häufig von Kiesen über- und unterlagert werden, ein größeres pflanzenverfügbares Elementpotential erkennen. Die gute Durchlässigkeit der sandig-kiesigen Horizonte fördert den Transport mobiler Elementanteile mit dem Sickerwasser in tiefere Horizonte. Die Akkumulation der mobilen Elementfracht in bindigeren Unterbodenhorizonten vergrößert zudem den Anteil der pflanzenverfügbaren Fraktion u.a. von Cd. Der Abbau der organischen Substanz trägt in den Unterbodenhorizonten in Verbindung mit niedrigen pH-Werten vermutlich zu einer Erhöhung des Anteils Schwermetall-bindender DOM im Sickerwasser bei.

Nach der genaueren Analyse der elementspezifischen Mobilität in unterschiedlichen Lithofaziesbereichen sind die Ergebnisse in Tab. 2-16 zusammengefaßt. Eine detaillierte Darstellung der Mobilitätsverhältnisse ist in den Abb. V.1-9 bis 1-12 im Anhang (V.1) zu finden.

Tab. 2-16: Substratspezifische Mobilitätsverhältnisse nach Lithofaziestypen in Abhängigkeit vom Verhältnis der KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten.

	KW-löslicher Anteil									EDTA-löslicher Anteil									pflanzenverfügbarer A.							
	Index I_{KW}									Index I_{EDTA}									Index $I_{NH_4NO_3}$							
L	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	As	Cd	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
L1o			+						+	+	+	+	+	+	+		+		+	+			+	+	+	+
L1u												+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L2o			+	+		+			+				+		+		+		+	+	+		+		+	
L2u																										
L3o	+			+	+	+	+	+				+	+	+		+		+			(+)	(+)			(+)	(+)
L3u	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+				
L4o				+	+	+			+		+				+			+		+			+	+		+
L4u	+			+				+	+										|+| |+| |+| |+| |+| |+| |+| |+| |+|

+ überdurchschnittliche Mobilität
+ deutlich höhere Mobilität
unterdurchschnittliche Mobilität
|+| höhere Elementmobilität: Profil 3.3 (TIII)
(+) ausschließlich höhere Mobilität in Böden am Spittelwasser (Transekt II)
Index: Wert (prozent. Anteil d. Eluatgehalte an RFA-Gehalten / Median f. Ober-/Unterboden)
L1o: Lithofaziestyp L1/Oberboden L1u: Lithofaziestyp L1 / Unterbod. + fossile Oberb.

Der überwiegend in GW-beeinflußten Altarm- und Senkenbereichen anzutreffende *Lithofaziestyp L1* zeichnet sich insbesondere im Oberboden durch höhere EDTA- und vor allem NH_4NO_3-Anteile von As, Cd, Mn, Ni und Pb im Verhältnis zum RFA-Gesamtgehalt aus. Die aufgeführten Elemente (Tab. 2-16) verhalten sich in den GW-beeinflußten Unterbodenbereichen deutlich mobiler und reagieren sehr unterschiedlich auf variable Redox-Zustände. As, Fe, Mn werden im anoxischen Bodenbereich reduziert und sind durch EDTA und NH_4NO_3 verstärkt mobilisierbar. Cd, Cu, Ni, Pb, Zn weisen im stärker aeroben Bodenmilieu mit geringeren pH-Werten des Bodens von pH 4,5 - 5 eine höhere Verfügbarkeit auf.

Der *Lithofaziesyp L2* umfaßt undifferenzierte Auelehmböden, die weitaus geringer vom Grundwasser beeinflußt werden. Deutlich weniger Elemente zeigen im Oberbodenbereich überdurchschnittliche Mobilitäten. Die Oberbodenhorizonte sind durch niedrige bis mittlere

Gehalte an organischer Bodensubstanz (9 - 14 Gew.-% GV) und mittlere pH-Werte von pH 4.8 - 5,8 im Ober- und Unterboden gekennzeichnet. Die pH-Werte des Oberbodens liegen etwas höher als die der Unterböden. Die unterdurchschnittliche Verfügbarkeit von Schwermetallen und Metallen im Unterbodenbereich weist auf das erhöhte Retentions- und Sorptionsvermögen dieses Lithofaziestyps hin.

Der *Lithofaziestyp L3* repräsentiert vorrangig sandig bis kiesige Böden der Uferbereiche der Mulde und des Spittelwassers sowie Flutrinnenbereiche des Transekts IV. Die Gehalte an organischer Bodensubstanz in den Oberböden betragen durchschnittlich fast 15 Gew.-% GV und in fossilen Oberböden ca. 5 - 10 Gew.-% GV. Die pH-Werte in Ober- und Unterböden liegen im Bereich von ca. pH 4,7 - 5,5. Eine Ausnahme stellen Oberböden des Spittelwassers wie 2.2.1 (pH 3,3), 2.10.1 (pH 3,7) und 2.11.1 (pH 3,6) dar. Im Unterboden sind eine Reihe von Elementen erhöht KW- und EDTA-löslich (As, Cd, Cr, Fe, Ni, Zn). Besonders hervorzuheben ist die hohe Pflanzenverfügbarkeit der Elemente Cu, Fe, Pb und Zn in den Oberböden am Spittelwasser.

Der *Lithofaziestyp L4* ist auf Kiesterrassen und kiesige Flutrinnen entlang der Transekte III und IV beschränkt. Der Gehalt an organischer Bodensubstanz ist mit 13 - 20 Gew.-% GV im grobkörnigen höher als in bindigen Oberboden (L1, L2). Im Unterbodenbereich erreicht der Glühverlust nur 3 - 6 Gew.-% GV. Befindet sich der durchschnittliche pH-Wert im Oberboden des Lithofaziestyps L4 noch bei ca. pH 5,0, so unterschreiten die pH-Werte im Unterbodenbereich mit pH 4,3 - 5 die pH-Werte aller anderen Lithofaziestypen.
Auffällig ist in diesem Zusammenhang die EDTA-Löslichkeit von Mn und Zn in den Oberböden. Erhöht pflanzenverfügbar sind Cu, Ni, Pb sowie As, Cd, Fe, Mn und Zn im Unterboden und im fossilen Oberboden einer sandig-kiesigen Flutrinne (Transekt III, Probenahmepunkt 3.3). Wahrscheinlich ist die Schwermetall-Verfügbarkeit in tieferen Horizonten auf einen intensiveren Abbau organischer Bodensubstanz und dem Transport metall-organischer Komplexe mit dem Sickerwasser zurückzuführen. Überdurchschnittlich pflanzenverfügbar sind die genannten Elemente in schluffigen Unterbodenhorizonten des Flutrinnenbereichs am Probenpunkt 3.3 des Transekts III (Tab. 2-16). Insbesondere die Pflanzenverfügbarkeit von Cd ist in kiesig-sandigen Horizonten für gewöhnlich unterdurchschnittlich ausgeprägt.

2.2.1.2 Zusammenhänge zwischen Elementmobilität und Bodenreaktion (pH-/E_H-Wert)

Generell ist der pflanzenverfügbare Anteil je nach Element unterschiedlich stark vom Boden-pH abhängig (Abb.2-24). Negative Korrelationen der NH_4NO_3-Anteile von Schwermetallen und Metallen am Gesamtgehalt (RFA) mit dem pH-Wert bestätigen diesen Zusammenhang (Tab. V.1-1).

Einen korrelativer Zusammenhang des pflanzenverfügbaren As-Anteils am Gesamtgehalt mit dem Boden-pH ist in der Abb. 2-24 kaum ersichtlich. As befindet sich oftmals als Anionenkomplex in der Lösung und zeigt aufgrund der chemischen Eigenschaften im Vergleich zu Schwermetall-Kationen ein anderes Verhalten. Sehr hohe pflanzenverfügbare As-Anteile wurden im anoxischen Bodenprofil 1.1 ermittelt (1.1.2b, .3b, .4b, .5b). Die hohe As-Mobilität ist durch Redoxprozesse erklärbar.

Cd reagiert bereits bei einem Grenz-pH-Wert von pH 6,5 - 6 mit einer deutlichen Erhöhung des pflanzenverfügbaren Anteils. Unterhalb dieses Grenz-pH-Werts deutet die starke Streuung der pflanzenverfügbaren Anteile stärker auf Einflüsse von Substrateigenschaften hin. Die höchste Cd-Mobilität wurde in den Bodenprofilen 3.3, 3.9, 3.10 und 3.11 des Transekts III festgestellt.

Die Pflanzenverfügbarkeit von Cu steigt unterhalb des Grenz-pH-Werts von pH 4,5 deutlich an. Der Anteil an NH_4NO_3-verfügbaren Cu ist in den Unterbodenhorizonten des Profils 3.3 erhöht (Transekt III). Gleichfalls weisen die Oberböden des Transekts II eine höhere Pflanzenverfügbarkeit von Cu auf, die mit dem pH-Wert variiert.

Die Oberbodenhorizonte 2.2.1, 2.3.1, 2.10.1 und 2.11.1 des Transekts II lassen eine sehr hohe Fe-Pflanzenverfügbarkeit im Bereich des Grenz-pH-Werts von pH 3,5 erkennen. Gleichfalls repräsentiert Fe in den Unterbodenhorizonten 1.1.2b, 1.1.4b und 1.1.5b des Bodenprofils 1.1 (Transekt I) die höchsten NH_4NO_3-Anteile. Die Lufttrocknung der reduzierten Unterbodenhorizonte des Profils 1.1 hatte bezüglich des Eisens keinen ausreichenden pH-Senkungseffekt. Der niedrige Grenz-pH-Wert wird mit Ausnahme der Oberböden des Transekts II weder tangiert noch unterschritten. Entsprechend hat die Trocknung der Proben sich auf die mobile bzw. pflanzenverfügbare Fe-Fraktion kaum ausgewirkt.

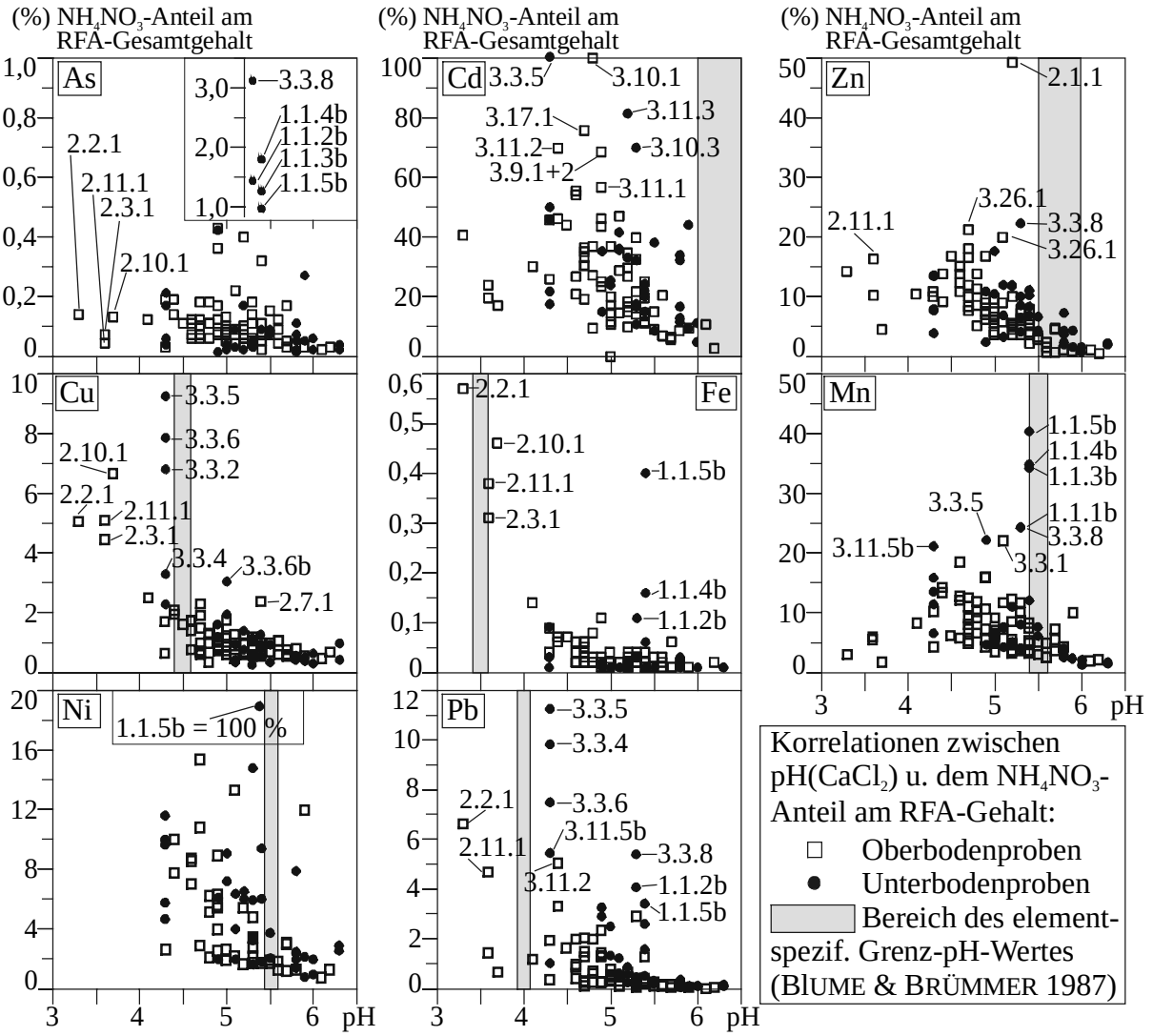


Abb.2-24: Darstellung der pflanzenverfügbaren Anteile im Verhältnis zu RFA-Gesamtgehalten (Fraktion <63 µm) abhängig vom pH-Wert des Bodens.

Mangan reagiert ab dem Grenz-pH-Wert von pH 5,5 mit einer Erhöhung des pflanzenverfügbaren Anteils am RFA-Gesamtgehalt (BLUME & BRÜMMER 1987). Oxidationsprozesse bei der Probentrocknung könnten die Senkung des pH-Werts und somit den sprunghaften Anstieg der Mn-Mobilität im Profil 1.1 des Transekts I verursacht haben. Andererseits kann die erhöh-

te Pflanzenverfügbarkeit von Mn die Folge reduzierender Prozesse sein. Reduktionsprozesse haben sehr wahrscheinlich einen größeren Einfluß auf die Mn-Mobilität als der pH-Wert (Abb. 2-24).

Die Pflanzenverfügbarkeit von Nickel steigt bei Unterschreitung des Grenz-pH-Werts von pH 5,5 für Böden sichtbar an. Einen Ausreißer stellt die anoxische Unterbodenprobe 1.1.5b mit einem NH_4NO_3-Anteil am RFA-Gesamtgehalt von 100 % dar.

In Bodenhorizonten des Transekts II (2.2.1, 2.11.1) reagiert Blei bei Unterschreitung des Grenz-pH-Werts von 4,0 erwartungsgemäß mobiler. Allerdings war bei zahlreichen Proben mit höherem Boden-pH ebenfalls eine Mobilisierung zu beobachten. Blei ist in vielen Proben der Transekte I, II und III erheblich pflanzenverfügbarer, obwohl die pH-Werte oberhalb des Grenz-pH-Wertes von pH 4 liegen. Höhere Mobilitäten von Pb ergeben sich durch verstärkte Bindung an lösliche, organische Komplexe, was die hohe Verfügbarkeit von Pb in den Bodenhorizonten 3.3.4, 3.3.5, 3.3.6 und 3.3.8 erklären könnte.

NH_4NO_3-Anteile am Gesamtgehalt (RFA) von Zink (Abb. 2-24) dokumentieren einen Anstieg der Pflanzenverfügbarkeit bei Unterschreitung des Grenz-pH-Werts von pH 5,5 - 6,0. Eine deutlich erhöhte Mobilität von Zn ist im Oberboden des Uferbankprofils 2.1 am Spittelwasser zu erkennen (Transekt II). Die höchsten Zn-Gesamtgehalte (RFA) wurden in ufernahen Böden und vor allem im Gewässersediment festgestellt.

Die Mobilitätsverhältnisse der untersuchten Schwermetalle und Metalle zeigen, daß in vielen Fällen eine Abhängigkeit vom pH-Wert besteht. Jedoch ist diese Abhängigkeit immer im Zusammenhang mit den Redoxverhältnissen in den Böden, der Anwesenheit komplexbildender organischer Substanz und auch mit der allgemeinen Substratzusammensetzung zu sehen.

2.2.2 Erfassung der Elementbindungsverhältnisse an ausgewählten Vertikalprofilen

Die sequentielle Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) wurde an ausgewählten Proben durchgeführt, um einen detaillieren Einblick in die Bindungsverhältnisse von Metallen und Schwermetallen repräsentativer Auestandorte mit unterschiedlicher Lithofazies zu bekommen. Die Ergebnisse von Arsen und Cadmium werden im Text (Abb. 2-25, 2-27, 2-28), die von Cr, Cu, Mn, Fe, Ni Pb und Zn in den Abb. V.1-13 bis V.1-19 im Anhang dargestellt.

Für die 4. Fraktion (EDTA-Elution) ist die Beschreibung „organisch gebunden“ nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) in bezug auf humusfreie, mineralische Unterbodenhorizonte nicht zutreffend. Die 4. Fraktion kann somit nur die primär EDTA-löslichen oder -mobileren Anteile umfassen.

Untersucht wurden drei Meßstellen-Standorte im Gebiet des Transekts I und vier Standorte entlang des Transekts III, zuzüglich der Gewässersedimente der Mulde und des Altarmbereichs. Die Standorte entsprechen den Meßstellenstandorten zur Oberflächen-, Sicker- und Grundwasseruntersuchung (Abb. 1-6, S. 25; Abb. 1-7, S. 27; Abb. 1-9, S. 29).

Oberböden und fossile Oberbodenhorizonte im Bereich des Transekts I weisen **As-Gehalte** von >200 mg/kg (Kornfraktion <63 µm) und in tieferen Bodenhorizonten von ca. 150 mg/kg auf (Abb. 2-25, S. 96). Demgegenüber lassen Böden der Standorte des Transekts III häufig nur As-Gesamtgehalte von <200 mg/kg erkennen. Die As-Gesamtgehalte der Gewässersedimente schwanken von 50 mg/kg (TI) bis ca. 350 mg/kg (TIII), was auf Unterschiede bei den Sedimentationsbedingungen (Gewässermorphologie, Strömungsdynamik) zurückzuführen ist.

Cd-Gesamtgehalte von 10 - 24 mg/kg waren in rezenten und fossilen Oberböden ufernaher Standorte beider Transekte festzustellen. In tieferen Bodenhorizonten und entfernteren Standorten wurden dagegen geringere Cd-Gesamtgehalte von <4-6 mg/kg gemessen. Wie As zeigen auch die Gewässersedimente des Transekts III mit Gesamtgehalten von 10 - 24 mg/kg Cd eine erheblich höhere Cd-Belastung im Vergleich zum Transekt I (Abb. 2-27, S. 99).
Böden in Ufernähe erreichen **Cr-Gesamtgehalte** von 150 - 500 mg/kg, wobei Standorte des Transekts III deutlich höher kontaminiert sind. Ansonsten variieren die Cr-Gesamtgehalte der Oberböden zwischen 150 - 250 mg/kg, die der tieferen Horizonte um die 100 - 150 mg/kg Cr (Abb. V.1-13). Erhöhte Cu-Gesamtgehalte von 150 - 300 mg/kg waren ebenfalls an ufernahen Standorten beider Transekte feststellbar. Ähnlich hohe **Cu-Gehalte** konnten in Oberböden des Transekts I ermittelt werden. Tiefere Horizonte und Böden entfernterer Standorte im Bereich des Transekts III weisen dagegen nur Cu-Gesamtgehalte von 50 - 100 mg/kg auf (Abb. V.1-14).
Eisen und Mangan sind potentielle Adsorbenten für Schwermetalle und Metalle und erreichen in den Böden und Gewässersedimenten Gesamtgehalte von 2 - 6,5 Gew.-% Fe und 0,03 - 2,3 Gew.-% Mn. Beide Elemente lassen durch ihr Mobilitätsverhalten auf die standortspezifische Redox-Dynamik in den Aueböden der Muldeaue schließen, was insbesondere durch das mobilere Verhalten von Mangan zum Ausdruck kommt (Abb. V.1-15, -16).
Die höchsten **Ni-Gesamtgehalte** von 40 - 80 mg/kg (Gewässersedimente bis 111 mg/kg) wurden, wie die von As, Cd und Cr, an ufernahen Standorten ermittelt (Abb. V.1-17). In Unterböden und uferfernen Auebereichen lagen die Ni-Gesamtgehalte von 40 - 50 mg/kg noch unterhalb der Hintergrundwerte (Kap. 2.1.2).

Tab. 2-17: Durchschnittliche Ergebnisse (Mittelwerte) der sequent. Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991); %-Anteile der Fraktionen (Kornfraktion <63 µm).

n =	Fraktion 1	Fraktion 2	Fraktion 3	Fraktion 4	Fraktion 5	Fraktion 6	Fraktion 7	Summe
40	%	%	%	%	%	%	%	%
As	0,3	0,4	0,5	**16,3**	**64,3**	6,6	**11,6**	100
Cd	**25,3**	**25,9**	**13,4**	7,5	6,5	2,8	**18,6**	100
Cr	0,1	0,4	0,2	1,3	**10,8**	3,4	**83,8**	100
Cu	1,7	3,6	1,2	**31,1**	**16,5**	3,2	**42,7**	100
Fe	0,0	0,0	0,5	6,5	**19,6**	**9,4**	**64,0**	100
Mn	**13,3**	2,7	**21,5**	4,4	**11,7**	2,6	**43,8**	100
Ni	**7,0**	3,0	3,1	6,6	**11,6**	**8,7**	**60,0**	100
Pb	2,3	7,6	7,5	**35,1**	**19,6**	3,3	**24,6**	100
Zn	**7,9**	3,6	3,0	4,3	**8,7**	**10,2**	**62,3**	100

Fettdruck: Fraktionen mit den größten Anteilen am Element-Gesamtgehalt
Fraktion 1: Mobile, pflanzenverfügbare Fraktion (NH_4NO_3)
Fraktion 2: Nachlieferbare Fraktion (NH_4Ac)
Fraktion 3: U.a. an Mn-Oxide gebundene Fraktion (NH_2OH-HCL + NH_4Ac)
Fraktion 4: Organisch gebundene Fraktion (NH_4-EDTA)
Fraktion 5: An schlecht kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion (NH_4-Oxalat)
Fraktion 6: An kristalline Eisenoxide gebundene Fraktion (Ascorbinsäure im Oxalatpuffer)
Fraktion 7: Residualfraktion (immobile Fraktion: Gesamtfraktion (RFA) minus Frakt. 1-6)

Anders als die übrigen Elemente weist **Blei** mit durchschnittlichen Gesamtgehalten von 300 mg/kg im Auebereich des Transekts I und 200 mg/kg in den Böden des Transekts III eine gleichmäßigere Vertikalverteilung auf. Die Pb-Gesamtgehalte liegen durchgehend um das 3-8fache über den Pb-Hintergrundwerten (Kap. 2.1.2), was die Belastung der Böden und Gewässersedimente verdeutlicht. Die Ausgeglichenheit in den Profilverläufen läßt, ähnlich wie

bei Arsen, auf historisch weit zurückreichende Einträge durch den Erzgebirgsbergbau schließen (Abb. V.1-18).
Zink zeigt dagegen mit Gesamtgehalten von 800 - 4000 mg/kg in ufernahen Böden und im Gewässersediment ein jüngeres Belastungsmuster, das die ältere, schwächere Zn-Belastung von 300 - 600 mg/kg in Unterböden und uferfernen Standorten der Transekte I und III überdeckt (Abb. V.1-19).

Die Anteile der verschiedenen Fraktionen der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) variieren elementspezifisch und sind zusammenfassend für die untersuchten Standorte der Transekte I und III in der Muldeaue in Tab. 2-17 dargestellt.

Demnach ist ein Großteil des Arsens in den Aueböden stärker an schlecht kristalline Fe-Oxide (Anteil von 19,6 %) als an gut kristalline Fe-Oxide (9,4 % Anteil) gebunden. Anteilig erhöht ist neben dem Residualanteil auch die mittels EDTA eluierbare As-Fraktion. Leichter mobilisierbare As-Fraktionen haben nur eine geringe Relevanz. Im Gegensatz zu Arsen ist Cadmium durchschnittlich zu 26 % leicht nachlieferbar (Fraktion 2). und zu 25 % pflanzenverfügbar. Der Anteil der Residualfraktion am Cd-Gesamtgehalt umfaßt immerhin noch 19 %. Chrom ist eindeutig am stärksten residual gebunden. Fraktionen der schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxide binden 15 % des Chroms im Boden. Kupfer und auch Blei verteilen sich in den Muldeaue-Böden auf die Residual- und die EDTA-eluierbare Fraktion. Letztere weist in Oberböden auf die Bindung beider Elemente an die organische Substanz hin. Ein geringerer Cu- und Pb werden zudem von schlecht kristallinen Fe-Oxiden gebunden. Nickel ist, vergleichbar mit Chrom und Zink, deutlich immobiler und wird insbesondere durch die Residualfraktion festgelegt. Ni und Zn werden ähnlich stark von schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxiden gebunden.

Auffällig ist, daß die Fraktion der Mn-Oxide stark variiert. Wechselnde Redox-Verhältnisse in den Aueböden, erhöhen die Wahrscheinlichkeit der Mn-Reduktion und verhindern in vielen Fällen, die Bildung stabiler Mn-Oxide. Ebenfalls deutet die Dominanz schlecht kristalliner Fe-Oxide auf wechselnde Redox-Verhältnisse in den untersuchten Aueböden hin. Aufgrund des Einflusses von Grund- und Sickerwasser (Hochwasser) weisen Aueböden zum Teil stark anoxische Milieuverhältnisse auf, die gut kristallinen Fe-Oxiden wie Goethit kaum stabile Bildungs- und Existenzbedingungen bieten. Die großen Residualanteile der Elemente Cr, Fe, Ni, Zn, Cu sowie Mn lassen sich unter anderem auf noch unverwitterte Primärminerale oder tonmineralisch fest gebundene Anteile zurückführen.

2.2.2.1 Redox-Prozesse in den Gewässersedimenten

Die Residualfraktion der sandig-kiesigen Gewässersedimente der Mulde des Transekts III deutet mit ihrem großen Anteil allerdings noch auf andere immobile Komponenten hin (3.1.1S, 3.2.1S, 3.2.2S). Die Residualanteile von As, Cd, Cu, Fe, Ni und Zn in den Gewässersedimentproben 3.1.1S, 3.2.1S, 3.2.2S weisen überdurchschnittliche Werte auf, die sich mit denen der Aueböden nicht vergleichen lassen (Abb. 2-25, 2-26 und Abb. V.1-14,-15,-16,-17, -19). Aus Bereichen des Flußbetts der Mulde wurde bei Niedrigwasser Probenmaterial aus rezenten, feinkörnigen organischen Lagen über sandigen Kiesen entnommen. Die mineralischen Bestandteile sind neben Quarz vor allem Silikatminerale (Kap. 1.5.1). Hinweise auf metallführende Bestandteile wie Erzpartikel oder gar metallische Fragmente bei der Probenansprache wurden nicht gefunden. Die Sedimente sind durchsetzt von organischen, dunkelgrauen bis graubraunen Ablagerungen von teils unzersetztem Pflanzenmaterial. Auffällig ist, daß die Residualanteile mit dem Gehalt an organischer Substanz in den Proben 3.1.1S, 3.2.1S und 3.2.2S von 20 %, auf 18 - 14 % abnehmen. Hinsichtlich des hohen Residualanteils ist

zunächst anzunehmen, daß die genannten Schwermetalle und As in der abgestorbenen, unzersetzten Biomasse von Pflanzen resorbiert wurden. Die sequentielle Extraktion vermag im wesentlichen nur *adsorbierte* Elementanteile durch den Komplexbildner EDTA zu mobilisieren. Eine oxidative und nahezu vollständige Zerstörung des organischen Pflanzenmaterials wie bei der Anwendung von Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist dabei ausgeschlossen. Entsprechend treten bei der sequentiellen Extraktion hohe Residualanteile auf.

Neben der Festlegung von Schwermetallen und Metallen im Pflanzenmaterial am Gewässergrund ist auch eine Immobilisierung in ungestörten Sedimentkörpern durch die Einstellung eines räumlich eng begrenzten, stark reduzierenden Milieus möglich. LORENZ (1997) untersuchte das Verhalten von Schwermetallen in anaeroben Senkenbereichen von Flußsedimenten der Elbe und Mulde und wies im stark reduzierenden Milieu stabile Verhältnisse für Schwermetallsulfide nach. Zudem wurde von SCHNOOR (1996) im aquatisch-limnischen Bereich die Bildung von polysulfidischen Präzipitaten u.a. von Arsen (As_2S_3) aufgezeigt. LORENZ (1997) untersuchte an Fließgewässersedimenten der Elbe und Mulde mikrobiell gesteuerte Redox-Prozesse von redoxsensitiven Elementen wie Fe, Mn und P. Er simulierte in Versuchen geo-/biochemische Prozesse in einem ungestörten anoxischen Sedimentkörper, der vom Fließgewässer lediglich überströmt wird. Für Eisen wurde in diesem Milieu die Reduktion von Fe(III) zu Fe(II) und dessen Remobilisierung und der Transfer in die Wasserphase nachgewiesen. Parallel zur Fe-Mobilisierung stellte LORENZ (1997) die Freisetzung von Phosphat als Indikator mikrobieller Prozesse fest. Eine daran anschließende Abnahme der Fe-Konzentration in der Wasserphase wurde von LORENZ (1997) mit der Refixierung des Eisens und der Bildung von Fe(II)-Sulfiden begründet. Die beobachtete Erhöhung der Residualfraktion in den Gewässersedimenten am Transekt III ist für die Elemente As, Cd, Cu, Fe, Ni und Zn sehr wahrscheinlich auf eine Kombination von Prozessen der Immobilisierung zurückzuführen. Es findet zunächst eine Aufnahme von Schwermetallen und Metallen in Pflanzen des Gewässersystems statt, die nach dem Absterben als organische Substanz in Senkenbereichen zwischen Kies- und Sandbänken akkumuliert werden. Das organische Material wird mikrobiologisch zersetzt und abgebaut, was infolge der Sauerstoffzehrung zur Einstellung eines räumlich eng begrenzten anaeroben Milieus im Sedimentkörper führt. Reduzierbare Elemente wie Eisen und Arsen werden in der Regel dabei mobilisiert. Diese können aber nach LORENZ (1997) in Kombination mit den beschriebenen Prozessen der Metallsulfidbildung bei anhaltenden stark reduzierenden Verhältnissen wiederum refixiert werden. Eine Störung des sensiblen Gleichgewichts kann durch eine massive Sauerstoffzufuhr infolge des Trocken-fallens oder Strömungsänderungen im Flußbett eintreten, die zudem Erosions- und Sedimentationsbedingungen ändern. Flußpegelschwankungen und bauliche Eingriffe in die Gewässerführung beeinflussen die geo-/hydrochemischen Gleichgewichte.

Die Existenz eines stark anoxischen Milieus widerspricht der Tatsache, daß relevante Elementanteile der an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide gebundenen Fraktion durch die sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) festgestellt wurden. Eine gestörte Probenahme und die anschließende Lufttrocknung der Gewässersedimente kann allerdings zu Oxidationsprozessen und damit zur Veränderung der Elementbindungsverhältnisse führen. Die Wirkung methodisch bedingter Oxidationsprozesse wurde qualitativ/quantitativ untersucht und wird bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt (Kap. 2.3).

Anaerobe Bedingungen sind auch im Flußsediment der Mulde im Bereich des Transekts I anzunehmen (Probe 1.4.0). Die Fließgeschwindigkeit vor dem Wehr bei Greppin ist deutlich verringert (<1 m/s) und läßt am Gewässergrund stagnierende Bedingungen und somit die Einstellung eines reduzierenden Milieus zu. Bei der organoleptischen Ansprache war ein leicht fauliger Geruch des frischen sandig-schluffigen Substrats auffallend. Obwohl Anzeichen von

reduzierenden Bedingungen sichtbar waren, konnte jedoch keine deutlich ausgeprägte Residualfraktion mit der Tendenz zu sulfidisch-organischen Komponenten wie in den Gewässersedimenten des Transekts III festgestellt werden. Ganz anders weist Arsen in der Gewässersedimentprobe 1.4.0 aufgrund eines höheren EDTA-mobilisierbaren Anteils sogar eine höhere Mobilität auf. Unter Berücksichtigung von Oxidationsprozessen während der Probenaufbereitung sind die Verhältnisse im Gewässersediment des Transekts I (Probe 1.4.0) mit denen des Transekts III nicht vergleichbar. Stark reduzierende Verhältnisse treten bei intensiver mikrobieller Tätigkeit auf der Grundlage höherer Gehalte an abbaubarer organischer Substanz im Substrat auf. Das Gewässersediment des Transekts I (Probe 1.4.0) bietet hierfür wegen des geringen Glühverlusts von 2,4 Gew.-% keine Grundlage. Der Zusammenhang zwischen dem Glühverlust und der Residualfraktion deutet jedoch daraufhin, daß in der Pflanzensubstanz akkumulierte Schwermetalle und Metalle den höchsten Anteil an der Residualfraktion haben. Mögliche Metallsulfide sind durch Sauerstoffzutritt leichter zu zerstören. Die Wirkung von Oxidationsprozessen während der Probenaufbereitung äußert sich zudem durch den extremen Anstieg der Gehalte an pflanzenverfügbarem Cadmium, Kupfer, Mangan, Nickel, Blei und Zink in der Probe 1.4.0, was auf eine Remobilisation bei Luftkontakt aus anoxischen Flußsedimenten hindeutet (Abb. 2-27 und Abb. V.1-14,-16,-17,-18,-19).

2.2.2.2 Lithofaziestyp L1$_{anox}$: Auengley unter stark anoxischen Verhältnissen

Das Bodenprofil 1.1 (Transekts I repräsentiert den Lithofaziestyp L1 (Auengley), der konstant hohen Grundwasserständen und gleichmäßig anoxischen Bedingungen in den Unterbodenhorizonten ausgesetzt ist.

Arsen wird in diesem stark anoxischen Milieubereich sehr wahrscheinlich reduziert und stärker mobilisiert, was durch den Anstieg des Anteils der EDTA-löslichen Fraktion dokumentiert wird (Abb. 2-25). Ein vergleichbares Verhalten zeigt Eisen durch die Erhöhung der EDTA-löslichen Fraktion (Abb. V.1-15). Reduzierende Verhältnisse in tieferen Horizonten sind für den Anstieg der pflanzenverfügbaren Fraktion von Mangan auf Kosten der Fraktion von Mn-Oxiden verantwortlich (Abb. V.1-16).

Cadmium zeichnet sich durch hohe Anteile der nachlieferbaren (Fraktion 2) und pflanzenverfügbaren (Fraktion 1) aus (Abb. 2-26, 2-27). Im anoxischen Bodenbereich sind die Boden-pH-Werte mit pH 5,3 (1.1.2b), 5,4 (1.1.3b), 5,4 (1.1.4b) und 5,4 (1.1.5b) zur Tiefe hin durchgehend niedrig. Ein Residualanteil ist im Oberboden nach den Ergebnissen nicht vorhanden. Mit zunehmender Profiltiefe erhöht sich jedoch der Residualanteil auf >50 %. Im Gegensatz dazu nehmen die mobileren Fraktionen 1. - 5. unabhängig von den niedrigen pH-Werten in den unteren Horizonten ab. Die Residualfraktion des stark anoxischen Bodenbereichs enthält sehr wahrscheinlich spezifisch gebundenes, zum Teil sulfidisch festgelegtes Cd. Beim Vergleich der Mobilfraktionen besitzt die pflanzenverfügbare Fraktion im Unterboden des Profils 1.1 Cd-Anteile von >40 %, gefolgt von der leicht nachlieferbaren Fraktion mit ca. 25 %. Mn(IV)-Oxide sind in mittel- bis stark reduzierten Bodenbereichen normalerweise instabil, werden unter solchen Bedingungen reduziert und stehen somit als Adsorbentien in der Regel nicht zur Verfügung. Erklärbar sind die Anteile der 3. Fraktion nur aufgrund von Oxidation des aus anoxischen Bodenbereichen stammenden Probenmaterials infolge der Probenaufbereitung/Trocknung. Mn-Oxide in den tieferen Bodenhorizonten des anoxisch geprägten Profils 1.1 sind aufgrund der vorliegenden Ergebnisse nahezu auszuschließen (Abb. V.1-16).

Chrom ist im Oberboden des Profils 1.1 zu mehr als 60 % residual und zu über 20 % an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide gebunden. In den Horizonten 1.1.2 bis 1.1.4 erhöht sich der Residualanteil auf ca. 80 % und verringert sich im Horizont 1.1.5b sprunghaft gegenüber

den Fraktionen 5 und 6 auf 60 %. Zudem ist es wahrscheinlich, daß durch mikrobiell gesteuerte Reduktionsprozesse im GW-gesättigten Bereich des Profils 1.1 Chrom neben Fe-Oxiden mobilisiert und umgekehrt bei der Probenaufbereitung infolge von Oxidationsprozessen an schlecht kristalline Fe-Oxide refixiert wurde (Abb. V.1-13).

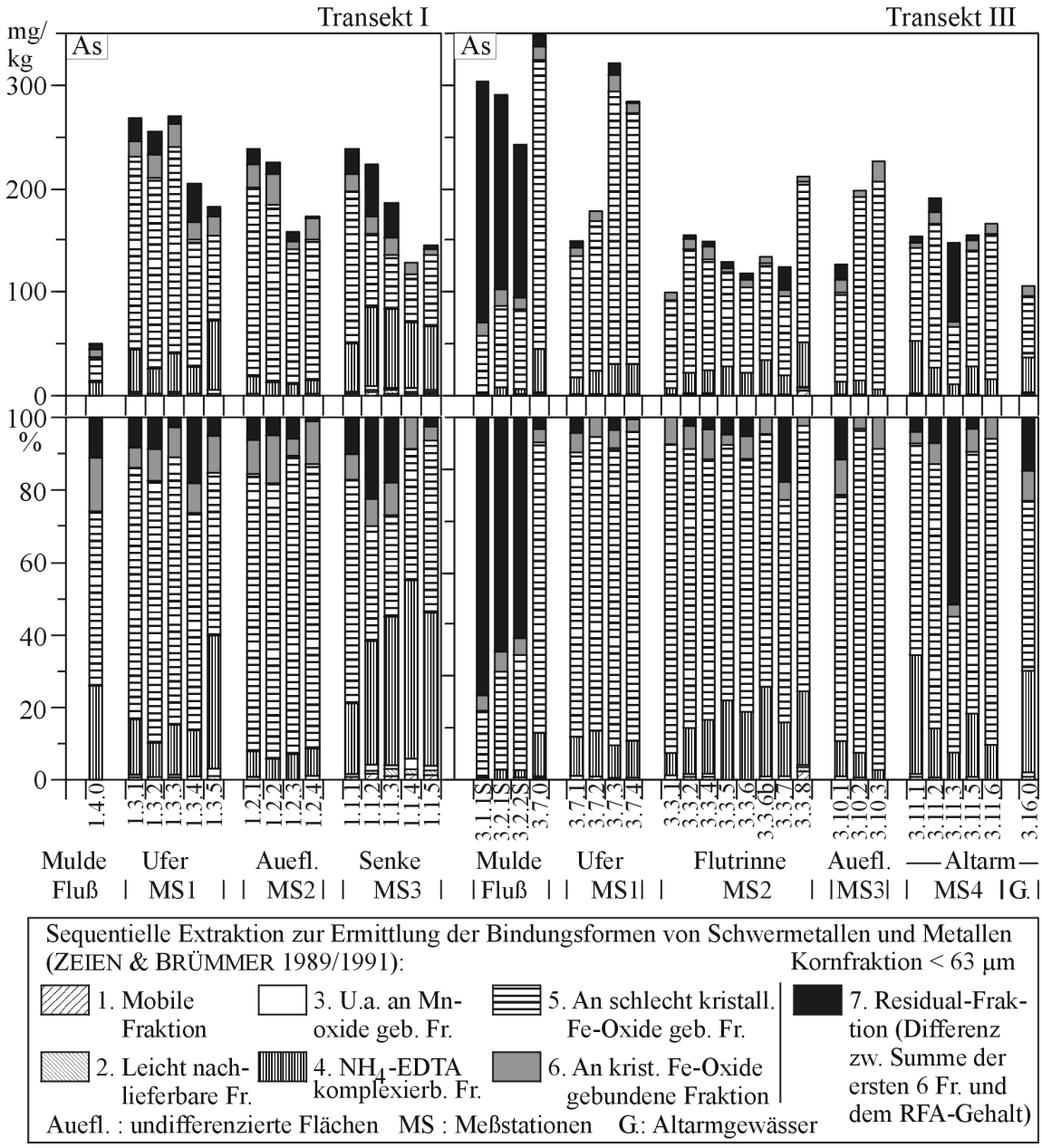


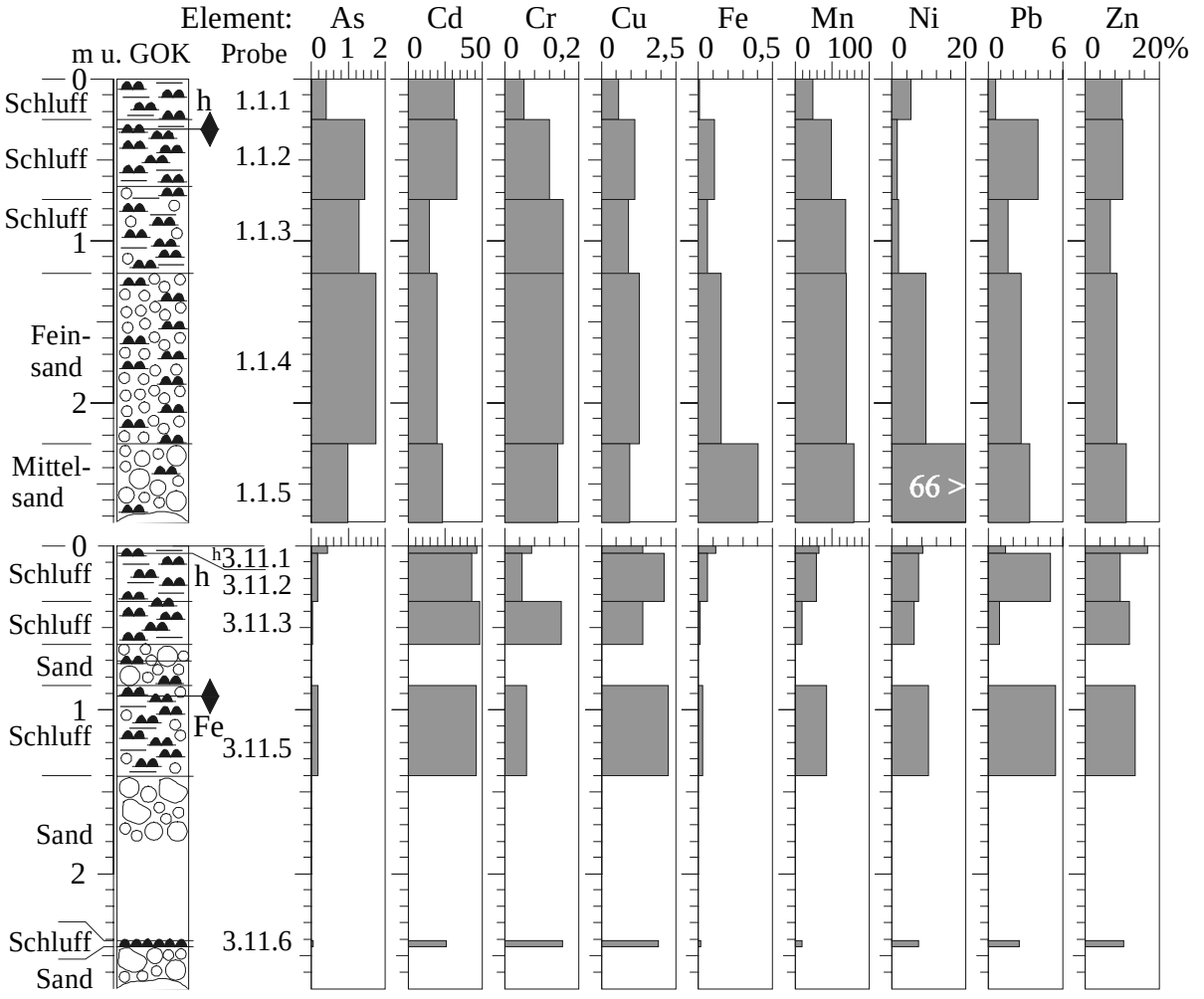
Abb. 2-25: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Arsen.

Im stark anoxischen Profil 1.1 ist ein erheblicher **Cu**-Residualanteil von über 50 % festgestellt worden, der auf die Bildung von Metall-Sulfiden hindeuten könnte. Oxidationsprozesse während der Probenaufbereitung des anoxischen Probenmaterials verursachen eine Erhöhung der leicht nachlieferbaren Cu-Fraktion 2 (Abb. V.1-14). Bei **Nickel** und **Blei** ist aus vergleichbaren Gründen eine Steigerung der pflanzenverfügbaren Fraktion, insbesondere bei Nickel im Horizont 1.1.5, festgestellt worden (Abb. V.1-17, -18).

Zink weist nach den Ergebnissen der sequentiellen Extraktion im anoxischen Auebereich des Lithofaziestyps L1 gleichbleibende Verhältnisse ohne auffällige Trends auf (Abb. V.1-19).

2.2.2.3 Lithofaziestyp L1ox: Auengley unter schwach oxisch-anoxischen Verhältnissen

Schwach oxisch bis anoxische Böden des Lithofaziestyps L1 (Auengley) sind im Altarmbereich des Transekts III anzutreffen. Jahreszeitlich stark schwankende Grundwasserstände prägen das Bodenprofil 3.11 und verursachen deutlich variablere Milieuverhältnisse (Abb. 2-27).



h : humos (rezente und fossile Oberböden) Fe : Eisenverockerung, Rostflecke
◆ : mittlere Lage des GW-Spiegels (Ausfällung von Fe-Oxiden/Hydroxiden)
Angaben je Fraktion in prozentualen Anteilen am RFA-Gesamtgehalt (Kornfraktion <63 µm)

Abb. 2-26: Pflanzenverfügbare Elementfraktion (NH_4NO_3) der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) im Verhältnis zum RFA-Gesamtgehalt (Kornfraktion <63 µm) im Bodenprofil 1.1 (TI oben; stark anoxisch) und im Bodenprofil 3.11 (TIII unten; schwach anoxisch/oxisch).

Arsen ist im Vergleich zum anoxischen Profil 1.1 im Profil 3.11 des Altarmbereichs (Lithofaziestyp L1) weitaus weniger pflanzenverfügbar (Abb. 2-26). Die Redox-Verhältnisse lassen die Bildung von schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxiden und von Mn-Oxiden zu (Abb. 2-25), was in Verbindung mit dem geringen pflanzenverfügbaren Anteil von Fe/Mn steht (Abb. 2-26).

Neben der erhöhten **Cadmium**-Mobilität (Fraktionen 1 - 3) im Oberbodenbereich des Bodenprofils 3.11. zeigt sich in den tieferen, verockerten Horizonten des GW-Schwankungsbereichs die Neubildung von Schwermetall-adsorbierenden Fe-Oxiden/-Hydroxiden (Abb. 2-27).

Cd kann in der GW-gesättigten Zone an Oxide, Tonminerale oder Ton-Humus-Komplexe gebunden werden (FISCHER et al. 1993; HILLER et al. 1996; SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Die Refixierung von Cd in den tieferen Bodenbereichen (Proben 3.11.5 und 3.11.6) spiegelt sich vor allem im Anstieg der an schlecht kristalline Fe-Oxide gebundenen Fraktion sowie der Residualfraktion wider (Abb. 2-28).

Chrom deutet in den tieferen Horizonten des Profils 3.11 (3.11.3, 3.11.6) infolge des Anstiegs der Residualfraktion ebenfalls auf eine Bindung an Oxide des Eisens oder Mangans hin (Abb. V.1-13). **Mangan** wiederum reagiert auf Kosten der Residualanteile in den Horizonten 3.11.3 und 3.11.6 mit der Erhöhung der eigenen Mn-Oxid-Fraktion und mit der Festlegung an schlecht kristalline Fe-Oxide (3.11.6). **Nickel**, **Blei** und **Zink** zeigen keine interpretierbaren Muster eines charakteristischen, standortspezifischen Verhaltens (Abb. V.1-17,-18,-19).

2.2.2.4 Lithofaziestyp L2: undifferenzierte Auelehme

Undifferenzierte Auelehme höher gelegener Standorte der Transekte I und III kennzeichnen den Lithofaziestyp L2 und werden durch die Bodenprofile 1.2 und 3.10 präsentiert. Kurzzeitige Grundwassereinflüsse sind in tieferen Horizontbereichen durch Rostflecken und Bleichzonen nachweisbar.

Entsprechend ausgeprägt ist der Anteil von **Arsen**, der an schwach kristalline Fe-Oxide gebunden ist. Das Grundwasser hat im Profil 1.2 größeren Einfluß als im Profil 3.10, was bei **Cadmium** zu einer Erhöhung der leicht nachlieferbaren Fraktion führt. Profil 3.10 zeigt dagegen einen Anstieg des an Mn-Oxide gebundenen Cd-Anteils.

In den tieferen Horizonten sind **Mn**-Oxide stabil (Abb. V.1-16). **Chrom** ist in beiden Profilen weitgehend residual gebunden und deutet nur im humosen Oberboden auf eine stärkere Affinität zu schlecht kristallinen Fe-Oxiden hin (Abb. V.1-13). **Kupfer** und **Eisen** zeigen nur monotone und kaum interpretierbare Mobilitätsmuster (Abb. V.1-14,-15). **Ni** und **Zn** lassen in tieferen Horizonten einen Anstieg der ETDA-lösbaren und der an Mn-Oxide gebundenen Fraktionen bei gleichzeitiger Verringerung des Residualanteils erkennen (Abb. V.1-17,-19).

2.2.2.5 Lithofaziestyp L3: sandige Böden der Uferbereiche und einzelner Flutrinnen

Die Bodenprofile 1.3 und 3.7 repräsentieren teils recht sandige Uferbereiche des Lithofaziestyps L3 mit Oberböden und fossilen Oberböden über Sanden oder Kiesen.

Das Profil 1.3 (T I) zeigt im anoxisch geprägten GW-Schwankungsbereich eine Erhöhung der EDTA-lösbaren **As**-Fraktion (Abb. 2-25). Zudem sind höhere **Cd**-Anteile der leicht nachlieferbaren und pflanzenverfügbaren Fraktion festzustellen (Abb. 2-27).

Chrom ist neben dem dominierenden Residualanteil an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide gebunden (Abb. V.1-13). Die leicht nachlieferbare Fraktion von **Kupfer** besitzt in beiden Profilen 1.3 und 3.7 mit zunehmender Tiefe eine ansteigende Tendenz (Abb. V.1-14). **Eisen** läßt keinen charakteristischen Verlauf in den Bodenprofilen erkennen (Abb. V.1-15). **Mangan** repräsentiert dagegen aufgrund tendenziell aerober Milieubedingungen einen hohen Anteil an Mn-Oxiden, der nur im Horizont 1.3.5 des GW-Schwankungsbereichs des Transekts I minimiert ist (Abb. V.1-16). Schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide (Fraktionen 5 u. 6) sind dagegen für die Sorption von **Ni** von Bedeutung und spielen neben der Residualfraktion in den Horizonten 1.3.1, 1.3.2 und 1.3.3 eine wichtige Rolle (Abb. V.1-17).

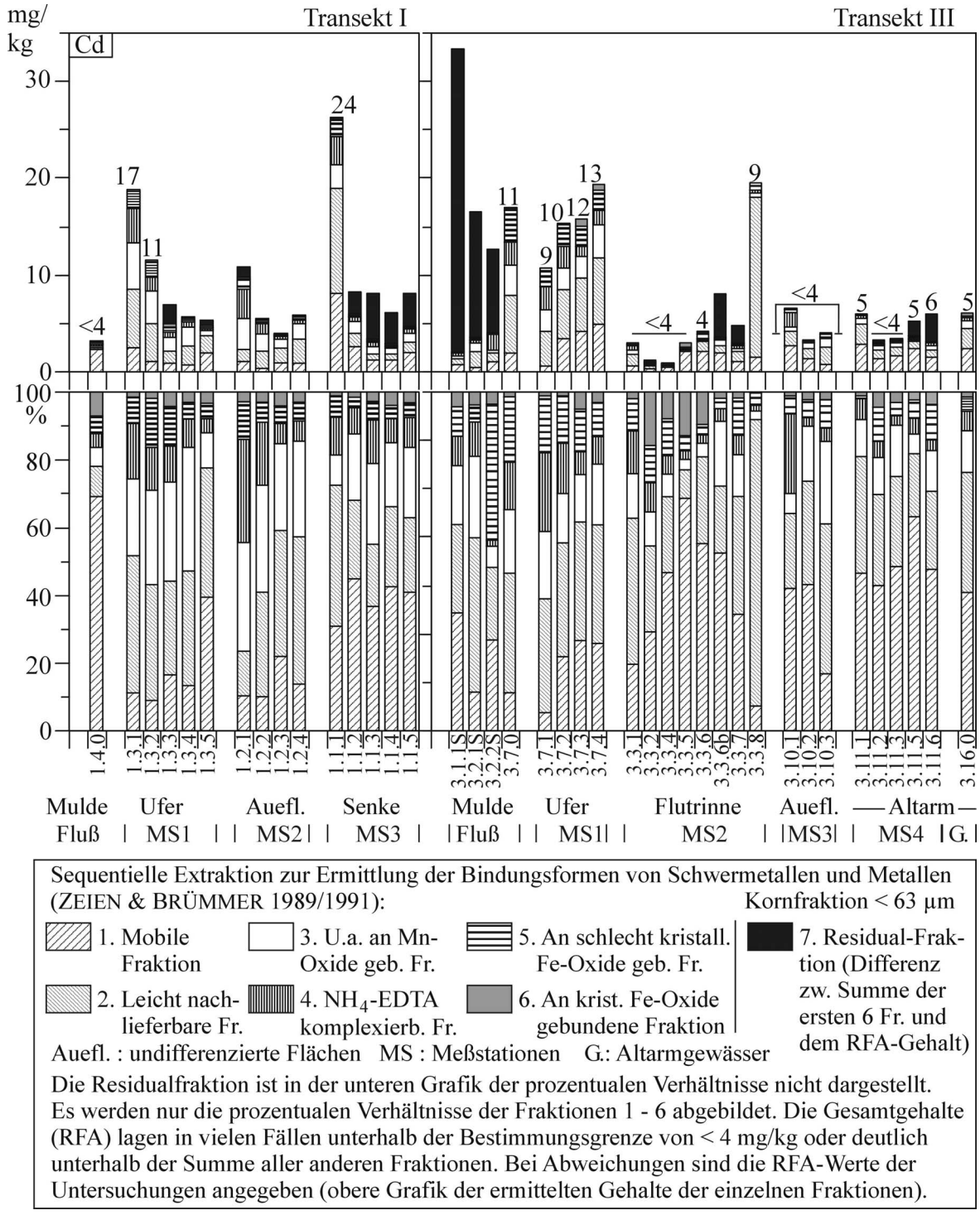


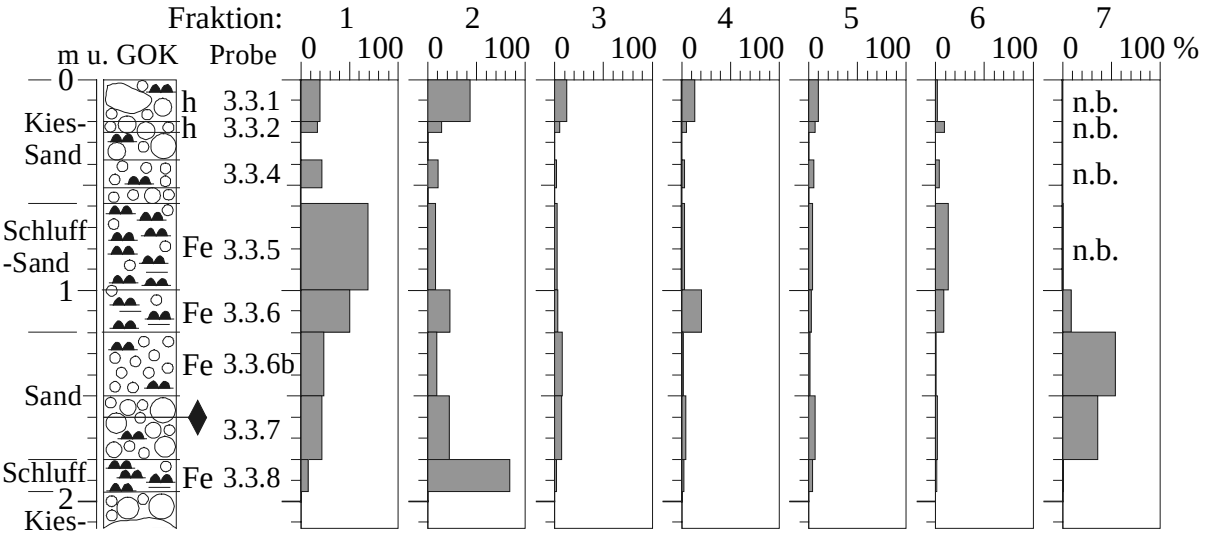
Abb. 2-27: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Cadmium.

Die Anteile der leicht nachlieferbaren Fraktion von **Blei** erhöhen sich im Bodenprofil 1.3 (T I) mit zunehmender Tiefe (Abb. V.1-18). Umgekehrt sind Residualfraktion und Pb-Anteile der schwach kristallinen Fe-Oxide prozentual schwächer vertreten. Uneinheitlich ist das Mobilitätsverhalten von Zink (Abb. V.1-19), das wie Pb vor allem im Horizont 1.3.5 einen leichten Anstieg der pflanzenverfügbaren Fraktion anzeigt. Die Fraktion verzeichnet im Profil 3.7 zuzüglich schlecht kristalliner Fe-Oxide prozentual etwas höhere **Zink**-Anteile.

2.2.2.6 Lithofaziestyp L4: kiesig-sandige Böden (Flutrinnen, Gleithänge, Kiesterrassen)

Das Bodenprofil 3.3 ist dem Lithofaziestyp L4 zuzuordnen und befindet sich in einer Flutrinne. Es baut sich tiefergehend aus einem 0,6 m mächtigen, sandig-kiesigen Horizont, gefolgt von einem ca. 0,6 m mächtigen, schluffig-sandigen Abschnitt und einer etwa 1,8 m mächtigen, sandigen Abfolge mit eingeschalteten Schlufflagen über Kiesen auf.

Im Bodenprofil 3.3 erhöht sich mit zunehmender Tiefe der EDTA-eluierbare **Arsen**-Anteil, während der Gehalt an organischer Bodensubstanz, gemessen am Glühverlust, abnimmt. Wurde im Horizont 3.3.4 noch ein Glühverlust von 7,4 Gew.-% festgestellt, so erreichen tiefere Horizonte nur noch Werte von 1 - 2 Gew.-% (3.3.5: 2,7 %), die vornehmlich Kristallwasseranteile von Tonmineralen oder Oxiden/Hydroxiden repräsentieren. Wechselnde Substratverhältnisse (Korngröße, Durchlässigkeit) sowie als Rostflecken in Erscheinung tretende Fe-Oxide/-Hydroxide beeinflussen die **As**-Mobilität im Profilverlauf (Abb. 2-25, S. 96).



h : humos (rezente und fossile Oberböden) Fe : Eisenverockerung, Rostflecke
♦ : mittlere Lage des GW-Spiegels (Ausfällung von Fe-Oxiden/Hydroxiden)
n.b. : nicht bestimmbar wenn RFA<BSG (<4 mg/kg Cd) und RFA<Summe Fraktionen 1-6,
wenn RFA<BSG, dann Berechnung anhand des Wertes 50 % BSG (2 mg/kg Cd)
Angaben je Fraktion in prozentualen Anteilen am RFA-Gesamtgehalt (Kornfraktion <63 µm)

Abb. 2-28: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Cd im Profil 3.3/TIII (Flutrinne; Lithofaziestyp L4); Fraktionen 1 - 7 (siehe Tab. 2-15, S. 95).

Insbesondere die stark variierenden Bindungsverhältnisse von **Cadmium** reflektieren die stark wechselnden Substratverhältnisse im Tiefenverlauf des Profils 3.3 (Abb. 2-27, 2-28). Die Cd-Gehalte der drei sandig-kiesigen, teilweise humosen Horizonte fallen zuzüglich des vierten äußerst niedrig aus. Entscheidend ist eine mit zunehmender Profiltiefe ansteigende Pflanzenverfügbarkeit bis zu den schluffig-feinsandigen Horizonten 3.3.5 und 3.3.6. Gleichzeitig verringert sich die leicht nachlieferbare Fraktion 2. Die Fraktionen der schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxide (5 + 6) haben einen geringen Anteil an der Cd-Sorption. Der an gut kristalline Fe-Oxide gebundene Cd-Anteil nimmt jedoch tiefergehend ab. In den untersten Horizonten 3.3.7 (Mittelsand) und 3.3.8 (Schluff, feinsandig) sinkt der Anteil an pflanzenverfügbarem Cd, wohingegen die leicht nachlieferbare Cd-Fraktion stark erhöht ist.

Die pH-Werte unterschreiten mit pH 4,3 bis 5,5 im gesamten Profilverlauf den Grenz-pH von Cd bei pH 6,5. Im Oberboden ergaben Messungen einen pH-Wert von 5,1. Tiefergehend wur-

den dann in den Horizonten 3.3.2 bis 3.3.6 pH-Werte von pH 4,3 und in den darunter folgenden Bereich Werte von pH 5,0 - 5,4 festgestellt (Abb. 2-28).

Im Gegensatz zur Wirkung des durchgehend niedrigen pH-Werts wird im Unterbodenbereich des Profils 3.3 der Einfluß der Kornzusammensetzung der Bodensubstrate auf die stark variierenden Anteile der pflanzenverfügbaren und leicht nachlieferbaren Cd-Fraktion sichtbar (Abb. 2-28). Die höchsten Mobilitäten sind in den schluffig-feinsandigen Horizonten 3.3.5 und 3.3.6 nachgewiesen worden. Feinkörnige Substrate besitzen aufgrund eines gewissen Tonanteils neben Fe-Oxiden eine höhere Bindungskapazität als gröbere Substrate. Trotz niedriger pH-Werte verringern die schluffigen Horizonte aufgrund ihrer geringeren Durchlässigkeit den Cd-Austrag mit dem Sickerwasser, was ein großes Potenzial an pflanzenverfügbarem Cd erzeugt. Dagegen lassen sich in kiesigen Horizonten aufgrund der höheren Durchlässigkeit und dem geringeren Retentionsvermögen nur kleinere Anteile der pflanzenverfügbaren und auch leicht nachlieferbaren Fraktion nachweisen. Proportional dazu vergrößern sich die Anteile der weniger mobilisierbaren Fraktionen (4., 5. und 6.) wie auch der Cd-Residualfraktion. Der Anstieg der Cd-Gesamtgehalte mit zunehmender Profiltiefe könnte einerseits auf den Cd-Austrag aus den oberen Horizonten hindeuten. Andererseits besteht die Möglichkeit, daß die Gesamtgehalte im Profilverlauf 3.3 eine sedimentäre Abfolge reflektieren. Auch Korngrößeneffekte innerhalb der Untersuchungsfraktion <63 µm, die durch variierende Tongehalte erzeugt werden, können die Gehalte und natürlich die Mobilitätsverhältnisse beeinflussen (Substratzusammensetzung ↔ Mobilität).

Im Bodenprofil 3.3 war im 2. Bodenhorizont ein hoher **Chrom**-Gesamtgehalt feststellbar. Im wesentlichen sind nach der Residualfraktion auch hier die Fraktionen 5 und 6 besonders in den oberen drei Horizontenam stärksten vertreten (Abb. V.1-13).

Kupfer zeigt dagegen im Profilverlauf bis zum Horizont 3.3.6 einen kontinuierlichen Anstieg der pflanzenverfügbaren Cu-Fraktion (1. Fr), was wiederum ein Hinweis auf das Retentionsvermögen der feineren Schluffpartien im Profil ist (Abb. V.1-14). Mit dem Einsetzen gröberer sandiger Substrate im Tiefenverlauf ist wiederum ein Rückgang des Anteils der pflanzenverfügbaren und ein Anstieg des Anteils der leicht nachlieferbaren und des an Mn-Oxide gebundenen Cu zu erkennen. Zudem erhöht sich der Cu-Anteil der 4. Fraktion (EDTA-lösliche Cu-Anteile). An schlecht kristalline Fe-Oxide gebundene Cu-Anteile nehmen in dem schluffig-sandigen und leicht verockerten Horizont 3.3.8 über 50 % der Bindungsplätze ein.

Mangan bildet im Bodenprofil 3.3 verstärkt in den tieferen Bodenhorizonten des ungesättigten Bereichs primär Mn-Oxide, die an schwarzen Flecken erkennbar sind. Im GW-Bereich (Horizont 3.3.8) wechseln die Bindungsanteile zu den Fraktionen stabilerer, schlecht kristalliner Fe-Oxide und pflanzenverfügbarer Mn-Anteile (Abb. V.1-16).

In den beiden humosen, kiesig-sandigen Horizonten 3.3.1 und 3.3.2 wurden mit Ausnahme der Residualfraktion stärker EDTA-lösliche und an schlecht kristalline Fe-Oxide gebundene **Nickel**-Anteile festgestellt (Abb. V.1-17). Zu den Auffälligkeiten gehört, daß in den schluffigen Horizonten 3.3.5, 3.3.6 und 3.3.8 die Pflanzenverfügbarkeit von Ni erhöht ist. Im Horizont 3.3.8 ist zudem die an schlecht kristalline Fe-Oxide gebundene Ni-Fraktion stärker ausgebildet.

Das Mobilitätsverhalten von **Blei** im Bodenprofil 3.3 ist variabler (Abb. V.1-18). In den obersten sandig-kiesigen, humosen Horizonten 3.3.1 und 3.3.2 ist Pb immobiler. Mit Beginn des tieferen, humusfreien Schluffhorizonts (3.3.4) erhöhen sich die Pb-Anteile der Mobilfraktionen 1, 2 und 3. Die pflanzenverfügbare Pb-Fraktion wird in den sandigen Horizonten

3.3.6b und 3.3.7 dagegen deutlich minimiert und steigt im Horizont 3.3.8 mit dem Erreichen der GW-gesättigten Zone nochmals stark an. Im Gegensatz zu anderen Elementen ist Blei bei höheren Humusgehalten im Substrat tendenziell weniger verfügbar. Niedrige pH-Werte im Grenzbereich von pH 4 (BLUME & BRÜMMER 1987) in feinkörnigeren mineralischen Unterbodenhorizonten bewirken dagegen eine höhere Pb-Mobilität.

Bei **Zink** ist gleichfalls in den obersten beiden humosen, kiesig-sandigen Horizonten eine Abnahme des pflanzenverfügbaren Anteils festgestellt worden. Mit dem Einsetzen des sandigen, schwach schluffigen Horizonts 3.3.4 wurde zudem eine Zunahme der Pflanzenverfügbarkeit registriert (Abb. V.1-19). Ein steuernder Einfluß der pH-Werte in dem Bodenprofil 3.3 konnte auch für Zink mit einem höheren Grenz-pH-Wert von pH 6 - 5,5 nicht nachgewiesen werden (BLUME & BRÜMMER 1987).
Auffällig ist die Erhöhung des Zn-Gesamtgehalts im Wechsel von überlagernden kiesig-sandigen Horizonten zum stärker feinsandigen, schwach schluffigen Bodenhorizont 3.3.4 (Abb. V.1-19), die vergleichbar mit dem Verhalten der Elemente Pb und Cu ist. Gerade die weitaus mobileren Elemente Cd und Mn zeigen in diesem Übergangsbereich des Profils die geringsten Gesamtgehalte. Vertikale Elementverteilungen in den Aueböden der Muldeaue bestätigen, daß Cd, Zn aber auch Pb und Cu in den Unterböden einem gemeinsamen älteren Eintragsmuster angehören und miteinander positiv korrelieren. Geringere Cd- und Zn-Gesamtgehalte in den Ober- als in den Unterbodenhorizonten des Profils 3.3 könnten auf Abreicherungs- und Verlagerungsprozesse in tiefere Bodenhorizonte hindeuten. Allerdings ist auch hier die Wirkung einer sedimentären Abfolge oder Korngrößeneffekte nicht auszuschließen.

2.2.3 Zusammenfassung der substratabhängigen Elementmobilität in der Muldeaue

Aueböden und Gewässersedimente der Mulde wurden mit verschiedenen Extraktions- und Elutionsverfahren behandelt, um die chemische Mobilisierbarkeit von Schwermetallen und Metallen in der organisch/anorganischen Festsubstanz zu bemessen. Es wurden parallele Methoden (Königswasser, EDTA, NH_4NO_3) zur flächendeckenden Untersuchung und das sequentielle Verfahren nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) für detaillierte Untersuchungen auf der Basis der lithofaziellen Gliederung (Kap. 1.5.2) eingesetzt. Zugleich fand eine Methodenüberprüfung statt, um Einflüsse der Probenaufbereitung auf die genannten Extraktionsverfahren zu erfassen. Insbesondere Veränderungen der Mobilitäten durch Oxidationseffekte des Probenmaterials wurden qualitativ und quantitativ nachgewiesen und bei der Ergebnisinterpretation berücksichtigt.

Die Extraktion mit Königswasser erzielt mit Anteilen von >30 - 96 % am RFA-Gesamtgehalt in Oberböden und Unterbodenhorizonten bei allen Elementen den größten Mobilisationseffekt. Die EDTA-löslichen Anteile am Gesamtgehalt schwanken zwischen <1 - 60 %. Sehr geringe pflanzenverfügbare Anteile (NH_4NO_3) wiesen, gemessen am Gesamtgehalt, die Elemente Fe, As und Cr (0,02 - 0,15 %) auf. Als besonders pflanzenverfügbar erwies sich Cadmium mit ca. 22 %. Ein vergleichbares Verhalten zeigten Cd, Zn und Ni hinsichtlich der Pflanzenverfügbarkeit und Cu und Pb bezüglich der EDTA-löslichen Fraktion. Eine geringe EDTA- und NH_4NO_3-Verfügbarkeit prägte das Mobilitätsverhalten von As, Cr und Fe. As und Fe reagieren dagegen empfindlich auf Änderungen der Redox-Verhältnisse.

Die sequentielle Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) hatte zum Ergebnis, daß Arsen, Blei und Kupfer an schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxiden sowie an die Residualfraktion gebunden sind. Cadmium ist verstärkt pflanzenverfügbar und leicht mobilisierbar und zu einem Teil auch residual gebunden. Cr, Ni, Zn und natürlich Eisen sind überwiegend an die

Residualfraktion und zum Teil an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide fixiert. Mangan ist zum Großteil residual oder in Form von Mn-Oxiden gebunden, bildet jedoch wie Cadmium auch pflanzenverfügbare Anteile aus.

Verschiedene Prozesse, die durch das Zusammenwirken wichtiger physiko-chemischer Parameter gesteuert werden, bestimmen das elementspezifische Mobilitätsverhalten. Diese Prozesse sind entscheidend für die Stoffdynamik in der Muldeaue.

Der Vergleich der KW-löslichen mit den NH_4NO_3-Anteilen in Relation zum RFA-Gesamtgehalt verdeutlicht das gegensätzliche Verhalten der beiden Fraktionen. Hohe KW-Anteile in Auelehmen des Lithofaziestyps L2 und in Auesanden der Uferzonen (Lithofaziestyp L3) waren häufig mit niedrigen pflanzenverfügbaren Anteilen kombiniert. Umgekehrt wurden erhöhte pflanzenverfügbare Anteile in bindigen, insbesondere vergleyten Auelehmen mit Grundwassereinfluß und komplexen Redox-Verhältnissen festgestellt (Lithofaziestyp L1). Einerseits besitzen bindige Bodensubstrate ein hohes Retentionspotential infolge der geringeren Durchlässigkeit und des größeren Anteils an Sorptionsplätzen. Andererseits stellt sich bei stärkerem Grundwassereinfluß ein Feststoff-/Lösungsgleichgewicht ein, das ein höheres Potential an pflanzenverfügbaren, unspezifisch adsorbierten Elementanteilen erzeugt. In höher gelegenen Auelehmböden mit weitaus schwächerem GW-Einfluß und tendenziell stärker aeroben Bodenverhältnissen ist die Verfügbarkeit von Schwermetallen und Metallen deutlich geringer (Lithofaziestyp L2). Dagegen verfügen sandige bis kiesige Substrate mit höherer Durchlässigkeit (Lithofaziestypen L3, L4) nur über ein geringes Retentionsvermögen für gelöste Stoffe. Der Anteil an Oberflächensorptionsplätzen ist vergleichsweise klein, was den Anteil unspezifisch gebundener, pflanzenverfügbarer Elementanteile reduziert. Niedrige pH-Werte führen zwar bei vielen Schwermetallen und Metallen zu einem Anstieg des pflanzenverfügbaren Anteils (Abb. 2-24), jedoch wird dieser in Sanden und Kiesen mit hoher Durchlässigkeit aus den genannten Gründen infolge von Sickerwassereinflüssen reduziert.
Die KW-Extraktion erfaßt darüber hinaus auch immobilere Elementanteile im Substrat. Ein Anstieg der KW-löslichen Anteile korreliert nachweislich mit zunehmender Korngröße (Tab. V.1-1, negative Korrelation KW/RFA mit Korn). Dies deutet daraufhin, daß in der Fraktion <63 µm bindiger Substrate Schwermetalle und Metalle besonders stabile Verbindungen u.a. mit Tonmineralen eingehen, die durch die Extraktion mit Königswasser nur begrenzt wieder gelöst werden können. Andererseits ist aus der Fraktion <63 µm gröberer Substrate ein deutlich größerer KW-löslicher Anteil, gemessen am RFA-Gesamtgehalt, zu gewinnen.

Wichtige Steuerungsprozesse der Elementmobilität konnten zudem bei der Methodenüberprüfung der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) beobachtet werden, bei dem feldfrische mit labortechnisch getrockneten Proben aus anaeroben Bodenbereichen sequentiell extrahiert und deren Ergebnisse gegenübergestellt wurden (Kap. 2.2). Oxidationsprozesse des Probenmaterials führten oft zu einer Vergrößerung der residualen und teilweise der an schlecht bis gut kristallinen Fe-Oxiden gebundenen Fraktion. Die Senkung des Boden-pH-Werts durch Oxidationsprozesse führte zudem zu einer Erhöhung der schwächer gebundenen Fraktionen, insbesondere der pflanzenverfügbaren Fraktion. Im Gegenzug verringerten sich häufig die Anteile der übrigen Fraktionen. Oxidations- und Reduktionsprozesse beeinflussen somit infolge wechselnder Grund- und Sickerwasserverhältnisse die Mobilität und die Verfügbarkeit von Schwermetallen und Metallen in der Muldeaue.

In den Gewässersedimenten der Mulde zeigen Schwermetalle und Metalle in Abhängigkeit von den herrschenden Milieuverhältnissen sehr unterschiedliche Mobilitäten. Einerseits sind in feinkörnigen, mit gröberen organischen Pflanzenmaterial angereicherten Gewässersedimenten die Elemente As, Cd, Cu, Fe, Ni und Zn überwiegend residual gebunden. Eine mögli-

che Ursache für den hohen Residualanteil ist die Akkumulation in der nur wenig zersetzten und schwer zerstörbaren Pflanzensubstanz. Nach LORENZ (1997) kann die Immobilisierung in überströmten Flußsedimenten auch die Folge mikrobiologisch gesteuerter Reduktionsprozesse und der Metallsulfidbildung sein. Andererseits zeigen Schwermetalle und Metalle in stärker anoxisch geprägten Gewässersedimenten mit geringem organischen Inhalt eine höhere Mobilität (u.a. Cd, Zn), die sich zum Teil durch Oxidationsprozesse während der Probenaufbereitung erklären läßt.

Die vier Lithofaziestypen lassen sich anhand des Mobilitätsverhaltens der Elemente in Abhängigkeit von den Milieuverhältnissen wie folgt differenzieren (Tab. 2-18).

Tab. 2-18: Ergebnisse der elementspezifischen Mobilität in Auebereichen mit unterschiedlicher Lithofazies und Milieuverhältnissen (pH < 7).

Lithofaziestyp	L1(ox)	L1(anox)	L2	L3	L4
Substrat (Oberboden)	U(t)	U(t)	U(t)	S(u)	S - G
Substrat (Unterboden)	U - S	U - S	U - S	S(g)	S/U und G
GW-Einfluß	schwankend	permanent	geringer	gering	gering
Redox-Verhältnisse	oxisch bis schwach anox.	stark anoxisch	oxisch	oxisch	oxisch
Boden-pH	niedrig	Reduktion erzeugt pH ≈ 7	niedrig	niedrig	niedrig
Retentionspotential (chemisch-physikalisch)	hoch	hoch	hoch	niedrig	niedrig
Pflanzenverfügbarkeit (Elution mit NH_4NO_3)	hoch	hoch	niedrig	niedrig wenn pH < G-pH	niedr. wenn pH < G-pH
Austragspotential	hoch	hoch	niedrig	niedrig bis hoch wenn pH < G-pH	mittel
Elemente im Oberboden mit erhöhter Mobilität	**As**, **Cd**, Cu, Fe, **Mn**, Ni, Pb, Zn	As, Cd, Mn, Ni, Zn, Pb	As, Cd, Cu, Mn, Pb	**Cu**, **Fe**, **Pb**, Zn wenn pH<G-pH	Cd, Mn, Ni, Zn
Elemente im Unterboden mit erhöhter Mobilität	Cd, Cu, Mn, Ni, Pb	**As**, **Fe**, **Mn** (deutlich erhöht)	---	As, Cd, Cu, **Fe**	As, Cd, **Cu**, Fe, Mn, **Ni**, **Pb**, Zn

G-pH : Grenz-pH-Wert nach BLUME & BRÜMMER (1987)

Der *Lithofaziestyp L1* teilt sich in zwei Subtypen mit unterschiedlichen Redox-Milieuverhältnissen und differenziertem elementspezifischen Mobilitätsverhalten in den Unterbodenhorizonten.

Der *Lithofazies-Subtyp $L1_{ox}$* GW-beeinflußter Auelehme bis Auengleye in oxischen bis schwächer anoxischen Auebereichen repräsentiert stark humose Oberböden und wechselnde Redoxbedingungen. Arsen, Cadmium, Mangan sowie Kupfer, Eisen, Nickel, Blei und Zink lassen überdurchschnittliche Mobilitäten erkennen. In tieferen Horizonten sind Cadmium, Kupfer, Mangan, Nickel und Blei ebenfalls überdurchschnittlich mobil.

Der zweite *Lithofazies-Subtyp $L1_{anox}$* betrifft stärker vergleyte Auelehme bis Auengleye, die permanent unter GW-Einfluß stehen und deshalb in tieferen Bodenhorizonten zu stark anoxischen Verhältnissen tendieren. Im Oberboden sind Arsen, Cadmium, Mangan, Nickel, Zink und auch Blei durch wechselnde Redox-Bedingungen infolge schwankender Wassersättigung und Prozesse der Humifizierung erhöht mobilisierbar. Arsen wie auch Mangan und Eisen reagieren im Tiefenverlauf mit einem deutlichen Anstieg leichter verfügbarer Fraktionen auf

Kosten der Residualanteile. Cadmium zeigt dagegen in tieferen Horizonten einen Anstieg der Residualfraktion, was durch die Bildung von immobilen Metallsulfiden bedingt sein könnte. Das Verhalten der anderen Elemente ist unter anoxischen Bodenmilieubedingungen, nicht zuletzt wegen der geringeren Mobilitäten, bedeutend schwächer ausgeprägt. Die überlagernde Wirkung des Bodenmilieus und möglicher Oxidationsprozesse infolge der Probenpräparation beeinflussen die Elementmobilitäten. Oftmals konnte bei anfangs stark anoxischem Probenmaterial einer Erhöhung des pflanzenverfügbaren Anteils beobachtet werden.

Auelehme des *Lithofaziestyps L2* finden sich in höheren Geländebereichen und sind geringer GW-beeinflußt. Der schwächere GW-Einfluß hat geringere Elementmobilitäten zur Folge. Humose Oberböden weisen leicht überdurchschnittliche Mobilitäten der Elemente Arsen, Cadmium, Kupfer, Mangan und Blei im Vergleich zu Unterböden auf.

Vorrangig sandige, leicht schluffige Substrate des *Lithofaziestyps L3* sind in Uferbereichen und einzelne Flutrinnen anzutreffen. Die Elementmobilitäten sind mit Ausnahme der Uferbereiche des Spittelwassers in der übrigen Muldeaue dieses Lithofaziestyps durchschnittlich ausgeprägt. Schwermetalle und Metalle zeigen in den humosen Oberböden tendenziell eine unterdurchschnittliche Mobilität. In tieferen Bodenbereichen wie den fossilen Oberbodenhorizonten erweisen sich Arsen, Cadmium, Kupfer und vor allem Eisen als leicht überdurchschnittlich mobil. Im Gegensatz dazu befinden sich die Boden-pH-Werte am Spittelwasser wegen der früheren Gewässerbelastung durch Salz- und Säurefrachten (ANONYMUS 1996) weiterhin in einem kritischen Bereich von ca. pH 3 - 4, was die Mobilität von Kupfer, Eisen, Blei und Zink in den sandigen, humosen Oberböden stark erhöht.

Der *Lithofaziestyp L4* umfaßt Terrassenkiese, kiesige Gleithangbereiche und kiesig-sandige Flutrinnen. In den sandig-kiesigen, teilweise humosen Auflagehorizonten deuten nur Cd, Mn, Ni und Zn eine leicht überdurchschnittliche Mobilität an. In dem gut durchlässigen Substraten mit geringen Retentionspotential stellt vor allem die organische Bodensubstanz Bindungskapazitäten für Schwermetalle und Metalle zur Verfügung. In tieferen Horizonten fehlt die organische Bodensubstanz, was die Sorptionskapazität der Horizonte stark verringert. Schluffige Lagen tieferer Bodenbereiche akkumulieren beim Sickerwassertransport gelöste Schwermetalle und Metalle und bilden wegen der niedrigen Boden-pH-Werte verstärkt pflanzenverfügbare und leichter mobilisierbare Fraktionen von Cu, Pb sowie Cd, Ni und Zn aus.

Die Untersuchungen belegen, daß hydrologisch gesteuerte, physiko-chemische Milieuparameter und Prozesse eine Remobilisierung von Schwermetallen und Metallen in Böden mit allgemein hohem Resorptions- und Retentionspotential bewirken können. Besonders betroffen sind davon Auebereiche des Lithofaziestyps 1 unter oxischen bis stark anoxischen Bedingungen sowie lokal stark versauerte und stark kontaminierte Oberböden wie am Spittelwasser (Lithofaziestyp L3).

3. Hydrogeologisch-hydrochemische Dynamik

3.1 Wasserhaushalt in Flußauen

Der Wasserhaushalt einer Flußaue wird durch Niederschläge, Verdunstung, oberirdischen und unterirdischen Zu- und Abfluß der Oberflächengewässer und des Grundwassers reguliert. In diesem Zusammenhang stellen Überschwemmungen Extremereignisse mit hohen Zu- und Abflußraten dar. Die allgemeine Wasserhaushaltsgleichung (nach HÖLTING 1996) läßt sich, bezogen auf Flußauen, wie folgt ausdrücken:

Modifizierte Gleichung: $Z_o + Z_u + N + S = A_o + A_u + V$

Z_o = oberirdischer Zufluß (Bäche, Flüsse, Kanäle etc.)
Z_u = unterirdischer Zufluß (lateraler Grundwasserzustrom)
N = Niederschlag (Regen, Schnee)
S = Standgewässer (Altarme, Rinnen)

A_o = oberirdischer Abfluß (Flüsse, Kanäle, etc.)
A_u = unterirdischer Abfluß (Grundwasserabstrom)
V = Verdunstung (Gesamtverdunstung, bestehend aus Evapotranspiration und Verdunstung im Bereich von Oberflächengewässern)

Wesentliche Größen sind Zu- und Abflüsse der Fließgewässer und des Grundwassers (Z_o + Z_u), über die der gelöste und partikelgebundene Schadstoffeintrag und -austrag gesteuert wird. Die Schadstoffeinträge über den Luft- und Fließgewässerpfad gingen nach der Vereinigung beider deutscher Staaten 1989/90 zurück.

Der Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf der Erfassung von Stoffausträgen aus den kontaminierten Auebereichen der Mulde. Wichtig ist hierbei die Erfassung von Mobilisationsprozessen für in Böden und Sedimenten eingelagerte Schadstoffe. Der *Sickerwasser*-Stofftransport wird in den Aueböden auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser durch Niederschläge (N) und Überschwemmungen (Z_o) geregelt. Die Überschwemmungsneigung eines Auebereichs ist von der Höhenlage, morphologischen Hindernissen und vorhandenen Fließwegen wie Flutrinnen abhängig. Während eines Hochwassers sind zudem *Qualmwasserbildungen* infolge des Anstiegs des Grundwassers über die Geländeoberkante hinaus in Altarmen und Flutrinnen zu erwarten.

3.1.1 Einfluß von Niederschlägen auf den Wasserhaushalt der Muldeaue

Bei überwiegendem Westwindeinfluß wird die im Windschatten des Harzes gelegene mitteldeutsche Region mit vergleichsweise geringen Jahresniederschägen von 450 bis 600 mm versorgt (MÜLLER & JUNGE 1999; HAFERKORN 2000). Den Niederschlagsverhältnissen stehen relativ hohe Verdunstungsraten von 450 mm (SCHRÖDTER 1996) bis 600 mm gegenüber (HAFERKORN 2000). Die Region von Bitterfeld/Wolfen ist mit ca. 550 mm/a eine der niederschlagsärmsten Gebiete Deutschlands (OTTO & MLEINEK 1997).

Repräsentative Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) der Jahre 1981 - 1997 wurden für das mitteldeutsche Gebiet um Leipzig, Dresden, Halle bis Wittenberg in der Dissertation von HAFERKORN (2000) veröffentlicht. Die Meßstationen in Brandis südwestlich v. Leipzig, Oschatz in der Nähe von Dresden, Leipzig-Schkeuditz, Halle (a.d. Saale)-Kröllwitz und Wittenberg an der Elbe geben einen Eindruck von den klimatischen Verhältnissen im Großraum Bitterfeld/Wolfen (Abb. 3.1-1). In den Grafiken ist die jahreszeitliche Entwicklung des Niederschlags im Vergleich zur potentiellen Verdunstung (potentielle Evapotranspiration) an den Meßstandorten dargestellt (Abb. 3.1-2). Die monatlichen Mittel von Niederschlag und potentieller Verdunstung der regional weit auseinanderliegenden Stationen korrelieren sehr

eng miteinander (Abb. 3.1-2). Aufgrund der guten großräumigen Übereinstimmung können vergleichbare Verhältnisse im Raum Bitterfeld/Dessau angenommen werden.

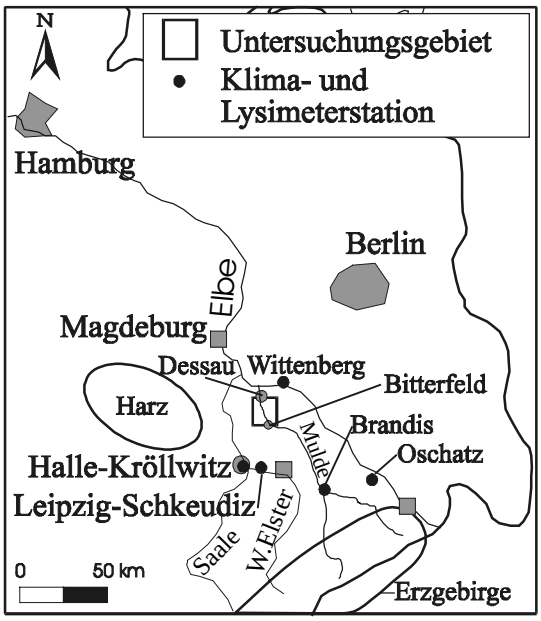


Abb. 3.1-1: Lage der Klimameßstationen im Gebiet um Bitterfeld/Wolfen

Generell liegt ein subhumides Klima vor. Mindestens sechs wasserdefizitäre Monate und höhere Verdunstungsraten von April bis September sind charakteristisch (Abb. 3.1-2). Die GW-Neubildung durch Niederschläge kann durch Sickerwasserzuflüsse im Mittel von 175 mm bei Böden mit geringem nutzbaren Wasservorrat und 50 mm bei Lößböden angegeben werden, wobei Zuflüsse überwiegend von August bis März stattfinden (HAFERKORN 2000). Hohe Verdunstungsraten im Sommerhalbjahr können in Auebereichen mit geringem GW-Flurabstand durch Kapillaraufstieg zu einer GW-Absenkung beitragen. Im Winterhalbjahr addieren sich bei der Berechnung der Grundwasserneubildung zu den Niederschlägen Hochwasserereignisse mit Überflutungen großer Auebereiche. Die in Abb. 3.1-2 nicht angegebenen Spannweiten der Monatsmittel der jährlichen Niederschlags- und Verdunstungsraten betragen in trockenen, normalen und feuchten Monaten <40 mm, 40 - 80 mm und >80 mm.

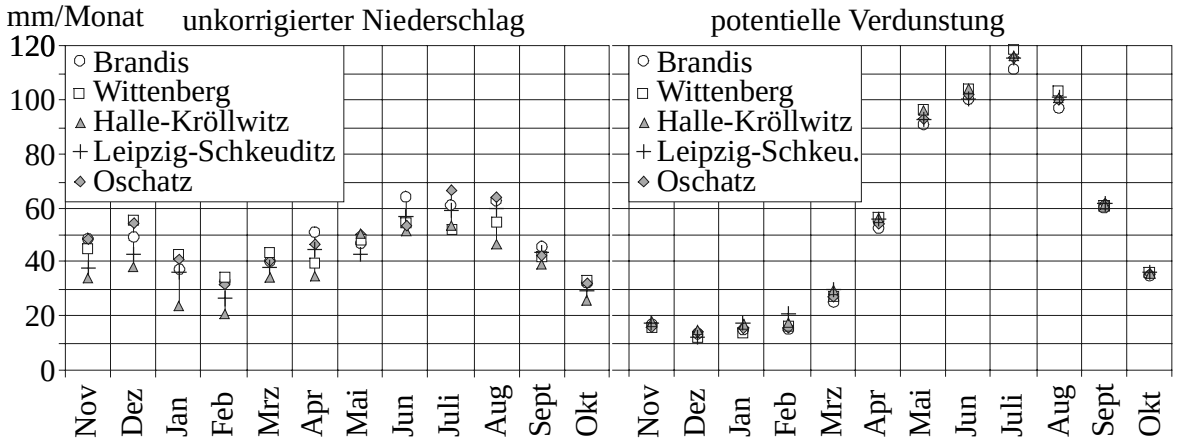


Abb. 3.1-2: Monatswerte des unkorrigierten Niederschlags und der potentiellen Verdunstung für Klimastationen des Deutschen Wetterdienstes und Brandis (1981-97) [umgezeichnet nach HAFERKORN 2000].

Schneeniederschläge (Probenahme am 15.12.1999) in den Gebietsteilen der Transekte I und III weisen einen niedrigen Mineralisierungsgrad und entsprechend geringe Stoffgehalte auf, die nur sehr geringe Einträge über diesen Pfad dokumentieren (Tab. 3.1-1).

Tab. 3.1-1 Hydrochemische Inhaltsstoffe von Niederschlägen (Probenahme 15.12.1999).

mg/l	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	F^-	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	As	Cd	Zn
TI/Schnee	0,6	0,4	0,07	1,7	<0,02	1,5	3,4	3,4	0,0007	0,0001	<0,03
TIII/Schnee	1,1	0,8	0,05	1,2	0,26	2,6	3,6	2,9	0,0005	0,0002	0,03

3.1.2 Hydrogelogische Verhältnisse in den Auebereichen der Transekte I und III

Hydrodynamische Prozesse in der Muldeaue beeinflussen generell die Verteilung und die Mobilität von Schadstoffen in der Muldeaue. Die Pegelstände der Mulde und des Grundwassers der Teilarbeitsgebiete der Transekte I, II und III wurden von April 1997 bis April 1999 beobachtet. Entsprechend wurden jahreszeitliche Schwankungen wie auch Hochwasserphasen mit Geländeüberflutungen zu monatlichen Stichtagsterminen im Rahmen der Grundwasserprobenahme an verschiedenen Meßstellen dokumentiert (Abb. 1-6,-7, -8, -9). Lage und Ausbau der Grundwassermeßstellen (GWMS) wurden bereits im Zusammenhang mit der Geologie und den Bodenverhältnissen in Kap. 1.5 beschrieben. Das Ausmaß der beobachteten Überschwemmungen ist in Abb. V.1-1 (Anhang) dargestellt.

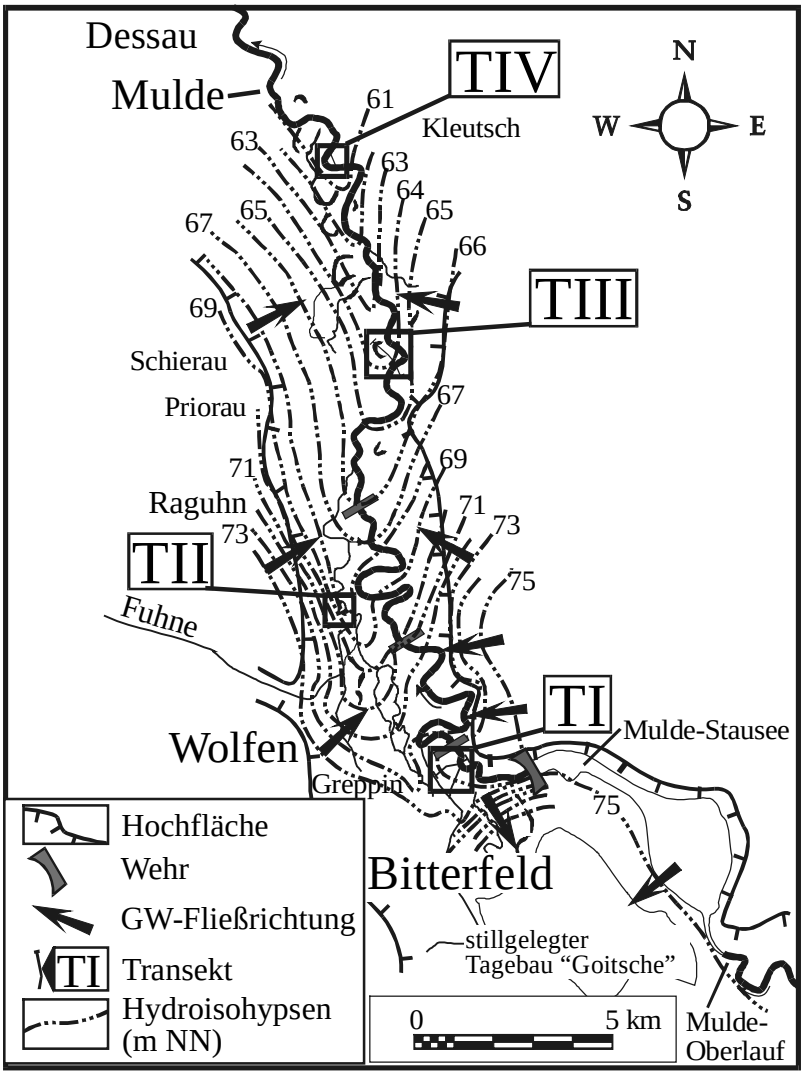


Abb. 3.1-3: Grundwasserverhältnisse in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen umgezeichnet und verändert nach ANONYMUS (1994b).

Die fluviatilen Sedimente der Mulde-Niederterrasse bilden östlich und westlich der Mulde den obersten Grundwasserleiter. Der ca. 15 m mächtige quartäre Grundwasserleiter wird von holozänen Auesedimenten (Auelehm, -sand, -kies) überlagert und besteht im oberen Bereich aus fluviatilen Sanden, Kiesen und Schottern (K_f-Wert um 10^{-3} m/s) darunter überwiegend aus Schmelzwassersanden und zwischengeschalteten Geschiebemergeln. Das Grundwasser fließt von den Höhenlagen in nordwestlicher bzw. nordöstlicher Richtung der Mulde zu (Abb.

3.1-3). Um das mittlerweile geflutete Tagebaurestloch der „Goitsche“ bildete sich in der Abbauphase ein GW-Absenkungstrichter von mehreren Kilometern Durchmesser (ANONYMUS 1994b).

Im Teilgebiet des Transekts I wurden im östlichen Auebereich der Mulde an drei GWMS die Grundwasserstände beobachtet (Abb. 3.1-4). Der Grundwasserstand wird durch ein etwa 0,5 km stromabwärts gelegenes Stauwehr bei durchschnittlich 74,5 m NN konstant gehalten. Der Grundwasserflurabstand beträgt im Mittel 0,8 - 0,6 m u. GOK (GWMS 1 + 2) und an der GWMS 3 <0,5 m u. GOK. Die Fließgeschwindigkeit der Mulde ist auf wenige dm/s reduziert.

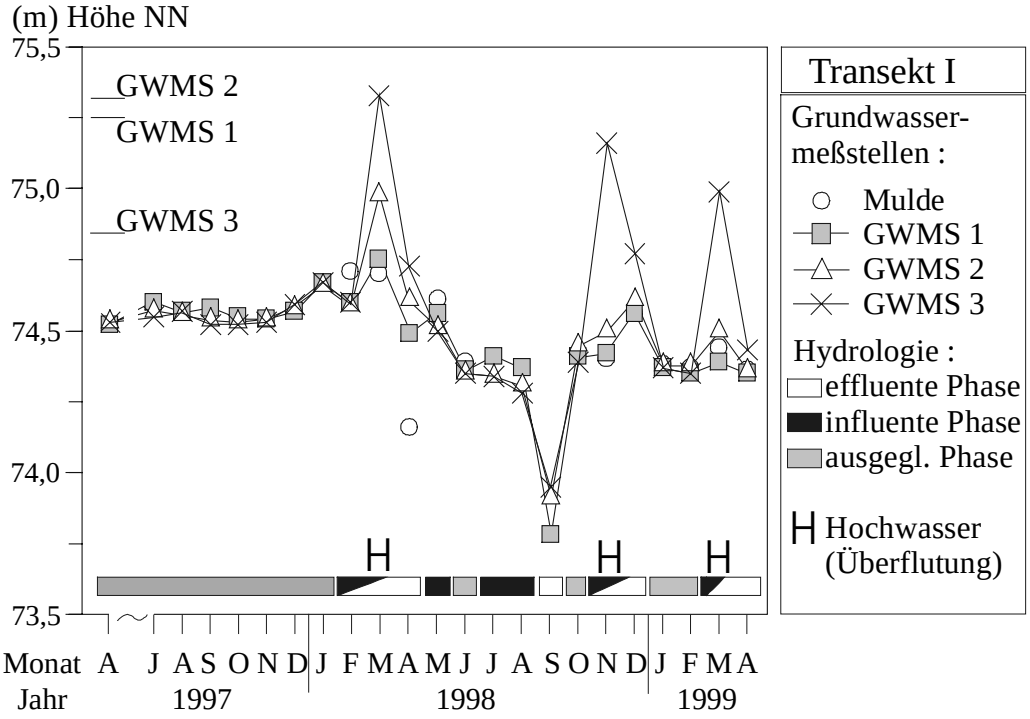


Abb. 3.1-4: Hydrologische Verhältnisse am Transekt I bei Muldenstein/Greppin.

Im Gegensatz zum östlichen Auebereich ist auf der Westseite der Mulde anhand der Bodenprofile ein konstantes Grundwassergefälle in Richtung des ehemaligen Tagebaus „Goitsche“ festgestellt worden. An den GWMS wurden drei Hochwasserphasen im März und November/Dezember 1998 und im März 1999 registriert (Abb. 3.1-4). Während der Hochwasserwellen 1998/99 wiesen Flutmarken in Form von pflanzlichem Schwemmaterial auf Maximalwasserstände von ca. 75,25 - 76,25 m NN hin. Die Hochwasserwellen erfaßten nahezu den gesamten Binnendeichbereich der Muldeaue bei Greppin (Abb. V.1-1). Die Versickerung des Oberflächenwassers in den lehmig-tonigen Senkenbereichen (GWMS 3) verzögerte sich im Vergleich zum GW-Abfluß. Die Grundwasserverhältnisse im oberen sandigen Grundwasserleiter (GWL) sind unterhalb der Auelehmdeckschicht je nach Höhenlage des Grundwasserstandes ungespannt oder gespannt. Eine hydraulische Anbindung des GWL an die Mulde ist über Flußbettsande mit geringem Feinkornanteil gegeben. Die Grundwasserstände der 2 m vom Flußufer entfernten GWMS 1 sind mit den Wasserständen der Mulde außerhalb der Hochwasserperioden vergleichbar (Abb. 3.1-4). Nur im April 1998 wurden höhere Grundwasserstände in der Uferzone (GWMS1) als im Flußwasser festgestellt. Effluente Verhältnisse stellten sich infolge der Öffnung des Stauwehres im Abstrom durch eine Absenkung des Flußwasserstandes ein. Ein geringer Feinkornanteil im Mulde-Flußbett ist auf eine reduzierte Schwebstofffracht wenige Kilometer unterhalb des Muldestaudamms zurückzuführen. Dem-

entsprechend sind die Voraussetzungen zur Ausbildung einer Kolmationszone im sandigen Flußbett der Mulde kaum gegeben.

Im Auegebiet des Transekts III wurden an vier GWMS westlich der Mulde die Grundwasserstände beobachtet (Abb. 3.1-5). Die Mulde weist in diesem Abschnitt deutlich höhere Fließgeschwindigkeiten von 0,5 - 1,0 m/s im Vergleich zu denen bei Greppin auf (Transekt I).
Die GWMS 1 wurde im Abstand von ca. 2 m vom Flußufer in grundwasserführenden Kiesen gegründet und spiegelt aufgrund der sehr guten hydraulischen Anbindung an die Mulde deren Wasserstände wider. Der nicht regulierte Flußabschnitt weist Schwankungen des Muldepegels zwischen 66,5 m NN und sommerlichen Tiefstwasserständen von 63,5 m NN auf, die auch im Altarmbereich an der GWMS 4 festgestellt wurden (Abb. 3.1-5). Vergleichbar mit den Verhältnissen bei Greppin (Transekt I) wurden an den GWMS des Transekts III drei Hochwasserphasen im März und November/Dezember 1998 und März 1999 festgestellt. Flutmarken (Schwemmmaterial) der Frühjahrshochwässer wiesen auf Maximalwasserstände der Mulde von etwa 66,6 m NN (März 1998) und 67,0 m NN (März 1999) hin. Das Flußwasser infiltrierte zum Teil über den gut durchlässigen, kiesigen Grundwasserleiter in Senken und Altarmbereiche. Die Überschwemmung des Altarmbereichs (Maximum ca. 66,5 m NN, März 1999) erfolgte über tiefere, rückwärtige Uferböschungen. Beim Rückgang des Hochwassers wurden große Mengen des Stauwassers im Altarmbereich über einen rückwärtigen Entwässerungskanal in die Mulde zurückgeleitet und der Wasserspiegel bis auf ein bestimmtes Niveau abgesenkt. Abflußlose Senken wie Flutrinnen (GWMS 3) und tiefere Altarmbereiche (GWMS 4) blieben längere Zeit überflutet.

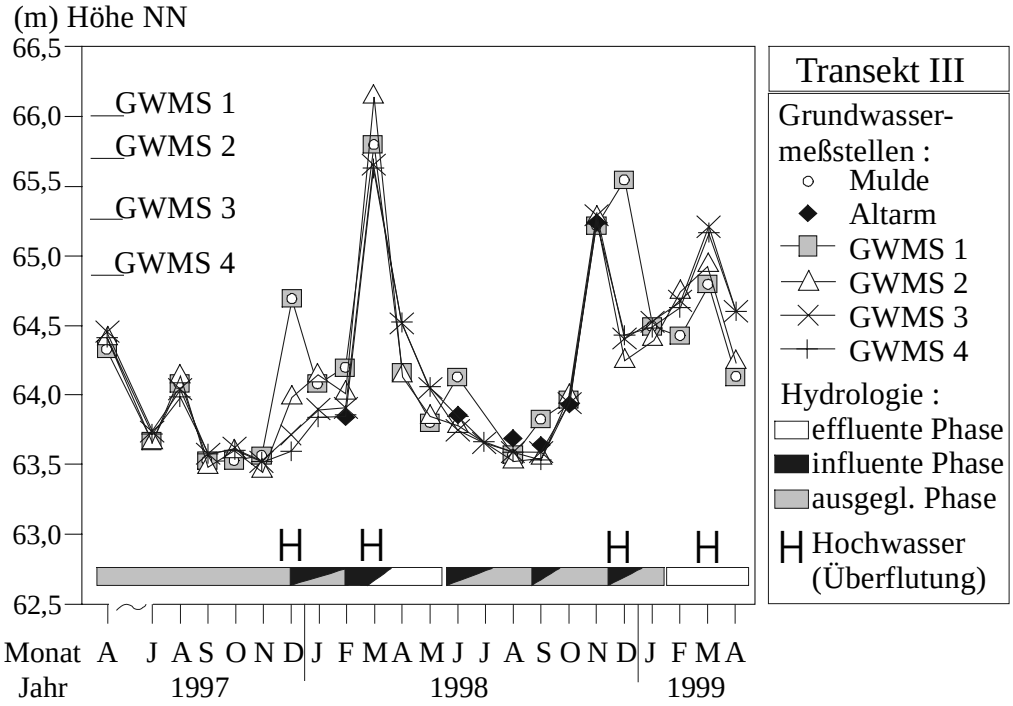


Abb. 3.1-5: Hydrologische Verhältnisse am Transekt III bei Schierau/Priorau.

Nach den obigen Ergebnissen wird der Grundwasserspiegel in beiden Auebereichen (Transekt I, III) entscheidend durch Schwankungen des Flußwasserstands und insbesondere durch Hochwasserereignisse beeinflußt.

Ein Hochwasser läßt sich generell durch eine Abflußganglinie beschreiben, die aufgrund der unterschiedlichen Morphologie und hydrodynamischen Ausprägung der unterschiedlichen

Gewässerabschnitte charakteristisch verformt wird. Häufig beobachtet man rechtsschiefe Ganglinienverläufe (steiler Anstieg, langsamer Pegelrückgang), die mit zunehmender Zeit durch Retentionseffekte oder Zuflüsse gedehnt werden oder stärker zerfallen.

Im Idealfall besitzt eine Hochwasserwelle einen sinoidal langgestreckten Verlauf (Abb. 3.1-6). Beispielhaft ist das Extremhochwasser im August 2002 an der Elbe und an den Nebenflüssen wie der Mulde. Nach Informationen des SÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2002) ereigneten sich am 11./12.08.02 Starkniederschläge von flächendeckend 50 bis 200 mm/Tag in Sachsen. Parallel zum Hochwasser an der Elbe und den anderen Nebenflüssen bildete sich am 12. und 13.08.02 eine Hochwasserwelle an der Mulde aus. Der Scheitelpunkt passierte den Pegel Golzern nördlich von Grimma in Sachsen am 13.08.2002 um ca. 20.00 Uhr (147 km bis Elbmündung). In Bad Düben, 25 km vor Bitterfeld-Wolfen, wurde der Pegelhöchststand am 14.08.2002 um ca. 10.00 Uhr erreicht. Dementsprechend hatte die Hochwasserwelle in diesem Abschnitt eine Geschwindigkeit von durchschnittlich 4,3 km/h. Zum Vergleich betrug die mittlere Scheitelgeschwindigkeit an der Elbe von Dresden bis Magdeburg während des Hochwassers von 1845 etwa 4,5 km/h (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 2002). Während des Hochwassers im August 2002 erreichte der Mulde-Hochwasserscheitelpunkt Bitterfeld/Wolfen am 14.08.2002 um ca. 15.00 Uhr mit 2 Tagen Verzögerung (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2002). Der Passage des Hochwasserscheitels nach zwei Tagen folgte über mehrere Wochen der Rückgang der Pegelstände infolge des Ablaufs der Hochwassermassen.

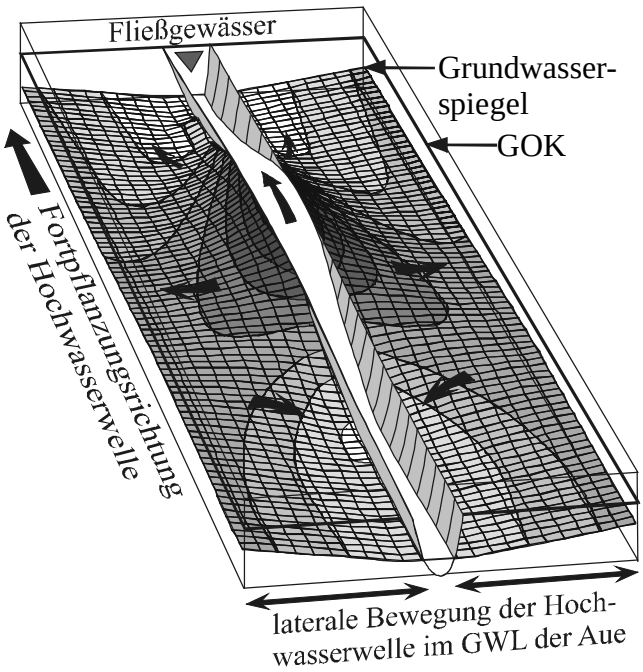


Abb. 3.1-6: Prinzipskizze zum Ausbreitungsverhalten einer Hochwasserwelle im GWL einer Flußaue (idealisierter sinoidaler Wellenverlauf).

3.1.3 Modellrechnungen zur Abschätzung von Qualmwasserdurchbrüchen

Die laterale Ausdehnung der Flusswasser-Infiltrationszone im angrenzenden Grundwasserbereich, der auch als hyporheische Zone bezeichnet wird (WOESSNER 2000), ist sehr variabel (SOPHOCLEOUS 2002). Die Ausdehnung dieser Zone ist von der Dimension und Wasserführung des Vorfluters und des Grundwasserleiters und von deren unterschiedlichen lokalen hydraulischen Verhältnissen abhängig. WONDZELL & SWANSON (1999) gewannen in Untersuchungen über Strömungszustände unter Hochwasserbedingungen wichtige Erkenntnisse. Laterale influente/effluente Strömungsverhältnisse zwischen Grundwasser und Vorfluter werden durch parallel zur Vorfluterrichtung ausgerichtete Fließbewegungen ergänzt. Lithofazielle und morphologische Heterogenitäten des Flußbetts und des anschließenden Grundwasserleiters beeinflussen die Fließrichtung sowie Austauschprozesse zwischen Vorfluter und hyporheischer Zone (WROBLICKY et al. 1998; DITTRICH 1998). Austausch- und Transportprozesse in der hyporheischen Zone sind u.a. durch Tracerversuche verifizierbar (DEHNERT 1998; MONTENEGRO et al. 1999). Nach MONTENEGRO et al. (1999) für die Elbe und WEGENER

(1999) für den Chena River nahe Fairbanks, Alaska erreichen Infiltrationsfronten während eines Hochwassers im angrenzenden GWL-Bereich eines Flusses Reichweiten von 8 und 30 m (letztere Chena River).

Um einen Eindruck von der Hochwasserdynamik und speziell der Wirkung von Oberflächenzuflüssen und Qualmwasseraufstiegen zu erhalten, können analytische und numerische Strömungsmodelle genutzt werden (KINZELBACH & RAUSCH 1995; BUREK 1999; MONTENEGRO et al. 1999). Wasserstandsänderungen im Fließgewässer können sehr schnelle und weitreichende Auswirkungen auf angrenzende GWL-Bereiche haben, die sich nach WEGENER (1997) und MONTENEGRO et al. (1999) auf lateral und mit der Fließrichtung ausdehnende Druckwellen zurückführen lassen. Insbesondere verursacht die Flußwasserinfiltration im halbgespannten bis gespannten GWL unter Auelehmdeckschichten aufgrund geringer Speicherkapazitäten schnelle Bewegungen des Druckwasserspiegels (MONTENEGRO et al. 1999). Allgemein sind vergleichbare Druckwellenphänomene in Grundwasserleitern vor allem im Küstenbereich infolge tidaler Meeresspiegelschwankungen bekannt (ANONYMUS 1999; JIAO & TANG 1999; TANG & JIAO 2001).

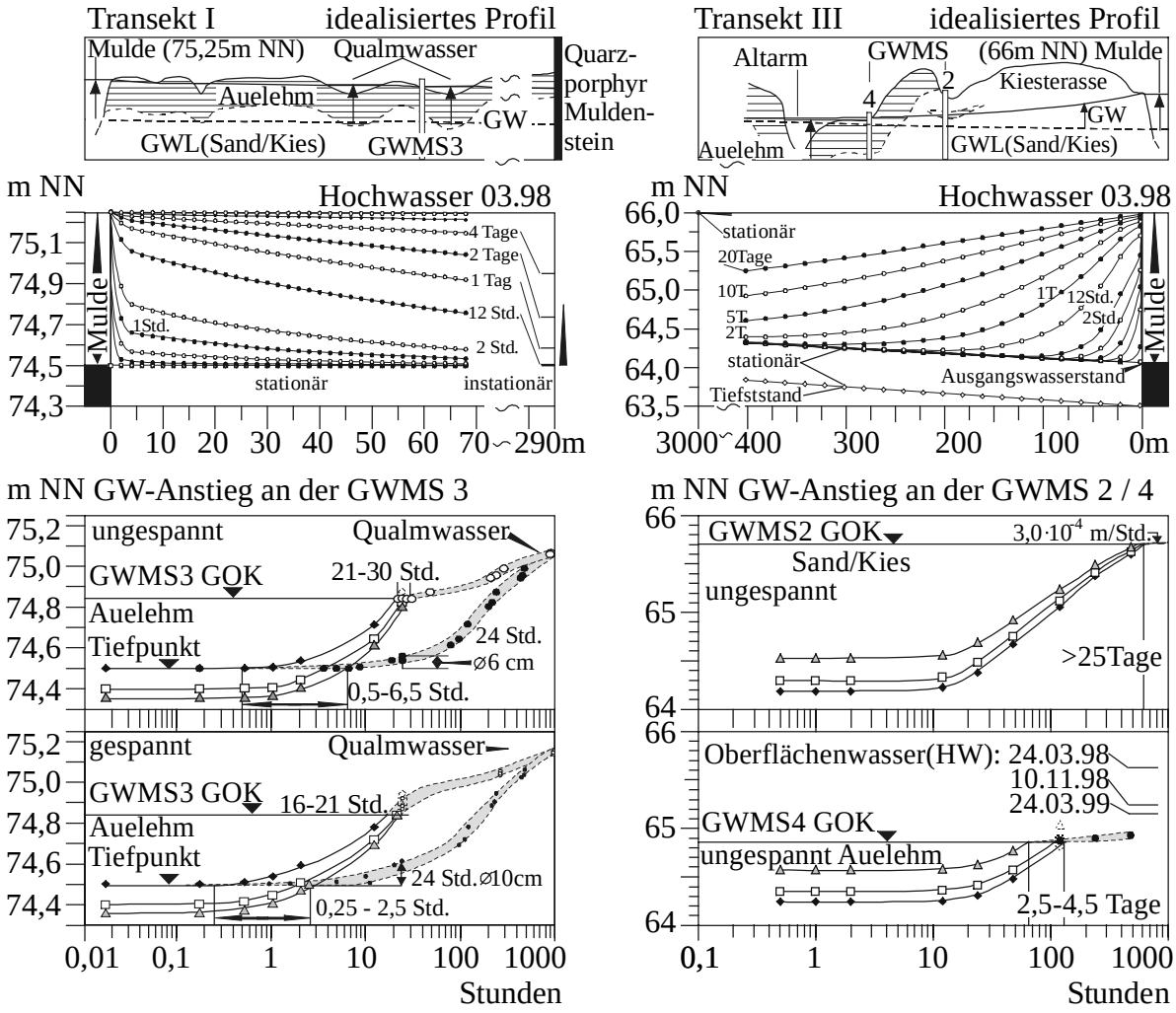
Mit Hilfe des Programms ASMWin 6.0 von CHIANG et al. (1998) wurde versucht, die Wirkung der Flußwasserinfiltration und des Qualmwasseraufstiegs unter Vernachlässigung von Oberflächenwasserzuflüssen in einer Hochwassersituation abzuschätzen. Grundlage der numerischen 2D-Strömungsmodellrechnung bilden quer zur Fließrichtung der Mulde ausgerichtete Aueprofile. Vom Programm verwendete Strömungsgleichungen für stationäre/instationäre Verhältnisse im ungespannten bis gespannten GWL basieren auf der Kontinuitätsgleichung und dem Gesetz von Darcy (KINZELBACH & RAUSCH 1995). Die Diskretisierung des vertikal zweidimensionalen Modellschnitts des oberen GWL der Flußaue erfolgt durch ein variables rechteckiges Gitter mit Hilfe des Finite-Differenzen-Verfahrens.

Entlang von zwei Querprofilen werden die Grundwasserverhältnisse in Senkenbereichen an den Meßstellen GWMS 3 des Transekts I und GWMS 2 und 4 des Transekts III betrachtet (Abb. 3.1-7). In beiden Querprofilen wird eine Hochwassersituation bei konstantem Flußwasserstand von 75,25 m NN (Transekt I) und 66,0 m NN (Transekt III) modelliert, in der ausschließlich die Flußwasserinfiltration aber kein Oberflächenwasserzufluß berücksichtigt wird. Hydraulische Parameter wie k_f-Werte wurden aus Geländeinformationen und regional hydrogeologischen Daten abgeleitet (ANONYMUS 1994b). Erfahrungswerte hinsichtlich effektiver Porositäten und Speicherkoeffizienten für verschiedene Kornzusammensetzungen wurden aus HÖLTING (1996) entnommen. Die Berechungen berücksichtigen ausschließlich gespannte und ungespannte Verhältnisse.

Das 290 m lange Profil im Bereich des Transekts I ist östlich vom aufragenden Quarzporphyr bei Muldenstein begrenzt. Der Fluß- und Grundwasseraufstau durch das flußabwärts gelegene Wehr bei Greppin erzeugt eine nahezu horizontal ebene Grundwasseroberfläche. Bei konstantem Flußpegelstand in der Hochwasserphase erfolgt die Flußwasserinfiltration in den Grundwasserleiter bis zum Ausgleich des hydraulischen Gefälles. Die Grundwasserregulierung durch das Greppiner Stauwehr ermöglicht die Einstellung ungespannter wie auch gespannter Verhältnisse im vollständig von Auelehm überbedeckten GWL.

Im Bereich des Transekts III steigt der Grundwasserspiegel bei Niedrigwasserständen der Mulde von 63,5 m NN in Richtung der Talränder mit einem durchschnittlichen hydraulischen Gefälle von $i = 0{,}00083$ (0,25 m auf 300 m) stetig an (Abb. 3.1-3). Neben dem permanenten hydraulischen Gefälle aus westlicher Richtung wirkt bei Hochwasser zudem der hydraulische Gradient der Mulde aus östlicher Richtung. Da eine Auelehmbedeckung erst nach ca. 200 m

Flußentfernung einsetzt und sich vorrangig Kiesterrassen längs des Westufers erstrecken, wurde in der Modellrechnung nur der ungespannte Fall berücksichtigt.



Eingabeparameter:

k_f - Auelehm = $5 \cdot 10^{-6}$ m/s	k_f - GWL (Sand/Kies) = $1 \cdot 10^{-3}$ m/s
effektive Porosität: Auelehm n_{eff} = 0,1	GWL ungespannt (Kies/Sand) n_{eff} = 0,3
Speicherkoeffizient: Auelehm S = 0,1	GWL (Kies/Sand) ungespannt S = 0,3
(Auelehm = Deckschicht über GWL)	gespannt S = 0,001

Transekt I:
Mächtigkeit GWL = 15 m
Auelehmmächtigkeit = 1,25 m
hydraul. Druckhöhen : ▲ = 0,89 m
□ = 0,85 m ◆ = 0,75 m
konstanter Flußwasserstand = 75,25 m NN
Flußabstand GWMS3 = ca. 60 m

Transekt III:
Mächtigkeit GWL = 15 m
Auelehmmächtigkeit = 1,36-1,80 m
hydraul. Druckhöhen: ◆ = 1,84/1,80 m
□ = 1,73/1,69 m ▲ = 1,51/1,48 m
konstanter Flußwasserstand = 66,0 m NN
Flußabstand GWMS2/4 = 200/280 m

Abb. 3.1-7: Ergebnisse der numerischen Modellrechnung einer Hochwassersituation entlang von Vertikalprofilen entlang der Transekte I, III mit ASMWin 6.0.

Die Modellrechnung für die Verhältnisse entlang des Transekts I ergibt in tieferen Senkenbereichen bei 74,5 m NN Qualmwasserbildungen von durchschnittlich 6 - 10 cm innerhalb

von 24 Stunden (ungespannte bis gespannte Verhältnisse). Berücksichtigt man die Laufzeit einer Hochwasserwelle mit ca. zwei Tagen wie an der Mulde im August 2002 (Kap. 3.1.2), ist eine Qualmwasserbildung unter der Voraussetzung geringer Flußabstände, gespannter GW-Verhältnisse und entsprechend niedriger Speicherkapazitäten möglich. Der unter absolutem hydrostatischem Druck stehende Grundwasserspiegel erreicht bereits nach wenigen Minuten bis Stunden die Geländeoberkante des Auelehms. Die Qualmwasserbildung erfolgt beim Austritt aus der Geländeoberkante um den Faktor 10 verlangsamt (Auelehm: n_{eff} = 0,1). Die logarithmisch nach der Zeit aufgetragenen Anstiegskurven in Abb. 3.1-7 verdeutlichen diesen Zusammenhang. Die bei Durchgang des Hochwasserscheitels anschließende Überflutung der tieferliegenden Aueflächen verhindert den weiteren Qualmwasseraufstieg.

Deutlich längere GW-Anstiegsphasen von 2,5 bis >25 Tagen wurden für die Verhältnisse an den Meßstellen GWMS 2 und GWMS 4 des Transekts III berechnet. Entsprechend gering ist die Wahrscheinlichkeit eines Qualmwasseraufstiegs im Bereich der Meßstellen (Flutrinne und Altarmbereich) bis zum erwarteten Eintritt des Hochwasserscheitels nach zwei Tagen.

Auf der Grundlage der Modellvorgaben ist im Gebiet des Transekts I im Vergleich zu den Senkenbereichen des Transekts III von einer relevanten Qualmwasserbildung während der Hochwasseranstiegsphase auszugehen. Der Qualmwasseraufstieg erreicht jedoch in keinem Falle die Überflutungshöhen der Hochwasserphasen 03.98, 11.98 und 03.99 (Kap. 3.1.2), die ausschließlich auf Oberflächenwasserzuflüsse zurückgeführt werden können.

3.1.4 Bilanzierung des Hochwassers im März 1998

In den drei Teilgebieten der Transekte I, II und III wurden durch Muldehochwässer unterschiedlich große Senkenbereiche geflutet. Die gesammelten Daten des Frühjahrshochwassers im März 1998 war Grundlage einer überschlägigen Bilanzierung der Wassermassen, die in die Senkenbereiche eingetragen wurden und über das Grundwasser in die Fließgewässer zurückgeflossen. Die Berechnungen beruhen auf Angaben zu zeitlich variierenden Wasser- und Grundwasserständen der Senkenbereiche. Die mit abfließendem und versickernden Oberflächenwasser sich ständig ändernden Volumina wurden über einen einfachen linearen Ansatz über mehrere Höhenstufen größenordnungsmäßig kalkuliert (Abb. 3.1-8). Exakte Wasserbilanzen erfordern auf der Grundlage eines genauen Nivellements ein digitales Höhenmodell zur Darstellung der Relief- und Senkenstrukturen.

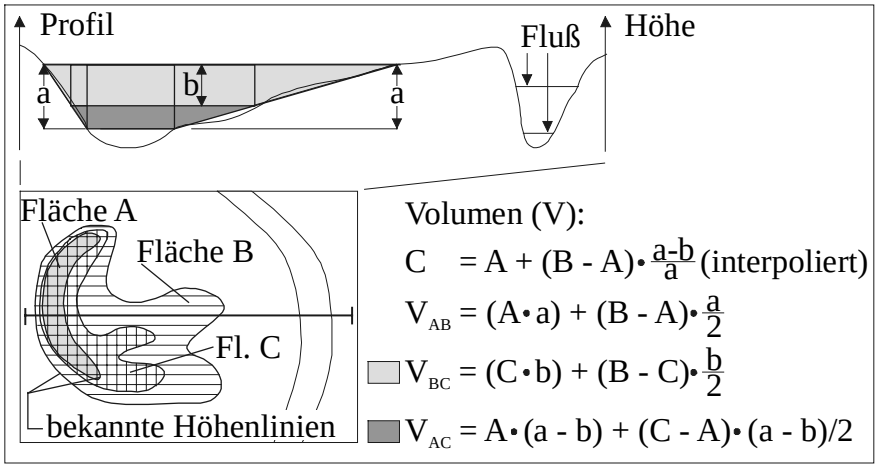


Abb. 3.1-8: Überschlägige Berechnung der Wasservolumina der gefluteten Senkenbereiche (einfacher linearer Ansatz).

Transekt I

Der ca. 60.300 m² große Auebereich östlich der Mulde (Transekt I) wurde im Frühjahr 1998 beim Durchgang der Hochwasserwelle vollkommen überschwemmt (Abb. 3.1-9). Nach dem Rückgang des Hochwassers wurden in der Woche vom 23. - 27.03.98 die Stauwasserstände der abflußlosen Senke sowie die Grundwasserstände beobachtet. Bei einem Pegelstand von 75,33 m NN waren noch ca. 10.300 m² der Gesamtfläche (17 %) unter Wasserbedeckung; davon entfallen 9.840 m² auf die größere Senke im NW‘ Teil (Abb. 3.1-9).

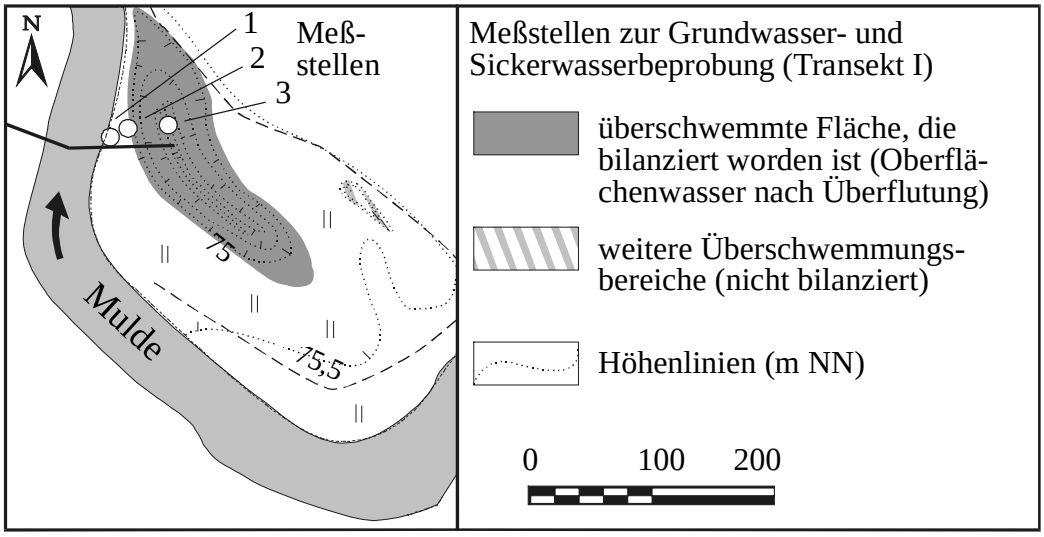


Abb. 3.1-9: Bilanzierte Wasserfläche des Senkenbereichs am Transekt I.

Durch die Öffnung des flußabwärts gelegenen Wehres wurde der Flußwasserstand von 74,70 m NN (24.03.) auf 74,35 m NN (27.08.) abgesenkt. Der Wasserstand in der Senke verringerte sich innerhalb von 3 Tagen von 0,49 m auf 0,08 m üb. GOK. Am 27.03.98 ergaben Messungen bei einem Grundwasserstand von 74,92 m NN und einem Oberflächenwasserstand von 75,04 m NN aufgrund der geringen Durchlässigkeit der Auelehmdeckschichten eine Überstauungssituation. Die in der Senke noch befindlichen 4.220 m³ Oberflächenwasser versickerte in einem Zeitraum von zwei Monaten bis Mai 1998 ca. vollständig (Tab. 3.1-2). Vom 24.03. - 27.03. betrug die durchschnittliche Infiltrationsrate bei der Versickerung von 2400 m³ in 72 Stunden ca. 4,0 l/m² je Stunde (Infiltrationsgeschwindigkeit $v = 11{,}2 \cdot 10^{-7}$ m/s). Die Infiltrationsrate und -geschwindigkeit ist von der Größe und Geometrie der sich ständig verkleinernden Versickerungsfläche und den hydraulischen Bedingungen abhängig.

Tab. 3.1-2: Wasserbilanz der abflußlosen Senke am Transekt I (Hochwasser 1998).

Daten der Meßstelle GWMS 3 (Mulde/Transekt I)					OW : Oberflächenwasser
Wasserspiegel m NN	Wasserstand OW m u.(-) /üb.(+) GOK	Wasserfläche m²	Sickerwasser-menge m³	Datum 1998	Bemerkungen GW m NN
75,33	+ 0,49	9.840		24.03.	
75,04	+ 0,20	6.730	2.400	27.03.	GW: 74,92 m
75,00		6.230	260		
74,84		4.240	380		
74,50		0	720		tiefstes Niveau
Summe			4.220		

Transekt III

Das größte Untersuchungsgebiet befindet sich mit dem Transekt III bei Schierau/Priorau. Im eingedeichten Westteil des Auebereichs, der eine Fläche von 285.300 m² umfaßt, wurden vier GWMS (Meßstellen 1 bis 4) errichtet (Abb. 3.1-10).

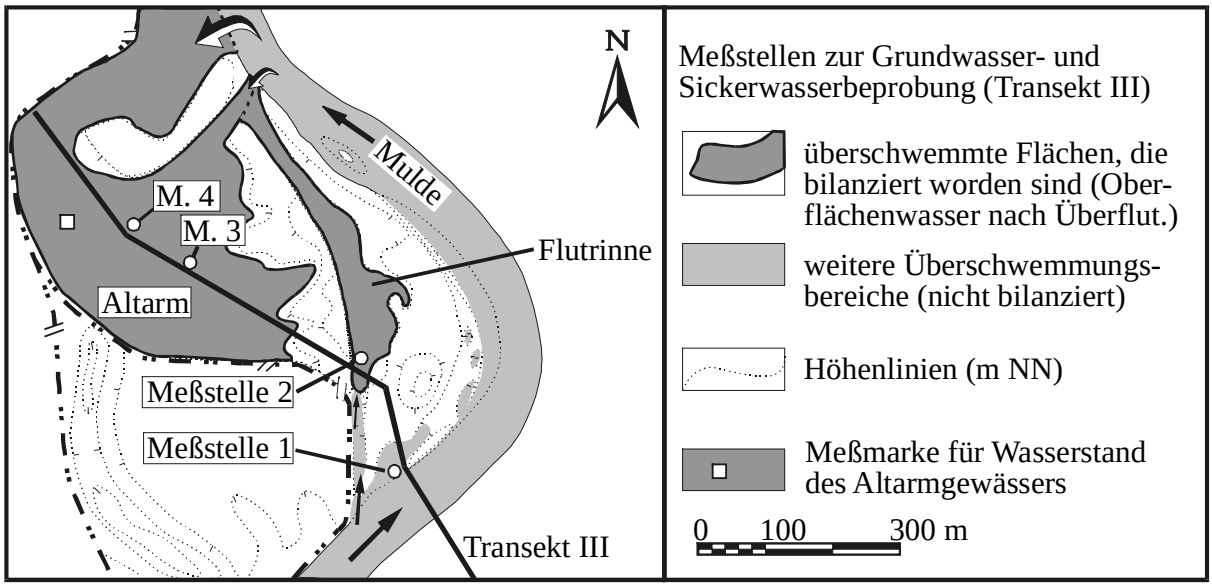


Abb. 3.1-10: Ausdehnung der bilanzierten Altarm- und Flutrinnenbereiche auf der Westseite der Mulde bei Schierau/Priorau (Transekt III).

Im März 1998 erreichte das Frühjahrshochwasser in der Aue des Transekts III einen Höchststand von ca. 66,5 m NN, worauf Flutmarken wie Schwemmmaterial in ufernahen Büschen und Bäumen sowie ein Ufersaum aus angeschwemmten Pflanzenmaterial, Holz- und Abfallresten auf dem Grünland hindeuteten. Neben den Uferbereichen wurden die Flutrinne und der Altarmbereich fast vollständig überschwemmt.

Bei einem Höchststand von 66,50 m NN wurde die Flutrinne auf einer Fläche von ca. 20.930 m² von Wasser bedeckt (Tab. 3.1-3). Bis zum 23.03.98 hatte sich die Wassermenge um 5.620 m³ (67 %) und die Wasserfläche auf 12.120 m² verringert. In zwei Tagen (23. - 25.03.) versickerten die restlichen 2.720 m³ mit einer durchschnittlichen Infiltrationsrate von 9,0 l/m² je Stunde (Infiltrationsgeschwindigkeit $v = 24{,}9 \cdot 10^{-7}$ m/s).

Tab. 3.1-3: Wasserbilanz der Flutrinne am Transekt III (Hochwasser 1998).

Daten der Meßstelle GWMS 2 (Flutrinne/Transekt III)					OW : Oberflächenwasser
Wasserspiegel m NN	Wasserstand OW m u.(-) /üb.(+) GOK	Wasserfläche m²	Sickerwassermenge	m³ Datum 1998	Bemerkungen GW m NN
66,50		20.930			Höchststand
66,16	+0,46	12.120	5.620	23.03.	
66,01	+0,31	7.850	1.500	24.03.	
66,00	+0,30	7.580	80	(24.03.)	
65,73	+0,03	0	1.140	25.03.	≈GOK (65,70)
Summe gerechnet mit Höchststand (66,50)			8.340		
Summe gerechnet mit OW-Stand v. 66,16 m. üb. NN			2.720		

Bei einem Höchststand von 66,5 m NN während des Frühjahrshochwassers 1998 repräsentierte der Altarmbereich mit 138.500 m² die weitaus größte Wasserfläche von allen Untersuchungsgebieten (Abb. 3.1-7). Der Wasserspiegel erhob sich an den tiefsten Stellen mehr als 3 m über dem Normalniedrigwasserstand bei ca. 63,6 m NN (Abb. 3.1-11).

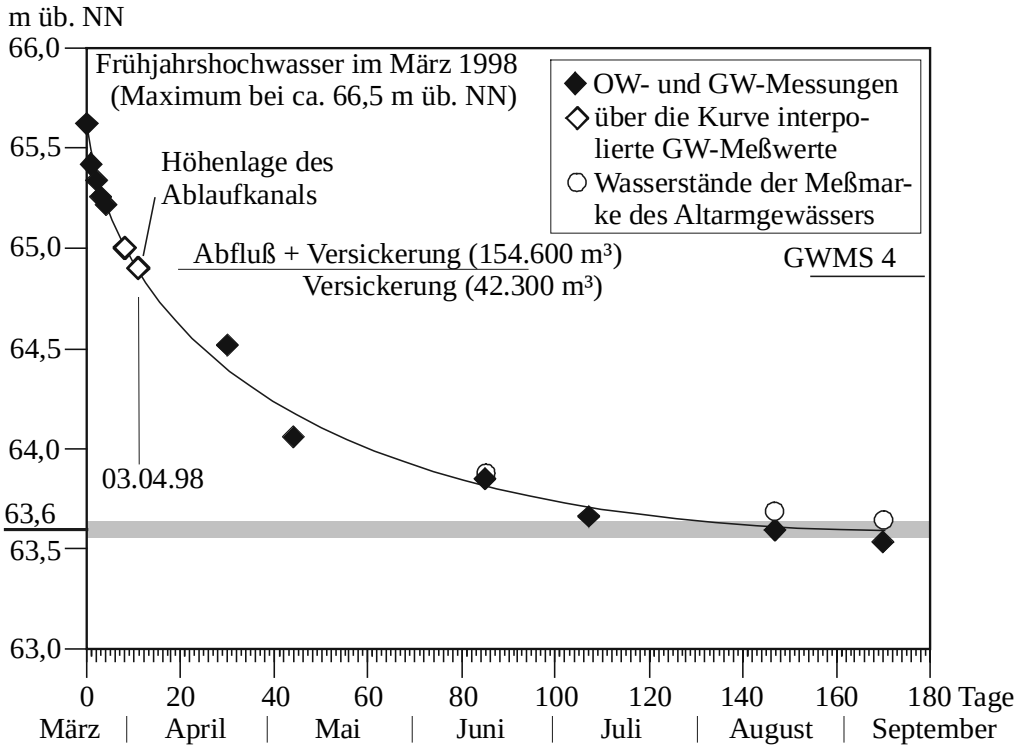


Abb. 3.1-11: Rückgang der Wasserstände im Altarmbereich nach dem Frühjahrshochwasser 1998 (Transekt III).

Die berechnete Wassermenge im Altarmbereich betrug kurzfristig nahezu 200.000 m³. Mit 138.500 m² war die maximale Flächenausdehnung der Überschwemmung um den Faktor 10 größer als die des Altarmgewässers bei Niedrigwasserstand (10.900 m²). Zu Beginn der Probenahme am 23.03.98 waren bereits 101.580 m³ über den nördlich gelegenen Entwässerungskanal (Abb. 3.1-11) abgeflossen oder infiltriert (Tab. 3.1-4). Davon versickerten etwa 52.990 m³ Oberflächenwasser bis Anfang April 1998. Anschließend unterschritt der Wasserspiegel mit 64,90 m NN die Höhe des Ablaufkanals. Dementsprechend versickerten in den folgenden 5½ Monaten bis September 1998 weitere 42.300 m³ Oberflächenwasser.

Während der ersten 7 Tage nach Beginn der Meßkampagne (23.03.98) nahm die Abfluß-/Infiltrationsmenge von 8,34 l/m² rapide auf etwa 1,39 l/m² je Stunde ab. In den folgenden zwei Monaten lag die Infiltrationsrate nach Unterschreitung des Höhenniveaus des Entwässerungskanals von 64,90 m NN relativ konstant bei ca. 0,83 - 1,37 l/m² je Stunde (Infiltrationsgeschwindigkeit $v = 2{,}3 \cdot 10^{-7}$ - $3{,}9 \cdot 10^{-7}$ m/s). In den Sommermonaten Juni/Juli fiel die Infiltrationsrate weiter auf ca. 0,38 l/m² je Stunde (Infiltrationsgeschwindigkeit $v = 1{,}1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Im Spätsommer 1998 wurde der Tiefststand von etwa 63,7 - 63,6 m NN erreicht.

Bei durchschnittlichen Versickerungsraten von 1 - 9 l/m² je Stunde infolge des Hochwassereinflusses haben mittlere Verdunstungsraten von 10 - 120 mm pro Monat oder durchschnittlich 0,014 - 0,17 l/m² je Stunde (Kap. 3.1.1, Abb. 3.1-2) nur eine geringe Bedeutung und wurden deshalb bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Tab. 3.1-4: Wasserbilanz des Altarmbereichs in der Muldeaue am Transekt III (Hochwasser 1998).

Daten der Meßstelle GWMS 4 (Altarmbereich/Transekt III)						OW : Oberflächenwasser
Wasser :			Abfluß / Sickerwasser			Bemerkungen
Spiegel	Stand OW	Fläche	Menge	ØAbfl./Infiltr.	Datum	GW
m NN	m u.(-) /üb.(+) GOK	m²	m³	l/m² je Stunde	1998	m NN
66,50		138.500				Höchststand
65,62	+ 0,76	92.370	101.580		23.03.	
65,42	+ 0,56	81.880	17.430	8,34	24.03.	
65,34	+ 0,48	77.680	6.380	3,33	25.03.	
65,26	+ 0,40	73.480	6.050	3,34	26.03.	
65,22	+ 0,36	71.380	2.900	1,67	27.03.	
Wasser- und Grundwasserdaten der Folgemonate :						
65,00	+ 0,14	59.840	14.430	2,39	31.03.	
64,90	+ 0,04	56.240	5.800	1,39	03.04.	Ablaufkanal
64,52 (GW)	- 0,34	42.570	18.770	0,83	22.04.	
64,06 (GW)	- 0,80	26.020	15.780	1,37	06.05.	
63,86 (OW Altarm)	- 1,00	18.820	4.480	0,20	16.06.	GW: 63,85
63,66 (GW)	- 1,20	11.620	3.040	0,38	08.07.	
63,69 (OW Altarm)	- 1,17	12.700	-360 (Zufluß)	-0,03	17.08.	GW: 63,59
63,64 (OW Altarm)	- 1,22	10.900	590	0,09	09.09.	GW: 63,53
Summe: OW abgeflossen und infiltriert			154.570			
Summe: OW nur infiltriert			42.300			
Gesamtsumme OW			196.870			

Infolge des Hochwassers im März 1998 versickerten ca. 490 mm Oberflächenstauwasser in der Flutrinne des Transekts I (Meßstelle 3). Im Bereich des Transekts III infiltrierten mehr als 1000 mm (Meßstelle 4) innerhalb weniger Tage bis Wochen. An der Meßstelle 4 im Altarmbereich des Transekts III wurde eine niedrige durchschnittliche Sickerwasserrate von ca. 1,4 l/m² pro Stunde und ein maximaler Oberflächenwasserstand von 1,64 m üb. GOK (Meßstelle 4) ermittelt. Bis zum Erreichen der Geländeoberkante durch den Wasserspiegel am 03.04.98 kann ein minimaler Versickerungsbetrag von 400 mm angegeben werden. Etwa 75 % des Oberflächenwassers flossen bei einem Wasserstand von 1,64 m üb. GOK über das Entwässerungssystem aus dem überstauten Altarmbereich wieder der Mulde zu. Insgesamt überstiegen die Versickerungsraten des Hochwassers im März 1998 von min. 400 bis >1000 mm die von HAFERKORN (2000) angegebenen jährlichen niederschlagsbedingten Sickerwasserraten von maximal 175 mm und bei Lößböden von 50 mm (Kap. 3.1.1) um ein Mehrfaches.

3.1.5 Bodenwasserverhältnisse

Monatliche Bodenwasseruntersuchungen zur Messung des Matrixpotentials des Bodens mittels Tensiometern erfolgten an Meßstellen in den Arbeitsgebieten der Transekte I und III im Abgleich mit den Grundwasserständen (Meßstellenausrüstung Abb. 1-4).

Die Wassergehalte von Aueböden mit geringem GW-Flurabstand werden durch Niederschläge und durch den variierenden GW-Stand bestimmt, der von Qualmwasser oder Überflutungen infolge von Hochwässern beeinflußt wird (Kap. 3.1.3/4). Das mit Tensiometern bestimmbare Matrixpotential (Saugspannung), welches abhängig von der Porensättigung des Bodens ist, läßt in Aueböden nicht automatisch auf eine Sickerwasserfront infolge von Niederschlägen schließen. Entsprechend aufwändig ist die Ermittlung der durch Niederschläge dem

Grundwasser zugeführten Sickerwasserbeträge. Genaue Angaben über die Bodenwasserspannung setzen Kenntnisse über den Wassergehalt im Verhältnis zur gemessenen Spannung voraus. Über die daraus resultierenden Wasserspannungskurven (pF-Kurven nach DIN 19 683 Blatt, 4) ist die Bestimmung des jeweiligen Wassergehalts anhand von Tensiometermessungen möglich. Zur Erstellung von Wasserspannungskurven ist die Ermittlung des jeweiligen Bodenwassergehalts in dem entsprechenden Horizont mit spezifischer Substratzusammensetzung und Lagerungsdichte notwendig. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die ermittelten Wasserspannungswerte ausschließlich für die qualitative Betrachtung der Bodenwasserverhältnisse verwendet.

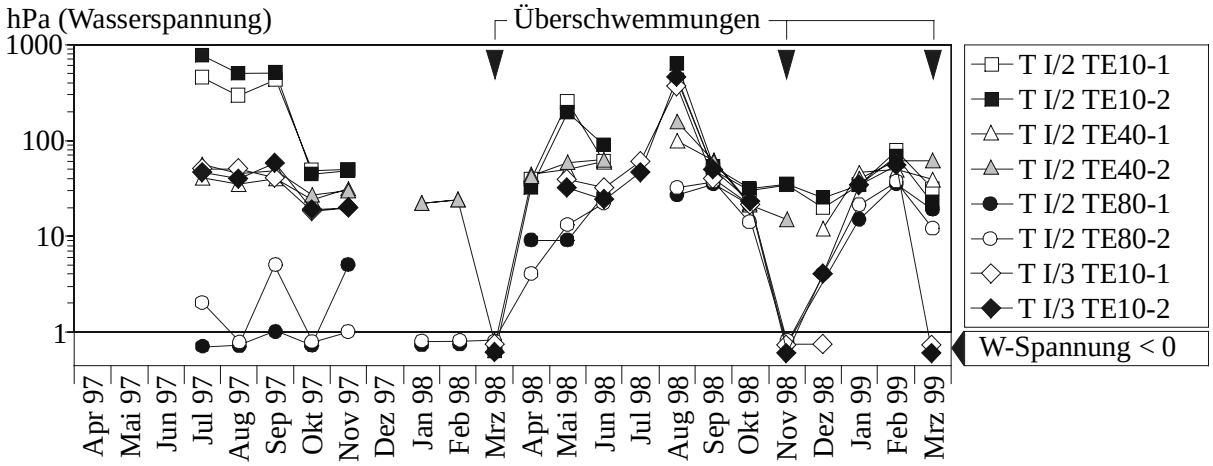


Abb. 3.1-12: Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstellen T I/2 und TI/3 (Transekt I; logarithmisch).

Zunehmend positive Wasserspannungen zeigen die Abnahme der Bodenfeuchte an. Wasserspannungen ≤0 hPa kennzeichnen einen wassergesättigten Boden. Negative Bodenwasserspannungen lassen einen steigenden hydrostatischen Druck bei Wassersättigung erkennen, da der Druckaufnehmer unterhalb der Grundwasseroberfläche liegt.

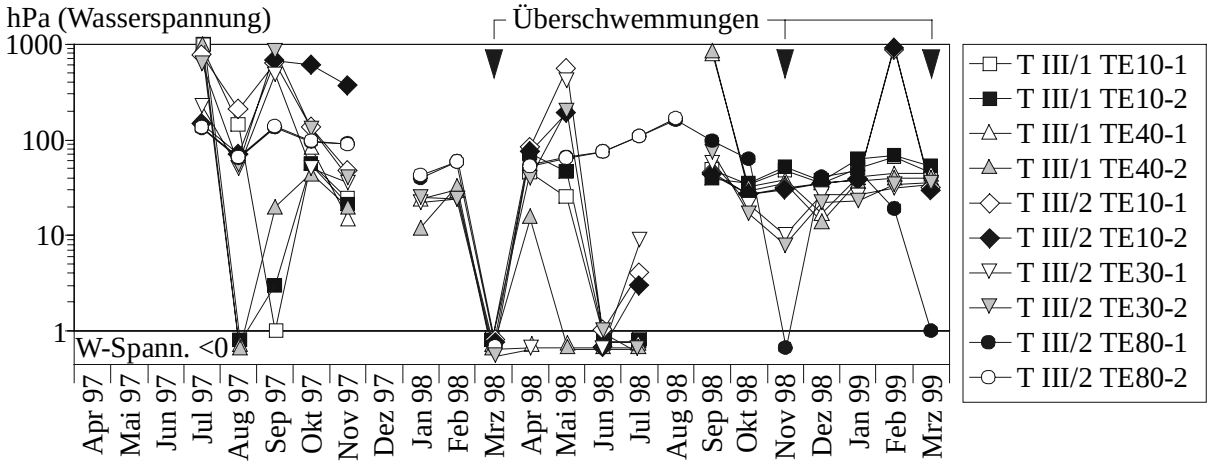


Abb. 3.1-13: Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstellen T III/1 und TIII/2 (Transekt III; logarithmisch).

An der Meßstelle T I/2 wurden während der Sommermonate 1997/98 Wasserspannungen im Oberbodenbereich (0,1 m u. GOK) von 300 - 800 hPa gemessen (Abb. 3.1-12). Tensiometer an der Meßstelle T I/3 in einer Tiefe von 0,1 m u. GOK deuteten mit Wasserspannungen von

10 - 60 hPa auf den relativ geringen Grundwasserflurabstand von 0,5 - 1,0 m u. GOK hin. Hochwasserereignisse im März 98, November 98 und März 1999 führten zur Wassersättigung der schluffig-tonigen Böden, was durch negative Tensiometerwerte in Tiefen von 0,4 und 0,8 m u. GOK an der Meßstelle TI/2 und 0,1 m u. GOK an der Meßstelle TI/3 angezeigt wird.

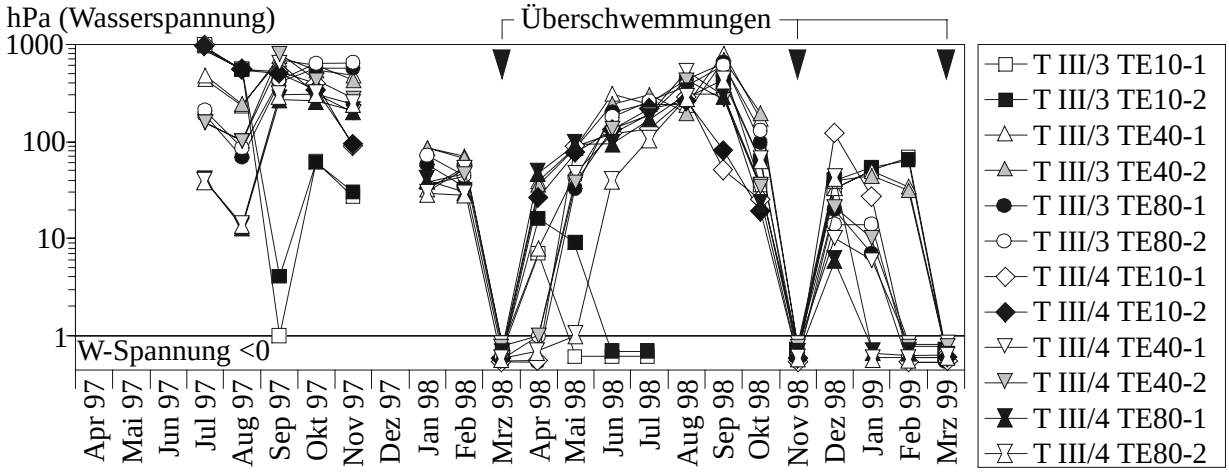


Abb. 3.1-14: Bodenwasserspannungen in Hektopascal (hPa) der Meßstellen T III/3 und TI-II/4 (Transekt III; logarithmisch).

Die Meßstationen des Untersuchungsgebiets des Transekts III liegen auf verschiedenen Höhenniveaus in unterschiedlichen Lithofaziesbereichen (siehe Abb. 1-21/-22; Kap. 1.5.2). Die Meßstelle T III/1 im sandigen Uferbereich der Mulde (Abb. 3.1-13) wurde nur in Bodentiefen von 0,1 und 0,4 m u. GOK mit Tensiometern versehen, da in ca. 0,5 m u. GOK bereits Terrassenkiese folgen. Die Meßstation TIII/2 befindet sich in einer kiesig-sandigen Flutrinne, in der in drei Tiefen von 0,1, 0,4 und 0,8 m u. GOK Tensiometer installiert wurden.

Die grobkörnigeren Böden reagieren wegen ihres geringeren Porenvolumens und der höheren Durchlässigkeit schneller auf Wechsel von trockenen zu feuchten Wetterbedingungen. Dementsprechend erzeugten Niederschläge an den Probenahmetagen von April - Juli 1998 in Tiefen von 0,1 und 0,4 m u. GOK hohe Bodenwasserspannungen. Vergleichbar schnell entwässern diese Bodenbereiche wiederum. Wenige Tage nach dem Hochwasser im November 1998 und März 1999 zeigten ausschließlich Tensiometer in tieferen Bodenbereichen bei 0,4 und 0,8 m u. GOK der Meßstelle TIII/2 höhere Bodenwassergehalte an.

Tensiometermessungen an den Meßstellen TIII/3 und TIII/4 (Abb. 3.1-14) in Auelehmböden des Altarms zeigten am deutlichsten, daß neben dem Einfluß der Überschwemmungen auf den Bodenfeuchtehaushalt auch ein jahreszeitlicher Gang der Wasserspannungen existiert. Von Oktober bis April wurden überwiegend Bodenwasserspannungen <100 hPa und in den Monaten Mai bis September Wasserspannungen >100 hPa gemessen. Ausnahmen stellen die Oberböden dar, die bei sommerlichen Regenfällen eine höhere Bodenfeuchte anzeigen (TI-II/3; 0,1 m u. GOK von Mai - Juli 98). Eine anhand von Bodenwassergehalten nachvollziehbare Sickerwasserbewegung war jedoch nur bei Einwirkung von Hochwässern registriert worden (Abb. 3.1-14). Die Beobachtung stützt die These, daß bei höherer Verdunstung während der Sommerzeit Niederschläge den defizitären Wasserhaushalt kaum ausgleichen können und die Situation sich erst zu Beginn der Wintermonate insbesondere bei Überschwemmungen umkehrt (Kap. 3.1.1).

3.1.6 Zusammenfassung der hydrologisch-hydrogeologischen Verhältnisse

Die hydrologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im oberen, quartären Grundwasserleiter der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen sind von der Wasserführung der Mulde geprägt. Das regionale Klima weist mit nur 450 bis 600 mm Jahresniederschag einen subhumiden Charakter auf. Aufgrund von sechs wasserdefizitären Monaten von April bis September, in denen die potentielle Verdunstung durchschnittlich höher als die Niederschlagsrate liegt, erfolgt unter den Klimabedingungen erst in den Wintermonaten ein Ausgleich der regionalen Wasserbilanz. Überschwemmungen sind deshalb für den Wasserhaushalt der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen und damit für den Erhalt der bestehenden Flora und Fauna um so wichtiger.

Starkniederschläge initiierten im August 2002 (11./12.08.) im Erzgebirgsraum eine die Mulde hinablaufende Hochwasserwelle, die mit einer durchschnittlichen Scheitelpunktgeschwindigkeit von 4,3 km/h zwei Tage später Bitterfeld/Wolfen erreichte. Aufgrund von Schneeschmelzen und stärkeren, dauerhaften Regenfällen in der Erzgebirgsregion treten Überschwemmungen an der Mulde zu Beginn der Winterzeit, im Frühjahr und seltener im Spätsommer auf. Gemessen am Hochwasserdurchgang von zwei Tagen ist in Auebereichen mit gespannten Grundwasserverhältnissen ein Grundwasseranstieg bis über die Geländeoberkante (Qualmwasser) durchaus wahrscheinlich. Eine deutlich geringere Qualmwasserbildung kann man dagegen in ungespannten Grundwasserbereichen der Aue erwarten. Der nachfolgende Zufluß von Oberflächenwasser aus der Mulde unterbricht den Qualmwasseraustritt. Oberflächenzuflüsse vermischen sich mit dem Qualmwasser und werden teilweise über künstliche Dränagen in das Fließgewässer zurückgeleitet (Transekt III). Restmengen des Oberflächenwassers versickern und infiltrieren in das Grundwasser. Entsprechend stellen sich im Uferbereich bei sinkenden Flußpegelständen effluente Verhältnisse ein (Abb. 3.1-15).
Die während eines Hochwassers in den Auebereichen umgesetzten Wassermengen können die hydrochemischen Milieubedingungen in erheblichem Ausmaß verändern. Die Auswirkungen auf das Schadstoffinventar im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser werden im folgenden Kap 3.2 diskutiert.

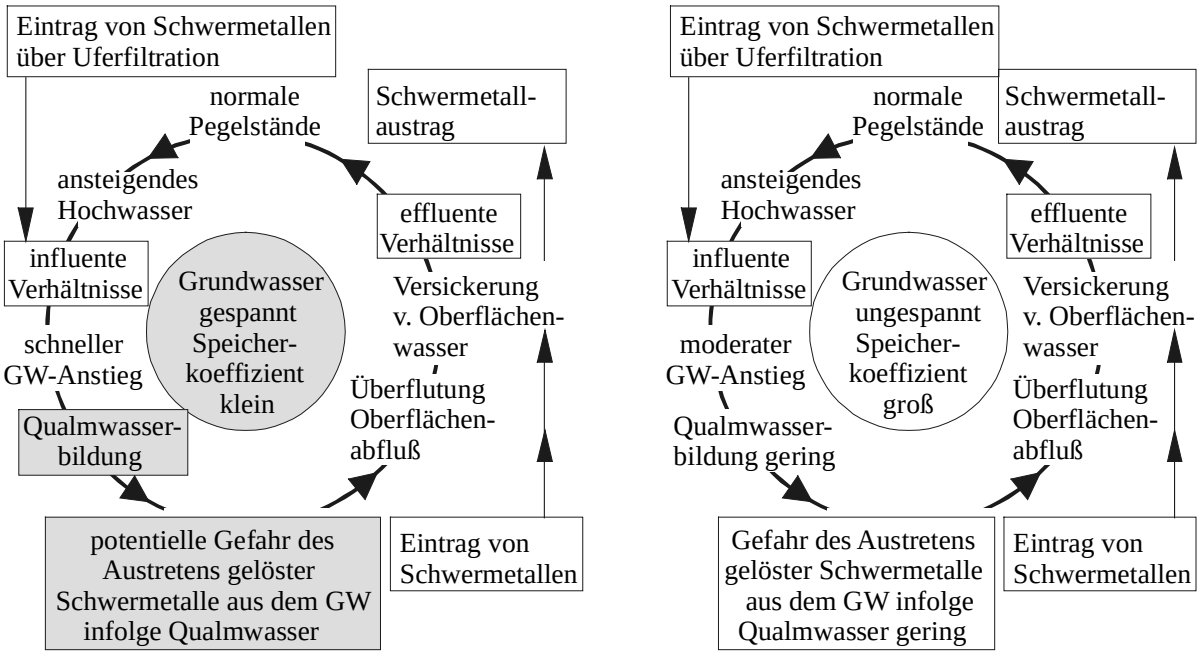


Abb. 3.1-15: Wirkungspfade des potentiellen Stofftransports zwischen Fließgewässer, Oberflächen- und Grundwasser in einer Flußaue bei Hochwasser.

3.2 Hydrochemie der Hauptkat-/Anionen, Schwermetalle (+As) und Milieuparameter

Im Rahmen monatlicher Beprobungen wurden von April 1997 - April 1999 an 13 Meßstellen entlang der Transekte I (Greppin, Mulde), T II (Jessnitz, Spittelwasser) und T III (Schierau, Mulde) die zeitlich und räumlich variierenden hydrochemischen Verhältnisse in der Muldeaue erfaßt.

3.2.1 Physiko-chemische Parameter und DOC

In Oberflächen, Boden- und Grundwasser wurden neben An- und Kationen der pH- und Redox-Wert, die Leitfähigkeit und Temperatur sowie die O_2-Konzentration bestimmt. Weiterhin wurde die Konzentration an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) ermittelt, der eine Meßgröße für die gelöste organische Substanz (DOM) darstellt.

Sauerstoff

Die durchschnittlichen O_2-Konzentrationen der Mulde bei Greppin (Transekt I) und Schierau (Transekt III) waren mit 11,8 bzw. 12,01 mg/l (Median) vergleichbar hoch (Abb. 3.2.1-1). Die O_2-Konzentration des Spittelwassers viel mit 7 mg/l erheblich niedriger aus (Median). Vermutlich sind dies Auswirkungen einer gestörten Gewässerbiologie des Spittelwassers, die infolge jahrzehntelanger Belastung der umliegenden Boden- und Grundwasserbereiche durch die Einleitung organisch-anorganischer Schadstoffe beeinträchtigt wurde (ANONYMUS 1996). Auffällig war in diesem Zusammenhang auch die erhöhte Durchschnittstemperatur des Spittelwassers von 12,4° C gegenüber Temperaturen der Mulde von 8,6 und 9,6 °C (Transekte I und III). Der Altarm wies als Standgewässer im Gebiet der Transekt III nur eine durchschnittliche Temperatur von 11,4° C im Untersuchungszeitraum auf. Im Altarm-Standgewässer ließ sich gegenüber der Mulde eine etwas geringere O_2-Konzentration von 10,7 mg/l (Median) nachweisen, wobei die Konzentrationen jahreszeitlich bei wechselnder biologischer Aktivität stärker variieren (Abb. 3.2.1-1).

Im Grundwasser der Meßstellen GWMS 1- 3 des Transekts I war bei Werten von ca. 0,25 mg/l O_2 (Median) nahezu kein gelöster Sauerstoff mehr festzustellen. Die Grundwassermeßstelle 1 (GWMS 1) des Transekts III liegt im Uferinfiltrationsbereich einer Kiesterrasse mit direkten hydraulischem Kontakt zur Mulde. Dementsprechend wurden leicht erhöhte O_2-Konzentrationen von 0,8 bzw. 1,5 mg/l gemessen (Median, Mittelwert). Nur geringfügig höher als die Werte im Grundwasser der GWMS 1-3 des Transekts I lagen mit durchschnittlich 0,4 mg/l die O_2-Konzentrationen der GWMS 2, 3 und 4 entlang des Transekts III.

Leitfähigkeit

Die Leitfähigkeit ist ein wichtiger Indikator für den Mineralisationsgrad der Oberflächen-, Boden- und Grundwässer (Abb. 3.2.1-1). Die verschiedenen Meßstellen wiesen überwiegend Leitfähigkeitswerte zwischen 400 bis 600 µS/cm auf (Median). Die Leitfähigkeit des Muldewassers und des Altarmgewässers (Transekt III) schwankte zwischen 400 und 500 µS/cm. Um ein Vielfaches höher war die Leitfähigkeit des deutlich stärker mit Schadstoffen belasteten Spittelwassers mit ca. 1100 µS/cm (Median). Auch hier war die hohe stoffliche Belastung des Grundwassers im Nahbereich des Spittelwassers an den GWMS 2 und 4 mit rund 1300 µS/cm (Median) nach Jahren noch nachweisbar. Die durchschnittliche Leitfähigkeit des Muldewassers lag bei Greppin (Transekt I) noch bei ca. 440 µS/cm (Median) und stieg nach dem Zufluß des Spittelwassers nördlich von Bitterfeld/Wolfen auf etwa 500 µS/cm (Median) an (Transekt III).

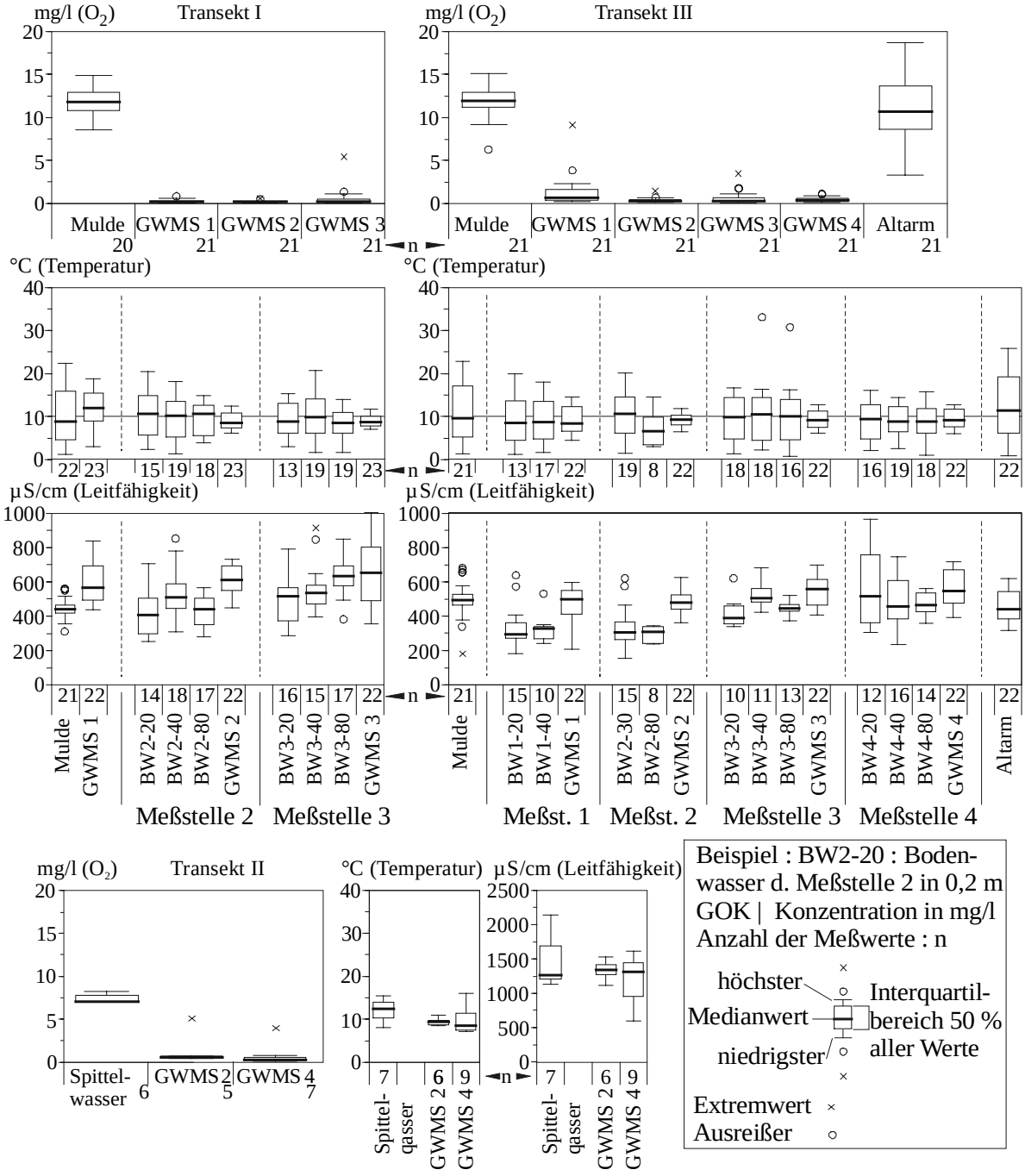


Abb. 3.2.1-1: Temperatur, Leitfähigkeit und O_2-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der TI, TII und TIII (April 1996 - April 1999).

Die Leitfähigkeiten der Bodenlösungen an den Meßstellen 2 und 3 des Transekts I lagen mit Ausnahme der Bodentiefe 0,8 m u. GOK der Meßstelle 3 zwischen 400 und 600 µS/cm (Median). Im Gegensatz dazu waren im Grundwasser höhere Leitfähigkeiten von mehr als 600 µS/cm (Median) festzustellen.

Die niedrigsten Leitfähigkeiten um 300 µS/cm (Median) wurden in den humosen, sandig-kiesigen Bodenhorizonten der Meßstellen 1 (Muldeufer) und 2 (Flutrinne) des Transekts III gemessen. Hohe Durchlässigkeiten beschleunigen generell den Abtransport gelöster Wasserinhaltsstoffe. Im Grundwasser beider Meßstellen wurden deutlich höhere Werte um 500

µS/cm nachgewiesen (Median). Leitfähigkeiten zwischen 400 - 600 µS/cm im Grundwasser der Meßstelle 3 lagen über jenen der Bodenlösungen am Standort. Die höchsten Leitfähigkeiten wurden im Bodenwasser des Altarmbereichs an der Meßstelle 4 gemessen. Der Oberboden repräsentierte die größten Leitfähigkeits-Schwankungsbreiten von 300 - 1000 µS/cm. Ein entsprechend hohes Leitfähigkeits- und Stoffpotential zeigte auch das Grundwasser der Meßstelle 4 mit durchschnittlich 600 µS/cm (Median) (Abb. 3.2.1-1).

pH-Wert

Die pH-Werte der Fließgewässer (Mulde, Spittelwasser) und des Altarmbereichs (Transekt III) befanden sich überwiegend im neutralen bis schwach alkalischen Bereich von pH 7,0 - 7,5 (Abb. 3.2.1-2).

Boden- und Grundwässer der hier karbonatfreien Aue (Kap. 2.1.1/2.1.2) tendieren allgemein zu pH-Werten um pH 7 - 5,5. Auffällig ist, daß im Grundwasser im Bereich des Transekts I deutlich höhere pH-Werte um pH 7 festgestellt wurden als in den Bodenlösungen des überdeckenden Auelehms. An der Meßstelle 3 ist vor allem eine ansteigende Tendenz des pH-Werts mit zunehmender Bodentiefe beobachtet worden.

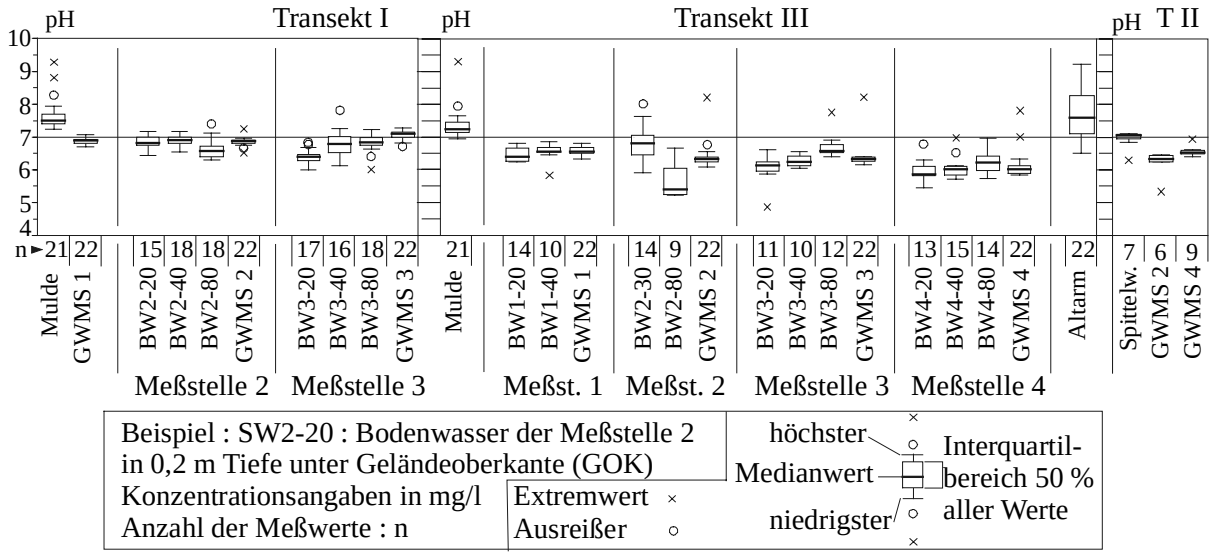


Abb. 3.2.1-2: pH-Werte im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Im Boden-/Grundwasser des Transekts III wurden deutlich niedrigere pH-Werte von ca. pH 6,5 - 6,0 gemessen (Median). Vergleicht man die Meßstellen 1, 3 und 4 miteinander, so ist eine absteigende Tendenz der pH-Werte von durchschnittlich etwa pH 6,5 bis 6,0 (Median) in Richtung des Altarmbereichs erkennbar. Sehr variabel waren die pH-Werte in den Bodentiefen 0,3 und 0,8 m u. GOK der Meßstelle 2 des Flutrinnenbereichs (Transekt III). Im kiesigsandigen, humosen Oberbodenbereich wurden in der Bodenlösung durchschnittliche pH-Werte von pH 6,8, in 0,8 m u. GOK von pH 5,4 (Median) und im Grundwasser wiederum ein höherer pH von 6,3 gemessen. Ähnlich niedrige pH-Verhältnisse sind im Grundwasser des Transekts II mit pH 6,5 - 6 festgestellt worden (Median).

E_H-Wert

Die E_H-Werte wurden in jeder Bodentiefe doppelt erfaßt und auf den Standard der Wasserstoffelektrode umgerechnet. Die Mulde (T I und III) und das Altarmgewässer (T III) wiesen E_H-Werte im Bereich von ca. 250 -300 mV (Median) auf. Bei O_2-Konzentrationen von 11-12 mg/l in der Mulde und im Altarmgewässer wurden für den Untersuchungszeitraum relativ stabile aerobe Verhältnisse festgestellt. Die im Spittelwasser gemessenen E_H-Werte von 240 mV (Median) und geringere O_2-Konzentrationen dokumentieren ein niedrigeres Redox-Niveau (Abb. 3.2.1-3).

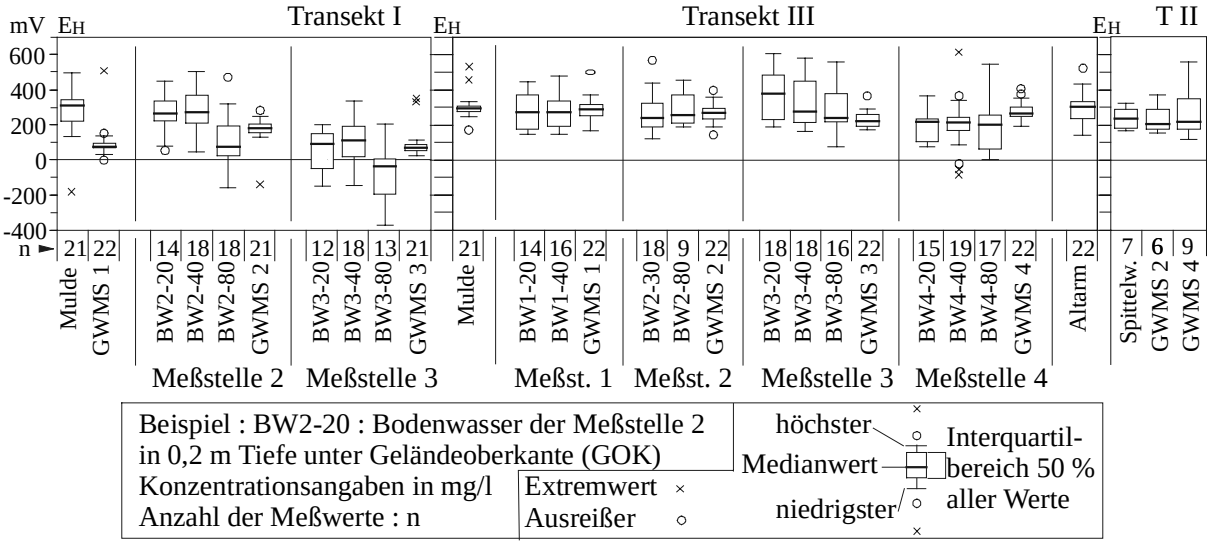


Abb. 3.2.1-3: Redoxpotentiale (E_H-Werte) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Auffällig war an den Meßstellen 2 und 3 des Transekts I eine bis in das Grundwasser hinein zunehmende Anoxizität, was Medianwerte von 77 mV (TI/BW2-80), -37 mV (TI/BW3-80) und 68 mV (GWMS3) der unteren Bodenhorizonte und des Grundwassers belegen (s.a. Abb. 3.2.1-3). Zudem wirken sich Redoxprozesse aufgrund der H^+-Protonenpufferung auf den pH-Wert aus. Dementsprechend stiegen an der Meßstelle 3 mit zunehmender Bodentiefe die pH-Werte vom schwach sauren Oberbodenmilieu bis zu neutralen bis alkalischen Verhältnissen im Grundwasser an (Abb. 3.2.1-2). Mit kleiner werdendem Grundwasserflurabstand verringerte sich der E_H-Wert, was durch eine signifikant positive Korrelation von 0,73 belegt werden kann (Abb. 3.2.1-4). Bei geringen Grundwasserflurabständen von <0,3 m u. GOK (Median) wurden an der Meßstelle 3 (T I) in 0,2 m u. GOK stark anoxische Verhältnisse beobachtet (Abb. 3.2.1-4).

E_H-Werte von durchschnittlich 200 - 300 mV (Median) im Boden- und Grundwasserbereich des Transekts III lassen generell auf schwach reduzierende bis aerobe Verhältnisse schließen. Die niedrigsten E_H-Werte ≤200 mV wurden an der Meßstelle 4 gemessen, dessen GW-Spiegel oftmals Flurabstände von um 1 m u. GOK aufwies (Abb. 3.2.1-3).
Die Grundwasserverhältnisse der GWMS 2 und 4 am Spittelwasser (Transekt II) lassen bei E_H-Werten um 200 mV (Median) schwach aerobe bis anaerobe Verhältnisse erkennen.

Die Boden-E_H-Werte liegen im Bereich von maximal 600 mV bis minimal - 400 mV. Die E_H-Werte der tieferen zum Teil bereits im GW-Kontakt stehenden Bodenhorizonte in 0,8 m u. GOK liegen im Bereich der E_H-Werte der zugehörigen Grundwasserbereiche.

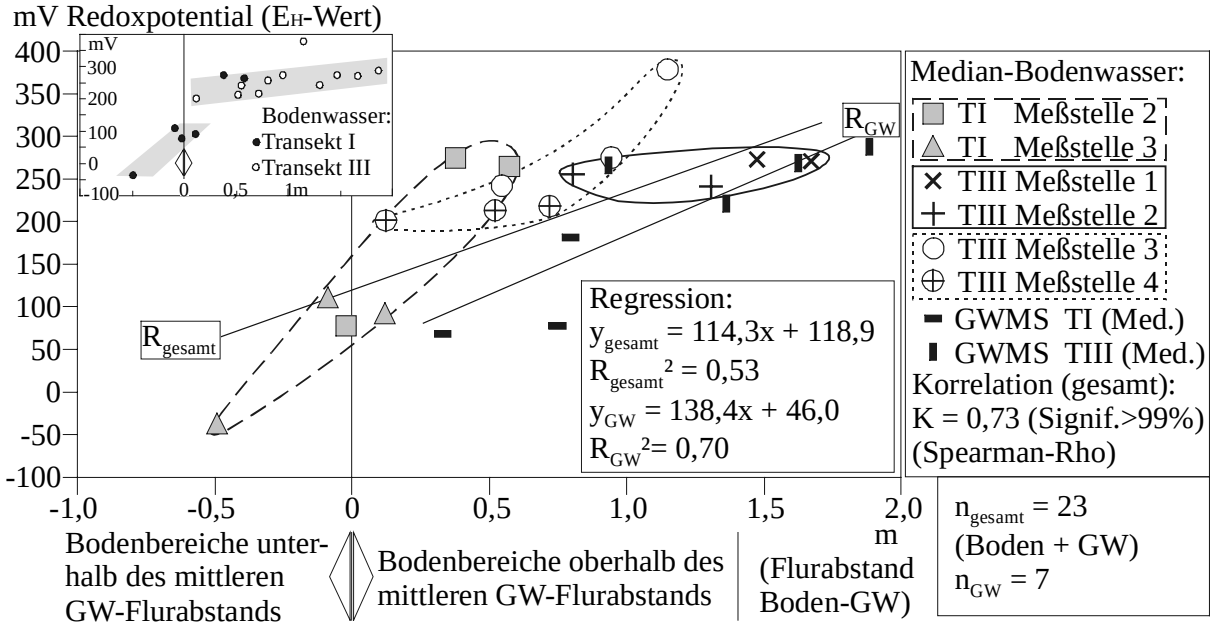


Abb. 3.2.1-4: Redoxpotentiale (E_H-Werte) des Boden- und Grundwassers der Transekte I, III in Relation zum GW-Flurabstand (Medianwerte, April 1996 - 1999).

DOC

Hinweise auf das Verhalten der gelösten organischen Substanz (DOM) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser gibt die DOC-Konzentration. Diese ist im wesentlichen abhängig von der Substratzusammensetzung, der Wassersättigung, der Temperatur, dem pH-Wert sowie den Redox-Verhältnissen und wird über mikrobiologische Abbauprozesse der Biomasse zu Huminstoffen und mineralischen Endprodukten gesteuert.

Die DOC-Konzentrationen der Mulde und des Spittelwassers betrugen durchschnittlich 3,5 mg/l und 6,9 mg/l. Im Altarmgewässer des Transekts III wurden mit 8,2 mg/l (Median) die höchsten DOC-Konzentrationen gemessen, die aufgrund der saisonal schwankenden Aktivität der Gewässerbiologie relativ stark variierten (Abb. 3.2.1-5).

Die durchschnittlichen DOC-Konzentrationen von 6,6 und 5,9 mg/l im Boden- und Grundwasserbereich der Meßstellen 1 und 2 des Transekts I sind mit den obigen vergleichbar. Im stark anoxischen Bodenprofil der Meßstelle 3 wurden dagegen deutlich höhere DOC-Konzentrationen von 8,1 - 15,2 mg/l (Median) gemessen. Ein durchgehend geringer Grundwasserflurabstand von 0,5 m u. GOK machte sich bei höherer Wassersättigung bereits in einer Tiefe von 0,2 m u. GOK und damit im Bereich der oberen humosen Bodenhorizonte durch stärker anoxische Bodenverhältnisse (≤100 mV) bemerkbar (Abb. 3.2.1-3).
Unter anoxischen Bedingungen werden mikrobiologische Biomasseabbau- und Mineralisierungsprozesse verlangsamt oder gehemmt. Gelöste organische Substanz kann auf diesem Wege verstärkt in tiefere Horizonte gelangen und unterliegt dort dem weiteren anaeroben Abbau (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Bei 0,8 m u. GOK gewonnene Bodenlösungen mit durchschnittlich 15,2 mg/l (Median) DOC wiesen zudem sehr niedrige E_H-Werte auf (Median: -37 mV; Abb. 3.2.1-3). Von Bedeutung für die Einstellung stark anoxischer Verhältnisse ist nicht allein ein geringer Grundwasserflurabstand. Entscheidend ist auch die kapillare Anbindung des Grundwassers an die oberste, humose und biologisch aktivste Bodenzone, um eine grundlegende Umstellung der biologischen Prozesse zu bewirken (s.a. Abb. 3.2.1-4, oben links).

Für die Einstellung stark reduzierender Verhältnisse in Auelehmen ist nach den Ergebnissen ein permanent hoher GW-Flurabstand von 0,3 - 0,5 m u. GOK ausreichend.

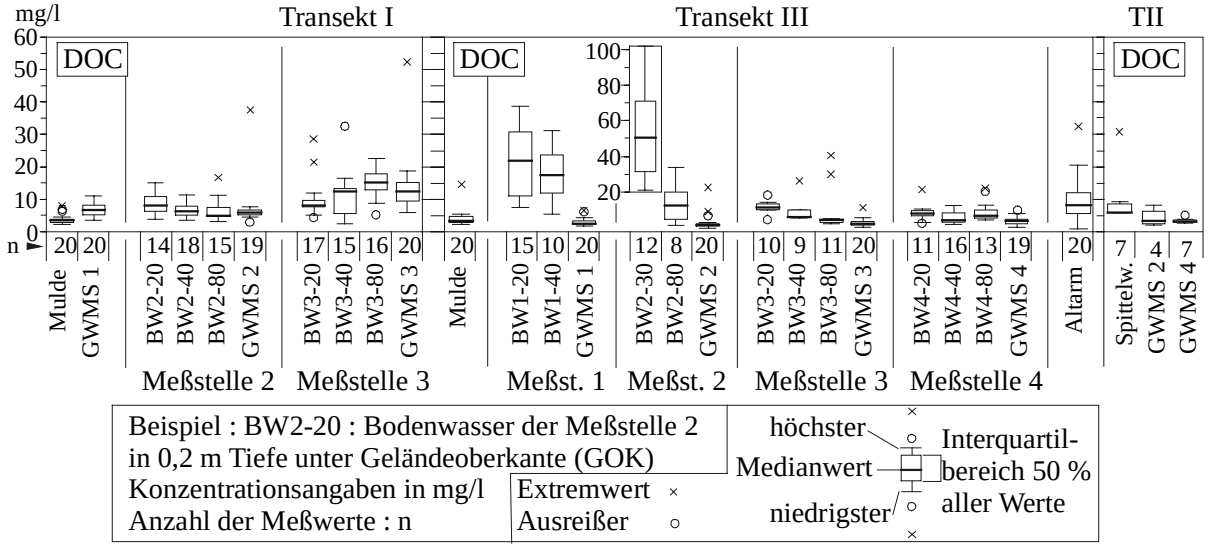


Abb. 3.2.1-5: DOC-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Die DOC-Konzentrationen im Boden- und Grundwasser des Altarmbereichs des Transekts III mit Auelehm-Überdeckung betrugen <5 - 10 mg/l (Median). Gänzlich andere Verhältnisse wurden an den Meßstellen 1 (Muldeufer) und 2 (Flutrinne) des Transekts III mit sandigen bis kiesigen Bodenverhältnissen angetroffen. Im Bodenwasser bei 0,2 m und 0,4 m u. GOK wurden die höchsten DOC-Konzentrationen von 20 - 30 mg/l (Median) und maximal von ca. 100 mg/l festgestellt.

Die geringe Wasserspeicherkapazität der sandig-kiesigen und humosen Bodenhorizonte führte regelmäßig in den Sommermonaten zur Austrocknung. Sind Feinkornanteile nicht vorhanden (Ton-/Schlufffraktion), so fehlen der Bodenmatrix stabilisierende Bodenaggregate. Die Bodendurchlässigkeit für Sauerstoff und Wasser ist dementsprechend hoch. Bei ausreichender Bodenfeuchte sind in solchen Substraten bis auf saisonale Trockenphasen die Bedingungen für den aeroben Biomassenabbau durch Mikroorganismen, die Huminstoffbildung und Mineralisierung ideal. Zudem bestand die organische Substanz an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts III (Grünland) aus Streu von Gräsern und Kräutern, die nach SCHACHTSCHABEL et al. (1998) eiweißreich und damit biologisch leicht abbaubar ist. Die feste organische Substanz ist aufgrund der hohen Sorptionskapazität gegenüber der gelösten Huminstofffraktion im grobkörnigen Oberboden das dominierende Adsorbens (Kap. 1.2.2). Als Hauptbindungsarten zwischen gelöster und fester organischer Substanz werden vor allem Wasserstoffbrückenbindungen oder Elektronen-Donator-Akzeptor-Komplexe genannt, die als Nebenvalenzkräfte nicht unbedingt hohe Bindungsenergien besitzen (ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER 1990). Somit verstärken intensiver Biomasseabbau, gute Substrat-Durchlässigkeiten und die von KALBITZ (1996) beschriebenen, saisonal bedingten Trocknungs- und Wiederbefeuchtungseffekte die Mobilisierung der organischen Substanz, was hohe DOC-Konzentrationen dokumentieren.

An anderen Auelehmstandorten des Transekts I (Meßstelle 2) und III (Meßstellen 3 und 4) wurden dagegen deutlich niedrigere DOC-Konzentrationen in der Bodenlösung festgestellt (<5 - 10 mg/l Median). Das wiederum führt zu dem Schluß, daß die Kornzusammensetzung

entscheidenden Einfluß auf die anderen Bodenparameter (Wassergehalt, pH, E_H) und die Intensität des Biomasseabbaus und -transfers ausübt. Im Gegensatz zum Transekt I ist die Verringerung der DOC-Konzentrationen in den Böden des Transekts III mit zunehmender Tiefe sehr wahrscheinlich auf einen intensiveren aeroben, mikrobiologischen Abbau zurückzuführen. Zudem wird die gelöste organische Substanz auch an die mineralische Feinkorn-Bodenmatrix gebunden (GW: geringe Werte von 0 - 5 mg/l, Median).

3.2.2 Gelöste Haupt- und Nebenbestandteile

Oberflächen-, Boden- und Grundwässer wurden auf Hauptkationen und -anionen sowie Nebenkomponenten untersucht. Ihr hydrochemisches Verhalten beeinflusst auch die Mobilität von Schwermetallen und Arsen, die im Anschluß diskutiert werden.

Das Verhalten folgender Kationen und Anionen wie Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, NH_4^{+}, SO_4^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, CO_3^{2-}, NO_3^{-} und PO_4^{3-} ist von Bedeutung. Neben der Kohlenstoffspezies wird auch die spezifische Mobilität von Fluor und Aluminium in der gelösten Phase der Oberflächengewässer und des Boden- und Grundwasserbereichs diskutiert.

Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} und Cl^{-} werden zum einen durch die natürliche Mineralverwitterung in den Böden zum anderen auch anthropogen durch den Düngemitteleinsatz in der Landwirtschaft oder Abwassereinleitungen der Industrie und Kommunen freigesetzt.

Im Vergleich zur Wasserbeschaffenheit der Mulde bei Greppin (T I) konnten am Transekt III im Abstrombereich von Bitterfeld/Wolfen nach dem Zufluß des Spittelwassers Konzentrationserhöhungen von Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} und Cl^{-} beobachtet werden (Tab. 3.2.2-1). Berücksichtigt werden muß der geringere mittlere Abfluß des Spittelwassers in der Größenordnung von ≤ 1 m^3/sec gegenüber einem mittleren Abfluß der Mulde von ca. 65 m^3/sec (Tab. 1-8).

Tab. 3.2.2-1: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+} und Cl^{-}-Konzentration (Median) in der Mulde und im Spittelwasser (Transekte I, II und III, Meßzeitraum Apr 1996 - Apr 1999).

Lokationen Messungen (April 1996 - 1999)	Fluß	Ca^{2+} mg/l	Mg^{2+} mg/l	Na^{+} mg/l	K^{+} mg/l	Cl^{-} mg/l
TI Anstrom Bitterfeld (Greppin)	Mulde	48,3	11,4	27,2	5,7	36,8
TII Bitterfeld/Wolfen	Spittelwasser	225,8	27,8	100,6	18,9	169,5
TIII Abstrom Bitterfeld/Wolfen	Mulde	53,6	11,7	29,7	6,1	40,6

3.2.2.1 Chlorid, Calcium, Magnesium, Natrium und Kalium

Chlorid

Chlor ist ein essentielles Element und kommt als Chlorid (Cl^{-}) in der Wasserphase vor. Geogenes Chlor stammt aus magmatischen Gesteinen oder marinen Sedimenten und ist in höheren Konzentrationen in ariden Gebieten anzutreffen. Böden humider Klimabereiche enthalten durchschnittlich zwischen 2 - 200 mg/kg Cl^{-}. Chloride gelangen meist in Form von Düngemitteln oder chemischen Abwässern in die Böden, Grund- und Oberflächenwässer.

In der Mulde und im Altarmbereich (Transekte I und III) wurden niedrige Cl^{-}-Konzentrationen von 31,5 - 40,6 mg/l (Median) festgestellt (Abb. 3.2.2-1). Deutlich höher fielen dagegen die Konzentrationen am Spittelwasser (Transekt II) mit 117 - 218 mg/l Cl^{-} aus, was das

Fließgewässer als Vorfluter der Chemischen Industrie in Bitterfeld/Wolfen kennzeichnet. Bis Anfang der 90er Jahre wurden Salze, Säuren (u.a. HCl), anorganische und organische Chlorverbindungen über das Spittelwasser in die Mulde abgeleitet (ANONYMUS 1994b). Zudem wurden an den Grundwassermeßstellen entlang des Transekts II erhöhte Cl^--Konzentrationen von 78 und 82 mg/l (Median) gemessen (Abb. 3.2.2-1).

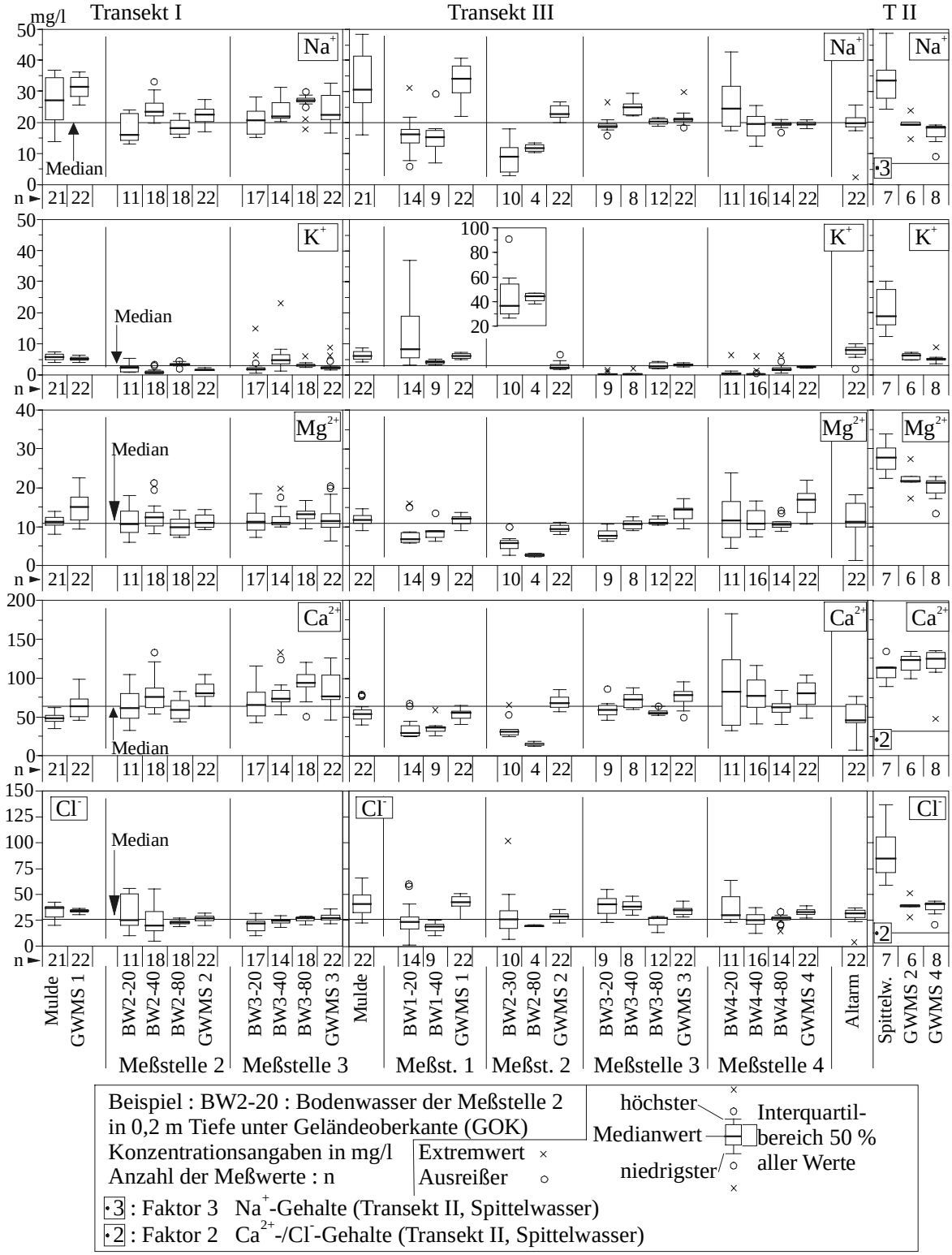


Abb. 3.2.2-1: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+ und Cl^--Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Rezente und fossile Oberböden im Bereich des Transekts II wiesen Cl^--Gehalte von 2200 bzw. 1500 mg/kg (Median) auf, die bei Überschwemmungen potentielle Chloridquellen darstellen. Die Chlorid-Gehalte lagen in den übrigen Aueböden bei 100 - 400 mg/kg (Median). Boden- und Grundwasserbereiche der Transekte I und III wiesen eine durchschnittliche Chlorid-Konzentration von 27 mg/l auf (Median). Höhere Cl^--Konzentrationen von 34 mg/l und 42 mg/l an den ufernahen Grundwassermeßstellen Transekt I, Meßstelle 1 und des Transekts III, Meßstelle 1 deuten auf Einflüsse durch Flußwasserinfiltrationen hin.

Natrium

Die Belastung des Spittelwassers durch Natrium ließ sich an Konzentrationen von 100,6 mg/l (Median) nachvollziehen. Vor 1990 wurden über das Spittelwasser und sein Vorflutersystem u.a. alkalische Abwässer (NaOH) abgeleitet (Abb. 3.2.2-1).

Natrium wird in Böden meist nur schwach gebunden und an spezifischen Sorptionsplätzen der Bodensubstanz leicht durch Calcium ausgetauscht (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). An den ufernahen Meßstellen (1) der Transekte I und III wurden aufgrund des Einflusses der Uferfiltration im Grundwasser Konzentrationen von 31 - 34 mg/l Na^+ (Median) festgestellt, die vergleichbar mit denen der Mulde von 27 - 30 mg/l sind (Median). Die abseits der Mulde liegenden Meßstellen beider Transekte wiesen dagegen im Grundwasser Na^+-Konzentrationen von 20 - 25 mg/l auf. Die durchschnittliche Konzentration von Natrium im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I und III betrug ca. 20 mg/l. Auswaschungseffekte im Bodenbereich können die geringen Na^+-Konzentrationen der Bodenlösungen in den sandig-kiesigen Böden an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts III erklären. Die Na^+-Konzentrationen in den Bodenhorizonten der betreffenden Meßstellen bewegten sich im Bereich von 9 - 16 mg/l Na^+ (Median) und lagen damit weit unterhalb der GW-Konzentrationen von 23 - 34 mg/l Na^+ (Abb. 3.2.2-1).

Calcium

In den karbonatfreien Böden der Muldeaue besitzt Calcium sehr wahrscheinlich eine starke Affinität zum Sulfat. Anthropogene Einträge durch Düngemittel (u.a. Ca-Phosphat und Superphosphat) oder die hydrolytische Verwitterung von Ca-haltigen Silikaten (Feldspäte, Pyroxene, Amphibole u.a.) sind neben Karbonaten, Gips oder Anhydrit wichtige Ca-Quellen.

Abhängig vom CO_2-Partialdruck treten in der Lösung variable Konzentrationen an $Ca(HCO_3)_2$ auf (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Der Vergleich der an den Meßstellen der Transekte I/III gemessenen Ca^{2+}-Konzentrationen von durchschnittlich 63 mg/l mit denen der Mulde von 48 - 54 mg/l (Median) macht deutlich, daß ein höheres Ca^{2+}-Potential in der Bodenlösung und im Grundwasser der Auebereiche existiert (Abb. 3.2.2-1). Weit über dem Durchschnittswert lagen die Konzentrationen im Boden- und Grundwasser der Senkenbereiche an der Meßstelle 3 (T I) und 4 (TIII). Unterdurchschnittliche Ca^{2+}-Konzentrationen wurden an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts III mit kiesig-sandigen Substraten nachgewiesen. Eine größere Austauschbarkeit besitzt Calcium in feinkörnigeren, tonhaltigen Böden, was die erhöhten Konzentrationen in den Bodenlösungen der Auelehmbereiche erklärt.

Magnesium

Es wurden Mg^{2+}-Konzentrationen von durchschnittlich 11 mg/l Mg^{2+} in Gewässern, Boden- und Grundwasser der Transekte I und III festgestellt. Im Muldewasser nachgewiesene Konzentrationen von 11 - 12 mg/l Mg^{2+} (Median) überschritten den Durchschnittswert nur gering-

fügig. Magnesium weist allgemein ein mit Calcium vergleichbares Verhalten auf. Anthropogene Quellen sind Düngemitteleinträge aus der Landwirtschaft (Mg-Sulfat oder Kieserit) und Emissionen der Metallindustrie (u.a. Reduktionsmittel). Die Silikatverwitterung ist dagegen die geogene Quelle des Magnesiums (JANDER & BLASIUS 1989). Die Mg^{2+}-Konzentrationen des Spittelwassers stammen möglicherweise aus anthropogenen Quellen. Magnesium weist eine erhöhte Affinität zu Sulfat auf und ist wie Calcium mit zunehmendem Feinkornanteil im Boden (Tongehalt) leichter austauschbar (Abb. 3.2.2-1).

Kalium

Große Mengen an alkalischen Abwässern (KOH) sowie Kupfersulfat und -chromat wurden vor der industriellen Sanierung bis Anfang der 90er Jahre über das Vorflutersystem des Spittelwassers in die Mulde eingeleitet (ANONYMUS 1996). Einen Hinweis darauf geben durchschnittliche K^+-Konzentrationen von 19 mg/l K^+ im Spittelwasser. Kaliumsalze sind zudem ein wichtiges Düngemittel für die Landwirtschaft. Geogenes Kalium stammt dagegen aus der Verwitterung von Feldspäten und anderen silikatischen Mineralen (u.a. Glimmer, Illit).

In der Regel wurden in den Bodenlösungen der Auelehme und entsprechend im Grundwasser relativ niedrige K^+-Konzentrationen von <3 mg/l festgestellt. In bindigen Böden wird Kalium wie auch Na^+, Ca^{2+} und Mg^{2+} von Tonmineralen adsorbiert und damit der Bodenlösung entzogen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Die spezifische Adsorption erfolgt zum Vorteil für Kalium an quellfähigen Tonmineralen wie dem Smectit oder Vermiculit (K^+-Ionenselektivität). Kalium ist gegenüber anderen Alkali- und Erdalkaliionen wegen seiner Ionengröße von 1,33 Å für den Einbau in bitrigonalen Hohlräume der Silikatschichten quellfähiger Tonminerale prädestiniert (JASMUND & LAGALY 1993). Zudem ist das Kaliumion weitaus leichter dehydratisierbar (geringe Hydratisationsenergie). Das Verhalten von Kalium in der Bodenlösung kann somit durch die Verdrängung von Na^+, Ca^{2+} und Mg^{2+}-Ionen von spezifischen Sorptionsplätzen begründet werden (Abb. 3.2.2-1). Die Kaliumselektivität betrifft Glimmer, Illit und quellfähigen Vermiculit, die das Mineral-/Tonmineralspektrum der bindigen Böden der Muldeaue bilden (GUNKEL 1999 und Kap. 1.5.1). K^+-Bindungsplätze, die bei randlicher Aufweitung von ansonsten nicht quellfähigen Glimmern oder Illiten entstehen, haben einen geringeren Anteil an der Kationenaustauschkapazität (JASMUND & LAGALY 1993). Anders verhält sich Kalium hinsichtlich der unspezifischen Kationenadsorption vor allem an äußeren Oberflächen negativ geladener Tonminerale oder der organischen Bodensubstanz.

Die an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts III gemessenen hohen K^+-Konzentrationen von 10 - 50 mg/l (Medianwerte) in der Bodenlösung dokumentieren die stark verringerte K^+-Pufferung aufgrund der geringeren Sorptionsfähigkeiten der sandig-kiesigen Substrate (Abb. 3.2.2-1). Dagegen wiesen Na^+, Ca^{2+} und Mg^{2+} unterdurchschnittliche Konzentrationen auf. Diese werden an den betreffenden Standorten an organische Austauscherplätze gebunden, da Tonmineralanteile weitgehend fehlen. Die genannten Alkali-/Erdalkalimetalle stehen aufgrund der Kationenselektivität in Konkurrenz zu Kalium, was möglicherweise eine Verdrängung des Kaliums von unspezifischen Bindungsplätzen bewirkt. Entsprechend erhöhen sich die K^+-Konzentrationen in den Bodenlösungen der sandig-kiesigen Standorte. Ein ungewöhnlich hoher Nährstoffeintrag als Ursache für die hohen K^+-Konzentrationen ist auszuschließen, da anhand von RF-Analysen der Kornfraktion <63 µm keine signifikanten Erhöhungen des K_2O-Gehalte festgestellt wurden. Diese lagen nach SCHACHTSCHABEL et al. (1998) allgemein im Bereich der durchschnittlichen Kalium-Gesamtkonzentration in Böden von 0,2 - 3,3 %.

Bei hohen An-/Kat-Konzentrationen der Bodenlösung wird K^+ gegenüber Na^+, Ca^{2+} und Mg^{2+} bevorzugt von Pflanzen wiederholt resorbiert.

3.2.2.2 Phosphorverbindungen

Phosphor gelangt beim Einsatz von Düngerphosphaten in der Landwirtschaft oder durch industrielle oder kommunale Einleitungen in die Umwelt. Phosphor ist an organische P-Verbindungen (gen. Phtylate) gebunden oder bildet Minerale wie Ca-Phosphate (Ca-Apatit, Hydroxylapatit) oder Al/Fe-Phosphate (Variscit, Strengit, Vivianit) aus (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). In Böden stellen auch Oxide und Hydroxide des Eisens und des Aluminiums neben Tonmineralen in Unterböden und im Oberboden die organische Substanz in Verbindung mit komplex gebundenen Fe und Al wichtige Adsorptionsplätze für Phosphor zur Verfügung. Die Phosphorgehalte der Böden betragen allgemein etwa 0,05 - 0,18 Gew.-% P_2O_5. In den Böden der Muldeaue wurden durchschnittliche Konzentrationen von 0,3 Gew.-% P_2O_5 und in Gewässersedimenten der Mulde und des Spittelwassers von bis zu 3,3 Gew.-% P_2O_5 festgestellt (Kornfraktion < 63 µm). In der Literatur werden generell für Bodenlösungen in humosen Oberböden PO_4^{3-}-Konzentrationen von 0,2 - 0,4 mg/l und in mineralischen Unterböden von 0,003 - 0,1 mg/l PO_4^{3-} angeben (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Die Neigung zur Anionenadsorption an Oberflächen (z.B. an Goethit s.a. Abb. 3.2.2-11) nimmt in der Reihenfolge Phosphat > Arsenat > Molybdat > Sulfat > Chlorid = Nitrat deutlich ab (MATTHEß 1990). Phosphat reagiert als schwache Säure ($H_2PO_4^-$) an Fe- oder Al-Hydroxid-Oberflächen und wird durch Ligantenaustausch (OH^-, OH_2), Protonenabgabe (H^+) und Wasserbildung spezifisch gebunden. Sulfat oder Chlorid bilden für gewöhnlich starke Säuren (H_2SO_4, HCl) und sind bei neutralen bis sauren Verhältnissen von pH 7 - 5 nahezu vollständig protolysiert, also als gelöste Anionen existent. Deshalb zeigen diese unter den beschriebenen pH-Bedingungen kaum Säure-Base-Sorptionsreaktionen an Oberflächen und neigen verstärkt bei niedrigeren pH-Werten zur unspezifischen Adsorption. Die spezifische Adsorption von Anionen wie Phosphat oder Fluorid führt zur Erniedrigung des Ladungsnullpunkts der Austauscheroberflächen und der Erhöhung der Kationenaustauschkapazität. Anionen wie Sulfat, Chlorid oder Nitrat werden dabei wegen ihrer Tendenz zu unspezifischen Bindungsverhältnissen von den Sorptionsplätzen verdrängt (ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER 1990).

Die Untersuchungen zeigen, daß die PO_4^{3-}-Konzentrationen und P_{ges}-Konzentrationen gut miteinander korrelieren (Abb. 3.2.2-2). Bei pH-Werten von pH 7,5 bis 5,4 ist eine verstärkte spezifischen Adsorption von PO_4^{3-}-Anionen möglich, was niedrige PO_4^{3-}-Konzentrationen erklärt. In der Mulde wurden PO_4^{3-}-Konzentrationen von durchschnittlich 0,08 und 0,13 mg/l und am Spittelwasser von 0,03 mg/l ermittelt (Median). Unterhalb von 0,1 mg/l PO_4^{3-} (Gesamt-Median) lagen auch die Konzentrationen der Bodenlösungen der Meßstellen in den Auelehmbereichen. Erhöhte PO_4^{3-}-Konzentrationen von durchschnittlich 1,74 mg/l (maximal 2,2 mg/l) sind jedoch im Grundwasserbereich an der Meßstelle 1 (Transekt I) festgestellt worden. Vermutlich regeln variierende Redox-Verhältnisse in der Infiltrations-/Exfiltrationszone des Mulde-Uferbereichs die Stabilität von Oxiden/Hydroxiden des Eisens und beeinflussen damit auch das Sorption/Desorption von PO_4^{3-}. Ähnlich hohe PO_4^{3-}-Konzentrationen in der aeroben Uferfiltrationszone des Transekts III wurden nicht festgestellt.

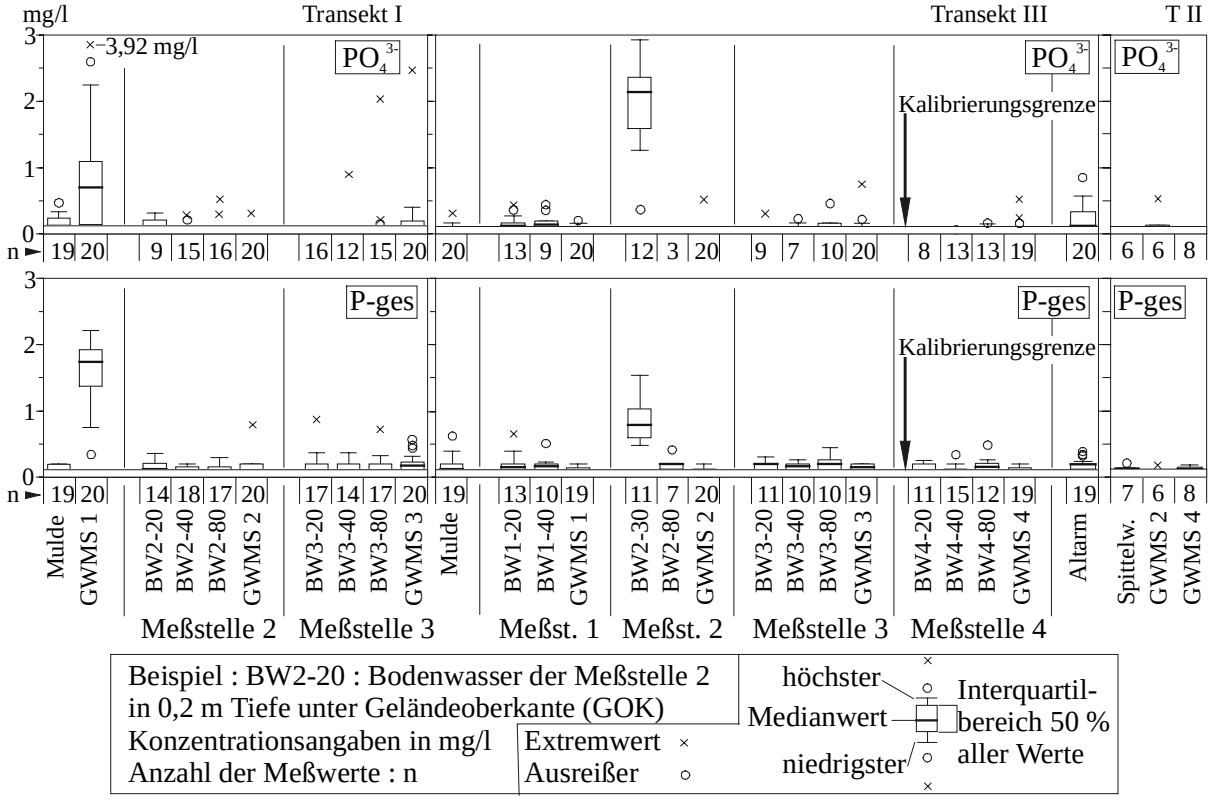


Abb. 3.2.2-2: PO_4^{3-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Von den übrigen Standorten unterscheidet sich die Meßstelle 2 des Transekts III aufgrund hoher PO_4^{3-}-Konzentrationen von 2,14 mg/l (Median). Der Standort weist im oberen Bodenbereich von 0 - 0,5 m u. GOK aerobe, kiesig-sandige Verhältnisse mit guten Durchlässigkeiten und entsprechend größeren Porenvolumina auf. Hohe DOC-Konzentrationen in der Bodenlösung dokumentieren günstige Abbaubedingungen für die organische Bodensubstanz (Abb. 3.2.1-5). Damit wird die Freisetzung von organisch gebundenem Phosphat begünstigt.

3.2.2.3 Reduzierbare und oxidierbare Stoffe

Eine Anzahl von Stoffen, die im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser von Auen vorkommen, werden mikrobiell reduziert oder oxidiert (Abb. 3.2.2-3). Redoxreaktionen führen oftmals zur Änderung des pH-Wertes und verändern somit die Sorptionsbedingungen.

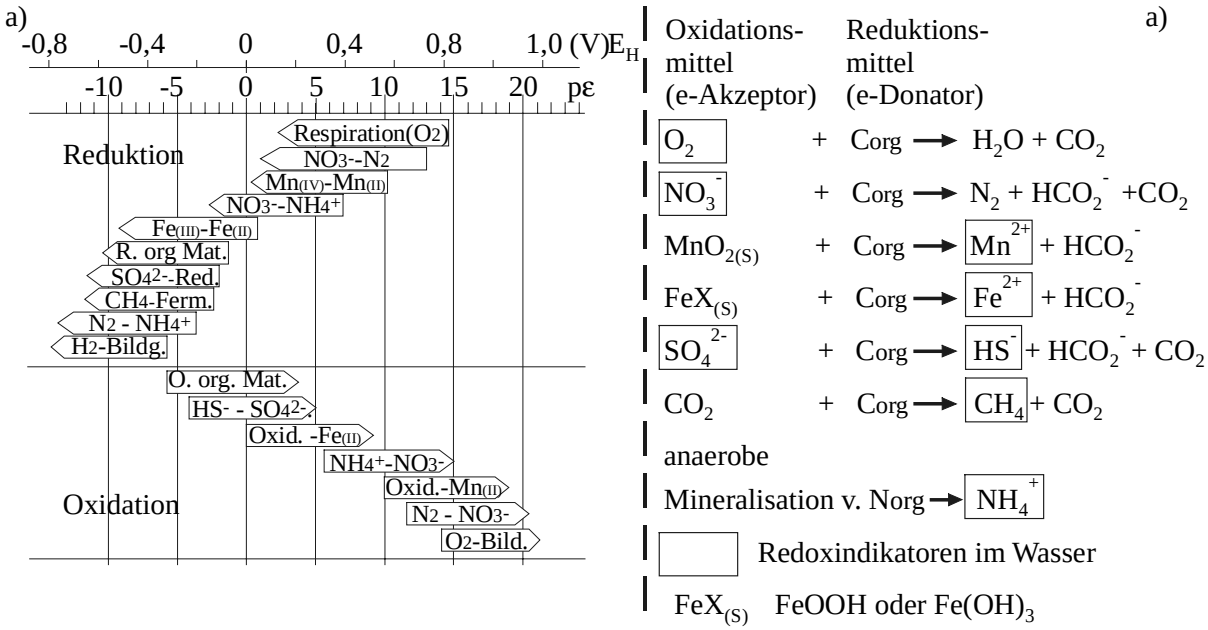


Abb. 3.2.2-3: Mikrobiologisch gesteuerte Redoxprozesse in aquatischen Systemen (umgezeichnet nach STUMM & MORGAN (1995) und ZOBRIST (2000)).

Stickstoffverbindungen

Stickstoff (N) hat als Nährstoff im Boden für Pflanzen eine herausragende Bedeutung. Untersuchungen der pflanzlichen Biomasse in verschiedenen Böden in der Muldeaue erbrachten N_{org}-Konzentrationen zwischen 0,01 und 1,5 % (KALBITZ 1996). Stickstoff gelangt direkt über landwirtschaftliche Düngemitteleinträge oder indirekt über die Abwasserlast der Flüsse bei Überschwemmungen in die Aueböden. Bei einem N-Überangebot kommt es zur Eutrophierung von Oberflächengewässern (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Mikrobiell gesteuerte Nitratreduktionsprozesse im anoxischen Boden- und Grundwasserbereich dienen als Energielieferant für die oxidative Zersetzung der organischen Substanz. Denitrifikationsprozesse können das Redoxpotential weiter absenken und die Grundwasserqualität erheblich beeinträchtigen. Umgekehrt werden unter aeroben Bedingungen Ammonium und Nitrit durch Stickstoffbakterien (Nitrosomas, Nitrococcus, Nitrobacter) zu Nitrat oder Stickstoff oxidiert (HÖLTING 1996). Folgende Reaktionen sind bezüglich des reduktiven Abbaus organischer Substanz (hier als Glucose dargestellt) von Bedeutung (SCHEYTT 1994):

$C_6H_{12}O_6 + 12\ NO_3^- \rightarrow 2\ CO_2 + 6\ H_2O + 12\ NO_2^-$ (Nitrat → Nitrit)

$5\ C_6H_{12}O_6 + 24\ NO_3^- + 24\ H^+ \rightarrow 30\ CO_2 + 42\ H_2O + 12\ N_2 \uparrow$ (Nitrat → Stickstoff)

$C_6H_{12}O_6 + 3\ NO_3^- + 6\ H^+ \rightarrow 6\ CO_2 + 3\ H_2O + 12\ NH_4^+$ (Nitrat → Ammonium)

Die gemessenen Nitratkonzentrationen im Muldewasser an den Transekten I und III betrugen 22,5 - 23,4 mg/l (Median). Das Spittelwasser wies dagegen nur durchschnittlich 14,3 mg/l NO_3^- auf. Im Boden- und Grundwasser der Muldeaue wurden deutlich niedrigere NO_3^--Konzentrationen festgestellt (Abb. 3.2.2-4). Höhere NO_3^--Konzentrationen waren im Boden-

wasser und Grundwasser der ufernahen Infiltrationsbereiche der Transekte I und III meßbar (Meßstellen im Uferbereich; Abb. 3.2.2-4).

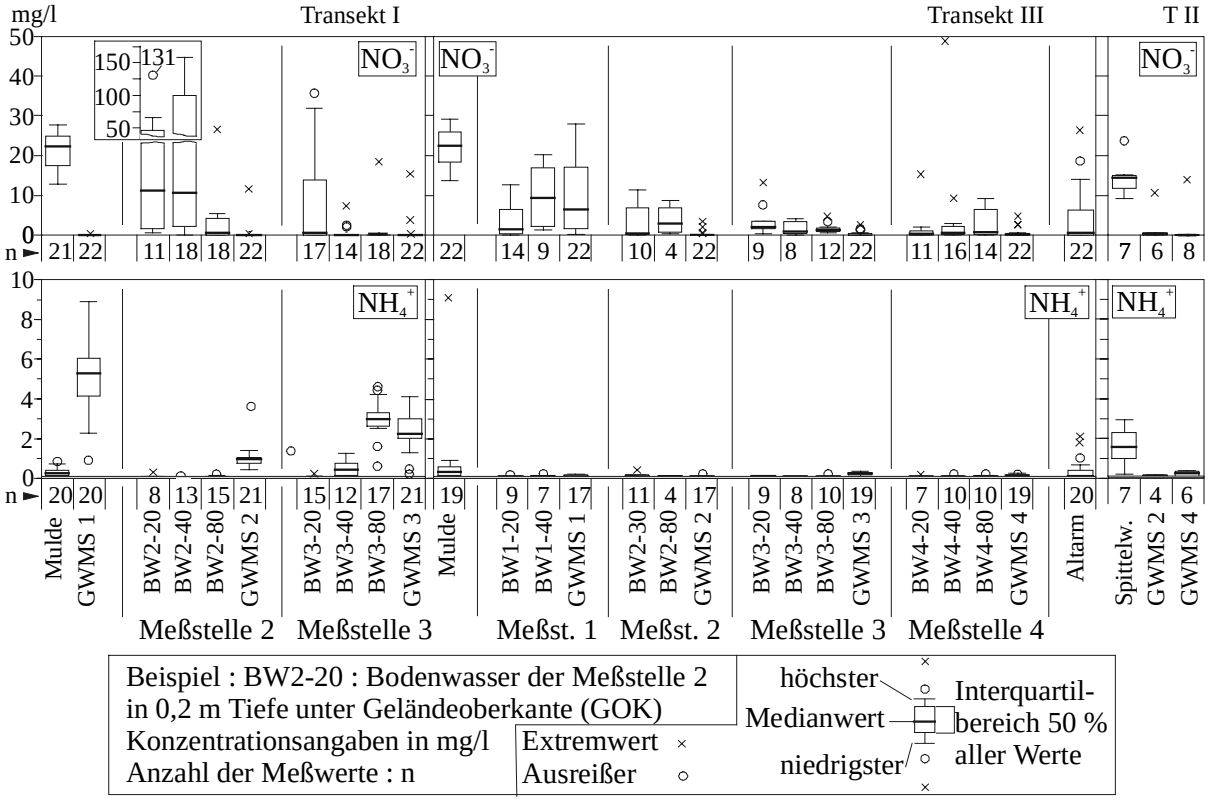


Abb. 3.2.2-4: NO_3^-- und NH_4^+-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Erhöhte NH_4^+-Konzentrationen der Fließgewässer waren mit Ausnahme des Spittelwassers nicht zu ermitteln. Das Spittelwasser wies Konzentrationen von durchschnittlich 1,58 mg/l auf, die auf eine leicht erhöhte mikrobakterielle Nitratreduktion hindeuten. Einen Hinweis auf Nitratreduktion unter anaeroben Bedingungen gab es im Grundwasserbereich des Transekts I, wo sich an den Meßstellen 1, 2 und 3 durchschnittliche Konzentrationen von 0,9 - 5,3 mg/l NH_4^+ feststellen ließen (Abb. 3.2.2-4).

Sulfat

Anthropogene Schwefel-Konzentrationen in den Böden der Muldeaue lassen sich auf SO_2-Einträge aus der Luft (Rauchgasemissionen) sowie auf SO_4^{2-}-Emissionen der Industrie, kommunaler Quellen und der Landwirtschaft infolge von Überschwemmungen zurückführen (Kap. 2.1.3). In humosen Oberböden ist Schwefel zu 60 - 98 % in C-S-Bindungen oder in Sulfatestern (-C-O-SO_3) der organischen Substanz vertreten (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). In anorganischer Form ist Schwefel auch als Gips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) gebunden. Allgemein ist Schwefel unter aeroben Bedingungen als Sulfat-Anion in Lösung und wird normalerweise mit fallendem pH-Wert und positiverer Oberflächenladung an Austauscheroberflächen von Fe-/Mn-Oxiden und Hydroxiden adsorbiert. Anionen wie das Phosphat oder auch Fluorid behindern verstärkt mit abnehmendem pH-Wert die Adsorption von Sulfat (s.a. Kap. 3.2.2.2). So besteht die Möglichkeit, daß die Gesamt-Adsorption von Sulfat bei sinkendem pH-Wert stetig ab- und die SO_4^{2-}-Konzentration in der wäßrigen Phase entsprechend zunimmt (ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER 1990).

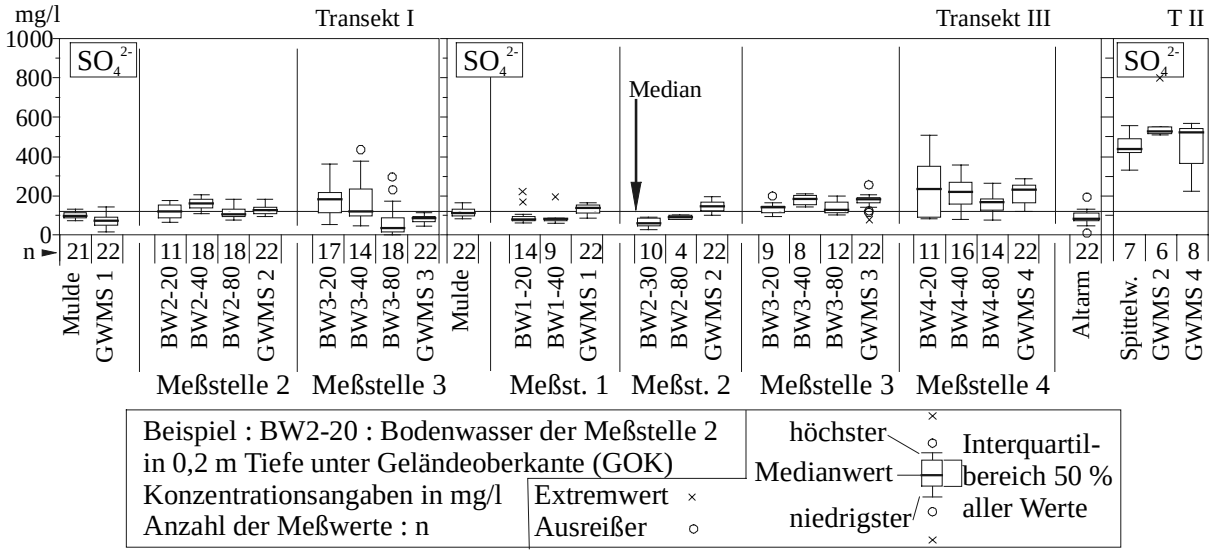


Abb. 3.2.2-5: SO_4^{2-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Die mittlere SO_4^{2-}-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue beträgt für den Untersuchungszeitraum 123 mg/l SO_4^{2-}. Im Muldewasser und im Altarmgewässer des Transekts III wurden mittlere SO_4^{2-}-Konzentrationen von 80 - 113 mg/l ermittelt (Median). SO_4^{2-}-Konzentrationen von 440 - 530 mg/l (Medianwerte) des Spittelwassers und der GWMS 2 und 4 untermauern auch die These, daß der Sulfatschwefel zu einem beträchtlichen Teil über die Fließgewässer bzw. über das belastete Spittelwasser eingetragen wurde.
Höhere SO_4^{2-}-Konzentrationen wurden im Boden- und Grundwasser der Senkenbereiche der Transekte I und III festgestellt. Anoxische Bedingungen in der Grundwasserzone an der Meßstelle 3 des Transekts I führten dagegen in tieferen Bodenbereichen zu weitaus geringeren SO_4^{2-}-Konzentrationen von 85 - 37 mg/l (Median; Abb. 3.2.2-5). Diese deuten auf eine mikrobiell gesteuerte Sulfatreduktion (u.a. *Desulfovibrio desulfuricans*; HÖLTING 1996) mit zunehmender Bodentiefe hin.

Im Grundwasserbereich des Transekts III wurde vom Muldeufer bis in den Altarmbereich unter aeroben Bedingungen und abnehmendem pH-Wert (Abb. 3.2.1-2) eine Zunahme der SO_4^{2-}-Konzentrationen festgestellt (Abb. 3.2.2-5). Bei sinkendem pH-Wert verstärkt sich in der Regel die Anionenadsorption aufgrund der Belegung der Austauscheroberflächen mit positiven Ladungen (H^+). Die Lehmböden der Muldeaue enthalten Tonminerale (s.a. Kap. 1.5.1) mit permanent negativer Ladung aufgrund des isomorphen Ersatzes von Zentralkationen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Deshalb ist in tonhaltigen Böden mit einer generellen Erniedrigung des Ladungsnullpunktes zu rechnen, die eine unspezifische Anionenadsorption erst bei niedrigeren pH-Werten zuläßt (JASMUND & LAGALY 1993). Zudem erniedrigen negativ geladene Huminstoffe in den Oberbodenhorizonten den Ladungsnullpunkt. Die Meßstellen 3 des Transekts I und 4 des Transekts III wurden in Senkenbereichen mit sehr humosen Oberbodenhorizonten positioniert. An den sandig-kiesigen, humosen Standorten der Meßstellen 1 und 2 des Transekts III wurden im Oberboden unerwartet geringe SO_4^{2-}-Konzentrationen gemessen, die möglicherweise auf eine erhöhte S-Aufnahme durch Pflanzen im gut durchlässigen Substrat schließen lassen. Dieser Effekt wirkt hohen SO_4^{2-}-Konzentrationen entgegen.

Eisen

Reduktions- und Oxidationsprozesse beeinflussen die Fe-Konzentration (Fe(II)/Fe(III)) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser. Unter aeroben Bedingungen sind die Konzentrationen von Fe(II) niedrig. Fe(III) ist überwiegend an Fe-Oxide/Hydroxide gebunden. In aeroben Böden des humiden Klimabereichs sind im wesentlichen sekundär gebildete Hydroxide wie der schwach kristalline bis amorphe Ferrihydrit oder der kristalline Goethit (α-FeOOH) stabil (s.a. Kap. 1.2.3). Organisch gebundenes Eisen kann nebst freien Fe(II)-Ionen in Form gelöster organischer Fe(II)- oder Fe(III)-Komplexe in die Lösung übergehen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Mit intensiverer mikrobieller Fe-Reduktion werden infolge der Oxidation organischer Substanz vermehrt Fe^{2+}-Ionen freigesetzt (PRACHT 2001).

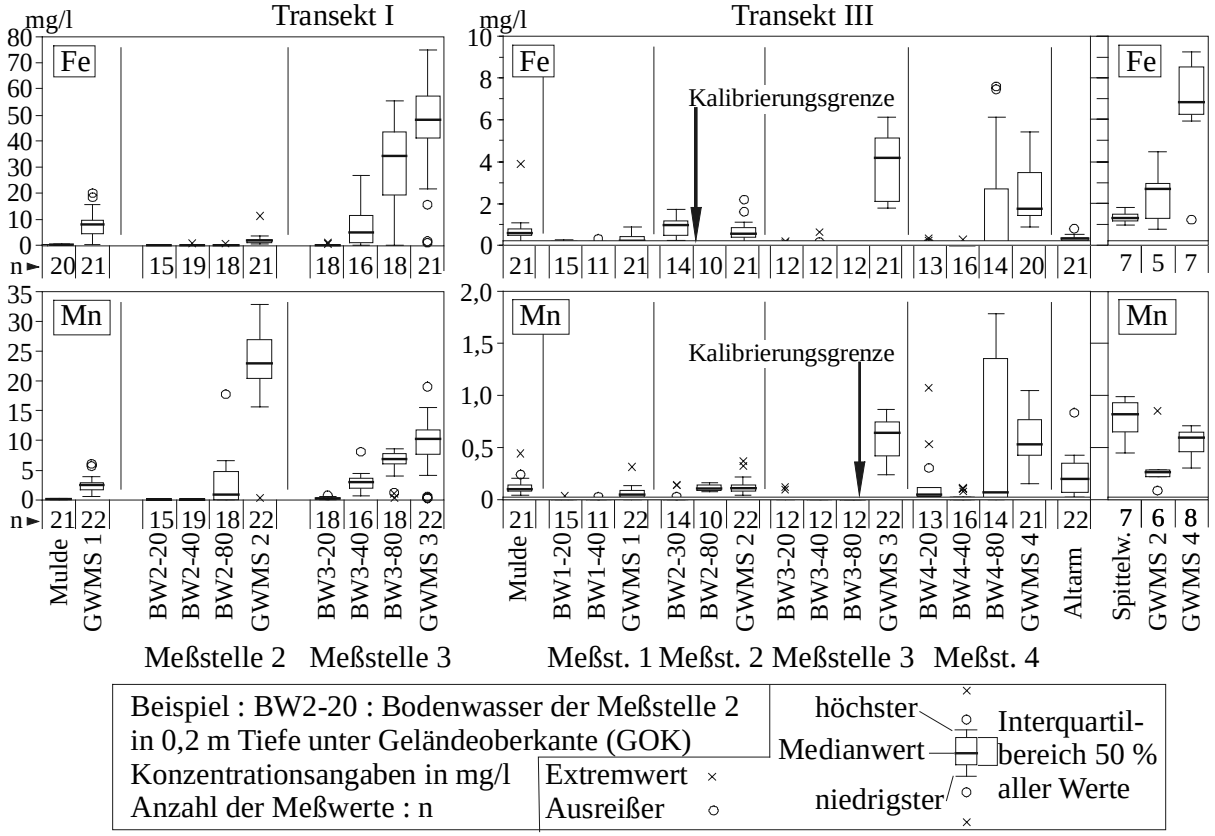


Abb. 3.2.2-6: Fe- und Mn-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Die Mulde (Transekte I und III) wies durchweg nur geringe Fe-Konzentrationen von 0,15 - 0,58 mg/l auf (Abb. 3.2.2-6). Wasseranalysen des Spittelwassers erbrachten dagegen durchschnittlich 1,29 mg/l Fe (Median). Dies kann durch den Zustrom aus den nahegelegenen Grundwasserzonen der Spittelwasseraue mit erhöhten Fe-Konzentrationen von 2,7 - 6,8 mg/l begründet werden (Meßstelle 2 und 4, Transekt II). Im anoxischen Grundwasserbereich der Meßstelle 3 (Transekt I) wurden mit 34 bzw. 48 mg/l (0,8 m u. GOK, Grundwasser) die weitaus höchsten Fe-Konzentrationen festgestellt. Die Fe-Konzentrationen im aeroben Grundwasserbereich der Meßstellen 3 und 4 des Transekts III sind dagegen mit 4,2 und 1,7 mg/l Fe nur leicht erhöht (Abb. 3.2.2-6).

Die im Fe-Stabilitätsdiagramm umrissenen E_H-/pH-Verhältnisse in der Muldeaue deuten im aeroben Bodenmilieu auf die Dominanz von Fe-Oxiden und weniger stabilen -Hydroxiden hin (Abb. 3.2.2-7, links). In stark anoxischen Bereichen kommt es jedoch durch die beschriebe-

nen Reduktionsprozesse zu einer verstärkten Mobilisierung von Fe(II). Die Mobilität von Fe(II) steigt bei Unterschreitung des E_H-Wertes von ca. 100 mV rapide an (Abb. 3.2.2-8, links). Eine Sulfidbildung von Fe(II) ist im stark anoxischen Bereich grau-schwarz gefärbter Unterbodenhorizonte wahrscheinlich. Aufgrund hoher Fe-Konzentrationen bis in das Grundwasser konnte diese Annahme jedoch nicht bestätigt werden (Abb. 3.2.2-6). Einschränkend muß hier gesagt werden, daß die Grundwässer nicht auf entsprechende Sulfid-Spezies untersucht wurden.

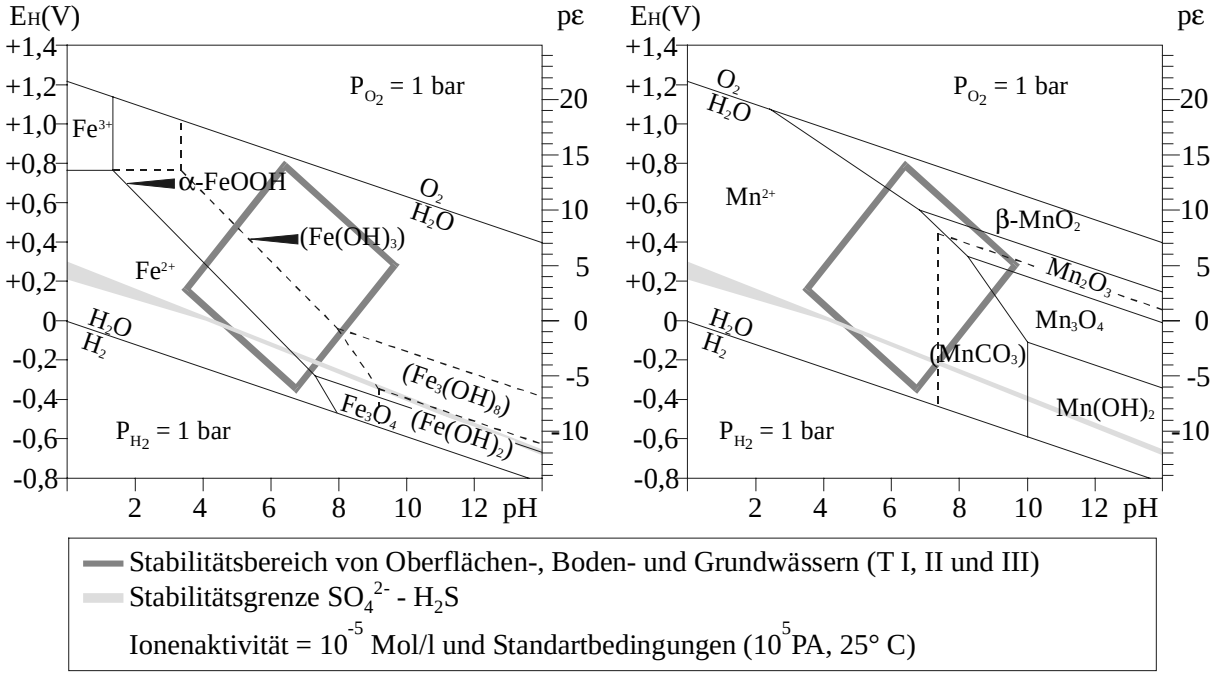


Abb. 3.2.2-7: Kennzeichnung der E_H-/pH-Stabilitätsbereiche von Fe und Mn im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (umgezeichnet nach SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Mangan

Mangan liegt in Böden meist als Mn-Oxid (Mn(III,IV)), in Silikaten oder auch Karbonaten ($MnCO_3$) gebunden vor (Kap. 1.2.3), wobei letztere in der Muldeaue kaum existieren.

In der Mulde wurden Mn-Konzentrationen von 0,09 - 0,10 mg/l (Median) im Gegensatz zum Spittelwasser von 0,82 mg/l (Median) gemessen (Abb. 3.2.2-6). Die höchsten Mn-Konzentrationen von 23 mg/l wurden im Grundwasser der Meßstelle 2 des Transekts I festgestellt (Median). Im Grundwasserbereich der Meßstelle 3 (T I) mit stärker anoxischen Bedingungen lagen die Mn-Konzentrationen dagegen nur bei 10 mg/l (Median). Mangan ist erheblich leichter reduzierbar und weist deshalb auch in schwächer anaeroben Milieubereichen hohe Konzentrationen auf. An den Meßstellen 3 und 4 im Altarmbereich des Transekts III wurden deutlich geringere Mn-Konzentrationen ermittelt, die nicht mit denen der anoxischen Bereiche des Transekts I zu vergleichen sind (Abb. 3.2.2-6).

Ein Großteil der Wasserproben aus der Muldeaue enthält, nach den Stabiltätsbedingungen zu urteilen überwiegend Mn(II)-Ionen. Der geringere Teil ist den Manganoxiden zugeordnet (JASMUND und LAGALY 1993; Abb. 3.2.2-7, rechts). Demnach ist Mn(II) in Abhängigkeit vom pH-Wert bereits bei E_H-Werten zwischen 700 - 200 mV als gelöste Spezies quantitativ erfaßbar. Eine signifikante Erhöhung der Mn-Löslichkeit tritt jedoch erst unterhalb von E_H-

Werten von 200 - 300 mV auf (Abb. 3.2.2-8, rechts). Eine Mn-Sulfidbildung ist unterhalb von -100/-200 mV möglich.

Die Erfassung von Mischpotentialen bei Redox-Messungen erschwert die Interpretation einzelner Reaktionen. Unterschiedliche Stoffkonzentrationen, Partialdrücke und Temperaturen schrängen die Aussagefähigkeit weiter ein. Die E_H-/pH-Stabilitätsdiagramme enthalten aus diesem Grund auch nur skizzierte Meßdatenbereiche.

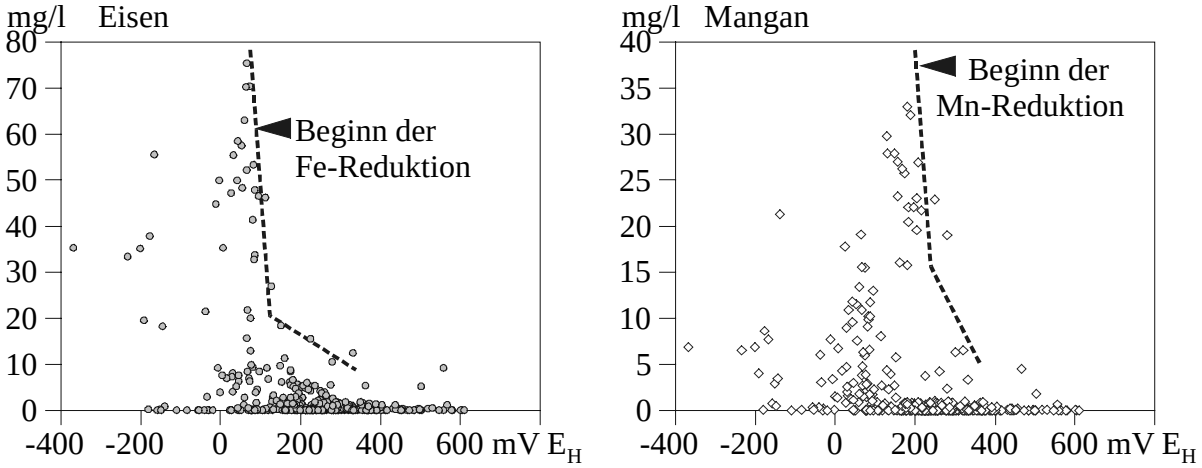


Abb. 3.2.2-8: E_H-Grenzbereiche zur Kennzeichnung der beginnenden Reduktion von Fe und Mn (Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III, Probenahmen April 1996 - April 1999).

3.2.2.4 Gelöste Kohlenstoffspezies

Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht im Wasser ist allgemein vom CO_2-Partialdruck (Luft/ Wasser) und von der Temperatur abhängig. Beim aeroben/anaeroben mikrobiellen Abbau organischer Substanz (Elektronendonator) und der Reduktion von Sauerstoff, Nitrat, Mangan(IV), Eisen(III) oder Sulfat (Elektronenakzeptoren) werden große Mengen an CO_2 zur Energiegewinnung produziert (s.a. Abb. 3.2.2.-3). Im Wasser bildet ein Teil des CO_2 Kohlensäure [H_2CO_3]. Diese ist allerdings wenig stabil und dissoziiert in zwei Reaktionsschritten mit H_2O nahezu vollständig zu HCO_3^-, CO_3^{2-} und H^+ bzw. H_3O^+ (Hydroniumionen). Weiterhin reagiert gelöstes CO_2 mit Karbonaten (z.B. $CaCO_3$) oder auch Silikaten und erzeugt in Verwitterungsprozessen zusätzlich Hydrogenkarbonationen (HCO_3^-). In der karbonatfreien Muldeaue ist dies jedoch kein wirksamer Prozeß. Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht wird demnach allein durch die oben beschriebenen Reduktionsprozesse gesteuert. Diese sind wiederum von der Quantität und Qualität der organischen Substanz, vom pH-Wert, von den Redox-Bedingungen und der Temperatur abhängig (STUMM & MORGAN 1995).

Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht läßt sich in Form der Alkalinität [Alk] oder Säure-Neutralisationskapazität (Endpunkt-Titration mit H_2SO_4 bis pH 4,3) im aeroben bis anaeroben Milieu (ohne relevante Anteile von Sulfiden) wie folgt beschreiben:

$$[Alk] \text{ od. m-Wert} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] - [H^+] \qquad \text{(STUMM \& MORGAN 1995)}$$

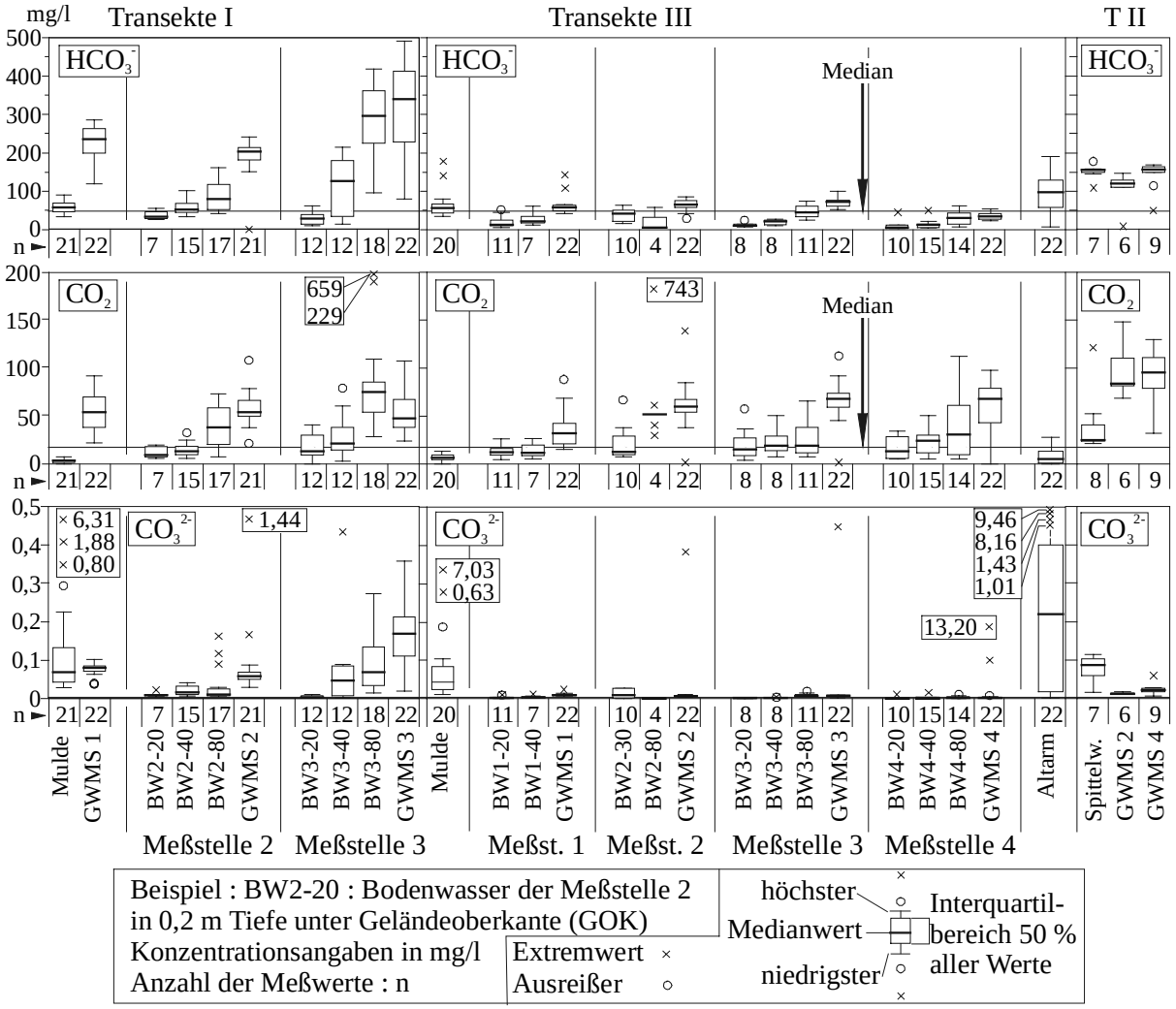


Abb. 3.2.2-9: HCO_3^--, CO_3^{2-}- und CO_2-Konzentration im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Die untersuchten Wässer wiesen bis auf wenige Proben aus dem Altarmbereich pH-Werte von pH 5 - 8 auf. In dem angegebenen pH-Bereich wurden durchschnittliche Konzentrationen von 48 mg/l HCO_3^- ($7{,}8 \cdot 10^{-1}$ mol/l), von 0,008 mg/l CO_3^{2-} ($1{,}3 \cdot 10^{-5}$ mol/l), von $2{,}2 \cdot 10^{-8}$ mg/l OH^- ($1{,}3 \cdot 10^{-9}$ mol/l) und von $2{,}0 \cdot 10^{-8}$ mg/l H^+ (mol/l) ermittelt (Median). Die Alkalinität der untersuchten Wässer entspricht somit annähernd der HCO_3^--Konzentration ([Alk] = $[HCO_3^-]$), da alle anderen Ionen quantitativ keine Relevanz besitzen. Eine Ausnahme bildet das Altarmgewässer des Transekts III. Bei höheren pH-Werten von pH 6,5 - 9,5 (Medianwert pH 7,6) wurden nennenswerte Anteile an CO_3^{2-} festgestellt (Abb. 3.2.2-9).

Gemessen an der durchschnittlichen Konzentration von gelöstem HCO_3^- von 48 mg/l (Median) wurden für die Mulde (Transekte I und III) Konzentrationen von 56 und 58 mg/l HCO_3^- (Median) ermittelt (Abb. 3.2.2-8). Deutlich höhere HCO_3^-- und CO_3^{2-}-Konzentrationen wiesen die Standgewässer des Altarmbereichs des Transekts III mit Medianwerten von 96 mg/l bzw. 0,22 mg/l (max. 9,5 mg/l) auf. Vermutlich wird die Alkalinität und der pH-Wert des Standgewässers durch H^+-verbrauchende Photosyntheseprozesse O_2-produzierender Algen gesteuert, die in der Vegetationsperiode des Sommerhalbjahrs aktiv sind (STUMM & MORGAN 1995).

Das Spittelwasser und die anliegenden Grundwasserareale der Meßstellen 2 und 4 (Transekt II) verzeichneten höhere HCO_3^--Konzentrationen von 154 bzw. 120 und 156 mg/l (Median) im Vergleich zur Mulde. Die Verhältnisse spiegeln intensivere Mineralisierungsprozesse infolge eines gesteigerten, mikrobiologisch gesteuerten Abbaus organischer Substanz wider, was erhöhte CO_2-Konzentrationen anzeigen (Abb. 3.2.2-9).

An fast allen untersuchten Standorten entlang der Transekte I und III waren mit zunehmender Bodentiefe höhere HCO_3^-- und CO_2-Konzentrationen bis in das Grundwasser festzustellen. Reduktionsprozesse erzeugen hohe HCO_3^--Konzentrationen von 126 und 296 mg/l in den anaeroben Grundwasserbereichen der Meßstellen 2 und 3 des Transekts I (Medianwerte, Meßstelle 3). Zudem heben H^+-verbrauchende Reduktionsprozesse (Abb. 3.2.1-3) in stark anoxischen Zonen den pH-Wert aus dem sauren bis in den neutral-alkalischen Bereich an (s.a. Abb. 3.2.1-2, Meßstelle 3, T I), was sich wiederum auf die Elementmobilität von An- und Kationen auswirkt (Abb. 3.2.2-9).

3.2.2.5 Aluminium und Fluor

Aluminium

Aluminium ist wichtiger Bestandteil von Silikaten (Feldspäte, Glimmer, Tonminerale etc.), aus denen durch Verwitterung (Hydrolyse) sekundäre Tonminerale, amorphe Al-Hydroxide und kristalline Aluminumoxide (z.B. Gibbsit, Böhmit in Tropen) entstehen können (JASMUND & LAGALY 1993). Höhere Phosphat- oder Sulfat-Konzentrationen können im sauren Bereich zur Bildung von Al-Phosphaten oder Al-Hydroxysulfaten führen (z.B. Jurbanit: $AlOHSO_4$). Bei pH-Werten <4 ist mit einer Verlagerung von Al^{3+} und Hydroxy-Al-Ionen und bei pH-Werten >4 mit einer Fällung und Kristallisation von amorphen Al-Hydroxiden zu rechnen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Al kann in den humosen Oberböden an die organische Substanz gebunden werden, was die Al-Hydroxidbildung verzögert (JASMUND & LAGALY 1993).
In den mineralischen Unterbodenhorizonten können gelöste Al^{3+}-Ionen und Hydroxy-Al-Ionen ($Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$ u.a.) verstärkt an negativ geladene Oberflächen von Tonmineralen, Oxiden, Hydroxiden gebunden werden und dabei Alkali- und Erdalkaliionen mit geringerer Wertigkeit wie Na^+ und Mg^{2+} verdrängen (MCBRIDE 1994). Die vom pH-Wert abhängige Pufferung austauschbarer Kationen an oberflächennahen Austauscherpositionen (unspezifische Adsorption) findet verstärkt im Bereich von pH 8 - 5,5 statt (MCBRIDE 1994) und betrifft insbesondere die Böden der Muldeaue.

In den Fließgewässern (Mulde, Spittelwasser) und im Altarmbereich wurden durchschnittliche Al-Konzentrationen von nur <0,05 - 0,15 mg/l gemessen (Abb. 3.2.2-10). Im Grundwasser konnte ebenfalls nur <0,05 mg/l Al nachgewiesen werden. In den stärker anoxischen Bodenbereichen des Transekts I wurden äußerst geringe Al-Konzentrationen <0,05 mg/l im Vergleich zu Al-Konzentrationen von 0,1 - 0,71 mg/l in Bodenlösungen aerober Standorte des Transekts III festgestellt (Median). Eine mögliche Ursache ist, daß Al^{3+}-Ionen aufgrund höherer pH-Werte von pH 6,4 - 6,9 stärker an Mineraloberflächen oder der organischen Substanz in den Böden des Transekts I adsorbiert werden als in den aeroben stärker versauerten Böden der Meßstellen 3 und 4 des Transekts III (Median pH: 5,4 - 6,4). Al kann in den Bodenlösungen der Meßstellen 3 und 4 (T III) zudem an organische oder anorganische Komplexe des Fluors gebunden sein (MCBRIDE 1994). Signifikante Korrelationen mit dem DOC und mit Fluor deuten daraufhin (Tab. 3.2.2-2). Die erhöhten Al-Konzentrationen in den Bodenlösungen der humosen, an Feinkornanteilen verarmten Horizonte der Meßstellen 1+2 (T III) sind möglicherweise auf Organo-Al-Komplexe zurückzuführen (Abb. 3.2.2-10).

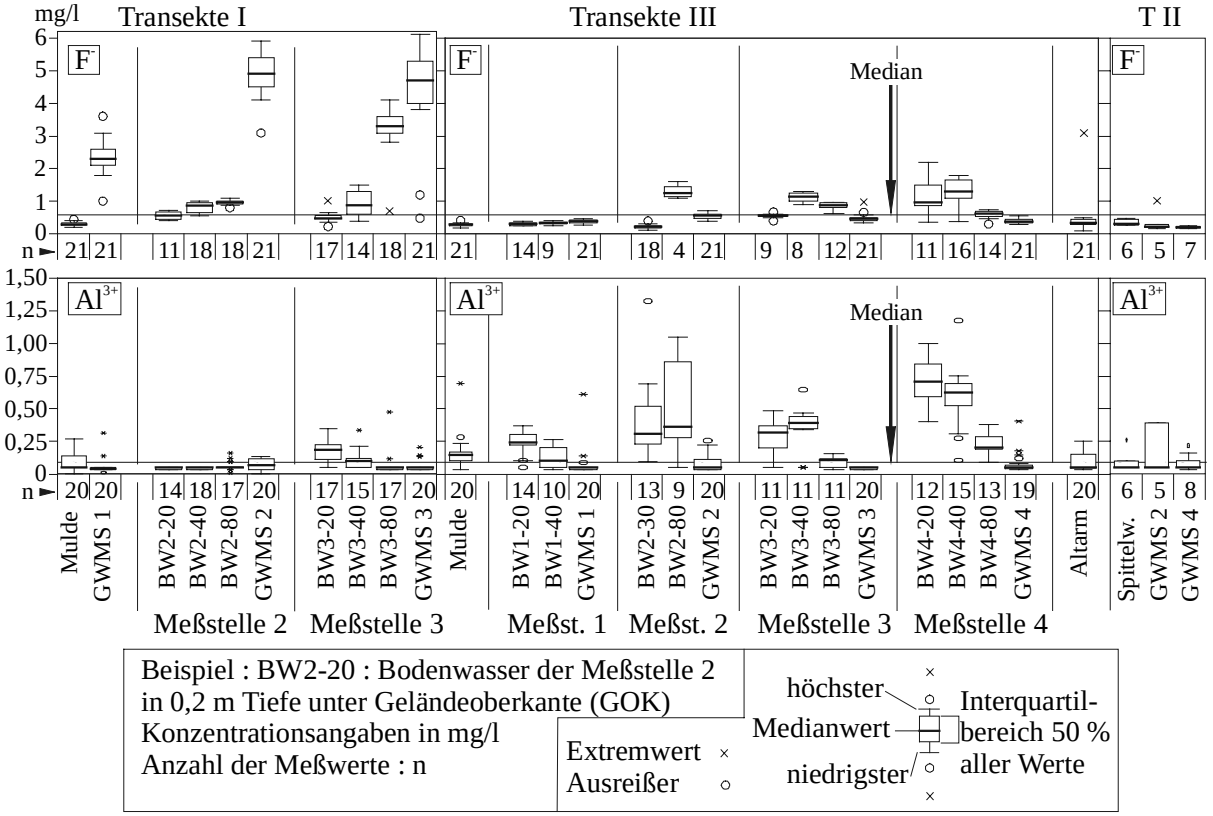


Abb. 3.2.2-10: F-, Al-Konzentration (Median) in der Muldeaue und am Spittelwasser (Transekte I, II und III, Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Fluor hat seinen geogenen Ursprung in Mineralen wie dem Fluorit (CaF_2) und kommt auch in Glimmern, Tonmineralen und Phosphaten (Fluorapatit) vor. Letztere werden auch als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt und in Böden und Gewässersystemen eingetragen (MCBRIDE 1994). Fluor gelangt außerdem über industrielle Luftemissionen (Aluminiumherstellung, Müllverbrennung etc.) als Fluorwasserstoff (HF) in die Umwelt. Die Fluor-Adsorption durch Tonminerale, Oxide oder Hydroxide sowie auch durch die organische Substanz wird als relativ hoch eingeschätzt (OH-Austausch). Im allgemeinen steigt die F^--Adsorption mit zunehmender Bodenacidität bis etwa pH 4 an. Die Bindungskapazität in sandigen Böden wird generell als niedrig und die Verfügbarkeit als hoch im Gegensatz zu tonigen Böden beschrieben (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Anionisches Fluor (F^-) geht bevorzugt Komplex-Verbindungen mit Al^{3+} ein (Fluoride) und beeinflußt dementsprechend die Mobilität von Aluminium (MCBRIDE 1994).

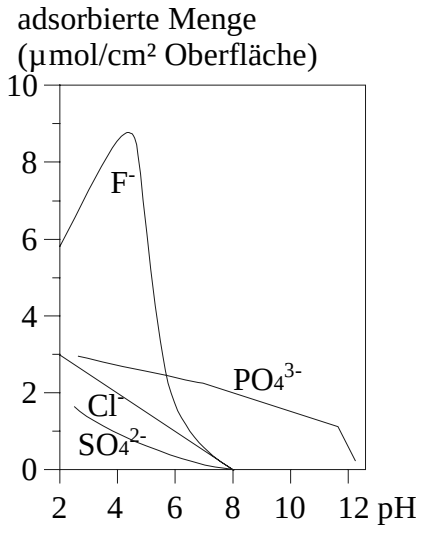


Abb. 3.2.2-11: Adsorption von Anionen durch Goethit in Abhängigkeit vom pH (umgez. nach HINGSTON et al. 1972).

In Abb. 3.2.2-10 wird ersichtlich, daß die F-Konzentrationen der Mulde und des Spittelwassers mit 0,2 - 0,3 mg/l F den Gesamtdurchschnitt von 0,6 mg/l F (Median) deutlich unterschritten hatten und Einträge über die Fließgewässer nahezu ausgeschlossen werden konnten. Auffällig ist, daß im stark anaeroben Bodenmilieu der Meßstellen 1 (GW), 2 (GW) und 3 (GW und Bodenlö-

sung) des Transekts I die F-Konzentrationen mit 1,0 - 4,7 mg/l (Median) unerwartet hoch waren und im Vergleich zu Aluminium ein entgegengesetztes Verhalten anzeigten. Im Bereich von pH 5 - 8 nimmt die an Fe-Oxiden adsorbierte Menge von F^--Ionen entsprechend der Gesetzmäßigkeiten für die Anionensorption rapide ab (Abb. 3.2.2-11: umgez. n. HINGSTON et al. 1972). Die Desorption von F^--Ionen ist sehr wahrscheinlich auf Reduk-tionsprozesse und den Anstieg des pH-Werts im tieferen anoxischen Bodenbereich des Transekts I zurückzuführen (Abb. 3.2.1-2 und -3). Verstärkend wirkt die Fe-Reduktion und Auflösung von Fe-Oxiden/-Hydroxiden, was eine mögliche Resorption von Fluor ausschließt (Abb. 3.2.2-10). Daraus resultieren höhere F- und Fe(II)-Konzentrationen im anoxischen Milieu, die stark positiv miteinander korrelieren (0,66**, Tab. 3.2.2-2).

Entlang des Transekts III lagen bei aeroben Boden-, Bodenwasser- und Grundwasserverhältnissen die niedrigen pH-Werte von 5,9 - 7,0 noch oberhalb des Al-Pufferbereichs. Trotz der guten Sorptionsbedingungen für F^--Anionen zeigten sich in den oberen Horizonten der Meßstellen 3 und 4 erhöhte F-Konzentrationen (Abb. 3.2.2-10). Die erhöhten F-Konzentrationen sind vermutlich auf gelöstes, zuvor organisch komplexiertes Fluor zurückzuführen. Ein ähnliches Verhalten ist auch für Aluminium anzunehmen. Korrelationen zwischen Al-, F- und DOC-Konzentrationen der Bodenlösungen der Meßstellen 3 und 4 (T III) weisen daraufhin (Tab. 3.2.2-2).

Tab. 3.2.2-2: Korrelation der F-, Al-, Fe und DOC-Konzentration (Median) mit E_H- und pH-Wert (Transekte I, III, Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Ober-Unterboden	T I Meßstellen 1-3		T III Meßstellen 1+2		T III Meßstellen 3+4	
Bodensubstrate	schluffig - tonig		sandig - kiesig		schluffig - tonig	
BW/GW-Lösungen	Al	F	Al	F	Al	F
Al	1	**-0,32****	1	**-0,41****	1	**0,66****
F	**-0,32****	1	**-0,41****	1	**0,66****	1
DOC	-0,07	**0,40****	**0,36****	-0,11	**0,55****	**0,28****
pH	**-0,22****	0,002	**-0,23****	-0,1	**-0,42****	-0,18
E_H-Wert	-0,003	**-0,35****	**0,35****	**-0,34****	-0,05	-0,06
Fe	-0,16	**0,66****	**-0,26****	**0,25****	**-0,57****	**-0,64****
Anzahl = n	154 - 178	157 - 180	121 - 137	121 - 130	118 - 132	124 - 133

** Fettdruck: zweiseitige, hoch signifikante Korrelationen (Signifikanz >99 %)
Normaldruck: zweiseitige Korrelationen (Signifikanz <99 %) [Spearman-Rho]

In tieferen Bodenbereichen können sich neben freien Ionen lösliche Komplexe von $AlF_n^{(3-n)+}$ oder $AlSO_4^+$ bilden (MCBRIDE 1994). Zudem deuten mit der Bodentiefe abnehmende F- und Al-Konzentrationen an, daß im Unterboden Fluor vermutlich an Partikeloberflächen ausgetauscht (Anionenadsorption) und Al möglicherweise als amorphes Hydroxid oder in Verbindung mit Phosphat oder Sulfat (Jurbanit: $AlOHSO_4$) gebunden wird (MCBRIDE 1994).

Die Bodenlösungen der Meßstellen 1 und 2 des Transekts III wiesen mit Ausnahme des sandigen Unterbodenhorizonts 0,8 m u. GOK der Meßstelle 2 unterdurchschnittliche F-Konzentrationen auf. Eine verringerte Retentionsfähigkeit der sandig-kiesigen Oberbodenhorizonte läßt den Transport von Fluor mit dem Sickerwasser in den Unterbodenhorizont von 0,8 m u. GOK der Meßstelle 2 zu (Abb. 3.2.2-10). Ein korrelativer Zusammenhang zwischen Fluor und Aluminium ist an den Meßstellen 1 und 2 nicht erkennbar. Aufgrund fehlender Feinkorn-Anteile und Fe-Oxide kann Fluor nur sehr fest an die organische Bodensubstanz gebunden sein. Infolge des Humusabbaus wird Fluor nicht organisch komplexiert (keine Korrelation mit dem DOC), sondern geht vermutlich als F^--Anion in Lösung. Umgekehrt wird

Fluor aufgrund der geringeren Sorptionsfähigkeit des sandig-kiesigen Bodens durch die Pflanze als Anion schnell resorbiert. In Weidegräsern wurden Fluor-Konzentrationen von bis zu 300 mg/kg in der Trockensubstanz ermittelt (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Anhand der Konzentrationen in den Bodenlösungen konnte eine höhere Fluor-Mobilität in stark anoxischen bis oxischen Auelehmen (T I: Meßstellen 1 - 3, T III: Meßstellen 3 - 4) im Vergleich mit sandig-kiesigen Standorten nachgewiesen werden (T III: Meßstellen 1 - 2).

3.2.2.6 Ionenbilanz der gelösten Haupt- und Nebenbestandteile

Die Bilanz der gelösten Haupt- und Nebenbestandteile wird in Abb. 3.2.2-12 präsentiert. Der Anteil der namentlich nicht aufgeführten Stoffe geht inklusive der im anschließenden Kap. 3.2.3 diskutierten Schwermetalle und des Arsens als Rest mit in die Gesamtdarstellung ein.

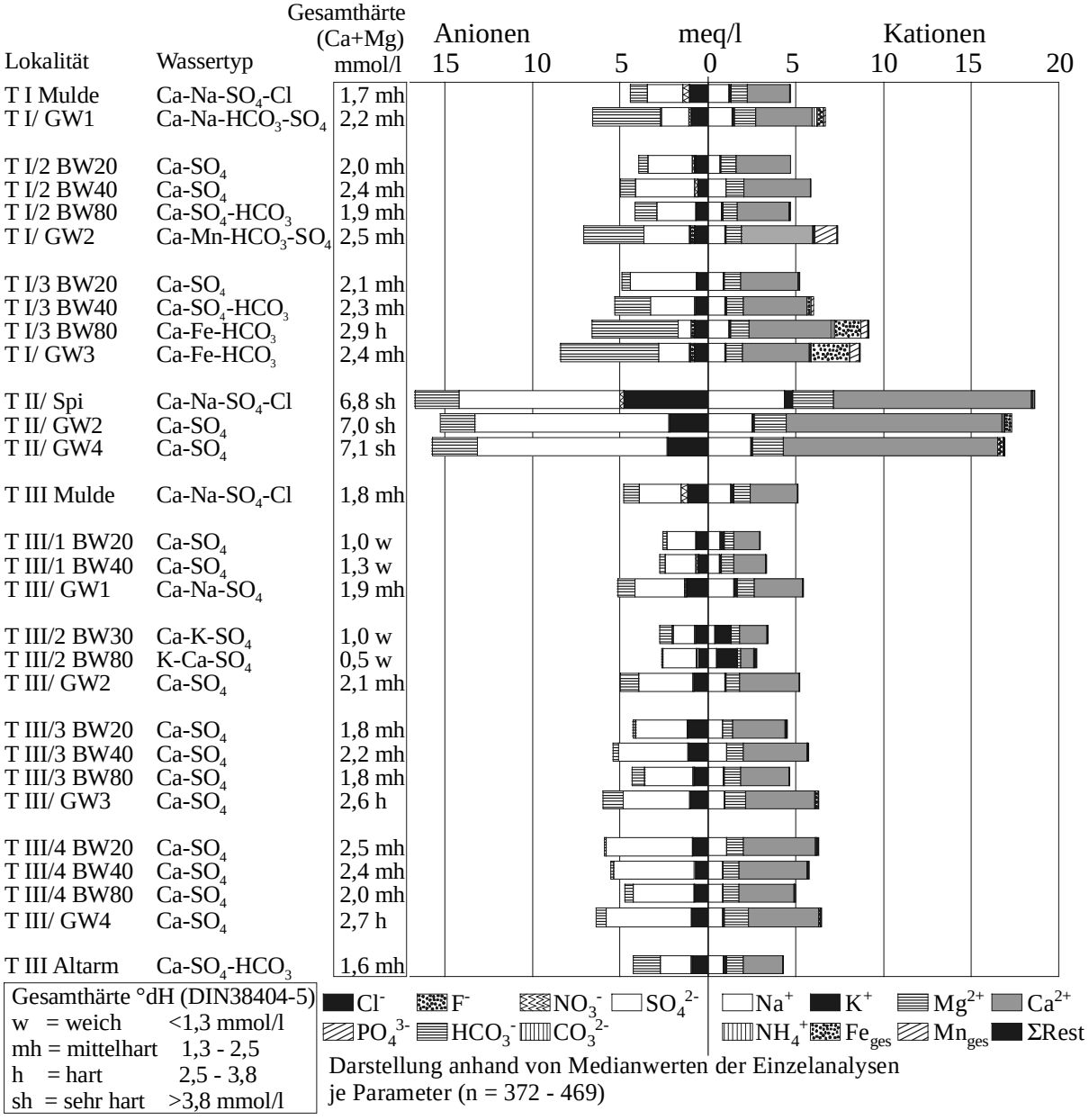
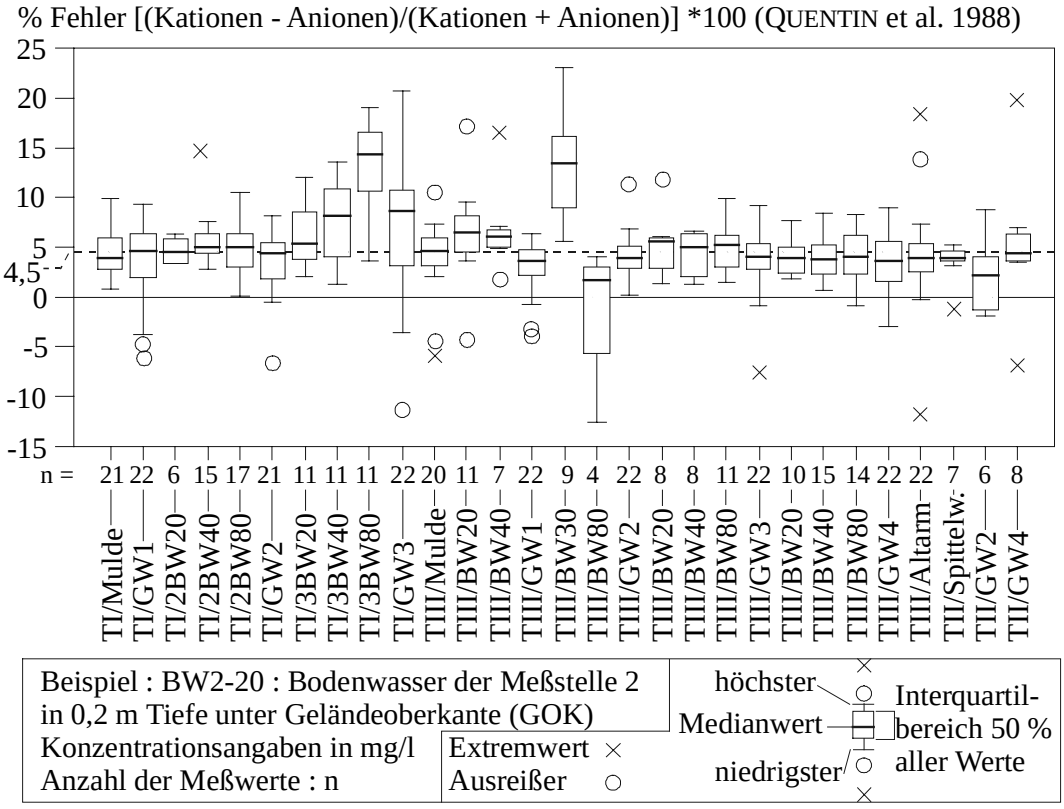


Abb. 3.2.2-12: Ionen-Gesamtbilanz aller untersuchten Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereiche der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Das stark mineralisierte Spittelwasser wies Gesamthärten von 6,8 °dH und entsprechend in den GW-Bereichen der Meßstellen 2 und 4 Härten von 7,0/7,1 °dH auf. Im Spittelwasser wurde im Gegensatz zum Grundwasser (Ca-SO_4-Typ) eine noch relativ hohe Salzfracht (Na^+, Cl^-) festgestellt. Das Muldewasser ist wie das Spittelwasser allerdings mit deutlich geringerer Mineralfracht als Ca-Na-SO_4-Cl-Typ zu klassifizieren. Die Bodenwasserprofile des Transekts I an der Meßstelle 2 und 3 ließen eine zunehmende Mineralisierung, Stoffmobilisierung und den Wechsel vom Ca-SO_4-Typ zum Ca-Mn-HCO_3-SO_4-Typ oder Ca-Fe-HCO_3-Typ aufgrund schwach bis stark anoxischer Grundwasserbedingungen erkennen.

Die Meßstellen 1 und 2 des Transekts III in sandig-kiesigen Bereichen des Muldeufers und einer Flutrinne hatten in den Bodenlösungen deutlich geringere Stoff-Konzentrationen und geringere Wasserhärten von 0,5 - 1,3 °dH. Neben dominierenden Wässern des Ca-SO_4-Typs deuteten erhöhte Kalium-Konzentrationen auf fehlende Austauscherplätze hin (Tonminerale).

Die Grundwasserqualität und -quantität der Meßstellen 1 und 2 glich trotzdem der Zusammensetzung des Muldewassers. Im Altarmbereich entsprachen Boden- und Grundwasser weitgehend dem Ca-SO_4-Typ. An den Vertikalprofilverläufen der Meßstellen 3 und 4 wird ersichtlich, daß der Mineralisierungsgrad vom mittelharten Altarmgewässer über das Bodenwasser bis zum harten Grundwasser wegen hoher Ca^{2+}- und SO_4^{2-}-Konzentrationen ansteigt.



Tab. 3.2.2-13: Fehler der Ionen-Gesamtbilanz aller Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereiche der Transekte I, II und III (April 1996 - April 1999).

Die Ionenbilanz weist ein Anionen-/Kationen-Defizit von durchschnittlich +4,5 % auf (Tab. 3.2.2-13). Defizite in Bodenlösungen und im Grundwasser der Meßstelle 3 des Transekts I und der Meßstelle 2 des Transekts III entstehen mitunter bei der Titration des m-Werts zur Bestimmung der Kohlenstoffspezies (HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2). Bereits bei der Förderung des Grundwassers (Saugpumpe) und der Gewinnung von Bodenlösungen (Anlegen eines Unter-

drucks) traten Partialdruckänderungen infolge von CO_2-Entgasungsverlusten auf. Dementsprechend waren bei der anschließenden Endpunkt-Titration (pH 4,3) im Gelände Verluste kaum zu vermeiden. Generell können im Zeitraum zwischen Probenahme und Analyse im Labor auch bei sorgfältiger Konservierung Veränderungen der Wasserprobe nicht vollständig ausgeschlossen werden. Zudem sind auch bei Vermeidung des Zutritts von Luftsauerstoff in den vollständig befüllten Probenahmegefäßen volatile Mikroeinschlüsse insbesondere an den Gefäßwandungen nicht gänzlich zu verhindern. Von Veränderungen des Wasserchemismus sind speziell empfindliche anoxische Probenwässer u.a. in Form von Ausfällungen betroffen.

3.2.3 Schwermetalle und Arsen

Im Mittelpunkt der Diskussion der hydrochemischen Verhältnisse in Oberflächengewässern, sowie im Boden- und Grundwasser in der Muldeaue stehen die Schwermetalle Cadmium, Zink, Kupfer, Chrom, Nickel, Blei und das Halbmetall Arsen.

Arsen

In der Mulde und dem Spittelwasser wurden im Zeitraum von April 1996 - April 1999 niedrige As-Konzentrationen von 0,002 - 0,004 mg/l (Median) ermittelt (Abb. 3.2.3-1). Im Altarmgewässer des Transekts III waren höhere As-Konzentrationen von 0,012 mg/l (Median) feststellbar, die auf gewässerbiologische Einflüsse schließen lassen.

Die höchsten Arsen-Konzentrationen wurden in den Bodenlösungen und im Grundwasser des Transekts I nachgewiesen. Aufgrund zunehmend anoxischer Boden- und Grundwasserverhältnisse an den Meßstellen 1 - 3 nahmen die As-Konzentrationen von 0,001 auf 1,5 mg/l zu (Median). Im Grundwasser der Meßstelle 3 wurden maximal 29,5 mg/l As festgestellt, die auf Reduktionsprozesse in der Bodenlösung oder im Grundwasser der Meßstelle 3 hinwiesen. Diese treten bei Unterschreitung des E_H-Bereichs von <150 - 100 mV auf (Abb. 3.2.3-2, rechts). Nach MASCHELEYN et al. (1991) und REYNOLDS et al. (1999) beginnt die As-Reduktion in Böden bereits ab E_H-Werten von <100 mV (SMEDLEY & KINNIBURGH 2001).

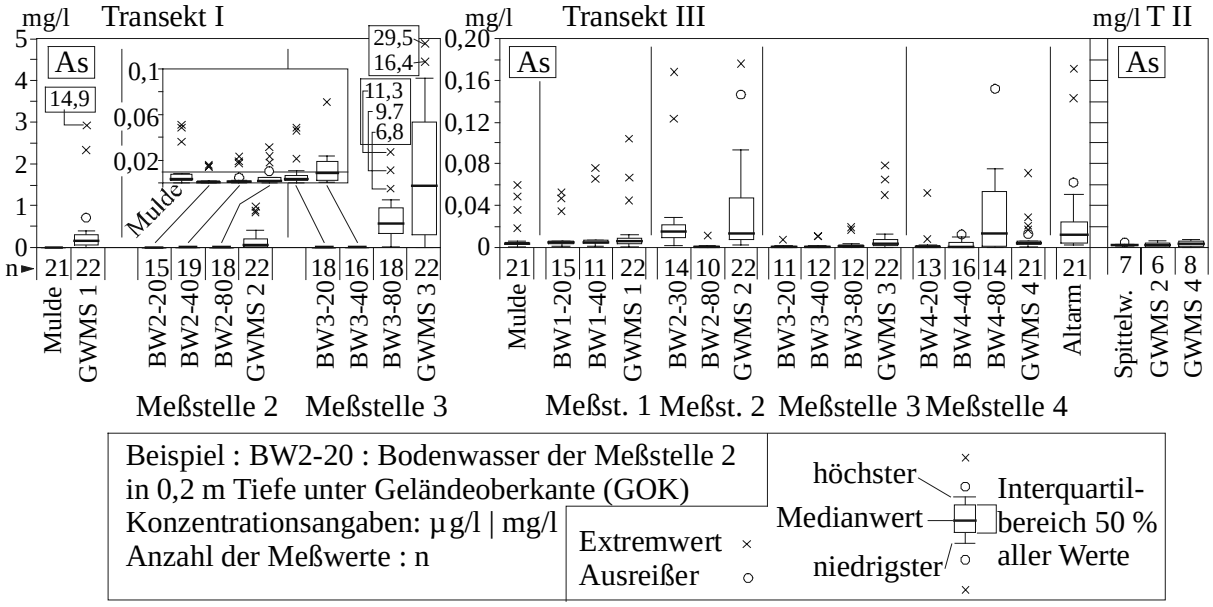


Abb. 3.2.3-1: Arsen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Aerobe Verhältnisse prägen die Boden- und Grundwasserbereiche des Transekts III. Es wurden As-Konzentrationen von <0,0005 - 0,015 mg/l in den Bodenlösungen gemessen. Grundwasserproben wiesen Konzentrationen von 0,003 - 0,013 mg/l As auf (Medianwerte). Erhöhte As-Konzentrationen von 0,015 mg/l in der Bodenlösung des humosen Horizonts BW2-30 im Flutrinnenbereich an der Meßstelle 2 (Abb. 3.2.3-1) deuteten auf verringerte Sorptionskapazitäten im sandig-kiesigen Bodenprofil hin. Arsen bildet in wäßriger Lösung für gewöhnlich Anionenkomplexe (Abb. 3.2.3-2) und tendiert im stärker sauren Bodenmilieu (Kap. 3.2.1) über Ligandenaustausch zur Adsorption an Oberflächen von Fe-Oxiden/-Hydroxiden und Tonmineralen (s.a. Kap. 1.2.3 und auch Kap. 3.2.2.3).

Im GW-Schwankungsbereich des Bodenprofils an der Meßstelle 2 (Probenahmepunkt 3.3) wurden bei der Bodenansprache Fe-Oxide/-Hydroxide anhand von Rostflecken und Konkretionen identifiziert, die auf wechselnde Redoxverhältnisse schließen lassen. Im schmalen rostfarbenen, schluffig-feinsandigen Horizont 3.3.8 (1,80 - 1,95 m u. GOK) des Bodenprofils 3.3 konnte ein relativ hoher Anteil an pflanzenverfügbaren Arsen (3,13 %), gemessen am RFA-Gesamtgehalt der Kornfraktion <63 µm, festgestellt werden (Unterböden T III, Median: 0,03 %). Bei E_H-Werten von 200 - 300 mV waren bereits Fe-Konzentrationen von 1,8 mg/l (min./max.: 0,4 - 11 mg/l) im Grundwasser nachweisbar (Abb. 3.2.2-6, GWMS 2), die auf Lösungseffekte wenig stabiler Fe-Oxiden/-Hydroxide schließen lassen. Daraus wird ersichtlich, daß pflanzenverfügbare As-Anteile sowie As-Konzentrationen der Bodenlösungen oder des Grundwassers von der Stabilität sorptionsfähiger Fe-Oxide/-Hydroxide abhängen (s.a. Abb. 3.2.3-1, GWMS 2).

In einer Tiefe von 0,8 m u. GOK wurden im Horizont BW4-80 der Meßstelle 4 erhöhte As-Konzentrationen von 0,014 mg/l (Median) und höhere Fe-Konzentrationen festgestellt (Abb. 3.2.2-6). Der leicht humose schluffige Horizont (fossiler Oberboden) befand sich im GW-Schwankungsbereich mit wechselnden schwach aeroben bis leicht anaeroben Redox-Verhältnissen. Darunter folgte ein verockerter, rostfleckiger Schluff mit Fe-Ausfällungen (Vertikalprofil in Abb. V.1-7). Die Fe-Konzentrationen (Abb. 3.2.2-6) nahmen im Vergleich zu denen des Arsens im GW am deutlichsten zu (Abb. 3.2.3-1, GWMS 4). Höhere Fe-Konzentrationen sind bereits bei pH-Werten von 6 - 7 und im E_H-Bereich zwischen 300 - 100 mV nachweisbar und deuten auf eine beginnende Reduktion und Lösung instabiler Fe-Oxide/-Hydroxide hin (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Fe-gebundenes Arsen wird dabei zwangsläufig mobilisiert. Reduktionsprozesse führen jedoch erst bei E_H-Werten <100 mV zu hohen As-Konzentrationen (Abb. 3.2.3-2). Im Grundwasserbereich des Transekts III waren vergleichbar hohe Fe-Konzentrationen jedoch nicht nachweisbar.
Ein Großteil des gelösten, sehr wahrscheinlich fünfwertigen Arsens wird im schluffig-tonigen Unterboden des Altarmbereichs (Meßstelle 4, Transekt III) vermutlich an Mineraloberflächen oder stabilen Oxiden unter schwach anoxischen bis oxischen Verhältnissen resorbiert.

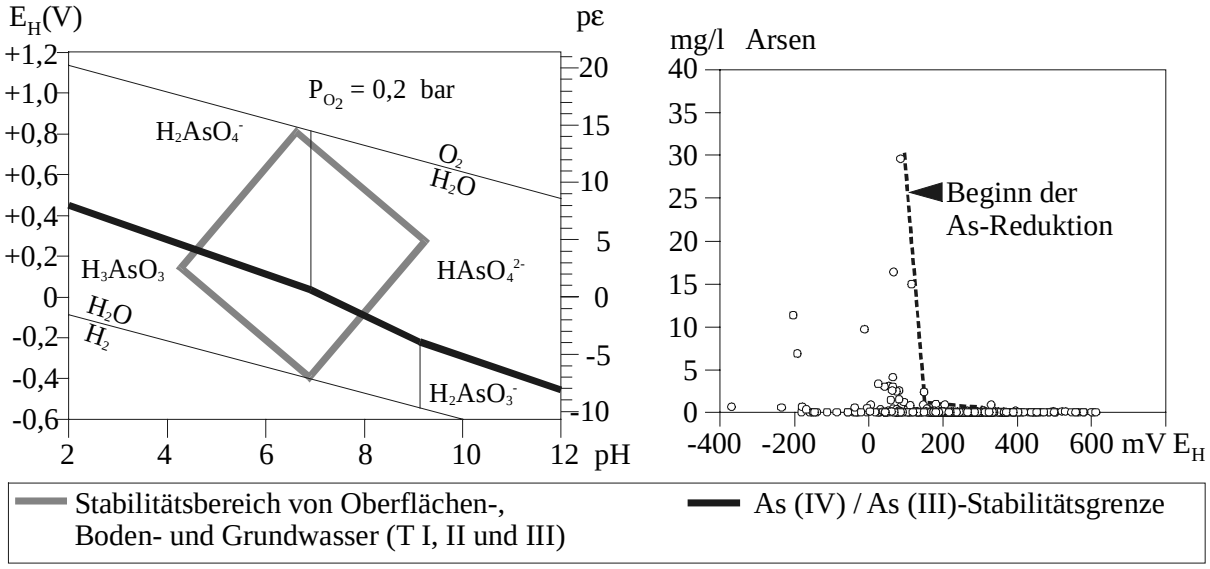


Abb. 3.2.3-2: Stabilitäts-Diagramm von Arsen (links) und As-Konzentrationen in Abhängigkeit vom E_H-Wert (rechts) (Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der T I, II und III; April 1996 - April 1999; APPELLO & POSTMA 1993).

Cadmium, Zink und Nickel

Cadmium und Zink sind chemisch eng miteinander verwandt und gehören zur II. Nebengruppe des Periodensystems (Oxidationsstufe: +2). Beide Elemente substituieren sich aufgrund ihrer chemischen Verwandtschaft in verschiedenen Mineralen. Mit Nickel haben Cd und Zn unter anderem die Bildung von Sulfiden gemein.
Die hydratisierbaren Schwermetalle Cd, Zn und Ni zeigen abhängig von ihrem Ionenbindungspotential (MCBRIDE 1994) bei abnehmendem pH-Wert (Grenz-pH-Werte: 6,5, 6,0 und 5,5) eine zunehmende Mobilität (BLUME & BRÜMMER 1987). Der Anteil unspezifisch adsorbierter Kationen erhöht sich mit abnehmendem pH-Wert, da sich der Ladungsnullpunkt stärker absenkt und sich abhängig von der Kationenaustauschkapazität sogar positive Ladungsverhältnisse ergeben können (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

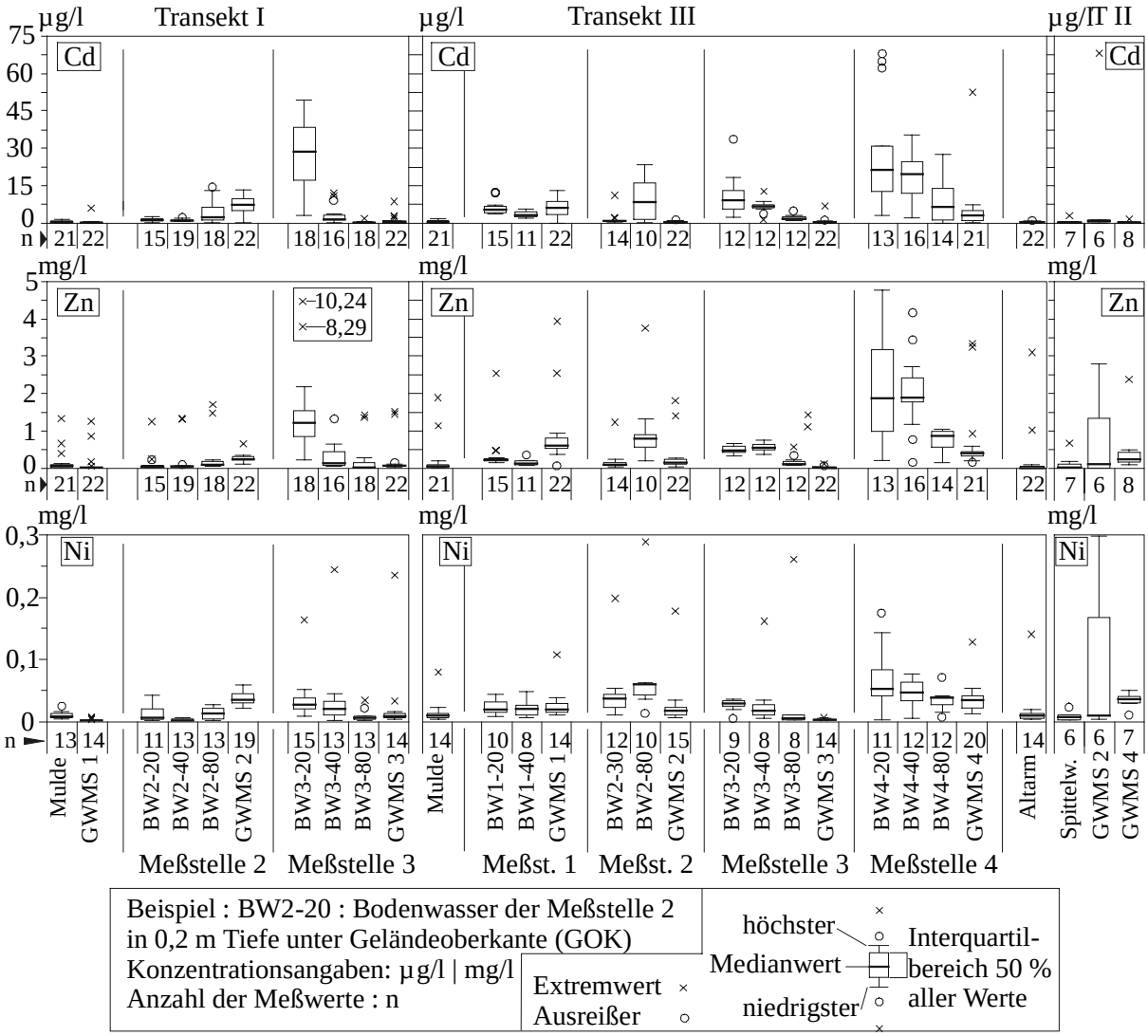


Abb. 3.2.3-3: Cadmium, Zink und Nickel im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Allgemein werden Ni, Zn und Cd in absteigender Reihenfolge unterschiedlich stark an Tonminerale sowie an Oxide/Hydroxide des Mangans und des Eisens adsorbiert (s.a. Kap. 1.2.3). Die spezifische Adsorption der genannten Schwermetalle ist im alkalischen bis neutralen Bereich an den genannten Austauschern am stärksten. Zink kann bei neutralen bis schwach sauren Bedingungen in organischer Bindung vorliegen. Unter stark sauren Bodenbedingungen

überwiegt die Bindung an Tonminerale (s.a. Kap. 1.2.3). Ad- und Desorptionsprozesse von Cd, Ni und Zn an Mineraloberflächen oder der organischen Bodensubstanz können durch gelöstes Sulfat beeinflußt werden. Der Kationenaustrag kann sich durch eine erhöhte Sulfat-Lösung beschleunigen (ULRICH et al. 1980), was zur verstärkten Mobilisation von Schwermetallen beiträgt (HOINS & STICHER 1992). Böden, in denen Sulfat adsorbiert vorliegt, deuten dagegen auf eine erhöhte Kationen-Adsorption hin (MARCANO-MARTINEZ & MCBRIDE 1989). Die Zusammenhänge der Cd-Adsorption an Goethit unter dem Einfluß von Sulfat konnten experimentell von HOINS & STICHER (1992) bestätigt werden. Als Ursache für die verstärkte Sorption wurden von den genannten Autoren elektrostatische Wechselwirkungen sowie die Existenz von Cd-SO_4-Oberflächenkomplexen erkannt.

Die durchschnittlichen Gewässer-Konzentrationen von Cd, Ni und Zn liegen bei 0,2 - 0,5 µg/l, 0,005 - 0,007 mg/l und 0,018 - 0,058 mg/l (Medianwerte). Anhand der Boxplot-Darstellungen in Abb. 3.2.3-3 wird deutlich, daß das milieuspezifische Verhalten von Cd und Zn sehr ähnlich ist.

Die Elemente Cd, Zn und Ni zeigen im schwach anoxischen, Mn-reduzierenden Bereich der Meßstelle 2/TI einen Anstieg der Konzentration bis in das Grundwasser. Umgekehrt geht aus den Boxplotdarstellungen der Meßstelle 3 hervor, daß die Element-Konzentrationen im stark anoxischen Fe- und auch As-reduzierenden Milieubereich mit der Tiefe abnehmen. An der Meßstelle 2 wurden bei 0,8 m u. GOK und im Grundwasser E_H-Werte von 77 - 182 mV gemessen. Der Anstieg der Mn- und Fe-Konzentrationen bei niedrigen E_H-Werten kann mit der Reduktion von Mn-Oxiden und amorpher, schwach kristalliner Fe-Hydroxide/-Oxide begründet werden (Median-GW 1,78 mg/l Fe; Abb. 3.2.2-6). Die Mn- und Fe-Reduktion bewirkt die Mobilisierung von Cd, Zn und Ni, die an Oxide/Hydroxide gebunden sind (Abb. 3.2.3-3). Eine Mobilisierung durch niedrige pH-Werte kann ausgeschlossen werden, da bei Reduktionsprozessen im sauren Mileubereich H^+-Protonen verbraucht werden und der pH-Wert konstant bleibt oder sogar erhöht wird. Dementsprechend wurden Werte von pH 6,6 - 6,9 gemessen, die oberhalb der elementspezifischen Grenz-pH-Werte liegen (Abb. 3.2.1-2).

Im Profil der Meßstelle 3 (Transekt I) war mit zunehmender Bodentiefe eine deutliche Absenkung der E_H-Werte auf durchschnittlich -37 bis 68 mV (min -368/-27 mV) zu verzeichnen. Vereinzelt unterschritten die E_H-Werte die Sulfid-Bildungsgrenze (s.a. Stabilitätsgrenze von SO_4^{2-} zu H_2S in Abb. 3.2.2-7). Andererseits erhöhen sich aufgrund der Protonenpufferung durch Redoxprozesse die pH-Werte von pH 6,4 - 7,1 im Profil-Tiefenverlauf. Eine deutlich höhere Mobilität von Cd, Zn und Ni konnte im Oberboden festgestellt werden, was auf oxidative, pH-Wert senkende Prozesse zurückzuführen ist. Im Unterboden- und Grundwasserbereich kann der Rückgang der SO_4-Konzentrationen als Hinweis auf eine beginnende Sulfat-Reduktion und Sulfidbildung gedeutet werden (Abb. 3.2.2-5). Die Abnahme der Cd-, Zn- und Ni-Konzentrationen mit zunehmender Bodentiefe im stark anoxischen Grundwasserbereich der Meßstelle 3 ist möglicherweise auf die Bildung schwer löslicher Cd-, Zn- und Ni-Sulfide zurückzuführen. Grau-schwarze Bodenfarben deuteten bei der Bodenansprache auf entsprechend stark anoxische Bodenverhältnisse hin (Abb. 3.2.3-3).

An den Meßstellen 1 - 4 des Transekts III wurden schwach anaerobe bis aerobe Verhältnisse festgestellt (Abb. 3.2.1-3). Niedrige pH-Werte erhöhen generell die Mobilität von Cd, Zn und Ni. Von Bedeutung ist möglicherweise der von Meßstelle 1 bis 4 beobachtete Anstieg der SO_4-Konzentrationen von 60 - 150 mg/l auf 140 - 234 mg/l SO_4 (Medianwerte) in den Bodenlösungen und im Grundwasser. Zugleich können, wie oben beschrieben, kompetitive Einflüsse zwischen den Kationen Cd, Zn, Ni und dem Sulfat in der Lösung bei Adsorptionsprozessen wirksam werden (HOINS & STICHER 1992).

Im Grundwasser des Transekts III wurden die höchsten Cd- und Zn-Konzentrationen von durchschnittlich 6,1 µg/l und 0,62 mg/l an der Meßstelle 1 und die höchste Ni-Konzentration (0,032 mg/l) im Grundwasser der Meßstelle 4 gemessen (Medianwerte).

Höhere Konzentrationen von Cd, Zn und auch Ni im kiesig-sandigen Unterboden der Meßstelle 2 (Flutrinne) können durch den sehr niedrigen pH-Wert von pH 5,4 und die fehlende Puffer- und Sorptionskapazität der grobkörnigen Bodenmatrix erklärt werden.

Im Altarmbereich wurden an den Meßstellen 3 und 4 leicht erhöhte bis stark überdurchschnittliche Konzentrationen von Cd, Zn und Ni ermittelt, die mit zunehmender Bodentiefe bis in das Grundwasser abnehmen. In den Bodenbereichen von 0,2 und 0,4 m u. GOK liegen die pH-Werte im Bereich von pH 5,9 - 6,0 (Median) und damit deutlich unterhalb der Grenz-pH-Werte von Cd und Zn. Dementsprechend hoch sind die Konzentrationen von Cd mit 21 µg/l und Zn mit 1,9 mg/l in den entsprechenden Bodenlösungen (Medianwerte). Die Abnahme der Cd- und Zn-Konzentrationen in der Bodenlösung aus 0,8 m u. GOK und im Grundwasser widerspricht der erwarteten Verfügbarkeit bei pH-Werten von pH 6,0 - 6,2 unterhalb der Grenz-pH-Werte. In den humosen Oberböden des Altarmbereichs haben organische Bindungen wie Sulfhydryl(-SH)-Gruppen eine größere Bedeutung für die Sorption von Cd, Zn und auch Ni (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Der mikrobielle Substratabbau und Bodenprozesse der Wurzelatmung (CO_2-Produktion) sowie Prozesse zur Nähstoff- und Spurenelementaufnahme durch Pflanzen senken in den nur schwach gepufferten Böden den pH-Wert. Dabei werden insbesondere in den schluffig-tonigen Oberböden des Altarmbereichs große Mengen an austauschbaren Kationen wie Ca, Na, Mg und Al aber auch leicht mobilisierbare Schwermetalle bei pH-Werten um pH 6 in die Bodenlösung überführt. Der leichte Anstieg des pH-Werts von pH 5,9 auf 6,2 (Median) hat keine Auswirkungen auf die Abnahme der Cd-, Zn- und Ni-Konzentrationen mit zunehmender Bodentiefe. Zn, Ni und Cd werden im Unterboden bei einem möglichen Defizit an Mn- oder Fe-Oxiden/Hydroxyden u.a. durch Tonminerale gebunden (FISCHER & BRÜMMER 1993; HILLER & BRÜMMER 1997; SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Kupfer

Die Cu-Konzentrationen in den Bodenlösungen und im Grundwasser sind generell niedrig (Abb. 3.2.3-4). Im Oberflächenwasser- und Grundwasser aller drei Transekte I - III wurden Cu-Konzentrationen von <0,01 mg/l festgestellt. Cu-Konzentrationen von 0,003 - 0,05 mg/l (Median) wurden in den Bodenlösungen der verschiedenen Meßstellen gemessen. Erhöhte Konzentrationen konnten nur an den Meßstellen 1, 2 des Transekts III nachgewiesen werden.

Kupfer ist in humosen Horizonten meist organisch gebunden und kann aufgrund der Neigung zur Bildung löslicher organischer Cu-Komplexe eine höhere Mobilität erlangen (NOVOTNY et al. 2000). Fehlen huminstoffbindende Feinbodenanteile in einer sandig-kiesigen Bodenmatrix, sind gelöste Huminstoffe u. a. gelöste organische Bestandteile in der Bodenlösung überdurchschnittlich mobil. Hohe DOC-Konzentrationen in der Bodenlösung der sandig-kiesigen Meßstellenstandorte 1 und 2 des Transekts III deuten daraufhin (Abb. 3.2.1-5). Entsprechend hohe Cu-Konzentrationen wurden in diesen Horizonten festgestellt (Abb. 3.2.3-4). Allgemein ist Kupfer in Unterbodenhorizonten vorrangig an Fe-Oxide/-Hydroxide oder Tonminerale gebunden und ist somit nur begrenzt austauschbar. Die Ergebnisse der sequentiellen Extraktion in Kap. 2.3.2 bestätigen diese Aussage (s.a. SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Der Mangel an Fe-Oxiden/-Hydroxiden und Tonmineralen in den Unterböden der Meßstellen 1 und 2 minimiert das Retentionsvermögen der kiesig-sandigen Substrate. Die Folge ist, daß mobiles Cu im Sickerwasser leicht abtransportiert wird und sich somit niedrige Cu-Lösungskonzentrationen einstellen.

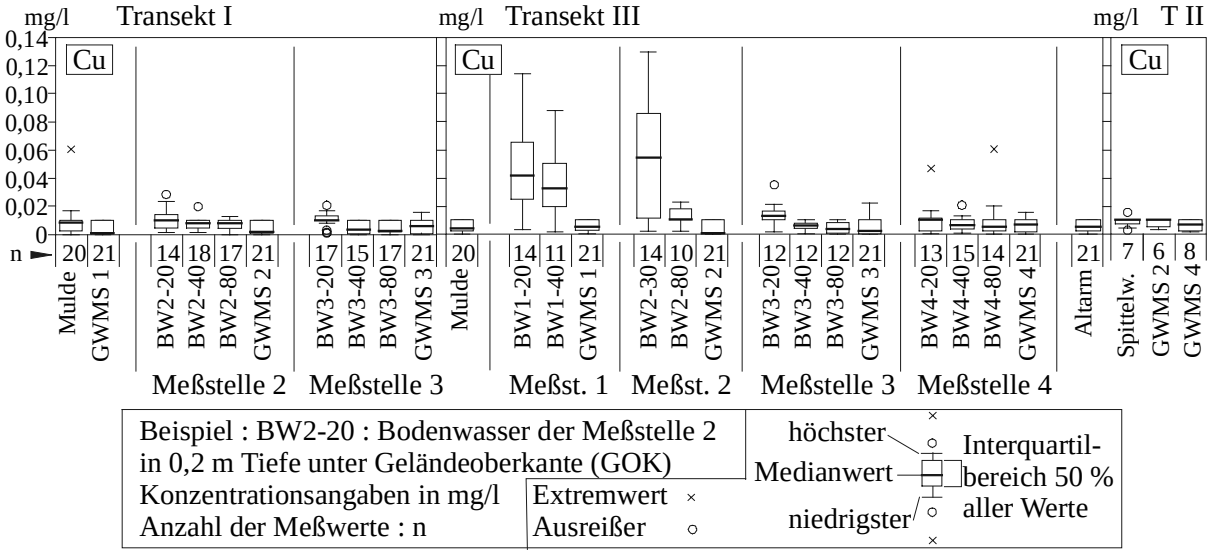


Abb. 3.2.3-4: Kupfer im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Chrom

In zahlreichen Böden und in Abhängigkeit von den Redoxbedingungen und dem pH-Wert liegt Chrom meist relativ immobil vor.

In den Böden der Muldeaue wurde mittels sequentieller Extraktion festgestellt, daß durchschnittlich etwa 80 % des Chroms an die Residualfraktion sowie 5 - 10 % an gut und 10 - 15 % an schlechtkristalline Fe-Oxide/-Hydroxide gebunden ist. Es ließen sich zudem Cr-Anteile von 1 - 4 % mittels EDTA extrahieren, was zumindest in den Oberböden auf Anteile an organisch gebundenem Chrom hinweist (s.a. Cr-Mobilität im Kap. 2.2.2.2). In Anwesenheit von oxidierbarem organischen Material wird toxisches Chromat [Cr(VI)] zu relativ immobilem Cr(III) reduziert. Es folgt meist die Cr-Immobilisierung durch die Bildung von Cr-Hydroxiden ($Cr(OH)_3$-Eisenoxid-Komplexe) und die Sorption an Fe(III)-Oxide (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). In der Lösung neutraler bis alkalischer Böden läuft die Immobilisierung von Cr deutlich langsamer ab. In humosen sandigen, zum Teil sauren (pH <5) Oberbodenhorizonten mit fehlender Feinkornmatrix ist Chrom meist in Form organischer Cr-Komplexe in der Bodenlösung existent (DOM/DOC-Abhängigkeit). KALBITZ (1996) wies diesen Zusammenhang in Kleinmonolithversuchen an Oberböden aus der Spittelwasseraue nach. Die Neigung von Chrom zur Adsorption an lösliche organische Komplexe wird allgemein als hoch bewertet (FISCHER et al. 1998). Chrom kann zudem in gut durchlüfteten Böden lösliche, toxische Cr(VI)-Verbindungen wie $HCrO_4^-$- und CrO_4^{2-}-Ionen bilden (SCHACHTSCHABEL et al. 1998; HIPPLER 2000).

Im Muldewasser, in den Bodenlösungen und im Grundwasser des Transekts I wurden erhöhte Cr-Konzentrationen festgestellt (Abb. 3.2.3-5). Die Ursache der erhöhten Mobilität von Cr kann u.a. auf höhere Konzentrationen von gelöster organischer Substanz (höhere DOC-Konzentrationen) im Boden- und Grundwasser zurückzuführen sein. Mit zunehmender Anoxizität in tieferen Bodenhorizonten besteht die Möglichkeit der Reduktion und Immobilisierung von Chrom. Im Anschluß an die Reduktion von Cr(VI) zu Cr(III) ist u.a. mit der Festlegung an Fe-Oxiden zu rechnen. Jedoch führen stark anoxische Verhältnisse in tieferen Bodenbereichen der Meßstelle 3 (TI) zur Auflösung von Fe/Mn-Oxiden, was die Sorption von

Chrom verhindert. Zudem stellt sich infolge von Redoxprozessen im sauren Bodenmilieu ein neutraler pH-Wert ein, der die Mobilität von Chromaten zusätzlich fördert. Höhere Cr-Konzentrationen in den Bodenlösungen des Vertikalprofils im stark anoxischen Bereich der Meßstelle 3 unterstützen diese Argumentation (Abb. 3.2.3-5).

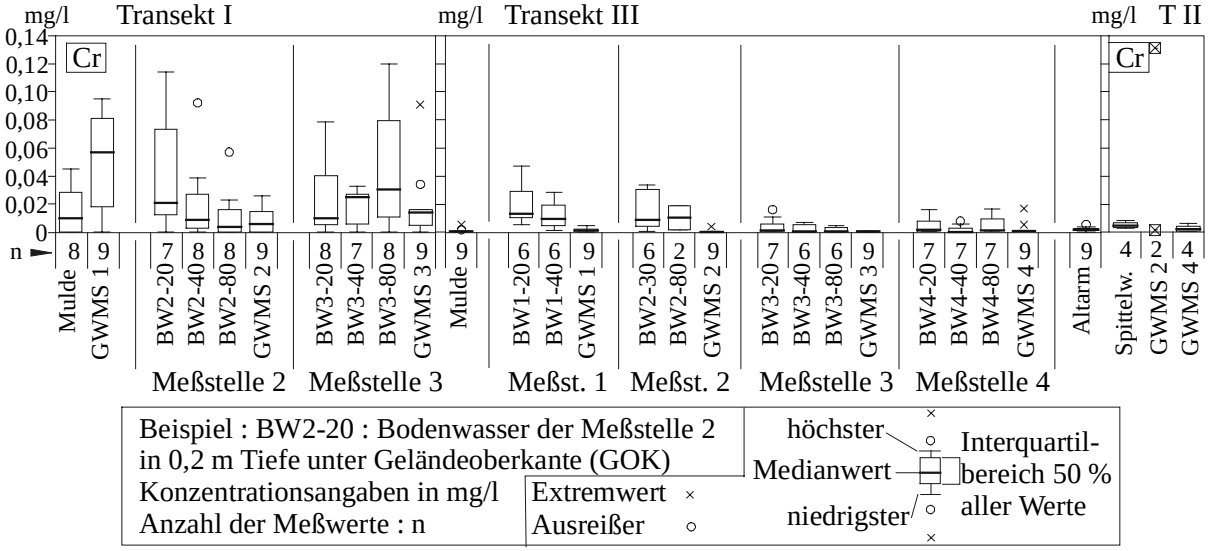


Abb. 3.2.3-5: Chrom im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

Die gemessenen Cr-Konzentrationen im aeroben Bodenwassermilieu und Grundwasser des Transekts III waren im Vergleich zum Transekt I deutlich schwächer ausgeprägt. Die pH-Werte der Oberböden zeigen in der Abfolge der Meßstellen 1 - 4 eine Abnahme von pH 6,4, 6,8, 6,1 bis 5,9 (Median), was auch die Cr-Konzentrationen von 0,0135, 0,0085, 0,0010 bis 0,0020 mg/l tendenziell nachzeichnen (Cr: Abb. 3.2.3-5; pH-Wert: Abb. 3.2.1-2). Eine primäre Abhängigkeit vom pH-Wert konnte für Cr zumindest oberhalb des Grenz-pH-Werts von pH 4,5 - 4 nicht verifiziert werden (BLUME & BRÜMMER 1987). Entsprechend dieser Feststellung wurden erhöhte Cr-Konzentrationen in den Lösungen sandig-kiesiger Oberböden an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts III bei verhältnismäßig hohen pH-Werten um pH 6,4 - 6,8 festgestellt (Median).

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, daß in anoxischen Bereichen die organische Bodensubstanz, die Existenz organischer Komplexbildner und das Fehlen von Fe-Oxiden/-Hydroxiden eine wesentliche Rolle für die Cr-Mobilität spielen.

Blei

Blei ist in Böden neben Fe- und Mn-Oxiden nach der sequentiellen Extraktion mit ca. 40 % überwiegend an Huminstoffe und Tonminerale gebunden (Residuale Fraktion ca. 20 - 30 %). In Aueböden sind bei schwach saurer bis neutral-alkalischer Bodenreaktion vermutlich auch Mineralphasen wie Bleihydroxide oder auch Bleiphosphate vorhanden (MERKEL 1998). Mit einer merklichen Erhöhung der Löslichkeit von unspezifisch gebundenem Blei im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser ist erst bei Unterschreitung des Grenz-pH-Werts von pH <4 zu rechnen (BLUME & BRÜMMER 1987). Blei ist meist spezifisch an verschiedene Bodenkomponenten gebunden und dementsprechend relativ immobil.

Im schwach sauren bis neutralen Bereich aquatischer Systeme sind in erster Linie Pb^{2+}-Ionen und Pb-Hydroxo-Komplexe existent. Sulfat- und Carbonatkomplexe treten in der wäßrigen Phase dagegen nur untergeordnet auf (MERKEL 1998).

Die Pb-Konzentrationen in den Fließgewässern von 2 - 3 µg/l (Mulde, Spittelwasser) und im Altarmgewässer von 6 µg/l (Medianwerte) sind gering. MERKEL (1998) gibt Werte für Oberflächenwasser von 1 - 55 µg/l mit mittleren Konzentrationen von 2,5 bis 4 mg/l an. Die Bleibelastung der Oberflächengewässer ist dementsprechend als gering zu bewerten. In den untersuchten Grundwasserbereichen wurden Pb-Konzentrationen zwischen 0,6 - 3 µg/l und in den Bodenlösungen zwischen 0,5 - 5 mg/l festgestellt (Abb. 3.2.3-6). Allgemein weisen Bodenlösungen nicht oder nur gering belasteter Böden (pH >4) Pb-Konzentrationen von <10 µg/l und relativ unbelastetes Grundwasser Konzentrationen von <6 µg/l Pb auf (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

Die gemessenen Pb-Konzentrationen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser geben keinen Aufschluß über das Verhalten von Blei in den Muldeaueböden. Die in Abb. 3.2.3-6 dargestellten Pb-Konzentrationen der wäßrigen Phase besitzen nur einen geringen Informationsgehalt.

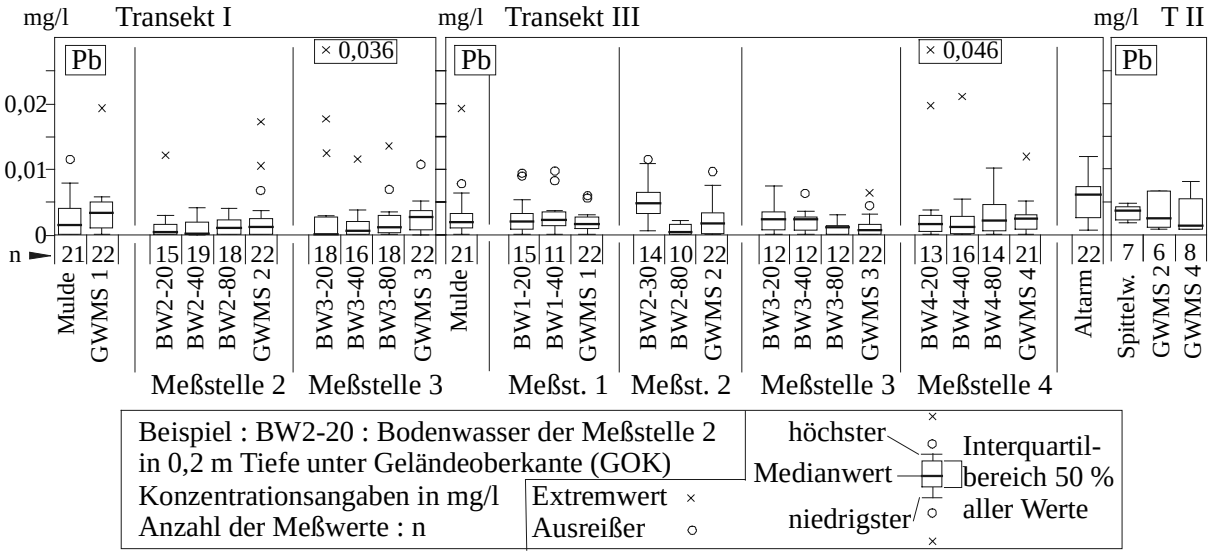


Abb. 3.2.3-6: Blei im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I, II und III (Meßzeitraum April 1996 - April 1999).

3.2.4 Berechnung der gelösten Spezies freier Ionen und Komplexe mit PHREEQC

3.2.4.1 Erläuterungen zu den verwendeten Parametern

Die Berechnung der Löslichkeit eines Stoffes in der wäßrigen Phase erfolgt im wesentlichen anhand der Gleichgewichte freier Ionen und gelöster Komplexe (Komplexbildungskonstanten) im Verhältnis zum Löslichkeitsprodukten (Verhältnis gelöster Phase zu Festphase) und dem Ionenprodukt des Wassers (KOß 1993).

Mit hydrochemischen Modellierungsprogrammen, wie dem von PACKHURST & APELLO (1999) entwickelten Softwarepaket PHREEQC (V.2 1999), ist es möglich, mit Hilfe thermodynamischer Datensätze (Gleichgewichts- und Bildungskonstanten) für mögliche Mineralphasen und gelöste Komplexe (Datensatz wateq4f.dat) hydrochemische Gleichgewichtszusammensetzungen der wäßrigen Phase zu berechnen (s.a. Kap. 1.3.3.4). Grundlage ist eine möglichst vollständige wasserchemische Analyse der Inhaltsstoffe (An- und Kationen) und die Angabe wichtiger physiko-chemischer Parameter der untersuchten Lösung (u.a. Temperatur, pH, E_H-Wert, O_2-Konzentration).

Berücksichtigung der gelösten organischen Substanz

Im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser spielen gelöste organische Komplexe für die Kationen-Komplexbindung eine wichtige Rolle. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, neben anorganischen Stoffen auch die Konzentration von gelösten Huminstoffen zu berücksichtigen. Huminstoffe adsorbieren oder komplexieren Schwermetalle und andere Kationen an eigenen Funktionellen Gruppen (s.a. Kap. 1.2). Auf der Grundlage des Datensatzes wateq4f.dat bietet PHREEQC die Möglichkeit, den Anteil an Fulvin- und Huminsäuren zu kalkulieren. Diese bilden als Fulvate oder Humate (Salze der Huminstoffe) mit Kationen lösliche Komplexe.

Im Rahmen der Wasseranalytik wurden ausschließlich DOC-Konzentrationen ermittelt, die ohne Zusatzinformationen keine Aussage über die qualitative und quantitative Zusammensetzung der gelösten Huminstoffe erlauben. Um zumindest eine halbquantitative Aussage über Schwermetall-komplexierende Huminstoffe zu erhalten, wurden Literaturdaten zur Abschätzung des Fulvin- und Huminsäureanteils herangezogen:

1) HANSCHMANN et al. (1997): Nach PRAKASH & MACGREGOR (1983) wurde auf der Basis von Huminstoff-Untersuchungen das Verhältnis von Huminstoffen (HS) zur DOC-Konzentration als Huminstoffkoeffizient „HS/DOC“ berechnet. Es wurden Oberbodenproben aus der Muldeaue für die Huminstoff-Untersuchungen (0,1 - 0,2 m) verwendet. Die Charakterisierung und Quantifizierung nach IHSS-Standard (International Humic Substances Society) isolierter und gereinigter Humin- und Fulvinsäuren erfolgte durch UV/VIS-, Fluoreszenz- und IR-Spektroskopie.

2) KALBITZ (1996): Vergleichbare Untersuchungen, wie obige an Böden der Muldeaue über die qualitative und quantitative Zusammensetzung von Huminstoffen und der DOC-Konzentration, wurden zur Berechnung des Huminstoffkoeffizienten hinzugezogen. Die Ergebnisse basieren auf Inkubationsversuchen, bei denen die Bodenlösungen unter verschiedenen Umweltbedingungen aus Bodenmonolithen (0,1 - 0,2 m Oberboden) gewonnen wurden. Die Fraktionierung der gelösten organischen Substanz, insbesondere die Abtrennung der Huminstoffraktion, erfolgte über Säulen mittels XAD-8 Austauscherharz (Fraktionierungsmethode von LEENHEER & HUFFMAN 1976 und LEENHEER 1981). Zur qualitativen und quantitativen Bestimmung wurden ebenfalls UV/VIS-, Fluoreszenz- und IR-Spektroskopie eingesetzt.

Tab. 3.2.4-1: Ergebnisse der Huminstoff-Fraktionierung von HANSCHMAN et al. (1997) und KALBITZ (1996).

HANSCHMANN et al. (1997):	HS/DOC (%)	KALBITZ (1996):	HS/DOC (%)
Muldeaue A1 (Greppin)	37	*Spittelwasser (bei 4° C)	27
Muldeaue A2 (Greppin)	41	*Spittelwasser (b. 25° C)	38
Muldeaue A3 (Greppin)	46	*Muldeaue Greppin (bei 4° C)	39
		*Muldeaue Greppin (b. 25° C)	40
Spittelwasser K1 (Keller)	17		
Spittelwasser K2 (Keller)	35		
Muldeaue K3 (Greppin)	41		
Spittelwasser K4 (Bobbau)	38		
Mittelwert	36,4	Mittelwert	36,0
Huminstoffkoeffizient HS/DOC nach PRAKASH et al. (1983)		*Inkubationsversuche bei verschiedenen Temperaturen	

Auf der Grundlage beider Quellen läßt sich für sandige bis schluffig-tonige Oberbodenhorizonte der Muldeaue ein durchschnittlicher Huminstoffanteil von 36 % angeben (Tab. 3.2.4-1).

Zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Huminstofffraktionen der DOM (Dissolved Organic Matter) unterscheidet man zwischen Fulvinsäuren, Huminsäuren und den mit kalter Natronlauge extrahierbaren Huminen (in gröberen Streustoffen). Huminsäuren besitzen C/N-Verhältnisse von 7 - 15 und Fulvinsäuren C/N-Verhältnisse von 20 - 100 (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). KALBITZ (1996) gab für untersuchte Böden der Muldeaue ein mittleres C/N-Verhältnis von 20 (C/N-minimal 13 und maximal 29) an und deutete dieses als ein Hinweis auf einen höheren Fulvinsäure-Anteil. Im Gegensatz zu den im sauren Milieu leicht löslichen Fulvinsäuren oder ihren Salzen, den Fulvaten, sind Huminstoffe in Wasser schwerer löslich und haben einen geringeren Anteil an der DOM (SCHACHTSCHABEL et al. 1998).

In Flüssen ist der Anteil von Fulvinsäuren an der Huminstoff-Konzentration oftmals größer als 90 % (MALCOLM 1990). In Böden liegt der Fulvinsäureanteil meist zwischen 60 - 95 % (∅ 78 %) (KRACHT 2001). Daraus läßt sich ein durchschnittliches Fulvin-/Huminsäure-Verhältnis von 78/22 %, gemessen an der Gesamt-Huminstoffkonzentration, ableiten. Nach einer Zusammenstellung der prozentualen Verteilung der Huminstofffraktionen und anderer identifizierbarer organischer Verbindungen von THURMAN (1985) lassen sich für verschiedene Wassertypen ebenfalls Fulvin-/Huminsäure-Verhältnisse ableiten. Danach ergeben sich folgende Fulvin-/Huminsäure-Verhältnisse: 80/20 % für Grundwässer, 82/18 % für Seen, 76/24 % für Flußwasser und 80/20 % für Sickerwasser.

Aufgrund der Untersuchungen und Literaturdaten der DOC-Konzentration können für Fluß-, Boden- und Grundwasser Fulvin- und Huminsäureanteile, unter Berücksichtigung eines DOC/Huminstoff-Verhältnisses von ca. 36 % und eines durchschnittlichen Fulvin-/Huminsäure-Verhältnisses von näherungsweise 4 zu 1, berechnet werden.

Eingabeparameter und Output

Für eine Speziierungsberechnung standen 422 Wasseranalysen von Oberflächengewässern, Bodenwasserentnahmepunkten (an 6 Meßstellen in 2 - 3 Tiefenstufen von 0,2/0,3, 0,4 und 0,8 m u. GOK) und Grundwassermeßstellen zur Verfügung. Es wurden 4 - 23 Wiederholungsbeprobungen an insgesamt 29 Probenahmepunkten der Transekte I, II und III durchgeführt. Die große Zahl an Wasseranalysen wurde nach der Bewertung der Probenergebnisse in einem ersten Schritt auf zunächst 70 und in einer zweiten Phase für die eigentliche Auswertung auf 27 Einzelanalysen reduziert. Für die Berechnung der gelösten Spezies freier Ionen und Komplexe wurden folgende Eingangsparameter und Stoffe berücksichtigt:

1. physiko-chemische Parameter: $E_H(p\varepsilon)$, pH, Temperatur, Dichte des Wassers ≈ 1 g/cm³
2. Stoffe: Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, $C(HCO_3^- + CO_3^{2-} + CO_2)$, NO_3^-, NH_4^+, Al^{3+}, P_{ges} sowie (Gesamt-) Mn, Fe, As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn
3. anhand der DOC-Konzentration berechneter Anteil von Fulvin- und Huminsäuren (Erläuterungen s.o.)

Auf der Grundlage dieser Datenbasis wurden die molaren Konzentrationen, Aktivitäten und Aktivitätskoeffizienten von freien Ionen und Komplexen (n =205) und die Stabilitätsparameter von Mineralphasen (n=183) wie der Sättigungsindex, das Ionenaktivitätsprodukt und das Löslichkeitsprodukt mit Hilfe von PHREEQC berechnet. Die Lösungsgleichgewichte möglicher Mineralphasen wurden in der Arbeit nicht berücksichtigt, da vergleichende mineralogisch-geochemische Detailuntersuchungen fehlen. Zudem wurde die Dokumentation der berechneten freien Ionen und Komplexe auf die Zahl derer begrenzt, deren Anteil an der stoffspezifischen Gesamtkonzentration über 0,1 % liegt. Mehr als 99,5 % aller berechneten gelösten Spezies eines Stoffes wurden im Datenanhang V.2.4.7 der Arbeit, zuzüglich der molaren Konzentrationen, Aktivitäten und Aktivitätskoeffizienten, aufgeführt.

Die Darstellung der Speziesberechnungen mit Hilfe von PHREEQC erfolgt nicht in molaren Konzentrationen, sondern halbquantitativ in prozentualen Anteilen der jeweiligen Spezies an der Gesamtkonzentration auf Grundlage der für die Lösungsgleichgewichte entscheidenden, thermodydamisch wichtigen Parameter pH, E_H, Temperatur. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, daß die tatsächlich gelöste Stofffraktion nur unvollständig von der kolloidalen und partikulären Fraktion getrennt werden kann (s.a. Kap. 1.3.3.2, 1.3.3.4, 1.3.3.6).

3.2.4.2 Ergebnisse der Speziesberechnung

Kalium und Natrium sind nach den Ergebnissen der Speziierung zu mehr als 99,5 % als freie Ionen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser anzutreffen. Anteile des Kaliums von weniger als 0,5 % sind als KSO_4^- oder als $KHPO_4^-$ mobil. $NaSO_4^-$ und $NaHCO_3^-$ haben ebenfalls nur eine sekundäre Bedeutung. Im Boden- und Grundwasser des Transekts I ist Calcium mit mehr als 90 % als freies Ion (Ca^{2+}) und als $CaSO_4^-$ und $CaHCO_3^+$ mit weniger als 10 % Anteil in der Lösung. In der Muldeaue ist $CaSO_4^-$ im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3 und 4 des Altarmbereichs (T III) etwa mit 10 - 12 % vertreten. Dagegen liegen die Anteile an $CaSO_4^-$ im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 1 und 2 deutlich unter 10 %. Sehr hohe Anteile an $CaSO_4^-$ in der wäßrigen Phase von ca. 12 - 25 % wurden für den Bereich des Spittelwassers berechnet. Eine vergleichbare Spezies-Verteilung ergaben die Berechnungen für Magnesium mit $MgSO_4^-$ als zweitstärkste Spezies. Chlorid ist in den untersuchten Wässern zu mehr als 99,9 % als freies Ion (Cl^-) und Sulfat als SO_4^{2-}-Anion mit einem Anteil an S(VI) von 75 - 93 % vertreten.

Fluor ist generell als Fluorid-Anion (F^-) mit einem errechneten Anteil von durchschnittlich 72 % (30 - 95 %) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue existent. Im Gegensatz zu allen anderen Parametern konnte jedoch die F-Ionenbilanz rechnerisch nicht ausgeglichen werden (<100 %). AlF_2^+-Komplexe haben einen durchschnittlichen Anteil von 9,4 % (0 - 33 %), gefolgt von AlF^{+2}-Komplexen mit 7 % (0 - 19 %). Als Hauptspezies treten AlF^{+2}-Komplexe mit 88 % Anteil nur im stärker versauerten Grundwasserbereich am Spittelwasser auf (Transekt II). Der Anteil an MgF^+-Komplexen an der F-Gesamtkonzentration beträgt nur 1 - 2 %.
Die Aluminium-Hauptspezies der Mulde und des Spittelwassers sind Al-Hydroxid-Komplexe wie $Al(OH)_4^-$ (40 - 80 %), $Al(OH)_2^+$ (3 - 16 %), und $AL(OH)_3$. AlF_2^+-Komplexe in Boden- und Grundwässern besitzen rechnerisch Anteile von durchschnittlich 45 % (1 - 70 %). Sekundäre Komponenten sind verschiedene Komplexe wie AlF_3 mit durchschnittlich 19,1 % (0,3 - 67 %), $Al(OH)_4^-$ mit einem Anteil von 15,3 (0,7 - 46 %), AlF^{+2} mit ca. 9 % (0,3 - 22 %) und $Al(OH)_2^+$ mit 4,4 % (0,02 - 21 %).

Die über den m-Wert berechnete anorganische Kohlenstoff-Spezies wurde als Gesamt-Kohlenstoff bei der Speziierung berücksichtigt. Die von PHREEQC berechneten Kohlenstoffspezies ($HCO_3^- + CO_3^{2-} + CO_2$) stimmen sehr gut mit den nach QUENTIN et al. (1988) berechneten Spezies-Anteilen überein (s.a. Verhältnisse in Kap. 3.2.2.4).

Nitrat wie auch Ammonium repräsentieren als Anion bzw. Kation in den unterschiedlichen Lösungen in Abhängigkeit von den Redox-Verhältnissen die dominierenden Spezies. Näheres zum Redoxverhalten von NO_3^- und NH_4^+ wurde bereits im Kap. 3.2.2.3. diskutiert.

Hauptspezies des Phosphors in der wäßrigen Phase ist HPO_4^{2-}. Im stark anoxischen Bereich der Meßstelle 3 des Transekts I konnte rechnerisch $FeHPO_4$ mit Anteilen von 30 - 36 % u.a. wegen hoher Fe-Anteile im Boden-/Grundwasserbereich nachgewiesen werden. Möglich ist u.a., daß Phosphat durch Fe-Oxide und Hydroxide festgelegt wird bzw. sich unter entsprechenden Stabilitätsbedingungen Fe-Phosphate bilden (s.a. Kap. 3.2.2.2). Im stark anoxischen Milieu können diese durch Fe-Reduktion zerstört werden, wobei Phosphat dabei in Lösung geht. Unter stärker aeroben Bedingungen sind HPO_4^{2-} und $H_2PO_4^-$ mit Anteilen von 40 - 50 % und 20 - 30 % am Gesamt-Phosphor (P_{ges}) in der wäßrigen Phase vertreten. Die prozentualen Verhältnisse der führenden Anionenspezies erhöhen sich im Auebereich der Transekte II und III mit stärker aeroben Verhältnissen auf 50 - 98 % und für HPO_4^{2-} auf 2 - max. 40 % $H_2PO_4^-$. Calcium- und Magnesiumhydrogenphosphat ($Ca/MgHPO_4$) haben sekundär mit bis zu 9 % einen gewissen Anteil an der Speziesverteilung. Die Verteilung des Gesamt-Phosphors und des Phosphats in den untersuchten Auebereichen der Transekte I, II und III wurde bereits in Kap. 3.2.2.2 diskutiert.

Speziesverteilung der untersuchten Schwermetalle und Arsen

Die Speziesverteilung von Arsen ist entscheidend von den Redox-Verhältnissen in den unterschiedlichen Wässern abhängig (s.a. Kap. 3.2.1). Bodenwasseranalysen aus dem stark anoxischen Bereich der Meßstelle 3 des Transekts I (BW3-20 bis -80) lassen erkennen, daß die reduzierte As(III)-Spezies (Arsenige Säure: H_3AsO_3) rechnerisch den Hauptanteil am Gesamt-As darstellt (Ergebnisse in der Abb. 3.2.4-1). Umgekehrt weisen an den anoxisch bis oxisch geprägten Meßstellen 1 und 2 die Arsen(V)-Spezies $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ eine höhere Stabilität auf (s.a. Speziesanalytik S. 194).

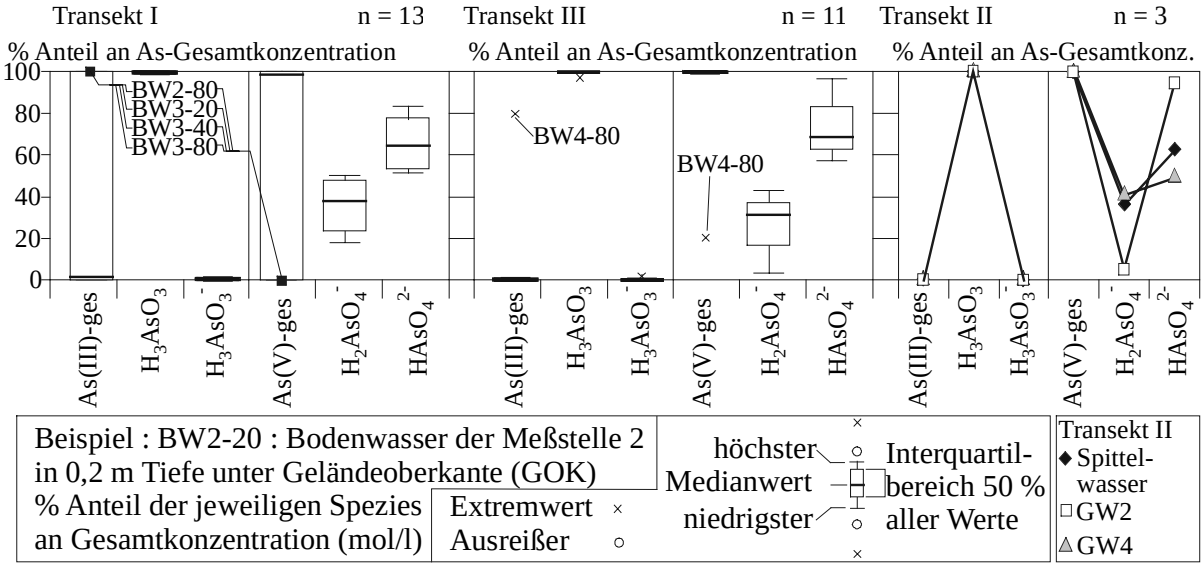


Abb. 3.2.4-1: Arsen-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

In den aeroben Boden- und Grundwasserbereichen des Transekts III sind die Spezies $H_2AsO_4^-$ und $HAsO_4^{2-}$ mit Anteilen von etwa 50 - 95 % und 5 - 50 % an der As-Gesamtkonzentration beteiligt, was in ähnlicher Weise auch für das Spittelwasser gilt (Transekt II). Im Altarmbereich des Transekts III können geringe GW-Flurabstände aufgrund eines vorangegangenen Hochwassers zu einer längerfristigen Vernässungsphase der Bodenhorizonte und zu einem Absinken des E_H-Wertes führen. Entsprechend wurden aufgrund veränderter Stabilitätsverhältnisse im April nach dem März-Hochwasser 1998 im Bodenhorizont BW4-80 ein Anstieg der As(III)-Spezies auf knapp 80 % des Gesamt-Arsens in der Bodenlösung errechnet.

Eisen reagiert wie Arsen im Boden- und Grundwasserbereich auf wechselnde Redox-Verhältnisse. An den Meßstellen des Transekts I wurde für den anoxischen Grundwasserbereich die Stabilität von freien Fe(II)-Ionen und verschiedenen Komplexen rechnerisch ermittelt (Abb. 3.2.4-2). Nur in den Bodenwässern BW2-20 und BW2-80 der Meßstelle 2 dominierten im Gegensatz zu Fe(II)-Ionen zum Zeitpunkt der Hochwässer im März und November 1998 rechnerisch Fe(III)-Hydroxo-Komplexe mit einem prozentualen Anteil von 95 - 99 % am Gesamt-Fe.
Im Auebereich des Transekts III sind freie Fe(II)-Kationen in der wäßrigen Phase wie schon im aquatischen Milieu des Transekts I die dominierende Spezies. $Fe(OH)_2^+$- und $Fe(OH)_3^0$-Komplexe besitzen in Horizonten wie BW3-80 (10.11.98) z.T. höhere Anteile an der Fe(III)-Gesamtkonzentration (ca. 60 %). Die Horizonte BW2-30 (10.11.89) und -80 (24.03.98) weisen mit 9 % und 31 % rechnerisch erhöhte Anteile an organisch komplexierten Fe(III) auf. Im sandig-kiesigen Flutrinnenbereich wurden in den ersten beiden Horizonten der Meßstelle 2 überdurchschnittliche DOC-Konzentrationen von 50 und 8 mg/l ermittelt. Diese ermöglichen in Abwesenheit einer sorptionsstarken Feinkornmatrix die Bildung organischer $FeFA^+$-Komplexe (Abb. 3.2.4-2). Höhere Stabilitäten für Fe(III)-Hydroxo-Komplexe ($Fe(OH)_2^+$) wurden für die Mulde im Bereich des Transekts III berechnet. Die Auswertung einer Wasseranalyse ergab ein Fe(III)/Fe(II)-Speziesverhältnis von 65 % zu 35 %.
Die Grundwasserbereiche des Transekts II und das Spittelwasser besitzen Speziesverteilungen mit vorrangig freien Fe(II)-Ionen, die allerdings im Grundwasser der GWMS 4 (GW 4) zu etwa gleichen Teilen mit Fe(III)-Hydroxo-Ionen ($Fe(OH)_2^+$) konkurrieren.

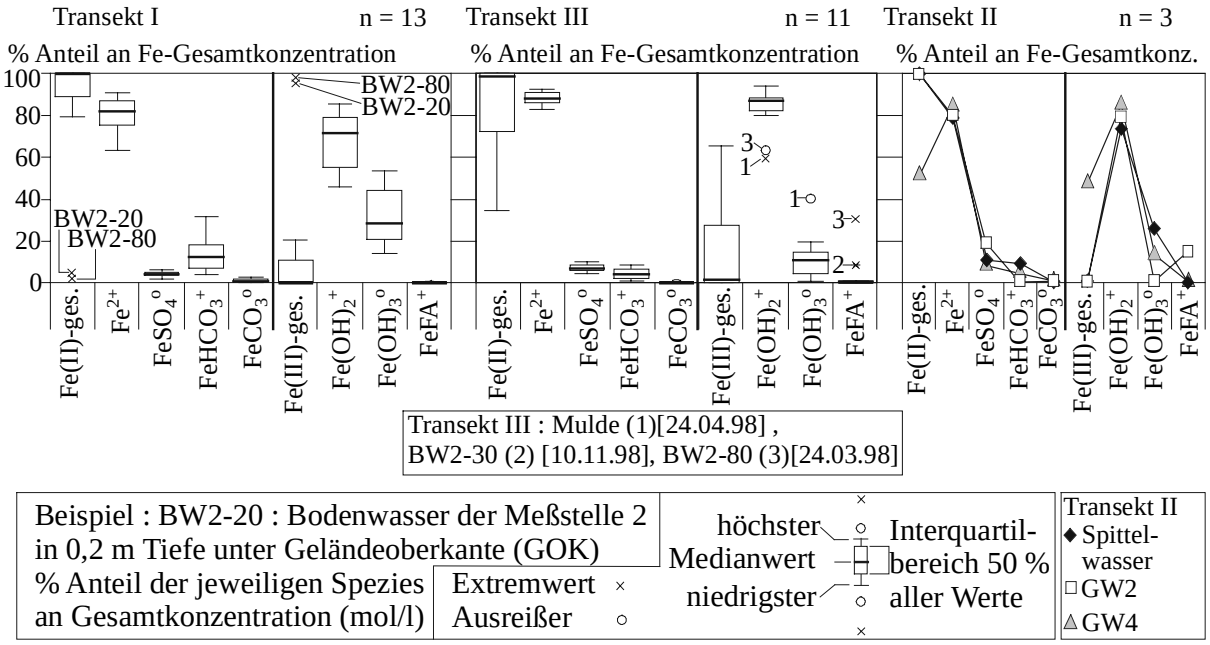


Abb. 3.2.4-2: Eisen-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Mangan stammt überwiegend aus pedogenen Mn-Oxiden oder organischen Mn-Verbindungen und wird mikrobiell sehr leicht als Mn(III) zu Mn(II) reduziert (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Deshalb ist Mangan zu mehr als 80 % als Mn(II)-Kation im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue vertreten (Abb. 3.2.4-3). Im tieferen, stark anoxischen Bodenbereich des Transekts I sind sekundäre Mn-Spezies wie $MnHCO_3^+$ und $MnCO_3^0$ in aeroben Bereichen dagegen $MnSO_4^0$ stabil (pH-Werte nahe pH 7).

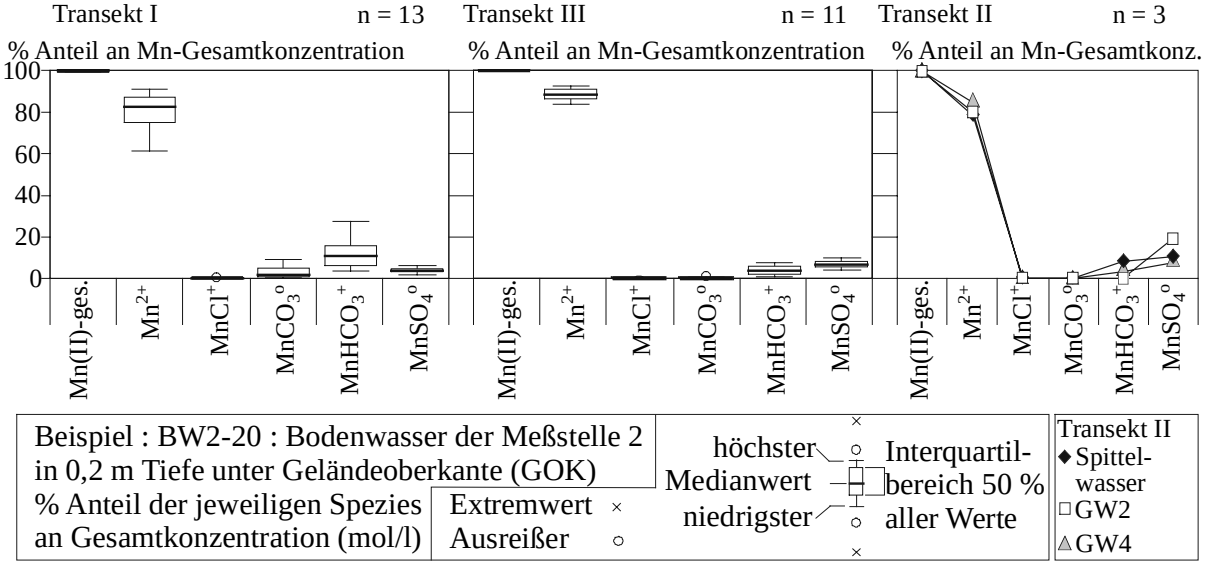


Abb. 3.2.4-3: Mangan-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Boden- und Grundwasserverhältnisse des Transekts III lassen neben Mn(II) noch die Existenz von $MnSO_4^0$, $MnHCO_3^+$ erkennen. Ähnliche Verhältnisse wie im Bereich des Transekts III sind in der Spittelwasseraue anzutreffen, wo allerdings als Sekundärspezies in erster Linie $MnCO_3^0$ auftritt.

Cadmium ist nach der Stabilitätsberechnung mit PHREEQC etwa zu 70 - 85 % als zweiwertiges Kation (Cd^{2+}) im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der beprobten Meßstellen vertreten (Abb. 3.2.4-4).

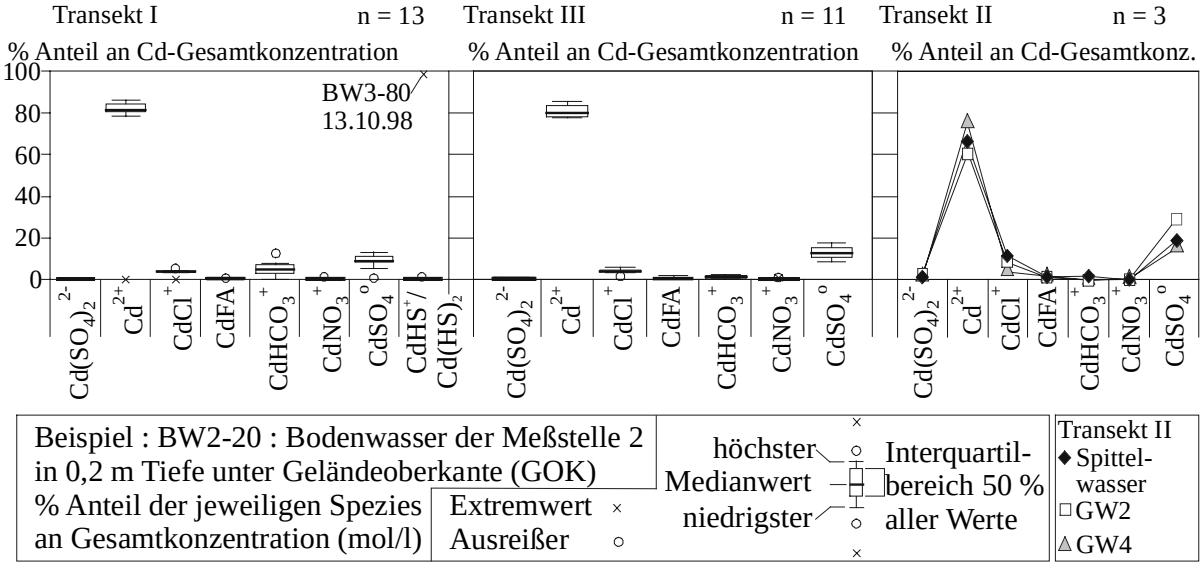


Abb. 3.2.4-4: Cadmium-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung m. PHREEQC V.2).

Der rechnerische Anteil an $CdSO_4^0$ in der Lösung beträgt an Standorten des Transekts III nur etwa 7 - 13 % und ist vom Niveau mit den Verhältnissen der Meßstellen 1 und 2 des Transekts III zu vergleichen. Im Altarmbereich des Transekts III (Meßstellen 3 und 4), der auch analytisch höhere SO_4-Gehalte und Cd- Konzentrationen aufweist, ist der errechnete $CdSO_4^0$-Anteil mit 14 - 16 % am Gesamt-Cadmium ebenfalls höher. Der $CdSO_4^0$-Anteil steigt entsprechend der SO_4^{2-}-Konzentrationen im Grundwasser des Transekts II nahe dem Spittelwasser auf 16 - 30 %. Die Konzentrationen von Gesamt-Cd sind allerdings sehr gering (Abb. 3.2.3-3). Einen höheren Anteil hat in der Spittelwasseraue auch die $CdCl^-$-Spezies mit ca. 10 % am Gesamt-Cadmium (übrige Meßstellen TI/TIII 3 - 6 %). $CdHCO_3^-$ besitzt rechnerisch nur einen Anteil von 1 - 2 %. In löslichen organischen Komplexen eingebundenes Cd (CdFa: Cd-Fulvate) weist dagegen nur einen Anteil von ca. <0,7 % auf. Sulfidisch gebundenes Cd ($CdHS^-$, $Cd(HS)_2$) erlangt nur temporär bei extrem niedrigen E_H-Werten <-200 mV (Horizont BW3-80, Meßstelle 3, T I) einen rechnerisch höheren Anteil. Sulfid-Analysen wurden nicht durchgeführt.

Zink ist, ähnlich wie Cadmium, mit durchschnittlich 70 - 90 % als Kation (Zn^{2+}) in der Lösung vertreten (Abb. 3.2.4-5). Im Auebereich des Transekts I wurden als Sekundärspezies $ZnHCO_3^+$ (6 - 28 %), $ZnCO_3^0$ (1 - 17 %) sowie $ZnSO_4^0$ (0,6 - 10 %) ermittelt. Bei einem E_H-Wert von -202 mV ist im Bodenbereich BW3-80 der Meßstelle 3 eine Sulfid-Bildung von Zink ($ZnHS_2$) in Einzelfällen möglich. Eine analytische Bestimmung der Sulfid-Spezies von Zn wurde nicht vorgenommen.

Ähnlich wie im Transekt I dominiert in den Auebereichen der Transekte II und III Zink mit einem Anteil von 80 - 90 % als Zn^{2+}-Kation in der wäßrigen Phase. Die berechneten Sekundärspezies sind vorrangig $ZnSO_4^0$ mit 6 - 13 % (T III) und 13 - 26 % (T II) gefolgt von $ZnHCO_3^+$ mit 2 - 9 %.

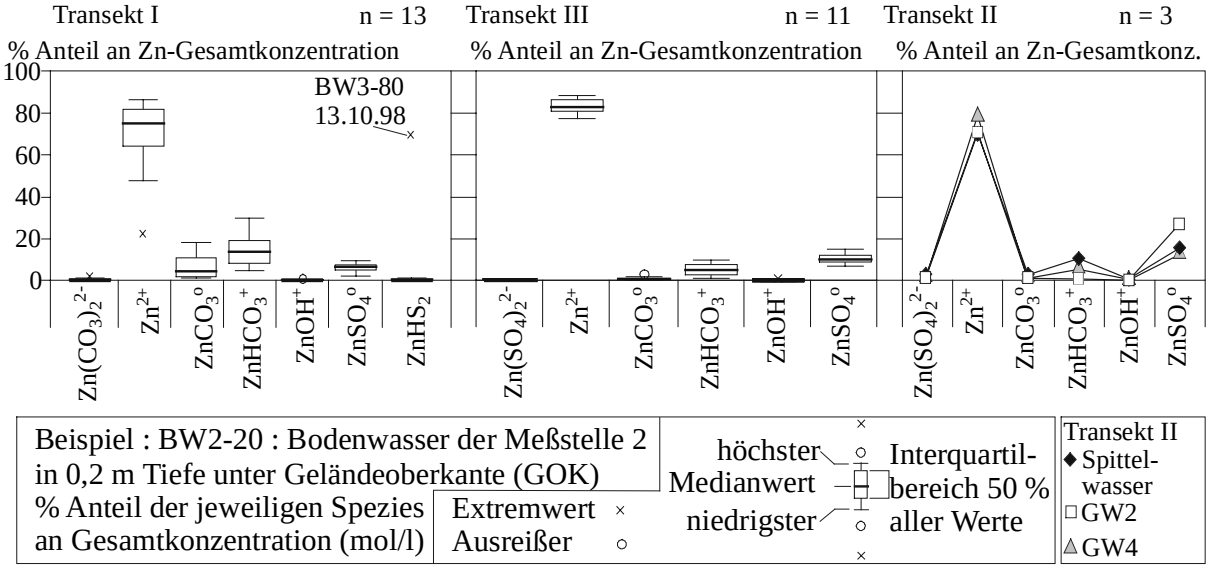


Abb. 3.2.4-5: Zink-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Nickel repräsentiert rechnerisch eine relativ einfache Speziesverteilung für verschiedene Wassertypen (Abb. 3.2.4-6). Im Auebereich des Transekts I dominieren demnach $NiCO_3^0$ mit ca. 60 % (Median) gefolgt von freien Ni^{2+}-Kationen mit etwa 30 % (Median). Restliche Anteile von wenigen Prozent verteilen sich auf $NiHCO_3^+$ und $NiSO_4^0$. Karbonat- und Hydrogenkarbonat-Ni-Komplexe stehen offensichtlich im Zusammenhang mit hohen HCO_3^--Konzentrationen in anoxischen und pH-neutralen Boden- und Grundwasserbereichen (s.a. Abb. 3.2.2-9).

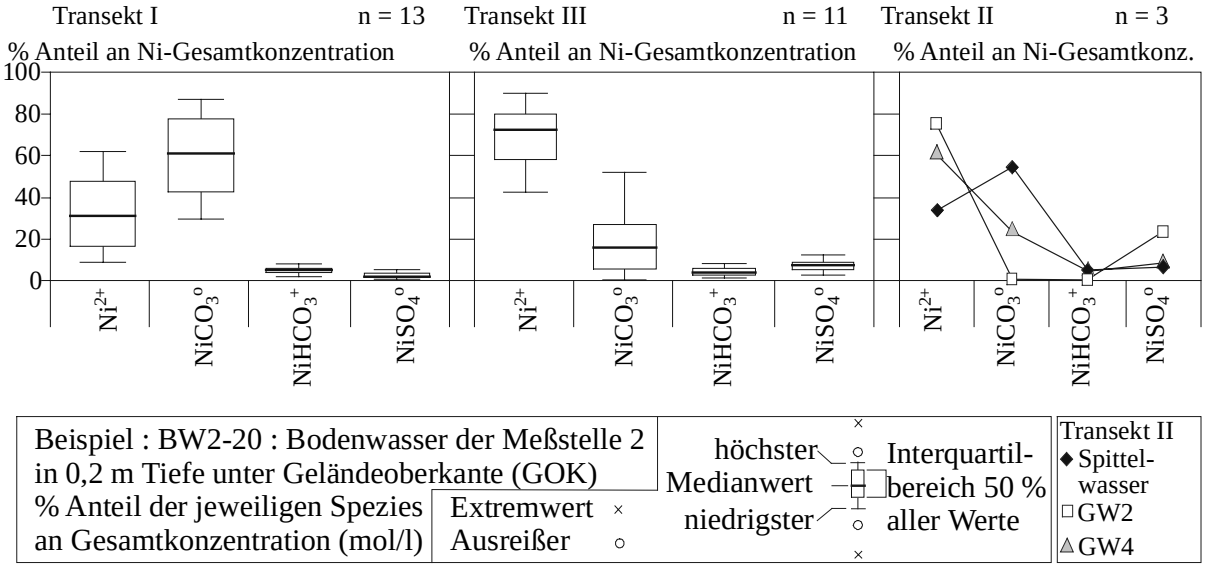


Abb. 3.2.4-6: Nickel-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Im Auebereich des Transekts III ist ein Wechsel der führenden Ni-Spezies zu erkennen. Unter aeroben, schwach sauren bis sauren Milieuverhältnissen dominieren mit einem Anteil von >70 % freie Ni^{2+}-Kationen gegenüber $NiCO_3^0$-Komplexen mit einem Anteil von 15 - 20 %. $NiSO_4^0$ und $NiHCO_3^+$ sind auch hier nur als Sekundärspezies mit geringen Anteilen am Gesamt-Nickel vertreten.

Die Ni-Speziesverteilung des Spittelwassers (TII) gleicht der des Auebereichs des Transekts I. Im Gegensatz dazu entspricht die Speziesverteilung des Grundwassers mit freien Ni-Ionen als erste und $NiCO_3^0$-Komplexe als zweite Hauptkomponente eher dem Typus des Transekts III. Nach den Speziesberechnungen hat im ufernahen Grundwasserbereich der sandigen Spittelwasserfazies (GW 2), vor allem $NiSO_4^0$, eine größere Bedeutung.

Kupfer zeigt im Gegensatz zu Nickel eine weitaus komplexere Speziesverteilung (Abb. 3.2.4-7). Für die Mulde, Oberböden und Grundwasserbereiche an den Meßstellen 1 und 2 des Transekts I mit überwiegend aeroben bis schwach anaeroben Milieuverhältnissen wurde ein höherer Anteil an Cu(II)-Spezies berechnet. Im Gegensatz dazu zeigt sich unter mäßig bis stark anoxischen Milieuverhältnissen, insbesondere im Boden- und Grundwasserbereich an der Meßstelle 3, eine stärkere Tendenz zur Bildung reduzierter Cu(I)-Spezies. Diese umfaßt vor allem freie Cu^+-Ionen oder auch $CuCl_2^-$-Komplexe (siehe Proben Abb. 3.2.4-7).

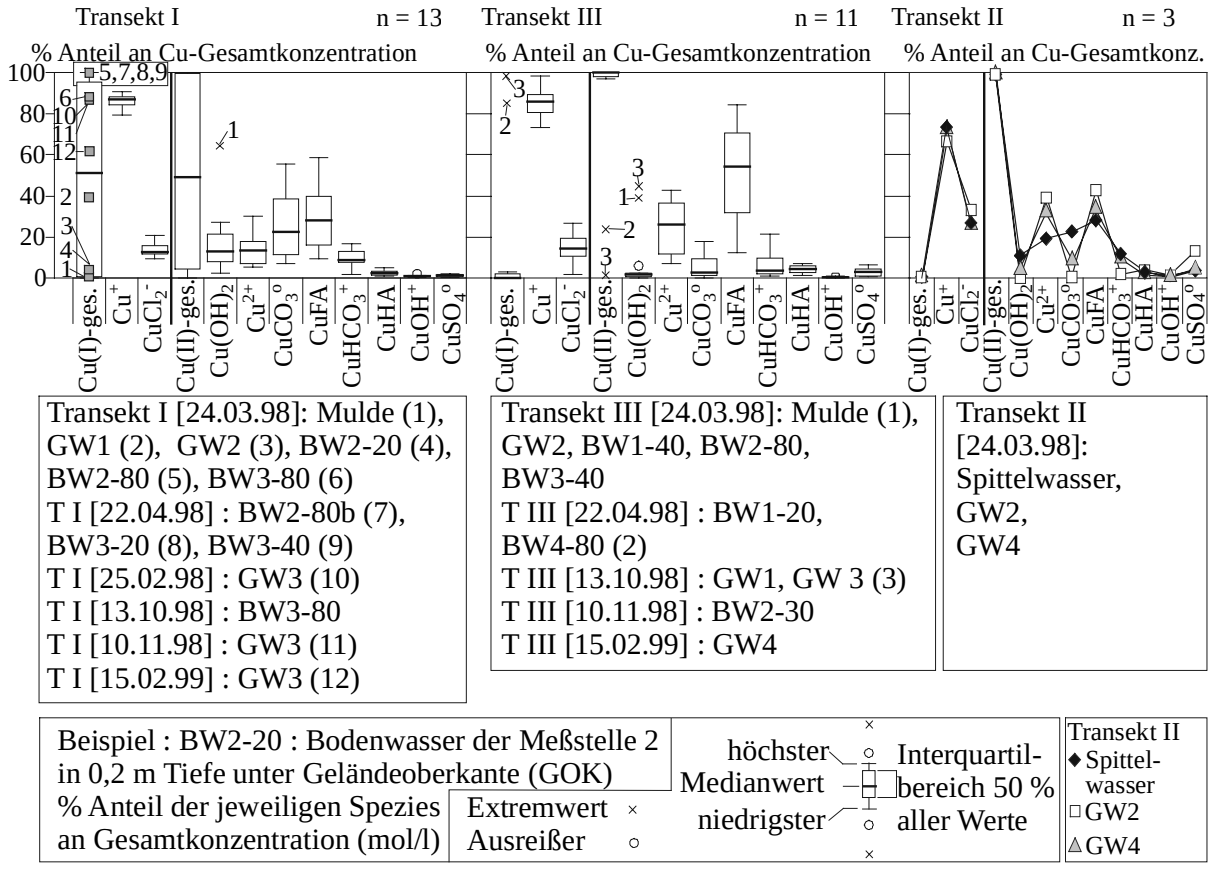


Abb. 3.2.4-7: Kupfer-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Cu^+-Ionen sind in terrestrischen Böden meist als instabil einzustufen (SCHACHTSCHABEL et al. 1998). Aueböden bieten dagegen in Bereichen mit geringem GW-Flurabstand und reduzierendem Bodenmilieu wie an der Meßstelle 3 halbwegs stabile Bedingungen für die Bildung von Cu(I)-Spezies. Allerdings deuten äußerst niedrige Cu-Konzentrationen (<0,01 mg/l) in der Bodenlösung und im Grundwasser der Meßstellen 2 und 3 nur auf geringe Cu(I)-Anteile hin (Abb. 3.2.3-4). Cu(II)-Spezies sind in den angesprochenen Auebereichen tendenziell eher auf die aeroben Oberböden beschränkt. In den Oberböden ist die Bildung organischer Cu-Komplexe (als CuFulvate) oder auch $CuCO_3^0$-Komplexe relativ wahrscheinlich. Sekundär können auch freie Cu^{2+}-Ionen sowie $Cu(OH)_2$ und $CuHCO_3^+$-Komplexe vorkommen. Andere Spezies besitzen nur einen sehr geringen Stellenwert (Abb. 3.2.4-7).

Nach den Speziesberechnungen ergeben sich für den aeroben Auebereich des Transekts III umgekehrte Speziesverhältnisse. Reduzierte Cu(I)-Spezies sind in diesem Auebereich nur unterschwellig vertreten. Allerdings können sich in den tieferen Bodenhorizonten und im Grundwasser des Altarmbereichs für kurze Zeitspannen ebenfalls reduzierende Bedingungen für die Bildung von Cu(I)-Spezies in der Wasserphase einstellen (Meßstelle 4, BW4-80 (2) vom 22.04.98 und GW 3 (3) vom 13.10.98).
Unter stabilen aeroben Bedingungen repräsentieren organische Cu-Komplexe (als CuFA: Cu-Fulvate) mit 50 - 60 % Anteil in der wäßrigen Phase die rechnerisch stabilste Verbindung. In größerem Umfang befinden sich auch freie Cu^{2+}-Ionen in der Lösung. Eine geringere Bedeutung haben u.a. $CuCO_3^0$- und $CuHCO_3^+$-Komplexe. Vergleichbar ist die Speziesverteilung des Transekts III mit den Grund- und Oberflächenwasserverhältnissen des Spittelwassers (Transekt II).

Blei ist, wie in Kap. 2.3.2 beschrieben, zu 30 - 40 % mit Hilfe von EDTA mobilisierbar. Die Pb-Speziierung gibt jedoch keinen Hinweis auf relevante Anteile an löslichen organischen Pb-Komplexen im aquatischen System.

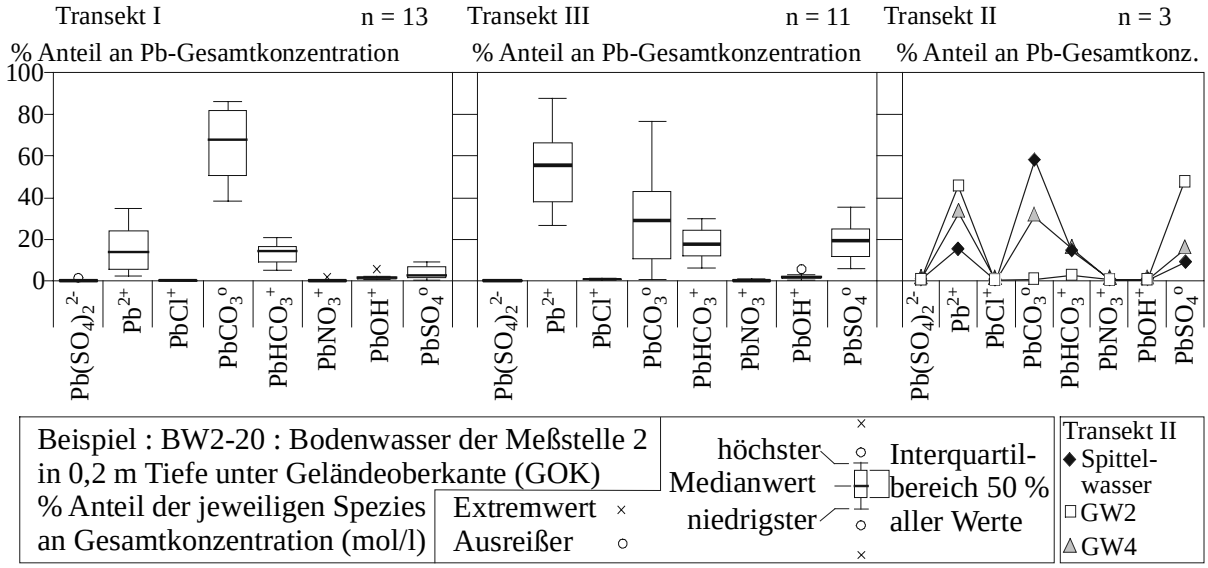


Abb. 3.2.4-8: Blei-Spezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue der Transekte I, II und III (Berechnung mit PHREEQC V.2).

Aufgrund der Speziesberechnungen dominieren im neutralen bis leicht alkalischen Boden- und Grundwasserbereich des Transekts I in erster Linie mit ca. 70 % gelöstes $PbCO_3^0$. Experimentell wurde das Oxidations- und Reduktionsverhalten von Blei unter Wasserbedeckung in einer sedimentären Matrix unter neutralen Bedingungen untersucht. Experimente wurden im Rahmen von Untersuchungen zur Remobilisierung von Schwermetallen in Gewässersedimenten u.a. der Mulde durchgeführt (LORENZ 1997). Dabei wurde die Bildung stabiler Bleikarbonate infolge der Oxidation von PbS nachgewiesen (LORENZ 1997). Sekundär können freie Pb^{2+}-Ionen mit 10 - 15 % und $PbHCO_3^+$-Komplexen mit ebenfalls 10 - 15 % Anteil (Median) hinzugezählt werden (Abb. 3.2.4-8). Zweitrangig sind $PbSO_4^0$-Komplexe, die mit wenigen Prozenten in der Lösung vorkommen.
Im schwach bis stärker saurem Milieu des Auebereichs des Transekts III ergeben sich abweichende Speziesverteilungen. In der Bodenlösung und im Grundwasser dominieren freie Pb^{2+}-Ionen mit knapp 55 - 60 % vor $PbCO_3^0$ mit ca. 30 % und $PbHCO_3^+$-Komplexen mit etwa 15 - 20 % Anteil (Median). $PbSO_4^0$-Komplexe sind mit etwa 20 % Anteil deutlich stärker vertreten (Median).

Auffällig ist auch die Speziesverteilung von Blei im Spittelwasserbereich des Transekts II. Dominierende Spezies im Fließgewässer ist $PbCO_3^0$, gefolgt von freien Pb^{2+}-Ionen und $PbSO_4^0$-Komplexen. Hierzu ist zu berücksichtigen, daß das Spittelwasser trotz der Versauerung in den Oberböden der Ufernahbereiche durchschnittliche pH-Werte von pH 7,1 aufweist. Dagegen konnten im ufernahen Grundwasser des Spittelwassers (GW2) mit pH-Werten um pH 6,3 höhere Anteile an $PbSO_4^0$-Komplexen mit ca. 48 % vor freien Pb^{2+}-Ionen mit einem Anteil von 46 % (Median) an der Pb-Gesamtkonzentration rechnerisch nachgewiesen werden. Im abgelegenen Grundwasserbereich an der Meßstelle GW4 sind freie Pb^{2+}-Ionen und $PbCO_3^0$ mit Anteilen von 29 % und 36 % (Median) sowie $PbSO_4^0$-Komplexe mit ca. 15 % stabil. Die pH-Werte im Grundwasser an der Meßstelle GW4 betrugen durchschnittlich pH 6,5.

3.2.5 Multivariate statistische Analyse des milieuspezifischen Elementverhaltens

3.2.5.1 Korrelationsanalyse

Mit Hilfe von Korrelationen der Meßdaten der untersuchten Stoffe und Parameter lassen sich weitere Informationen über das milieuspezifische Verhalten gewinnen. Zudem liefert die Statistik weitere Argumente für die Existenz möglicher Elementspezies im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser (Kap. 3.2.4) und eventuelle Bindungen an die Bodenmatrix.

Korrelationen der untersuchten Stoffe, Elemente und Parameter sind in Tab. 3.2.5-1 aufgeführt. Im oberen Teil wurden die Medianwerte der Meßreihen (April 1998 - April 1999) miteinander korreliert, bei denen zeitliche Einflüsse unberücksichtigt blieben. Die Korrelationsmatrix unterhalb der Diagonale enthält Korrelationen der Einzelwerte, die zeitliche Abhängigkeiten berücksichtigen. Die Diskussion stützt sich überwiegend auf Korrelationen der Medianwerte, welche das milieuspezifische Verhalten der Stoffe und Elemente mit höherer Signifikanz abbilden.

Die Hauptkationen Ca^{2+}, Mg^{2+} und Na^{+} korrelieren untereinander mit hoher Signifikanz. Die Abhängigkeit von Ca^{2+} zu Sulfat wird durch einen Koeffizienten von 0,67 dokumentiert, was u.a. auf die Affinität zur Komplexbildung im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue zurückzuführen ist (Kap. 3.2.4.2). Ca^{2+} und SO_4^{2-} sind jedoch größtenteils als freie Ionen in Lösung. Na^{+} kommt zu 99 % gelöst vor und zeigt positive Korrelationen mit Cl^{-} (0,70), Hydrogenkarbonat- (0,57) und Karbonat-Ionen (0,51), die vergleichbare Mobilitäten aufweisen. Ein ähnlich korrelatives Verhalten zeigen Mg^{2+} mit Na^{+} und Ca^{2+}, die leicht austauschbar sind und entsprechend hohe Lösungs-Konzentrationen repräsentieren. Kalium verhält sich ähnlich wie Chrom und PO_4^{3-} im aquatischen Bereich ohne funktionellen Zusammenhang. Nach der Speziesberechnung existiert Kalium im aquatischen Milieu ebenfalls zu 99 % als freies Ion (Kap. 3.2.4.2). Jedoch verhält sich Kalium aufgrund der Kaliumselektivität insbesondere in Lösungen feinkörniger, toniger Bodensubstrate teilweise antagonistisch zu Ca^{2+}, Mg^{2+} und Na^{+}. Daraus resultieren schwache positive oder negative Korrelationskoeffizienten mit den genannten Elementen. Die Korrelation von Phosphat oder P-Gesamt (P_{ges}) mit Arsen läßt sich durch eine vergleichbare Affinität zu Fe-Oxiden/-Hydroxiden erklären, die unter stark anoxischen Bedingungen nicht wirksam ist. Phosphat ist nach der Auswertung der Speziesberechnungen überwiegend als $H_2PO_4^{-}$, HPO_4^{2-} und in anoxischen Bereichen möglicherweise auch in Verbindung mit Fe im Boden- und Grundwasser vorhanden (Kap. 3.2.2.2).

Das Kohlensäure-Gleichgewicht im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue ist in Abwesenheit von Karbonat in den Aueböden von der Intensität des mikrobiologischen Abbaus organischer Substanz abhängig. Bei niedrigen E_H-Werten erhöht sich die Konzentration an HCO_3^{-} und CO_2, worauf negative Korrelationskoeffizienten von -0,45 und -0,54 hinweisen. Der pH-Wert reagiert im stark anoxischen Milieu bei allgemein schwach sauren Boden- und Wasserbedingungen positiv, da Reduktionsprozesse H^{+}-Protonen verbrauchen. Der pH-Wert wird in aeroben Bereichen weniger von der Redox-Pufferung als von der Pufferkapazität der unterschiedlichen Bodensubstrate beeinflußt. Dies führt bei wechselseitiger und unterschiedlich gerichteter Abhängigkeit von E_H- und pH-Wert zu einer Neutralisierung der korrelativen Zusammenhänge und zu einem Koeffizienten von 0,03. Nitrat korreliert mit 0,66 aufgrund von Denitrifikationsprozessen im anoxischen Milieu positiv mit dem E_H-Wert. Allerdings zeigt Nitrat nur eine äußerst schwache, negative Korrelation mit Ammonium, was der Koeffizient von -0,27 ausdrückt (Prozesse siehe Kap. 3.2.2.3).

Tab. 3.2.5-1: Korrelationen der Einzelwerte der Wasseranalysen unterhalb der Diagonalen (n = 180 - 420). Korrelationen der Medianwerte der Meßreihen oberhalb der Diagonalen (n = 29 u. 12 [GW* = Flurabstand]) (OW/BW/GW-Daten d. Transekte I, II und III).

	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	Mn	DOC	GW*	Lf	pH	E_H	Tmp.	Ca^{2+}	K^+	Mg^{2+}	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_2	CO_3^{2-}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{3-}	P-ges.
As		-0,45	0,19	-0,39	-0,07	0,30	-0,32	0,69	0,52	0,26	-0,68	0,22	0,45	-0,5*	-0,22	-0,01	0,24	0,12	0,10	-0,04	-0,49	0,59	0,18	0,54	-0,45	0,48	0,46	0,05
Cd	-0,33		-0,15	0,35	0,65	-0,19	0,82	-0,71	-0,44	0,02	0,43	-0,40	-0,64	0,15	-0,26	-0,21	-0,40	-0,49	-0,44	-0,38	0,24	-0,79	-0,25	-0,78	0,24	-0,62	-0,37	-0,18
Cr	-0,07	0,14		0,41	0,06	0,24	-0,10	0,29	0,03	0,55	0,11	-0,07	0,09	-0,09	-0,11	-0,16	0,58	-0,05	-0,09	-0,12	-0,35	0,02	-0,02	0,11	0,09	0,21	0,36	0,27
Cu	-0,16	0,18	0,02		0,37	-0,02	0,19	-0,41	-0,42	0,45	-0,10	-0,39	-0,23	0,19	0,04	-0,23	0,11	-0,27	-0,39	-0,21	0,07	-0,52	-0,41	-0,35	0,37	-0,42	0,06	0,19
Ni	-0,29	0,47	0,16	0,18		-0,01	0,79	-0,22	-0,09	0,07	0,21	-0,20	-0,63	-0,08	-0,40	-0,03	-0,15	-0,40	-0,34	-0,20	0,23	-0,49	0,05	-0,58	-0,18	-0,30	-0,26	-0,06
Pb	0,22	0,03	0,32	-0,05	-0,06		-0,06	0,26	-0,03	0,08	-0,20	-0,11	0,17	0,28	0,29	-0,21	0,26	-0,09	-0,03	0,34	-0,25	0,04	-0,14	0,13	0,05	0,21	0,31	0,36
Zn	-0,22	0,65	0,05	0,23	0,52	-0,06		-0,47	-0,31	-0,24	0,53	-0,22	-0,72	0,11	-0,43	-0,06	-0,29	-0,37	-0,21	-0,15	0,37	-0,66	0,01	-0,74	0,08	-0,48	-0,49	-0,26
Fe	0,56	-0,50	0,02	-0,24	-0,07	0,16	-0,34		0,75	0,00	-0,23	0,62	0,39	-0,35	-0,12	0,39	0,35	0,51	0,44	0,39	-0,15	0,79	0,52	0,66	-0,56	0,82	0,35	0,00
Mn	0,45	-0,28	-0,04	-0,24	0,01	0,06	-0,15	0,73		-0,02	-0,48	0,69	0,26	-0,62	-0,12	0,50	0,13	0,50	0,41	0,20	0,00	0,76	0,61	0,60	-0,62	0,72	-0,02	-0,21
DOC	0,14	0,00	0,43	0,35	0,11	0,01	0,04	0,05	0,04		-0,77	-0,25	0,28	-0,22	0,09	-0,27	0,10	-0,33	-0,41	-0,53	-0,56	-0,04	-0,38	0,13	0,01	-0,04	0,33	0,41
GW*	-0,27	0,03	-0,24	0,10	0,08	-0,29	0,27	-0,23	-0,34	-0,49		0,01	-0,67	0,26	-0,08	0,15	0,27	0,12	0,23	0,24	0,48	-0,49	0,39	-0,73	0,25	-0,55	-0,49	-0,69
Lf	0,16	-0,16	-0,12	-0,07	0,08	-0,12	0,02	0,39	0,46	0,03	0,06		0,12	-0,55	-0,01	0,89	-0,21	0,86	0,77	0,50	0,50	0,67	0,63	0,47	-0,57	0,51	-0,24	-0,33
pH	0,27	-0,46	0,01	-0,11	-0,38	0,03	-0,54	0,23	0,20	0,26	-0,49	0,04		0,03	0,28	-0,11	0,34	0,25	0,29	0,07	-0,49	0,65	-0,31	0,89	0,17	0,48	0,41	0,11
E_H	-0,34	0,13	0,08	0,09	0,12	0,05	0,03	-0,31	-0,43	-0,24	0,04	-0,26	-0,05		0,07	-0,52	0,20	-0,29	-0,15	0,17	-0,06	-0,45	-0,54	-0,21	0,66	-0,26	0,18	0,13
Tmp.	0,06	-0,21	-0,33	-0,03	-0,11	-0,06	-0,08	0,04	0,03	0,17	0,29	0,19	0,17	-0,13		0,02	-0,02	0,10	0,04	0,17	0,08	0,10	-0,28	0,23	0,08	-0,12	-0,01	0,23
Ca^{2+}	0,09	-0,08	-0,14	-0,07	0,06	-0,22	0,10	0,30	0,41	0,05	0,17	0,81	-0,14	-0,31	0,18		-0,45	0,72	0,61	0,40	0,67	0,45	0,62	0,20	-0,55	0,29	-0,47	-0,48
K^+	0,17	-0,32	0,24	0,08	-0,20	0,18	-0,28	0,19	0,01	0,06	0,17	-0,11	0,35	0,14	0,14	-0,35		-0,01	0,00	0,10	-0,43	0,21	-0,06	0,34	0,25	0,36	0,50	0,25
Mg^{2+}	0,05	-0,19	-0,06	-0,03	-0,06	-0,14	-0,06	0,29	0,33	-0,05	0,14	0,77	0,05	-0,17	0,24	0,75	0,06		0,79	0,59	0,46	0,59	0,40	0,52	-0,28	0,48	-0,05	-0,31
Na^+	0,13	-0,29	-0,15	-0,11	-0,16	-0,15	-0,09	0,26	0,24	-0,09	0,35	0,64	0,22	-0,14	0,24	0,53	0,15	0,67		0,70	0,40	0,57	0,32	0,51	-0,17	0,44	-0,13	-0,30
Cl^-	-0,03	-0,22	0,00	-0,01	0,12	0,01	-0,04	0,20	0,06	-0,23	0,41	0,45	0,08	0,10	0,15	0,31	0,27	0,53	0,61		0,43	0,35	0,26	0,30	-0,11	0,44	-0,05	0,05
SO_4^{2-}	-0,36	0,26	-0,19	0,01	0,22	-0,21	0,39	-0,18	-0,08	-0,30	0,51	0,45	-0,44	0,01	0,14	0,61	-0,31	0,54	0,30	0,29		-0,11	0,31	-0,27	-0,15	-0,21	-0,62	-0,39
HCO_3^-	0,53	-0,59	-0,10	-0,19	-0,29	-0,07	-0,47	0,65	0,68	0,21	-0,20	0,46	0,52	-0,38	0,19	0,35	0,19	0,34	0,46	0,19	-0,26		0,46	0,90	-0,47	0,75	0,19	-0,10
CO_2	0,27	-0,14	-0,01	-0,12	0,09	-0,09	0,01	0,51	0,49	-0,10	0,23	0,40	-0,44	-0,31	-0,09	0,46	-0,15	0,26	0,19	0,09	0,13	0,46		0,08	-0,64	0,42	-0,22	-0,26
CO_3^{2-}	0,43	-0,56	-0,05	-0,17	-0,34	-0,02	-0,53	0,44	0,49	0,28	-0,41	0,29	-0,88	-0,21	0,27	0,12	0,32	0,26	0,39	0,17	-0,37	0,79	-0,10		-0,16	0,71	0,33	0,02
NO_3^-	-0,36	0,20	0,25	0,09	-0,10	0,02	-0,01	-0,47	-0,51	-0,10	-0,05	-0,31	0,17	0,42	-0,22	-0,41	0,23	-0,20	-0,08	0,04	-0,07	-0,43	-0,56	-0,11		-0,27	0,03	0,05
NH_4^+	0,44	-0,38	0,00	-0,13	-0,21	0,00	-0,29	0,66	0,63	0,21	-0,26	0,45	0,32	-0,34	0,05	0,36	0,11	0,37	0,37	0,19	-0,20	0,62	0,33	0,50	-0,28		0,28	0,07
PO_4^{3-}	0,11	-0,24	0,24	0,07	-0,14	0,10	-0,26	0,05	-0,12	0,19	-0,02	-0,16	0,26	0,14	0,10	-0,28	0,44	-0,03	0,02	0,12	-0,34	0,08	-0,20	0,22	0,10	0,15		0,42
P-ges.	0,02	-0,13	0,36	-0,03	0,02	0,22	-0,24	0,19	0,07	0,12	-0,35	-0,13	0,18	0,03	-0,35	-0,33	0,25	-0,16	-0,13	0,00	-0,41	0,09	-0,01	0,11	0,09	0,19	0,29	

Korrelationen nach Spearman-Rho; umrahmte Korrelationskoeffizienten: Signifikanz > 95%, grau hinterlegte Koeff. : Signif. > 99 % (E_H/As = -0,5* nur Bodenwasser-/GW-Analysen)

Positive signifikante Korrelationen zwischen Fe/Mn (0,75), Fe/As (0,69) sowie As/Mn (0,52) lassen sich durch ein vergleichbares Mobilitätsverhalten dieser Elemente erklären (Kap. 2.2). Arsen ist für gewöhnlich unter aeroben Bedingungen in/an Fe- und Mn-Oxide/-Hydroxide okkludiert oder adsorbiert. Diese werden durch mikrobiell gesteuerte Reduktionsprozesse im Boden- und Grundwasser zerstört. Mn, Fe und auch Arsen werden dabei reduziert und mobilisiert. Demzufolge korrelieren die genannten Elemente mit dem E_H-Wert negativ (E_H/As -0,5*; E_H /Mn -0,62; E_H /Fe -0,35 schwach). Korrelationen mit weiteren Redox-abhängigen Parametern wie HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2, NH_4^+, NO_3^- ergeben sich aus dem Zusammenhang mit der jeweiligen Bodenreaktion bei entsprechendem E_H-Wert.

Die Schwermetalle Cd, Zn und Ni zeigen aufgrund vergleichbarer physiko-chemischer Eigenschaften signifikante Korrelationsbeziehungen in den Kombinationen Zn/Cd (0,82), Zn/Ni (0,79) und Cd/Ni (0,65). Die verstärkt hydratisierbaren Schwermetalle Cd, Zn und Ni werden bei abnehmendem pH-Wert zunehmend mobiler (Grenz-pH-Werte: 6,5, 6,0 und 5,5 nach BLUME & BRÜMMER 1987). Die unspezifische Bindung der Elemente nimmt unter sauren Milieubedingungen zu, was die Löslichkeit der Elemente erhöht. Entsprechend negativ korrelieren diese mit dem pH-Wert (pH/Cd -0,64; pH/Zn -0,72; pH/Ni -0,63).

Die Schwermetalle Chrom und Kupfer weisen ein ähnliches Mobilverhalten auf, da beide positiv mit dem DOC korrelieren (DOC/Cr 0,55; DOC/Cu 0,45). Die Ergebnisse der Speziesberechnungen von Kupfer in Kap. 3.2.4.2 sind ein weiteres Argument für die Existenz von organischen Cu-Komplexen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue. Die Diskussion um Chrom wurde nicht mit Hilfe eigener Speziesberechnungen sondern mit Unterstützung externer Untersuchungsergebnisse geführt (Kap. 3.2.3).

Blei zeigt keine interpretierbaren signifikanten Korrelationen mit anderen untersuchten Parametern im Oberflächen- Boden- und Grundwasser der Muldeaue.

3.2.5.2 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse basiert auf den korrelativen Zusammenhängen der Untersuchungsparameter (Hauptkomponentenanalyse; s.a. Kap. 1.3.3.5) und dient der Zuordnung der Parameter zu Faktoren aufgrund unterschiedlicher Faktorladungen. Die Stärke der Faktorladungen repräsentiert den Zusammenhang zwischen dem Parameter und dem übergeordneten Faktor.

Die für Hauptkationen und -anionen durchgeführte Faktorenanalyse führte zur Zusammenfassung der Variablenstruktur in Form von vier übergeordneten Faktoren. Die ersten beiden Faktoren besitzen den höchsten Varianzerklärungsanteil mit 24,0 und 19,8 % der Gesamtvarianz.

Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ und Cl^- werden wegen hoher Ladungen im Faktor 1 zusammengefaßt. Überwiegend kommen diese in den unterschiedlichen Wässern als freie Ionen in der wäßrigen Phase vor und bestimmen somit die Leitfähigkeit.

Faktor 2 repräsentiert in erster Linie hohe Faktorladungen von SO_4^{2-}, HCO_3^- und NH_4^+. Diese basieren nachweislich auf der Abhängigkeit zwischen Konzentrationen und Redox-Verhältnissen. In stark anoxischen Bereichen sinken die Sulfat-Konzentrationen im Gegensatz zu HCO_3^- und NH_4^+-Konzentrationen, die aufgrund der mikrobiellen Tätigkeit und damit gekoppelter intensiver Reduktionsprozesse ansteigen. Die Protonen-Pufferung bei Redoxprozessen verursacht einen Anstieg des pH-Wertes zumindest bis zum Neutralpunkt. Mikrobiell gesteuerte Reduktionsprozesse steigern zudem die Produktion gelöster organischer Substanz (DOM), worauf DOC-Konzentrationen hinweisen.

Der Faktor 3 zeigt mit hohen Faktorladungen von NO_3^- und der Temperatur in Tab. 3.2.5-2 einen Zusammenhang, der durch die Korrelation beider Parameter miteinander nicht deutlich wird. Unberücksichtigt bleiben hier zunächst die Auswertungen der Zeitreihen für einzelne Meßlokationen, die im Kap. 3.3 diskutiert werden.

Tab. 3.2.5-2: Faktorenanalyse der Hauptkationen und -anionen sowie wichtiger physikochemischer Parameter im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue (Hauptkomponentenmethode mittels SPSS 7.5 nach BACKHAUS et al. 2000; Daten logarithmiert).

6 Iterationen	Extrahierte Faktoren nach Rotation					Anzahl
Varimax-Rotation	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	KM	n
Ca^{2+}	0,73	0,13	0,48	-0,33	0,88	357
K^+	-0,14	0,16	0,02	0,75	0,61	357
Mg^{2+}	0,84	0,08	0,34	-0,06	0,82	357
Na^+	0,82	0,15	0,06	-0,07	0,70	357
Cl^-	0,72	-0,12	-0,17	0,19	0,60	357
SO_4^{2-}	0,33	-0,71	0,33	-0,31	0,82	357
HCO_3^-	0,36	0,77	0,27	0,13	0,82	334
NO_3^-	-0,11	-0,28	-0,75	0,05	0,66	357
NH_4^+	0,37	0,72	0,25	0,14	0,74	299
PO_4^{3-}	-0,01	0,11	0,03	0,78	0,62	319
Leitfähigkeit	0,76	0,23	0,37	-0,16	0,79	357
pH-Wert	0,13	0,74	0,00	0,17	0,60	378
Temperatur	0,20	0,01	0,67	0,46	0,71	422
DOC	-0,38	0,50	0,15	0,20	0,45	348
E_H-Wert	0,00	-0,57	-0,21	0,24	0,42	405
erklärte Varianz in %	24,0	19,8	12,3	12,2	68,2	

Datenmatrix nach Kaiser-Meyer-Olkin geeignet für die Faktoranalyse (Wert 0,73)
KM : Kommunalitäten

Dem vierten Faktor sind Kalium und Phosphat mit hohen Faktorladungen zugeordnet. Relevante Anteile als komplexbildende Spezies ($KHPO_4^-$) in der wäßrigen Phase können jedoch aufgrund der Speziesberechnungen ausgeschlossen werden (s.a. Kap. 3.2.4.2). Der Zusammenhang basiert vermutlich auf ähnlich starken bindungsspezifischen Eigenschaften von Kalium und Phosphat hinsichtlich der Sorption an mineralische Bodenkomponenten (s.a. Kap. 3.2.2.1/3.2.2.2).

In der Tab. 3.2.5-3 sind die Ergebnisse der Faktorenanalyse der Schwermetalle, Metalle und Arsen unter Ausschluß von Chrom dargestellt. Im wesentlichen repräsentiert die Gruppierung der Elemente die bereits angesprochenen Zusammenhänge.

Faktor 1 vereint die in stark anoxischen Auebereichen durch Reduktionsprozesse mobilisierbaren Elemente As, Fe und Mn. Insbesondere Fe und Mn bilden generell Oxide und Hydroxide, an denen Arsen gebunden werden kann.

Faktor 2 faßt die Elemente Cd, Zn und Ni zusammen. Diese werden aufgrund ihrer physikochemischen Eigenschaften unter neutralen bis alkalischen Bedingungen stärker adsorbiert und neigen außerdem unter stark anoxischen Bedingungen zur Sulfidbildung. Bei niedrigen pH-Werten zeigen die genannten Schwermetalle höhere Konzentrationen im aquatischen Milieu.

Faktor 3 repräsentiert die Abhängigkeit des Kupfers von der gelösten organischen Substanz (DOC-Konzentrationen), was vergleichbar zur Spezies-Berechnung und der Datenanalyse auf die Existenz organischer Cu-Komplexe im Boden- und Grundwasser der Muldeaue hinweist.

Blei ist isoliert dem Faktor 4 zugeordnet und steht somit in keinem korrelativen Zusammenhang mit den untersuchten Parametern.

Tab. 3.2.5-3: Faktorenanalyse der Schwermetalle, Metalle und Arsen sowie wichtiger physiko-chemischer Parameter im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue (Hauptkomponentenmethode mittels SPSS 7.5 nach BACKHAUS et al. 2000; Daten logarithmiert).

6 Iterationen	Extrahierte Faktoren nach Rotation					Anzahl
Varimax-Rotation	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	KM	n
As	0,73	-0,33	0,08	0,24	0,71	385
Fe	0,87	-0,21	-0,04	-0,03	0,80	379
Mn	0,91	0,05	-0,17	-0,07	0,86	386
Cd	-0,33	0,72	0,04	0,28	0,71	386
Ni	0,08	0,83	0,16	-0,12	0,74	288
Zn	-0,23	0,82	-0,08	-0,05	0,74	386
Cu	-0,27	0,11	0,69	-0,12	0,58	371
Pb	0,11	0,02	-0,04	0,96	0,94	386
DOC	0,16	-0,04	0,88	0,08	0,81	348
pH	0,41	-0,52	0,39	-0,06	0,59	378
E_H-Wert	-0,54	0,11	-0,06	-0,08	0,31	405
erklärte Varianz in %	25,8	21,3	13,5	10,1	70,7	

Datenmatrix nach Kaiser-Meyer-Olkin geeignet für die Faktoranalyse (Wert 0,67)
KM : Kommunalitäten

3.2.6 Zusammenfassung des milieuspezifischen Stoff- und Elementverhaltens

Die Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen repräsentiert hydrogeomorphologisch sehr unterschiedlich ausgeprägte Flußabschnitte mit variablen hydrochemischen Milieuverhältnissen. In Abb. 3.2.6-1 sind wesentliche Prozesse und Standortbedingungen zusammenfassend dargestellt.

Staustufen regulieren den Flußabschnitt unterhalb des Muldestaudamms östlich von Bitterfeld/Wolfen, was zu konstant hohen Grundwasserständen in Teilen der Muldeaue führt. Das GW erreicht vor dem Greppiner Stauwehr am **Transekt I** in den Senken die Geländeoberkante. Infolge der Wassersättigung und des O_2-Verbrauchs beim Abbau der Biomasse durch Mikroorganismen, tritt in den humosen Horizonten sehr schnell ein Sauerstoffdefizit ein. Die Ausbildung reduzierender Verhältnisse durch mikrobielle Prozesse im wassergesättigten Milieu bewirkt eine Erhöhung der DOC-, HCO_3^--, CO_2-Konzentrationen. Zugleich steigt der pH-Wert aufgrund von Redox-Prozessen, bei denen H^+-Ionen umgesetzt und der Lösung entzogen werden, bis zum neutral-alkalischen Bereich an ($\geq$ pH 7). Die Mobilisierung und der Transfer der DOM (DOC-Konzentrationen) in tiefere Grundwasserbereiche führt zu einer Tiefenverlagerung der Reduktionsfront. Nitrat wird in diesem Zusammenhang zu Ammonium abgebaut und Mn- und Fe-Oxide/Hydroxide durch die Reduktion zerstört. Ein Anstieg der Mn-, Fe- und auch der F^--Konzentrationen im Grundwasserbereich ist die Folge. Die hohen F^--Konzentrationen lassen sich zum einen durch den Anstieg des pH-Werts (Anionenreaktion), zum anderen durch die Zerstörung sorptionsfähiger Fe-Oxide/-Hydroxide erklären. Zudem steigen auch die Konzentrationen von Ca^{2+}-, Mg^{2+}-, Na^+-Ionen im anoxischen Milieubereich u.a. wegen der leichten Austauschbarkeit an.

In stark anaeroben Milieubereichen der Muldeaue findet aufgrund der Zerstörung von Fe-Oxiden/-Hydroxiden eine Mobilisierung von Arsen und die Reduktion von As(V) zu As(III) statt. Im Vorgriff auf das Kap. 3.3.5 bestätigen die Ergebnisse aus As-Speziesanalysen die Existenz von As(III) im stark anoxischen Bereich (Abb. 3.3-18). Im reduziertem Zustand ist Arsen vorrangig als Arsenige Säure (H_3AsO_3) und unter aeroben Bedingungen als $H_2AsO_4^-$ und $HAsO_4^{2-}$ in der Bodenlösung oder im Grundwasser anzutreffen. Hohe As-Konzentrationen von durchschnittlich 1,5 mg/l und einem Maximalwert von 29 mg/l sind im stark anoxischen Grundwasserbereich festgestellt worden. Dagegen verhindern pH-Werte um den Neutralpunkt (pH 7) die Mobilisierung von Cd, Ni und Zn. Im Anschluß an die Reduktion von Sulfat ist eine Sulfidbildung der genannten Elemente unter stark reduzierenden Bedingungen möglich. Leicht erhöhte Konzentrationen von Chrom in den humosen Oberböden deuten die Mobilisierung infolge des Abbaus organischer Bodensubstanz an. Die Reduktion von Cr(VI) zu Cr(III) führt normalerweise zu einer Festlegung u.a. an sorptionsstarke Fe-Oxide und -Hydroxide, die in stark anoxischen Bereichen jedoch aus den genannten Gründen fehlen. Entsprechend steigt die Cr-Konzentration, da Cr als Chromat-Anion bei neutralen bis leicht alkalischen pH-Werten erheblich mobiler ist. Blei und Kupfer sind quantitativ in anoxischen Bereichen nur wenig mobilisierbar und können zudem sulfidisch gebunden sein.

Das **Spittelwasser** entwässert als ehemaliger Vorfluter der Industrieregion Bitterfeld/Wolfen einen ausgedehnten, westlich der Mulde gelegenen Auebereich, der im Süden mit dem Saalegaster Forst beginnt. Das **Transekt II** nördlich von Jessnitz repräsentiert in seinem Verlauf mit den dazugehörigen Meßstellen die hydrogeomorphologischen und hydrochemischen Verhältnisse dieses Gebietes. In Hochwasserphasen fließen große Mengen Muldewasser aus Süden durch den genannten Auewald dem Spittelwasser zu und gelangen nördlich der Ortschaft Raguhn wieder in die Mulde. Die jahrzehntelange Einleitung von organischen/anorganischen Schadstoffen, u.a. in Kombination mit Säureabfällen der Chemischen Industrie und Metall-

industrie, führte neben der Kontamination der Spittelwasseraue auch zur Versauerung der in Flußnähe stark sandigen, humosen Böden (Boden-pH = 5,5 - 3,5).

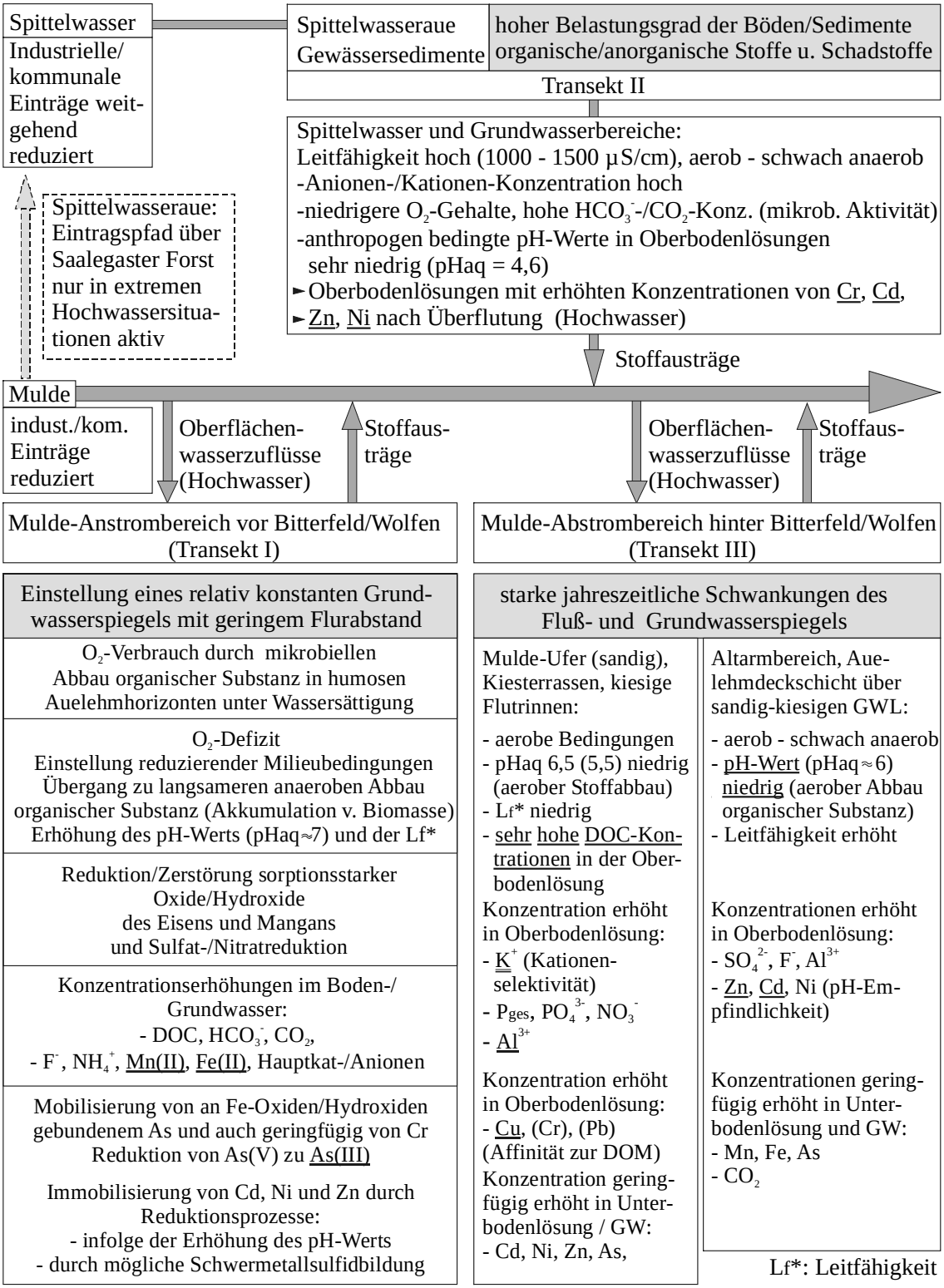


Abb. 3.2.6-1: Darstellung der hydrochemischen Zusammenhänge zur Milieucharakteristik und zu Prozessen in unterschiedlichen Auebereichen.

Hohe durchschnittliche Chlorid- und Sulfatkonzentrationen von 77,5 mg/l und 551 mg/l im Grundwasserbereich des **Transekts II** und auch höhere Chlorid-/Sulfat-Gehalte in der festen

Bodensubstanz deuten darauf hin (Kap. 3.2.2). Bodenlösungen, die nach dem März-Hochwasser 1998 aus dem obersten Bodenmeter entnommen wurden, wiesen pH-Werte von 4,6 (sandiger Uferbereich) und pH 5,5 (Auelehm aus Senke) auf. In den sandigen, stark versauerten Böden nahe dem Spittelwasser fallen insbesondere die pH-empfindlichen Elemente Cd, Ni und Zn durch höhere Konzentrationen von 0,019 mg/l, 0,129 mg/l und 2,05 mg/l auf. Die drei Schwermetalle existieren primär als freie Kationen sekundär, aber auch als Sulfatkomplexe in der wässrigen Phase. Aluminium deutet mit einer Konzentration von 8,64 mg/l die Unterschreitung des Al-Pufferbereichs an. Cr läßt mit einer Konzentration von 0,443 mg/l in der Bodenlösung im Vergleich zu normalerweise 0,0001 - 0,06 mg/l eine deutlich erhöhte Verfügbarkeit erkennen.

Wenige Fluß-km nach der Einmündung des Spittelwassers quert das **Transekt III** ein sehr heterogenes Auegebiet bei Schierau/Priorau nördlich von Bitterfeld/Wolfen. Im sandigen Uferbereich wurde die Meßstelle 1, in einer kiesig-sandigen Flutrinne die Meßstelle 2 und in dem von Auelehm bedeckten Altarmbereich die Meßstellen 3 und 4 installiert. Die sich längs der Mulde erstreckenden kiesig-sandigen Terrassen und Flutrinnen sind hydrogeomorphologisch wie auch hydrochemisch vom entfernteren Altarmbereich zu unterscheiden. Die kiesig-sandigen Bodensubstrate repräsentieren relativ trockene Standorte mit hohen Porositäten und aeroben Bedingungen. Die humosen Oberbodenhorizonte mit geringem Feinkornanteil sind allerdings keineswegs stark versauert, sondern weisen überwiegend moderate pH-Werte zwischen pH 6,5 - 7 in der Bodenlösung auf. Ausschließlich im humusfreien Unterboden der Flutrinne deuten niedrigere pH-Werte von durchschnittlich pH 5,4 auf das geringe Puffervermögen der Bodenlösung in diesem Auebereich hin. Die pH-Werte sind einem sandigen Schluffhorizont bei 0,8 m u. GOK zuzuordnen. Ideale aerobe Abbaubedingungen der organischen Bodensubstanz für Mikroorganismen in den oberen Bodenhorizonten sind die Ursache für hohe DOC- wie auch P_{ges}- und PO_4^{3-}-, NO_3^--Konzentrationen in den Lösungen der Oberböden der Meßstellen am Ufer (Meßstelle 1) mit durchschnittlich 17 - 22 mg/l DOC und in der Flutrinne (Meßstelle 2) mit 50 mg/l DOC. Insbesondere an der Meßstelle 2 konnte ein deutlicher Rückgang der DOC-Konzentrationen mit zunehmender Tiefe beobachtet werden, der auf einen Abbau und auf die Resorption der DOM in tieferen Schluffhorizonten hindeutet. Ein mikrobiologisch gesteuerter Abbau der H^+-Protonen adsorbierenden DOM, hat sehr wahrscheinlich in diesem Bereich die Senkung des pH-Werts zur Folge. Im humosen Oberboden wie auch im Schluffhorizont entsteht unter den Hauptkationen aufgrund der Kationenselektivität eine Konkurrenz hinsichtlich der geringen Zahl an unspezifischen Sorptionsplätzen. Die Verdrängung von Kalium durch Natrium, Calcium und Magnesium von Austauscherplätzen wäre denkbar und würde die hohe K^+-Konzentration in den Bodenlösungen des Flutrinnenstandortes erklären. Die pH-empfindlichen Schwermetalle Cd, Ni und Zn reagieren im Unterbodenbereich der Flutrinne mit höherer Mobilität, was erhöhte Konzentrationen in der Bodenlösung anzeigen. Höhere Konzentrationen an Cd und Zn im Grundwasser des Uferbereichs lassen sich wahrscheinlich auf Austauschprozesse zwischen den feineren, teils hoch kontaminierten Flußbettsedimenten und dem Uferbereich zurückführen. Vergleichbar mit der DOM (DOC-Konzentration) wurden auch höhere Konzentrationen von Cu und Cr in den Oberbodenlösungen beider Meßstellen 1 und 2 festgestellt. Korrelationen und Faktoranalysen unterstützen die These, daß beide Schwermetalle in metallorganischen Komplexen an die DOM gebunden sind und entsprechend verlagert werden können. Speziesberechnungen belegen zumindest für Cu unter den gegebenen aeroben Bedingungen eine Tendenz zur Komplexbildung in Form von CuFulvaten oder CuHumaten.

Aluminium ist in den humosen sandig-kiesigen Oberböden ebenfalls stärker an die feste organische Bodensubstanz gebunden. Das Fehlen eines nennenswerten Tonmineralanteils bewirkt zudem höhere Al^{3+}-Konzentrationen in der Bodenlösung. Aluminium bildet vor allem Al-

Hydroxid-Komplexe und geht sekundär auch lösliche Verbindungen mit Fluor ein. Der Altarmbereich mit den Meßstellen 3 und 4 wird von höher liegenden weniger humosen und von stark humosen, vergleyten Auelehmen in den Senken beherrscht. Der Grundwasserleiter ist sandig-kiesig ausgebildet. Im Vergleich zu den Verhältnissen am Transekt I ist der Grundwasserspiegel im Altarmbereich des **Transekts III** erheblich variabler. Aerobe bis schwach anaerobe Milieuverhältnisse im Grundwasserschwankungsbereich unterhalb der Auelehmdeckschicht verursachen zum Teil Verockerungen. Die Existenz von Fe-Oxiden/-Hydroxiden läßt nicht auf anoxische bis stark anoxische Bedingungen schließen. Allerdings können schwach anoxische Bedingungen zu einer schwächeren Remobilisierung von Fe und auch Mn führen. Die Konzentrationen erreichen allerdings mit durchschnittlich 0-2 mg/l Fe und 0-1 mg/l Mn nicht die Größenordnungen der stark anoxischen Bereiche des Transekts I. Mit zunehmender Tiefe ansteigende CO_2-Konzentrationen weisen auf eine steigende mikrobielle Aktivität zum Abbau organischer Substanz hin. Der gemessene pH-Wert der Bodenlösungen und des Grundwassers lag mit durchschnittlich pH 6,5 - 6 deutlich niedriger als jener der vorgelagerten Kiesterrassenbereiche. Die DOC-Konzentrationen im Altarmbereich (Meßstellen 3, 4) sind mit durchschnittlich <10 mg/l als vergleichsweise niedrig einzustufen.

Erhöhte Konzentrationen von Na^+ und Ca^{2+} waren im Gegensatz zu Kalium, das eine stärkere Affinität zur Tonmineralbindung (Kaliumselektivität) besitzt, in den Lösungen der Oberbodenhorizonte des **Transekts III** festzustellen. Auffällig waren auch die SO_4^{2-}-Konzentrationen im Altarmbereich. Sehr wahrscheinlich verursachen niedrige pH-Werte eine Belegung von Austauscheroberflächen durch H^+-Ionen, was bei Tonmineralen mit permanent negativer Ladung sowie bei negativ geladenen Huminstoffen eine Erniedrigung des Ladungsnullpunktes bewirkt. SO_4^{2-}-Ionen werden infolgedessen auch bei niedrigen pH-Werten in Lösung bleiben. Unter diesen Bedingungen bilden Hauptkationen aber auch die Schwermetalle Cd, Ni und Zn verstärkt lösliche Komplexe mit Sulfat. Die drei Schwermetalle weisen in den Oberbodenlösungen erhöhte Konzentrationen von durchschnittlich 0,02 mg/l Cd, 0,05 mg/l Ni und 2,0 mg/l Zn auf. Niedrige pH-Werte und ein geringes Puffervermögen erklären die höheren Elementkonzentrationen in den humosen Oberbodenhorizonten des Altarmbereichs. Die Konzentrationen der drei Schwermetalle, die an Tonminerale oder Fe-Oxide/-Hydroxide gebunden werden können, nehmen mit der Tiefe ab. Erhöht sind auch die Al^{3+}- und F^--Konzentrationen an den Meßstellen 3 und 4. Neben freien Ionen und Al-Hydroxid-Komplexen können auch lösliche Al-F-Komplexe existieren. Im Altarmbereich sind Cu, Cr und Pb in den Bodenlösungen und im Grundwasser schwächer vertreten. Arsen zeigt aufgrund oxischer bis schwacher anoxischer Milieuverhältnisse nur sehr geringe Konzentrationen von $\leq$0,01 mg/l.

Die **Fließgewässer Mulde** und **Spittelwasser** sind hydrochemisch als Ca-Na-SO_4-Cl-Typ zu klassifizieren. Dagegen unterscheidet sich das Spittelwasser wie auch generell das Grundwasser vom Muldewasser durch einen deutlich höheren Mineralisationsgrad infolge der Schadstoffbelastung. Die An- und Kationenverhältnisse im **Boden-** und **Grundwasser** der drei **Transekte I, II und III** spiegeln in der Zusammenfassung die Unterschiedlichkeit der hydrochemischen Verhältnisse in Abhängigkeit von den Substrateigenschaften und den Grundwasserständen wider. Die Bodenlösungen der Oberböden des Transekts I haben eine für die Muldeaue sehr typische Ca-SO_4-Zusammensetzung, die auch für die meisten Bodenlösungen der Transekte III insbesondere für den Altarmbereich charakteristisch ist. Die anoxischen bis stark anoxischen Milieubereiche zeigen Übergänge von Ca-SO_4-HCO_3 zu Ca-Mn-HCO_3-SO_4 oder Ca-Fe-SO_4-Wässern, wobei Sulfat bei den letzteren beiden Typen einen geringeren Stellenwert hat. Die Bodenlösungen der kiesig-sandigen Flutrinne lassen sich als Ca-K-SO_4- oder K-Ca-SO_4-Typ klassifizieren.

3.3 Dynamik hydrochemischer Prozesse

Die Beobachtung stoffdynamischer Prozesse über einen längeren Zeitraum in einem Auegebiet ist für die qualitative und quantitative Bewertung hydrochemischer Prozesse im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser wichtig. Mobilitätsuntersuchungen, wie im Kap. 2.2 beschrieben, bieten in erster Linie eine grundsätzliche Information des Ist-Zustands der Verfügbarkeit und des Substrat-Bindungsvermögens von Schadstoffen. Diese Ergebnisse sind ohne Berücksichtigung der saisonal variierenden Stoffdynamik in einer Flußaue und ohne zusätzliche hydrochemische Untersuchungen als Bewertungsgrundlage nur bedingt aussagekräftig.

Der Vergleich der Bodenlösungskonzentrationen mit den Ergebnissen der Ammoniumnitrat-Elution nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) verdeutlicht am Beispiel von As und Cd das Problem der Vergleichbarkeit (Abb. 3.3-1). Die vor Ort gewonnene Bodenlösung spiegelt annähernd die natürlichen Konzentrationsverhältnisse unter den gegebenen physikochemischen Milieubedingungen wider. ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) beschreiben mit dem Ammoniumnitrat-Eluat annähernd den pflanzenverfügbaren Elementanteil. Nach der BBodSchV (1999) wird mit der Gewinnung dieser Eluatfraktion der Schadstoffwirkungspfad Boden-Pflanze beschrieben. Aussagen über reale Sickerwasserkonzentrationen (Wirkungspfad Boden-Grundwasser) sind jedoch nur bedingt möglich (FRANKEN & UTERMANN 1999).

Der pflanzenverfügbare Anteil von As, Fe, Mn war durchschnittlich um die Faktoren 58, 73 oder 44 größer als die Bodenlösungskonzentrationen. Ausgeglichene Verhältnisse konnten nur bei stark anoxischen Wasserproben mit erheblich höheren Lösungskonzentrationen festgestellt werden. Cu deutete mit einem Faktor von 91 ebenfalls auf große Abweichungen hin. Die größten Unterschiede wurden hinsichtlich Cd und Zn durch Faktoren von durchschnittlich 365 und 213 sichtbar, die eine deutlich höhere Pflanzenverfügbarkeit im Vergleich zu den Konzentrationen in den Bodenlösungen dokumentieren. Bodenlösungen und Ammoniumnitrat-Eluate von As und Cd zeigen mit Koeffizienten von 0,70 und 0,61 trotz allem signifikante Korrelationen (Spearman-Rho), die bei den übrigen untersuchten Elementen mit Koeffizienten von 0,4 - 0,7 ähnlich, wenn auch schwächer ausgeprägt sind. Die Eluate geben jedoch keine Auskunft über saisonale Schwankungen der hydrochemischen Milieuverhältnisse, wie es die monatlich gewonnenen Bodenlösungen der Aueböden widerspiegeln.

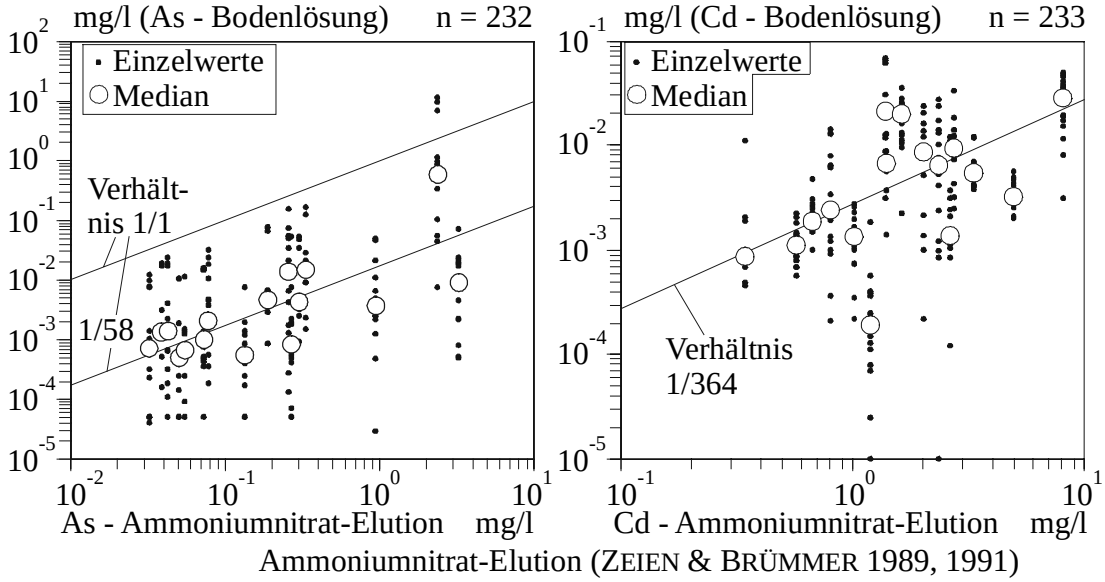


Abb. 3.3-1: As- und Cd-Bodenlösungskonzentrationen im Vergleich zum NH_4NO_3-löslichen Anteil (Faktor = NH_4NO_3-Eluat / Median-Bodenlösung).

3.3.1 Saisonale Variabilität physiko-chemischer Parameter: Temperatur, pH und E_H

Die physiko-chemischen Parameter pH und E_H werden von temperaturabhängigen chemisch-mikrobiologischen Prozessen in den Böden und im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Muldeaue gesteuert (Abb. 3.3-2). Änderungen dieser, wirken sich wiederum auf die Stoffkonzentrationen in den jeweiligen Lösungen aus. Die Temperaturen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser lagen von September/Oktober bis März meist unter 10° C und stiegen ab März-April über die warmen Sommermonate bis in den spätsommerlichen September auf mehr als 20° C an.

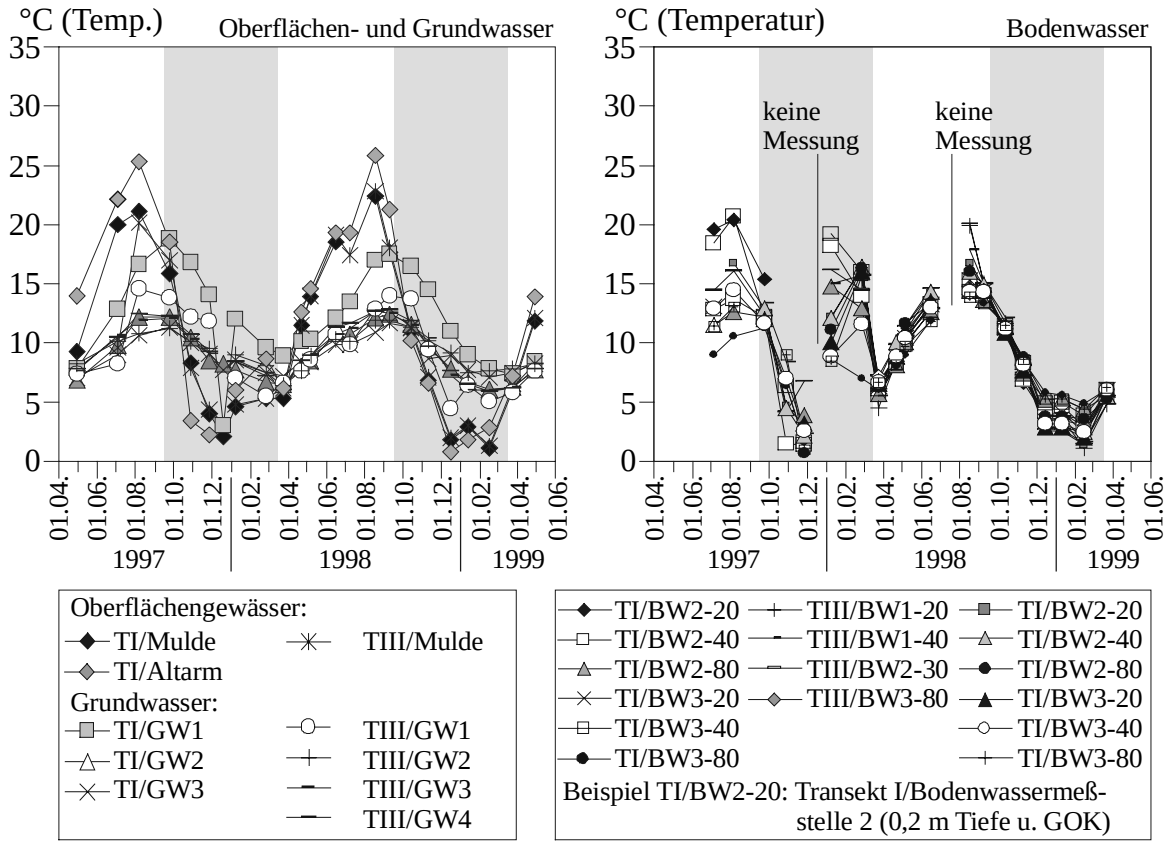


Abb. 3.3-2: Ganglinien der Temperatur im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser der Transekte I u. III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode).

Generell werden Redox-Verhältnisse in Aueböden durch die Bodenfeuchte geregelt, wobei letztere von Niederschlägen und von den Grundwasserständen abhängig ist (Abb. 3.2.1-4, S. 125). Bei durchschnittlich geringen GW-Flurabständen von <0,3 m u. GOK wurden stark anoxische Milieu-Verhältnisse beobachtet. Reduktionsprozesse im Unterboden- und Grundwasserbereich werden dabei durch die Zufuhr an gelöster organischer Substanz (erhöhte DOC-Konzentrationen) aus den oberen humosen Bodenhorizonten gesteuert (Meßstelle 3, Transekt I).

Die Bewertung der Redox-Verhältnisse einzelner Standorte erfolgte auf der Basis monatlicher Stichtagmessungen. Die geringe Meßwertdichte erlaubte keinen Rückschluß auf die Redox-Wirkung von Niederschlagsereignissen im Wechsel mit Trockenperioden. Jedoch ließ sich der Einfluß von Hochwässern anhand der E_H-Werte nachweisen. Mit Ausnahme des Monats März 1998 war im Muldewasser bei allen drei Hochwasserereignissen an den Meßstellen der Transekte I und III ein signifikanter Anstieg der E_H-Werte zu verzeichnen (Abb. 3.3-3).

An der Meßstelle 3 im stark anoxischen Bereich des Transekts I wurde in den Monaten März und November 1998 ein deutlicher, im Grundwasser der Meßstellen 1 und 2 ein schwächerer Anstieg des E_H-Werts registriert.

An den GWMS 1 - 4 des Transekts III waren während der Hochwasserereignisse ebenfalls Erhöhungen der E_H-Werte festzustellen. Die E_H-Werte im Grundwasser der Meßstellen 3 und 4 verringerten sich nach dem März-Hochwasser 1999 allerdings erst im Folgemonat. Die Redox-Verhältnisse des Bodens variierten nach wechselndem Feuchtezustand deutlich stärker als im Grundwasser.

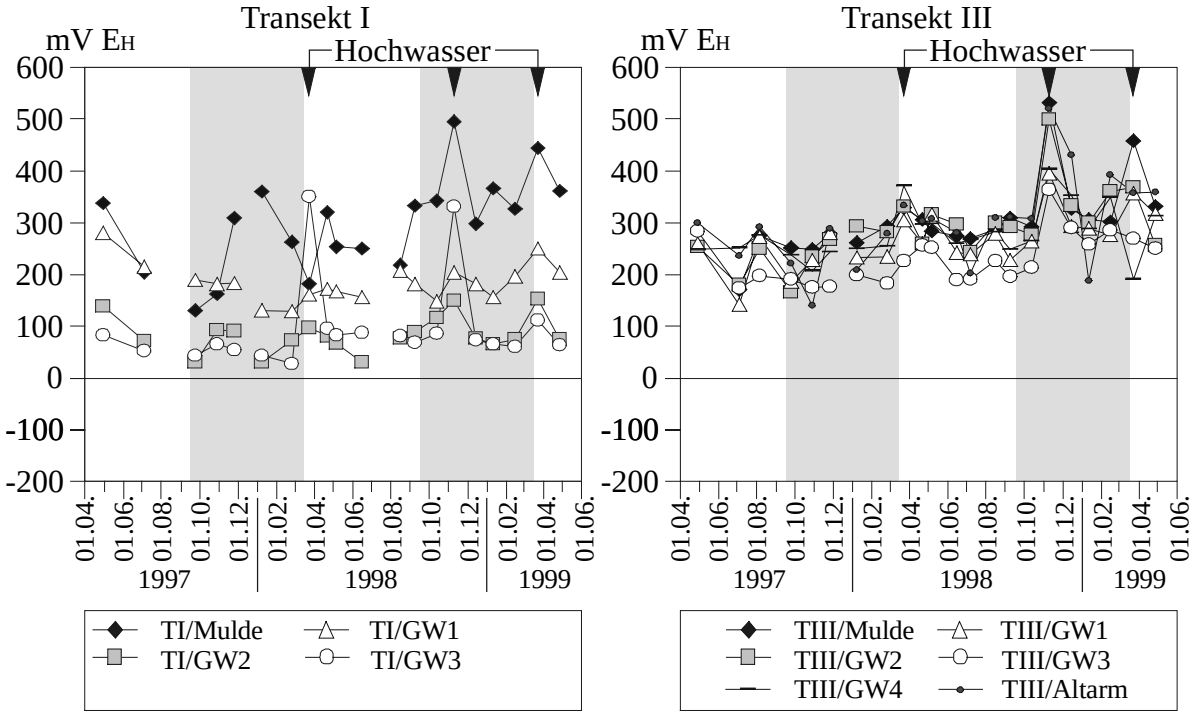


Abb. 3.3-3: Ganglinien der E_H-Werte des Oberflächen- und Grundwassers der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode).

Die E_H-Werte im Boden der Meßstelle 2 des Transekts I (Abb. 3.3-4, links oben) stiegen zumindest während des März-Hochwassers 1998/99 in allen drei Horizonten an. Im Winter 1998/99 war bei geringeren Grundwasserflurabständen in den beiden oberen Bodenbereichen ein Anstieg (0,2, 0,4 m u. GOK) und im Bodenbereich bei 0,8 m u. GOK ein Rückgang des E_H-Werts festzustellen. Infolge des März-Hochwassers 1998 wurde dagegen im April an der Meßstelle 3 (T I) unter dem Einfluß von Oberflächenstauwasser deutlich niedrigere E_H-Werte gemessen. Ein ähnlicher aber schwächerer Effekt konnte im Verlauf des November-Hochwassers im Dezember 1998 beobachtet werden.

Die erhöhte Lage der Meßstellen 1 und 2 des Transekts III deutlich oberhalb des Grundwasserschwankungsbereichs bedingte in Verbindung mit den lithofaziellen Gegebenheiten sandig bis kiesiger Substrate konstant aerobe Bodenverhältnisse (Abb. 3.3-4, rechts oben). Die E_H-Werte der beiden Meßstellen sind im einzelnen als kritisch zu bewerten. Die Bodenverhältnisse konnten insbesondere in den Trockenperioden den Kontakt der Bodenelektrode und die Geschlossenheit der Meßkette (Meßelektrode im Boden zu Gegenelektrode) aufgrund der fehlenden Anbindung an die ins Grundwasser einzuhängende Gegenelektrode nicht gewährleisten.

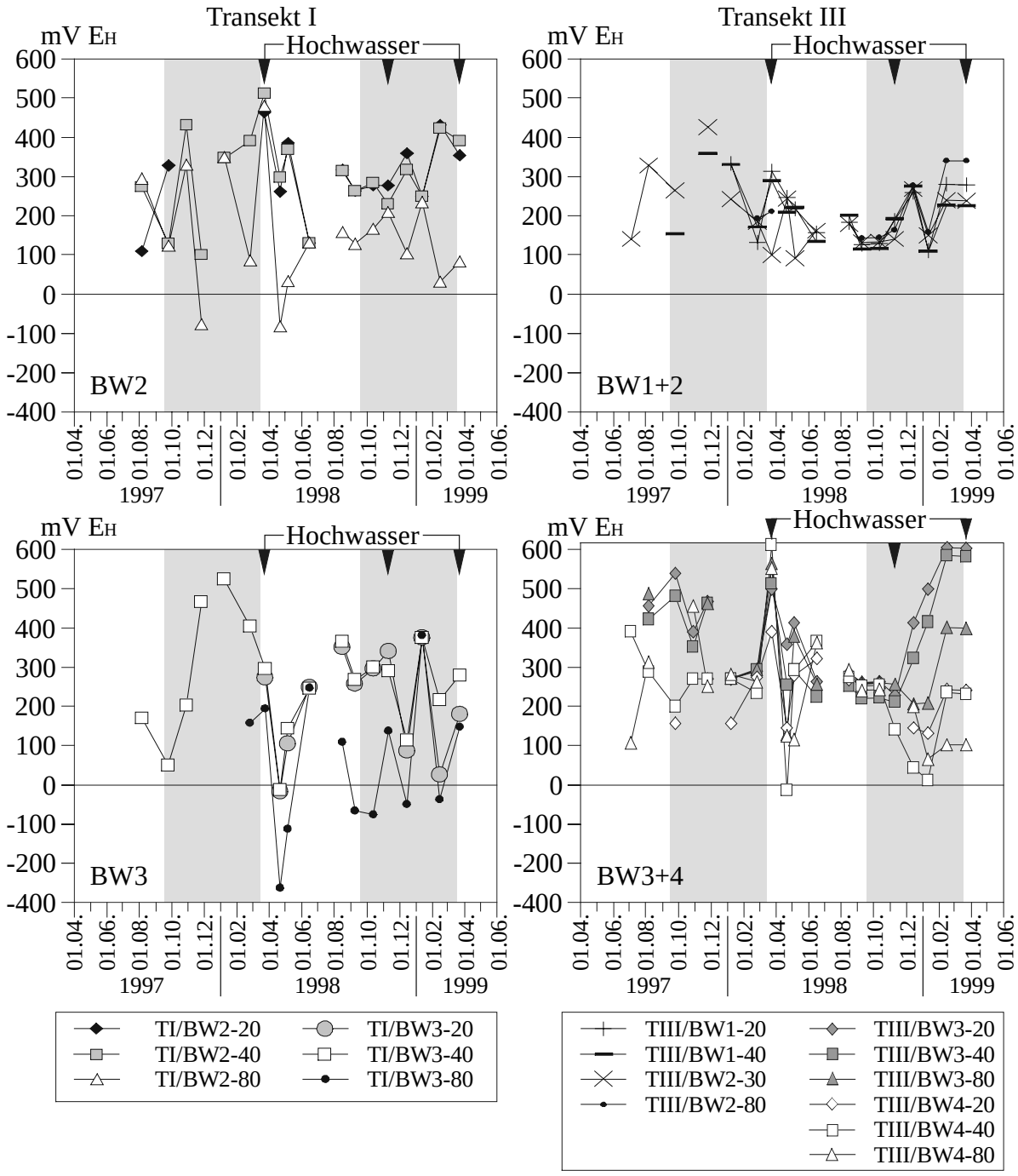


Abb. 3.3-4: Ganglinien der E_H-Werte des Bodenwassers (BW) der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode).

Im Gegensatz zur Meßstelle 3 des Transekts I wurde im ersten Bodenmeter der Meßstelle 4 des Transekts III im Hochwassermonat März ’98 zunächst ein deutlicher Anstieg registriert, auf den im April ein Rückgang der E_H-Werte folgte (Abb. 3.3-4, rechts unten). Im Verlauf des Sommers ’98 stellten sich E_H-Werte von 200 - 250 mV ein. Im Anschluß an das November-Hochwasser folgte bei weiterhin relativ hohen Grundwasserständen ein Anstieg der E_H-Werte im GW der höher liegenden Meßstelle 3, im Gegensatz zum Rückgang der E_H-Werte an der Meßstelle 4 im Altarmbereich.

In anoxischen bis stark anoxischen Bodenprofilen des Transekts I ließen sich generell erhöhte pH-Werte messen (s.a. Abb. 3.2.1-2), die bei Sauerstoffzufuhr und einsetzender Oxidation

wiederum absanken. Sickerwasserzuflüsse erfolgten im März ’98, November ’98 und März 1999 an der Meßstelle 3 (T I) im Verlauf von Hochwasserereignissen (Abb. 3.3-5). In den Winter-Ruhephasen (Dez. 1998, Jan./Feb. 1999) stellten sich im Grundwasser der Meßstelle 3 (T I) bei geringen Flurabständen erneut niedrige E_H- und höhere pH-Werte ein.

Trotz sommerlicher Tiefstwasserstände zeigte die Mulde in der zweiten Sommerhälfte höhere pH-Werte und niedrigere Redox-Verhältnisse (Abb. 3.3-4), die sich nur durch Zuflüsse aus den angrenzenden anoxischen und biologisch aktiven Grundwasserbereichen erklären lassen.

Im Grundwasser der Meßstelle 4 des Transekts III war ebenfalls ein saisonales Verhalten des pH-Werts mit höheren Werten während des Frühjahrshochwassers im März oder April sowie phasenweise im Sommer und einem niedrigeren Niveau im Winter festzustellen. Die höheren pH-Werte im Grundwasser der Meßstelle 4 sind vermutlich auf den Anstieg der Alkalinität im Altarmgewässer des Transekts III zurückzuführen (Abb. 3.3-5, rechts). Vergleichbare Effekte können auch für die Mulde in der zweiten Sommerhälfte 1998 bestätigt werden. Der pH-Wert sank wiederum mit Beginn der Herbst-/Winterperiode.

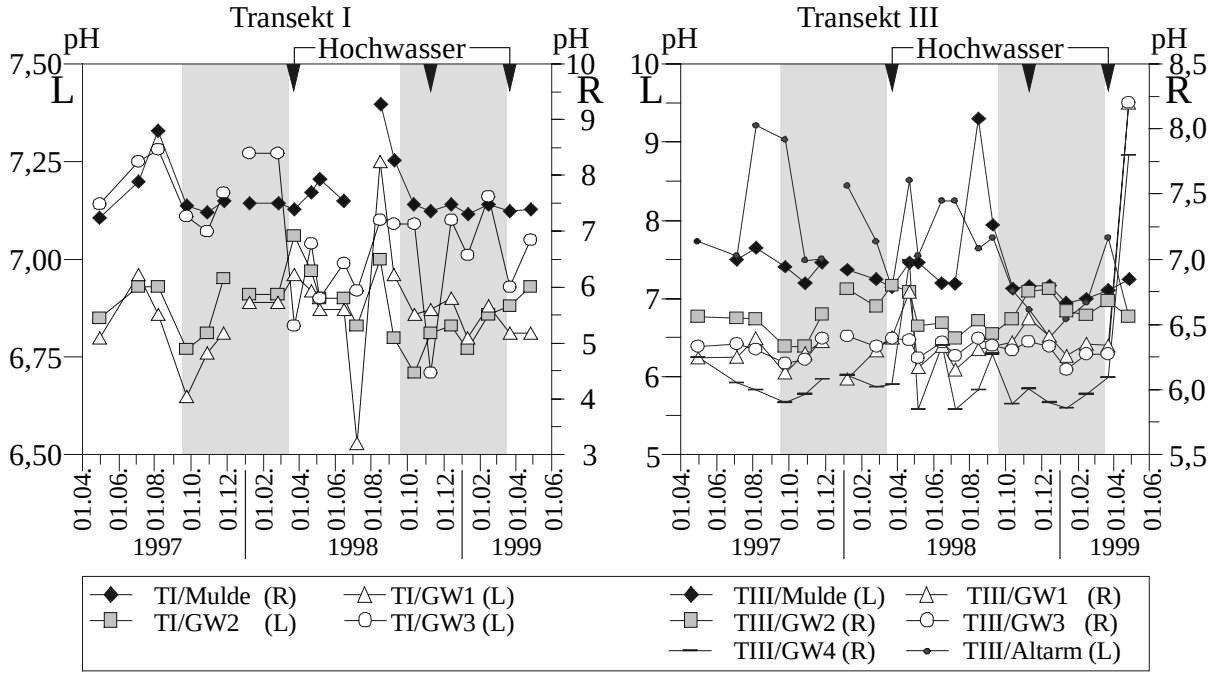


Abb. 3.3-5: Ganglinien der pH-Werte des Oberflächen- und Grundwassers der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode).

Die pH-Werte der Bodenlösungen variieren sehr stark und unregelmäßig, was eine Interpretation hinsichtlich der saisonalen Verhältnisse stark einschränkt (Abb. 3.3-6). Die Überschwemmungen im März und November ’98 verursachten in den Bodenhorizonten der Meßstelle 2 des Transekts I einen Rückgang der pH-Werte. Im stark anoxischen Bodenbereich der Meßstelle 3 führten Überflutungen im März ’89 (Mulde: pH 7,4) zu einer Anhebung des pH-Werts im oberen (pH 6,2 auf 6,8) im Gegensatz zu einem relativ stabilen pH von 6,9 in den tieferen Horizonten (0,4, 0,8 m u. GOK). Während des November-Hochwassers (Mulde: pH 7,4) reagierten die Bodenbereiche 0,2 und 0,4 m u. GOK mit einem Anstieg des pH-Werts von pH 6,0 auf 6,8.

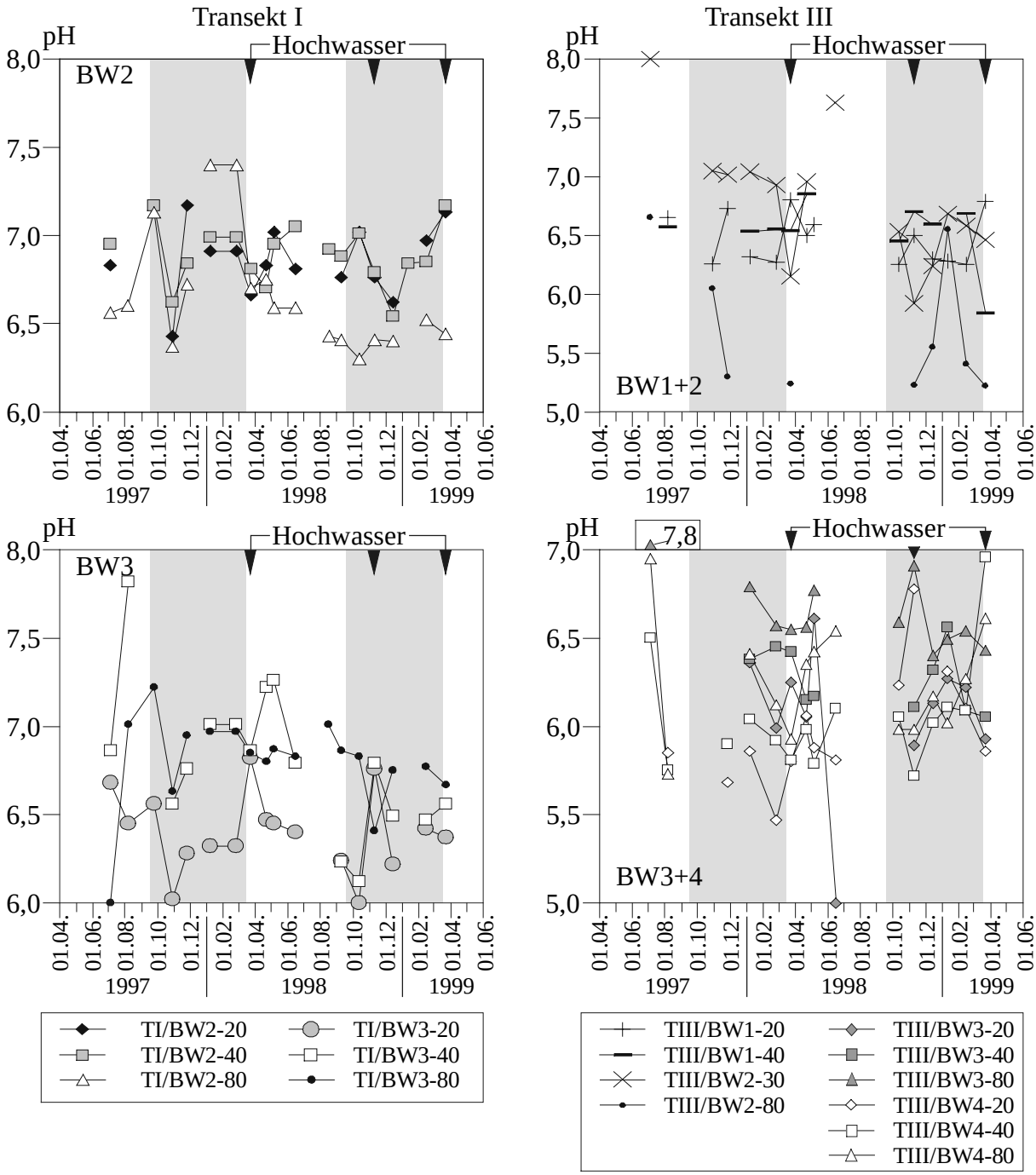


Abb. 3.3-6: Ganglinien der pH-Werte des Bodenwassers (BW) der Transekte I und III von April ’97 - April ’99 (graue Flächen: Winterperiode).

Im Oberboden der Meßstelle 1 des Transekts III stellten sich aufgrund der Überflutung durch die Mulde (pH 7,1-7,2) in den Hochwassermonaten März und November ’98 kurzfristig höhere pH-Werte von 6,8 und 6,5 ein (normal pH 6,3). Dagegen wurde während der Hochwasserphasen im Oberboden der sandig-kiesigen Flutrinne der Meßstelle 2 eine Absenkung des pH-Werts beobachtet. Niedrige pH-Werte im Bereich von pH 5,2 konnten im kiesigen Unterbodenbereich bei 0,8 m u. GOK nachgewiesen werden. Die pH-Werte im Bodenwasser der Meßstellen 3 und 4 des Transekts III variierten stark und uneinheitlich ohne signifikanten Trend.

3.3.2 Saisonale Variabilität von NO_3^-, Mn, Fe, As und Cd im Boden- und Grundwasser

Stofftransportprozesse in ungesättigten-gesättigten Aueböden unterliegen einer starken zeitlichen und räumlichen Variabilität in Abhängigkeit von schwankenden Grundwasserverhältnissen und Oberflächenwasserzuflüssen im Rahmen von Hochwasserereignissen.

Für die Sickerwasserprognose werden meist ein- bis dreidimensionale analytische oder numerische Stofftransportmodelle angewendet, um Reaktions- und Transportverhalten von Stoffen unter definierten Bedingungen zu simulieren. Dazu benötigte Informationen über Filter- und Retardationseigenschaften (Ad-/Desorption, Fällung, Redoxprozesse etc.) der durchflossenen Bodenmatrix sowie dem advektiven, diffusiven oder dispersiven Transportverhalten werden häufig durch Schüttel- und Säulenversuche ermittelt. Stoffspezifische Verteilungs-Koeffizienten werden auf der Grundlage von Gleichgewichts-Isothermen (ZIECHMANN & MÜLLER-WEGENER 1990) durch das Verhältnis adsorbierter zu gelösten Stoffen in einem definierten Feststoff-Lösungsverhältnis bestimmt. Die Verteilungskoeffizienten variieren mit der Zusammensetzung und den Alterungserscheinungen der Feststoffmatrix (VAN DEN BERG & ROELS 1991) im Verhältnis zur Lösungszusammensetzung und den physiko-chemischen Parametern (pH-, E_H-Wert, O_2-Gehalt, Temperatur). Andere Programme können in begrenztem Umfang den eindimensionalen Stofftransport unter Berücksichtigung von veränderlichen Lösungs-Gleichgewichten und Redox-Prozessen simulieren (z.B. Programm CoTAM von SIEGER 1993). Der Stofftransport in Aueböden kann aufgrund ständig zeitlich-räumlich variierender chemisch-physikalischer Verhältnisse, wechselnder Bodenwassergehalte und Fließbedingungen allerdings kaum für längere Zeiträume prognostiziert werden, da die chemischen Lösungsgleichgewichte ständig wechseln. In begrenztem Umfang kann die Stoffdynamik anhand zeitlich variabler Stoffkonzentrationen in der Bodenlösung und im Grundwasser der Muldeaue entlang von Vertikalprofilen dokumentiert werden.

Nitrat belastet aufgrund seiner hohen Mobilität einerseits Oberflächen-/Grundwässer und eignet sich aufgrund seines bei Überschwemmungen relativ schwachen Adsorptionsverhaltens als Indikator für Grundwasserzuflüsse (SOMMER 2000; THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT 2000).

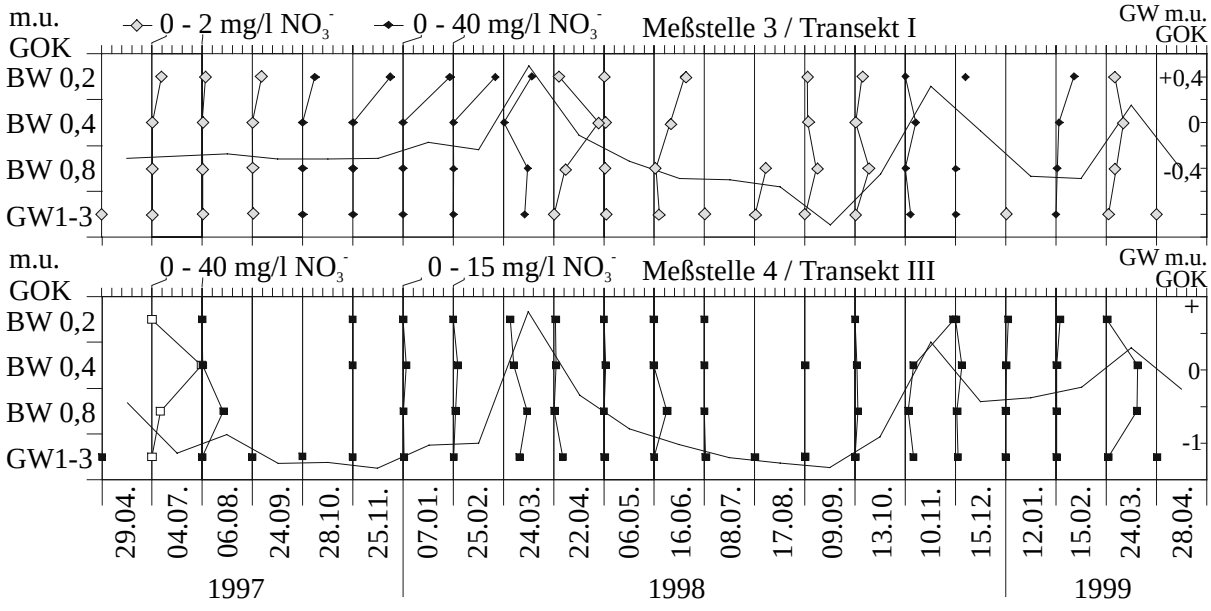


Abb. 3.3-7: Jahreszeitliches Verhalten von Nitrat im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser).

Die **Nitrat**-Konzentration in der Lösung des Oberbodens (BW 0,2) der Meßstelle 3 (Transekt I) stieg im Verlauf des Sommer- und Winterhalbjahres ’97/98 kontinuierlich an (Abb. 3.3-7).

Mit dem Einsetzen des Hochwassers im März ’98 erhöhte sich die NO_3^--Konzentration in den tieferen Horizonten und im Grundwasser, was auf die Versickerung von NO_3^--reichem Oberflächenwasser hindeutete (20 mg/l NO_3^-). Der Rückgang des Grundwasserstands bis zum September 1998 verursachte im Bodenbereich bei 0,8 m u. GOK eine leichte Erhöhung der Nitrat-Konzentration. Während des Hochwassers im November 98 wurden im Grundwasser der Meßstelle 3/TI 4,2 mg/l NO_3^- im Vergleich zu durchschnittlich <0,05 mg/l NO_3^- im Sommerhalbjahr festgestellt. Auch wurden erhöhte Nitrat-Konzentrationen, die sich auf Sickerwasserzuflüsse zurückführen ließen, während des Hochwassers im März ’99 ermittelt.

An der Meßstelle 4 des Transekts III wurden ebenfalls im Verlauf aller drei Hochwasserphasen im März ’98, November ’98 und März ’99 deutlich höhere NO_3^--Konzentrationen in der Lösung der tieferen Bodenhorizonte oder im Grundwasser nachgewiesen (Abb. 3.3-7), die auf eine NO_3^--Verlagerung hindeuteten.

An der Meßstelle 3 des Transekts I verursachten stark anoxische Verhältnisse mit der Tiefe ansteigende **Mangan**-Konzentrationen bis zum Grundwasserbereich (Abb. 3.3-8). Infolge der Infiltration von O_2-reichem Oberflächenwasser verringerten sich während der Hochwasserphasen die Mn-Konzentrationen in den tieferen Bodenbereichen sowie im Grundwasser der Meßstelle 3/TI.

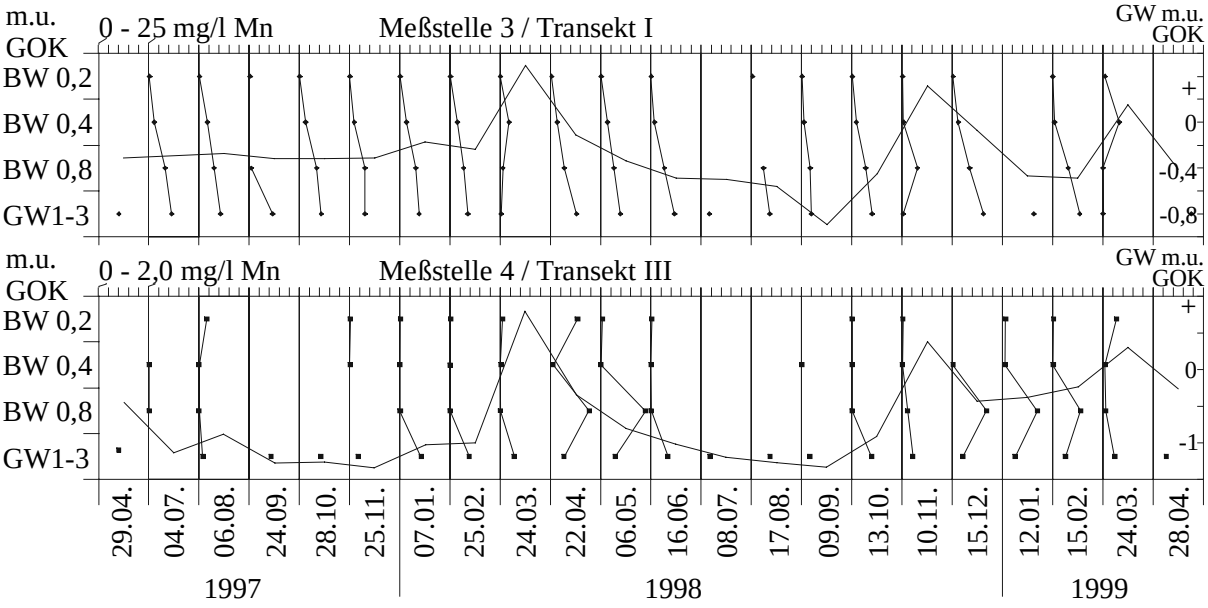


Abb. 3.3-8: Jahreszeitliches Verhalten von Mangan im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser).

Im schwach anaeroben bis aeroben Auebereich des Transekts III waren im Grundwasser der Meßstelle 4 bis in das Frühjahr 1998 nur leicht erhöhte Mn-Konzentrationen festzustellen. Bei sinkendem Grundwasserstand erfolgte im tieferen Bodenbereich während der Monate April bis Juni nach dem Hochwasser im März ’98 ein Anstieg der Mn-Konzentration (0,8 m u. GOK). Ein vergleichbarer Anstieg der Mn-Konzentration wurde im Winter ’98/99 in der gleichen Bodentiefe bei ähnlichen GW-Verhältnissen gemessen. Reduktions- und Mobilisierungsprozesse des Mangans wirken hier beim Übergang vom ungesättigten in den GW-gesättigten Bodenbereich. O_2-reiche Sickerwasserzuflüsse führten infolge von Hochwässern

auch an der Meßstelle 4 zur Abnahme der Mn-Konzentration und förderten eine verstärkte Mn-Oxidation und Mn-Immobilisierung (Abb. 3.3-8).

Eisen zeigt als Redox-empfindliches Element ein ähnliches Mobilverhalten wie Mn. Höhere Fe-Konzentrationen wurden in der Bodenlösung des zur Tiefe hin stärker anoxisch geprägten Bodenprofils der Meßstelle 3/TI erfaßt (Abb. 3.3-9).

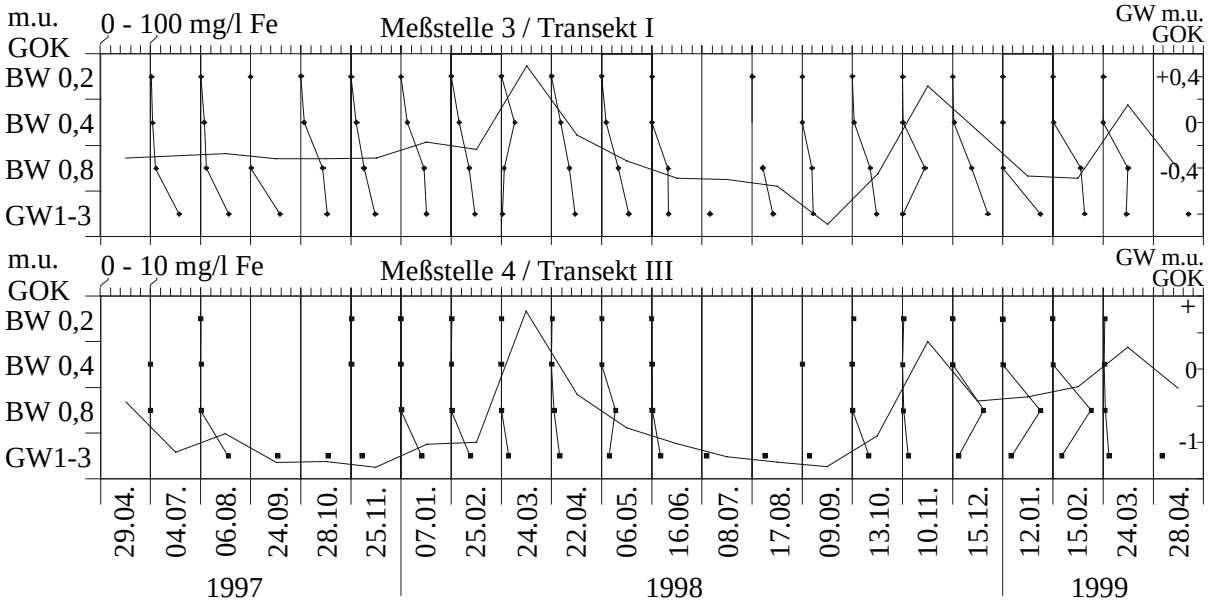


Abb. 3.3-9: Jahreszeitliches Verhalten von Eisen im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser).

Erhöhte Grundwasserstände führten zur Wassersättigung des in 0,8 m u. GOK befindlichen Horizonts. Daraufhin war die Einstellung eines anoxischen Milieus mit höheren Anteilen an reduziertem und gelösten Fe (Fe(II)) zu beobachten. Infiltrierendes Oberflächenwasser verursachte dagegen im Grundwasserbereich die Anhebung der E_H-Werte, was die Oxidation und Immobilisierung von Fe durch die Bildung von Fe-Hydroxiden und -Oxiden nach sich zog.

Die Fe-Konzentrationen im Boden- und Grundwasser der Meßstelle 4 des Transekts III waren dagegen deutlich niedriger. Erhöhte Fe-Konzentrationen in den Bodenlösungen ließen sich nur im Grundwasser oder bei Wassersättigung der Bodenhorizonte durch den Anstieg des Grundwasserspiegels im Zeitraum von November ’98 bis Februar ’99 nachweisen. Während der Hochwasserereignisse wurden die Fe-Konzentrationen in den Bodenlösungen und im Grundwasser ebenfalls infolge von Sickerwasserzuflüssen gesenkt.

Die höchsten **Arsen**-Konzentrationen wurden vergleichbar mit Mangan und Eisen in den tieferen, stark anoxischen Bodenbereichen und im Grundwasser der Meßstelle 3 des Transekts I festgestellt (Abb. 3.3-10). O_2-reiche Sickerwasserzuflüsse bewirkten kurzfristig eine Anhebung des E_H-Werts, dem ein Rückgang der As-Konzentrationen im gesättigten Boden- und Grundwasserbereich folgte.

An der Meßstelle 4 des Transekts III wurden nach dem Hochwasser im März 1998 und bei Grundwasserflurabständen um ±0,8 m u. GOK höhere As-Konzentrationen in der Bodenlösung bei 0,8 m u. GOK beobachtet (April, Mai ’98). Im Anschluß an sommerliche Niedrigwasserstände erhöhten sich beim Wiederanstieg des Grundwasserstands im Oktober bis zum November-Hochwasser ’98 erneut die As-Konzentrationen in der Bodenlösung. Die Entwick-

lung der As-Konzentrationen deutet auf komplexere Prozesse zwischen Altarmgewässer, Boden und Grundwasserbereich hin, die detailliert in Kap. 3.3.5 diskutiert werden.

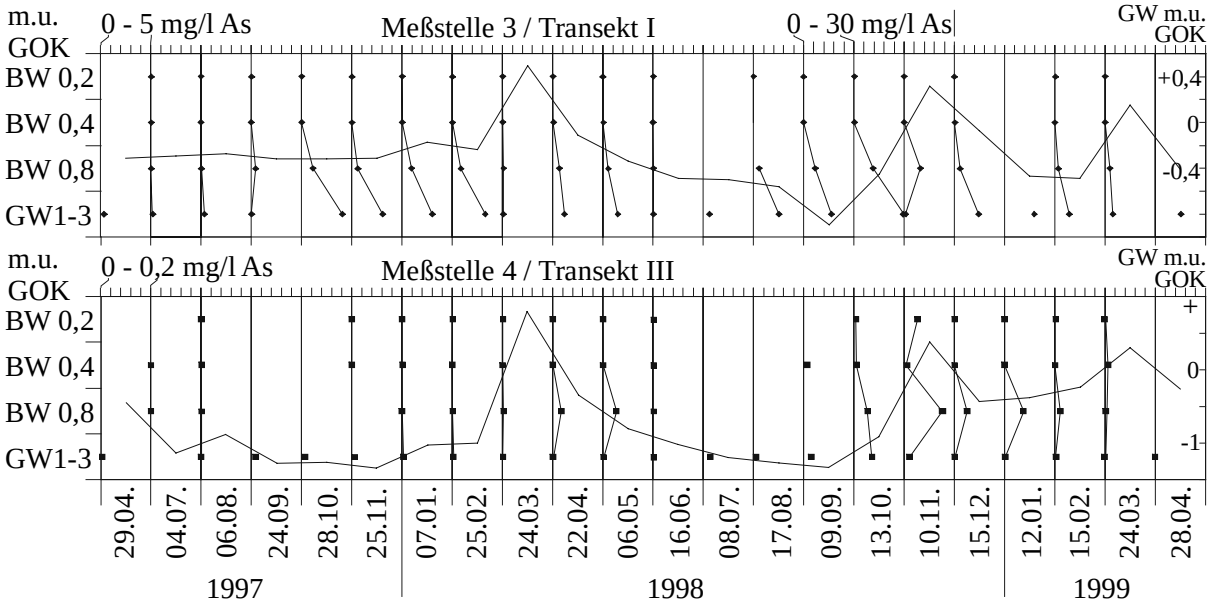


Abb. 3.3-10: Jahreszeitliches Verhalten von Arsen im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser).

Bei relativ hohen Grundwasserständen von 0,4 - 0,5 m u. GOK im Winter 1998/99 waren weiterhin erhöhte As-Konzentrationen in der Bodenlösung der Meßstelle 4/TIII bei 0,8 m u. GOK feststellbar. Charakteristisch war zudem der Verlauf des März-Hochwassers 1999 mit durchgehend geringen As-Konzentrationen als Folge von O_2-reichen Sickerwasserzuflüssen.

Das Mobilitätsverhalten von **Cadmium** ist, wie das von Zn und Ni, eindeutig vom pH-Wert abhängig (Abb. 3.3-11).

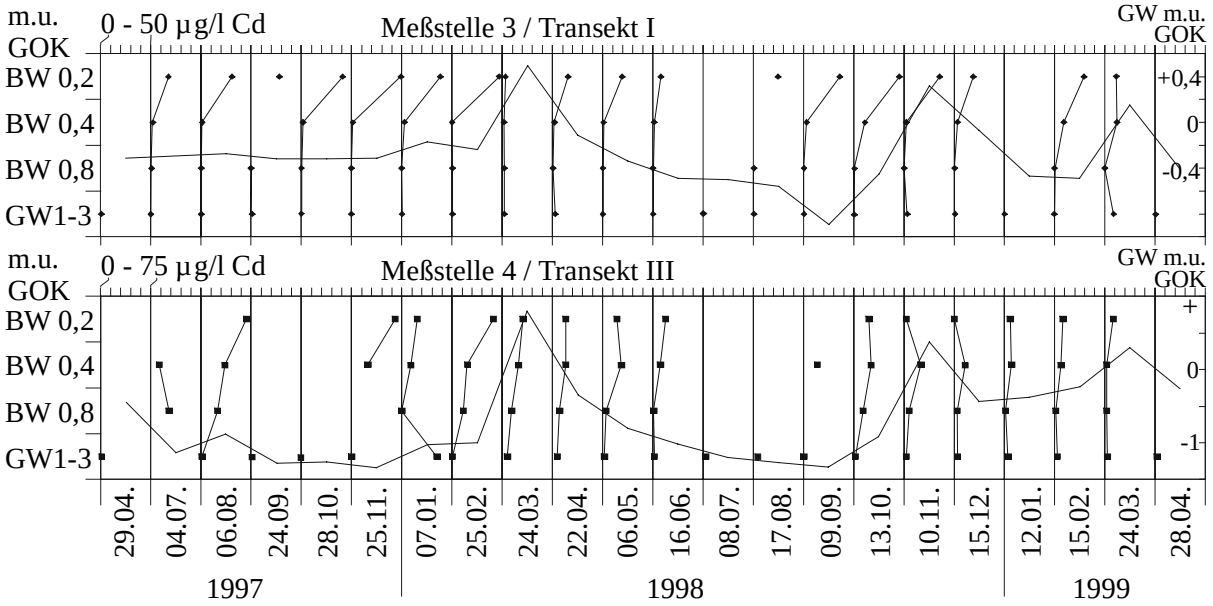


Abb. 3.3-11: Jahreszeitliches Verhalten von Cadmium im Boden- und Grundwasser der Meßstellen 3/TI und 4/TIII mit GW-Ganglinie (BW: Bodenwasser).

An der Meßstelle 3 des Transekts I wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum von zwei Jahren nahezu durchgehend höhere Cd-Konzentrationen in der Oberbodenlösung festgestellt. Mit zunehmender Tiefe nimmt einerseits die Anoxizität und damit die Wahrscheinlichkeit der Sulfidbildung zu. Andererseits wurde ein Anstieg des pH-Wertes aufgrund der Protonen-Pufferung durch Reduktionsprozesse nachgewiesen (Kap. 3.2.1). Die Ursache für die Erhöhung der Cd-Konzentrationen im tieferen Bodenbereich und im Grundwasser während des Hochwassers im März 1999 ist zum einen auf Oxidationsprozesse, zum anderen auch auf die pH-Wert-Senkung infolge von Sickerwasserzuflüssen und einer möglichen Cd-Verlagerung aus den oberen Bodenhorizonten zurückzuführen.

Im schwach anaeroben bis aeroben Bodenbereich der Meßstelle 4/TIII (Abb. 3.3-11, unten) wurden ebenfalls weitaus höhere Konzentrationen in den Lösungen der beiden oberen Horizonte (0,2, 0,4 m u. GOK) festgestellt. Anzeichen für einen Transport von Cadmium mit der Sickerwasserströmung Richtung Grundwasser ergaben sich im Verlauf des Hochwassers im März ’98. Verdünnungseffekte können eine stärkere Erhöhung der Cd-Konzentration im Grundwasser während der Hochwasserphase verhindert haben.

Ein Stofftransport über den Sicker-/Grundwasserpfad ist anhand der Konzentrationsverläufe von Nitrat und Cd, nicht aber anhand von Mn, Fe und As nachzuvollziehen. Sickerwasserzuflüsse verursachten eine zeitlich beschränkte Konzentrationsverminderung bei Mn, Fe und As. Diese kann einerseits mit der Anhebung der E_H-Werte und der einsetzenden Oxidation reduzierter Spezies in den betreffenden Boden- und Grundwasserbereichen begründet werden. Andererseits ist auch ein lateraler Abtransport noch verbleibender reduzierter Spezies im GW-Abstrom Richtung Mulde anzunehmen. Es konnte weder ein einfaches Durchbruchsverhalten einer sich mit dem Sickerwasserstrom fortbewegenden Front gelöster Schwermetalle und Metalle noch eine Desorptionsfront in Richtung des Sicker- oder Grundwasserstroms beobachtet werden.

3.3.3 Korrelative Zusammenhänge zwischen Prozeß- und Stoffparametern

Im Kap. 3.2.5.1 wurden zur Analyse des milieuspezifischen Verhaltens der Stoffe und Elemente die Medianwerte aller Meßreihen ohne Berücksichtigung des zeitlichen Ganges miteinander korreliert. Dagegen ermöglicht die Zeitreihen-Normierung über den jeweiligen Medianwert der zweijährigen Meßreihen zeitlich-saisonale Einflüsse herauszuarbeiten und den milieuspezifischen Informationsanteil zu unterdrücken. Die Daten wurden hierzu auf ein einheitliches Skalenniveau transformiert (Index: 0 - 1). Neben möglicher saisonaler Einflüsse sind allerdings auch Fehler durch Probenahme, Präparation und Analytik wahrscheinlich. Durch den Wegfall der milieuspezifischen Information werden Fehler meist verstärkt, was zu schwächeren Korrelationen führt.

In Tab. 3.3-1 sind Korrelationskoeffizienten von Median-normierter Meßwerte getrennt nach Oberflächen-, Boden- und Grundwasser aufgelistet. Der in Abb. 3.3-12 dargestellte Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Zeit (saisonale Abhängigkeit) von Oberflächen-, Boden- und Grundwasser wird durch signifikante Korrelationskoeffizienten von 0,83 (OW), 0,62 (BW) und 0,60 (GW) bestätigt.

Die negativen Korrelationen von -0,38 (OW) und -0,40 (GW) zwischen dem Grundwasserstand (GW-Stand) und der Zeit-Variablen deuten darauf hin, daß in der Winterperiode von Oktober 97 bis Anfang April ’99 die Grund- und Oberflächenwasserstände durchschnittlich höher als in den Sommermonaten lagen (s.a. Kap. 3.1.2; Abb. 3.1-4/-5). Die größere Abflußmenge führte im Verlauf der Winterperiode zu einer Verringerung der Konzentration an

gelösten Stoffen sowie zu einer Abnahme der Leitfähigkeit und des pH-Werts in der Mulde und im Spittelwasser (Verdünnungseffekt). Signifikant negative Korrelationskoeffizienten von Na^+, Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}, F^-, Cl^-, CO_3^{2-}, HCO_3^- Mn, DOC, pH und der Leitfähigkeit mit dem GW-Stand der Oberflächengewässer (Mulde, Spittelwasser, Altarm) deuten auf zunehmende Stoffkonzentrationen während der Sommermonate bzw. abnehmende Werte in Laufe des Winters hin.

Tab. 3.3-1: Korrelation von Inhaltsstoffen und physiko-chemischen Parametern der Oberflächengewässer, des Boden- und Grundwassers aller Meßstellen der Transekte I, II und III (Spearman-Rho, zweiseitig). Korrelation Median-normierter Werte zur Analyse der saisonalen Abhängigkeit (monatliche Probenahmen von April 1997 - April 1999).

	Oberflächenwasser (OW)				Bodenwasser (BW)				Grundwasser (GW)			
Korrelation	GW	E_H	Tmp.	Zeit	GW	E_H	Tmp.	Zeit	GW	E_H	Tmp.	Zeit
Anzahl (N)	44-74	47-71	47-72	47-72	165-364	151-253	157-265	165-368	120-174	120-167	122-172	122-172
As	-0,29	-0,04	0,02	-0,02	0,13	-0,08	-0,01	-0,03	**-0,22**	-0,10	0,19	-0,12
Cd	**0,47**	**0,40**	**-0,57**	**-0,60**	0,05	0,08	0,03	-0,02	**0,40**	**0,32**	**-0,38**	-0,17
Cu	-0,25	-0,33	-0,04	-0,07	**-0,22**	0,11	0,15	-0,05	-0,03	-0,17	0,04	-0,10
Ni	0,20	**-0,47**	-0,15	**-0,30**	-0,02	0,14	0,08	-0,17	-0,02	-0,16	0,04	0,06
Pb	0,18	0,35	-0,14	-0,18	0,07	-0,18	0,05	0,09	**0,37**	0,20	**-0,23**	0,01
Zn	0,25	0,04	**-0,33**	-0,21	-0,16	0,06	0,09	0,19	0,09	0,03	0,09	**0,31**
Fe	0,06	0,16	**-0,29**	-0,25	0,11	-0,04	-0,04	-0,02	**-0,22**	**-0,26**	-0,05	0,05
Mn	**-0,27**	-0,04	-0,22	-0,04	**0,31**	-0,12	**-0,22**	-0,02	**-0,23**	-0,21	0,03	**0,28**
Al	0,07	0,10	-0,22	**-0,31**	0,13	-0,06	-0,15	-0,10	**0,22**	-0,03	-0,08	-0,02
Na^+	-0,34	**-0,43**	0,23	0,25	-0,17	0,04	**0,25**	0,19	**-0,29**	-0,17	0,10	0,03
Ca^{2+}	**-0,49**	**-0,49**	0,21	0,24	**-0,23**	0,11	**0,36**	0,12	**-0,46**	**-0,30**	0,16	0,08
K^+	**-0,58**	**-0,52**	**0,38**	**0,34**	0,09	0,00	0,17	0,12	-0,11	-0,01	0,13	0,14
Mg^{2+}	**-0,52**	**-0,42**	0,21	0,23	-0,16	0,09	**0,28**	0,06	**-0,32**	-0,20	-0,01	-0,05
F^-	**-0,51**	**-0,39**	**0,44**	**0,42**	-0,08	0,04	-0,05	0,01	0,02	0,15	0,12	0,04
Cl^-	**-0,37**	**-0,39**	0,12	0,16	0,13	-0,10	0,02	-0,10	**-0,22**	**-0,27**	0,14	-0,02
CO_2	0,20	0,11	**-0,56**	-0,33	**0,28**	0,04	**-0,24**	-0,09	-0,21	-0,11	0,00	-0,03
CO_3^{2-}	**-0,52**	**-0,45**	**0,65**	**0,50**	0,05	-0,04	**0,23**	0,20	-0,01	-0,14	0,04	0,01
HCO_3^-	**-0,64**	**-0,47**	0,28	0,30	**0,28**	-0,06	-0,06	0,04	-0,14	**-0,22**	0,02	-0,06
SO_4^{2-}	-0,24	**-0,47**	0,22	0,26	**-0,24**	0,05	**0,32**	0,21	**-0,35**	**-0,31**	0,19	0,15
NO_3^-	**0,74**	**0,45**	**-0,61**	**-0,58**	**0,32**	0,05	-0,21	**-0,27**	**0,46**	**0,41**	**-0,41**	**-0,27**
P_{ges}	-0,12	0,20	-0,17	**-0,29**	**0,32**	-0,02	**-0,50**	**-0,36**	**0,35**	0,10	**-0,44**	**-0,32**
PO_4^{3-}	-0,27	-0,24	0,19	0,11	-0,03	**0,22**	0,14	0,10	-0,16	-0,04	0,12	0,09
DOC	**-0,49**	**-0,64**	**0,43**	0,31	**-0,28**	0,00	**0,42**	**0,30**	0,11	-0,09	0,13	0,06
NH_4^+	0,11	-0,11	**-0,56**	**-0,50**	0,19	-0,04	-0,04	-0,11	**-0,27**	**-0,30**	0,11	-0,10
GW-Stand	**1**	0,29	**-0,37**	**-0,38**	-	-	-	-	**1**	**0,34**	**-0,51**	**-0,40**
Temperatur	**-0,37**	-0,26	**1**	**0,83**	**-0,37**	-0,06	**1**	**0,62**	**-0,51**	**-0,22**	**1**	**0,60**
Leitfähigk.	**-0,37**	**-0,39**	0,05	0,11	-0,07	0,12	**0,25**	0,01	-0,16	-0,12	-0,07	-0,05
O_2-Gehalt	0,22	0,20	**-0,41**	**-0,41**	-	-	-	-	**0,24**	**0,24**	**-0,34**	**-0,33**
E_H-Wert	0,29	**1**	-0,26	-0,25	-0,03	**1**	-0,06	-0,12	**0,34**	**1**	**-0,22**	-0,17
pH-Wert	**-0,39**	**-0,36**	**0,56**	**0,39**	-0,05	-0,04	0,13	0,10	0,21	0,01	-0,16	-0,10

Werte in grauer Farbe: Korrelationskoeffizienten Signifikanzniveau < 99 %
Fett gedruckte Werte in schwarzer Farbe : Korrelationskoeff. Signifikanzniveau > 99 %
fett gedruckte und grau hinterlegte Werte : Korrelationskoeff. Signifikanzniveau >> 99 %
Normierung der Werte: Einzelwert / Median (monatl. Probenahmen April 1997 - April 1999)
Zeit (saisonale Abhängigkeit): Winter von Oktober - März, Sommer von April - September

In Abb. 3.3-12 sind die Konzentrationen von ΣAn-/Kationen, Ca^{2+}, SO_4^{2-} der Mulde für die Transekte I und III aufgetragen. Die Konzentrationsabnahme der genannten Stoffe während der Wintermonate wird besonders an den Ganglinien des Transekts III sichtbar.

Die O_2-Konzentrationen der Oberflächengewässer lagen in Winter tendenziell höher als in den Sommermonaten, was durch signifikant negative Korrelationskoeffizienten mit der Zeitvariablen dokumentiert ist (O_2-Konz./Zeit: -0,41). Überschwemmungen führten im November und März zur Flutung der Senken und Altarmbereiche der Muldeaue mit O_2-angereichertem Flußwasser (Kap. 3.1.2).

Negative Korrelationen von Cu, Ca^{2+}, SO_4^{2-}, und DOC hinsichtlich des Bodenwassers weisen mit steigendem GW-Stand im Winterhalbjahr auf einen Rückgang der Konzentrationen hin, was auf Sickerwassereinträge zurückzuführen ist. Parameter wie Mn, CO_2^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, und P_{ges} deuten wegen positiver Korrelationen mit dem GW-Stand auf Konzentrationserhöhungen in der Bodenlösung hin (Korrelationen mit BW). In den warmen Sommermonaten findet dagegen eine steigende mikrobiologische Bodentätigkeit zum Abbau organischer Substanz statt. Positive Korrelationen zwischen dem DOC und der Zeitvariablen sowie der Temperatur stützen diese Aussage (DOC/Zeit (BW): 0,30; DOC/Temperatur (BW): 0,42).

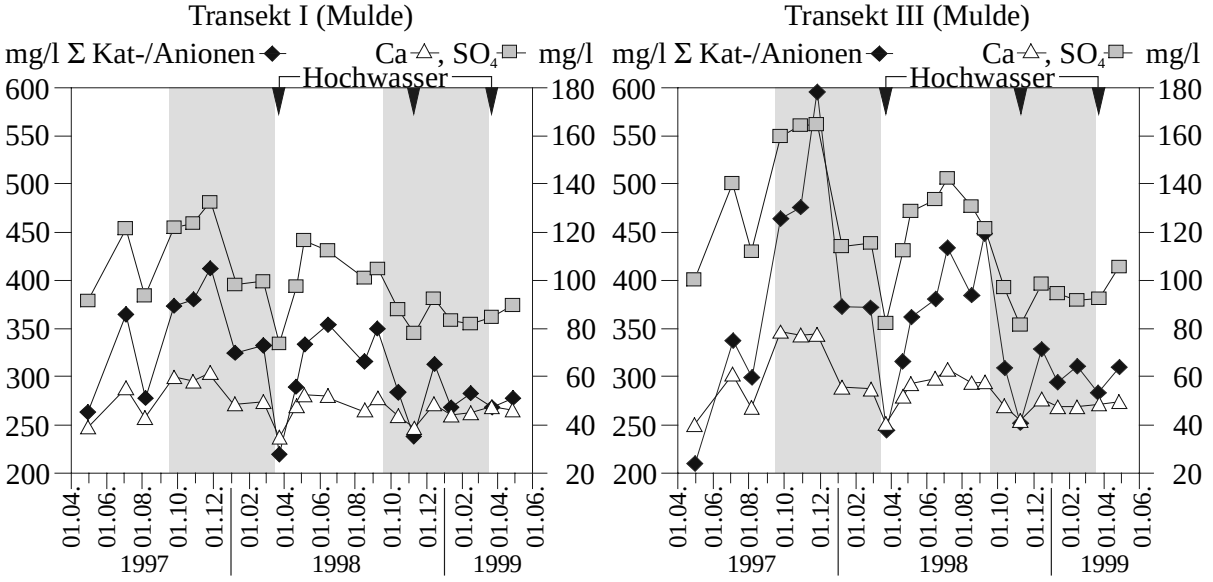


Abb. 3.3-12: Ganglinien der Konzentrationen von ΣAn-/Kationen, Ca^{2+}, SO_4^{2-} der Mulde (Transekte I und III) von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode).

Die Überschwemmungen verursachten in den Wintermonaten Sickerwasserzuflüsse im Grundwasser, die eine Erhöhung der O_2-Konzentration und des E_H-Werts zur Folge hatten (Korrelationen O_2/GW: 0,24); E_H-/GW: 0,34). Hinweise auf einen Konzentrationsanstieg von Cd, NO_3^-, P_{ges} und Al liefern ebenfalls positive Korrelationen der genannten Parameter mit dem GW-Stand. Umgekehrt führte die Erhöhung des Grundwasserspiegels im Winter jedoch zur Verringerung der Fe-, Mn-, Na^+-, Ca^{2+}-, Mg^{2+}-, Cl^-- und SO_4^{2-}-Konzentrationen. Negative Korrelationen zwischen den obigen Parametern und dem GW-Stand bestätigen dies.

Korrelationen der in Tab. 3.3-1 angegebenen Parameter hinsichtlich der Boden- und Grundwasserverhältnisse sind in den meisten Fällen, ausgenommen von Calcium, Cadmium, Nitrat und P_{gesamt} und DOC, nur schwach ausgeprägt und meist nicht signifikant.

3.3.4 Zeitliche Entwicklung der Stoffdynamik von April 1997 - April 1999

Die zeitliche Entwicklung der untersuchten Parameter sowie der Stoff- und Elementkonzentrationen wird zunächst anhand von Korrelationen aufgezeigt (Tab. 3.3-2).

Tab. 3.3-2: Korrelationen monatlich beprobter Parameter/Stoffe in zeitlicher Aufeinanderfolge der Probenahme (April 1997 - April 1999).

PN	OW	GW			BW		PN	OW	GW			BW	
M 1-24	ges.	ges.	T I	T III	T I	T III	M 1-24	ges.	ges.	T I	T III	T I	T III
Anzahl	18-72	144-174	47-66	63-90	81-104	69-162	Anzahl	18-72	144-174	47-66	63-90	81-104	69-162
GWNN			-0,45	**0,45**			HCO_3^-	-0,42		+		-0,43	
Leitf.	-0,49	–		-0,61	–	–	CO_3^{2-}	-0,43				-0,55	
O_2							CO_2			+			+
Redox	**0,58**	+		**0,56**			Na^+	–			–	-0,48	
Temp.		–		–	-0,44	-0,40	K^+	-0,43			–		–
pH	–				–		Mg^{2+}	-0,40		+	-0,56	-0,43	-0,44
Kat.	-0,47		+	-0,64	-0,42	-0,67	Ca^{2+}	-0,41		+	-0,61	-0,42	-0,64
An.	-0,52	–		-0,65	-0,40	-0,53	Cl^-	–	–		-0,63	-0,49	
DOC	-0,75	-0,44	-0,56	–	-0,58	-0,60	Fe			+	–		+
PO_4^{3-}	–					–	Mn				–		**0,41**
SO_4^{2-}	-0,58	–		-0,65		-0,49	As		+	**0,47**			+
NO_3^-	+	+		+			Cd	+					
NH_4^+			**0,40**		–		Ni	-0,59	–		–		-0,50
							Pb	+				+	+
							Zn		–				

dargestellte Koeffizienten: ≥ 0,4 und Signifikanz für Werte >99% (Fettdruck : positiv)
signif. Korrelationen (Signifikanz >99%) ≤ 0,4 : positive (+) und negative (–) Vorzeichen
nicht dargestellte Koeffizienten: Signifikanz <99% ges. : gesamt
OW: Oberflächengewässer; GWNN: Grundwasser üb. NN; BW: Bodenwasser; M: Monate

In der Summe nahmen die Konzentrationen der Hauptkationen und -anionen (Na^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Cl^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, HCO_3^-, CO_3^{2-}) sowie die DOC-Konzentration während des zweijährigen Untersuchungszeitraums in den Oberflächengewässern und teilweise in Boden- und Grundwasserbereichen deutlich ab (negative Korrelationen in Tab. 3.3-2).

In der Abb. 3.3-13 ist die Entwicklung der Konzentrationen gelöster An- und Kationen (Summe) im Oberflächen- und Grundwasser der Transekte I und III dokumentiert. Ganglinien von Einzelstoffen (Ca^{2+}, SO_4^{2-}) sind exemplarisch in der Abb. 3.3-12 dargestellt.

Im Zeitraum von April 1997 - April 1999 konnte im Untersuchungsgebiet des Transekts III zuzüglich der Verringerung der Lösungsfracht der Mulde auch eine Verminderung der Konzentration von An- und Kationen im Grundwasser beobachtet werden. Charakteristisch ist auch die generelle Abnahme der DOC-Konzentration im Oberflächen- und Grundwasser der Muldeaue (Abb. 3.3-14).

Nach einem Hochwasser und der Versickerung des geringer mineralisierten Oberflächenwassers verringerten sich die Konzentrationen im Grundwasser u.a. durch Verdünnungs- und Verdrängungseffekte. Mit dem Ablauf des Hochwassers im Frühjahr 1998 nahmen im Verlauf des Sommers die Lösungskonzentrationen in den verschiedenen Grundwasserbereichen bis zum Einsetzen der nächsten Hochwasserperiode langsam wieder zu (Abb. 3.3-13, rechts).

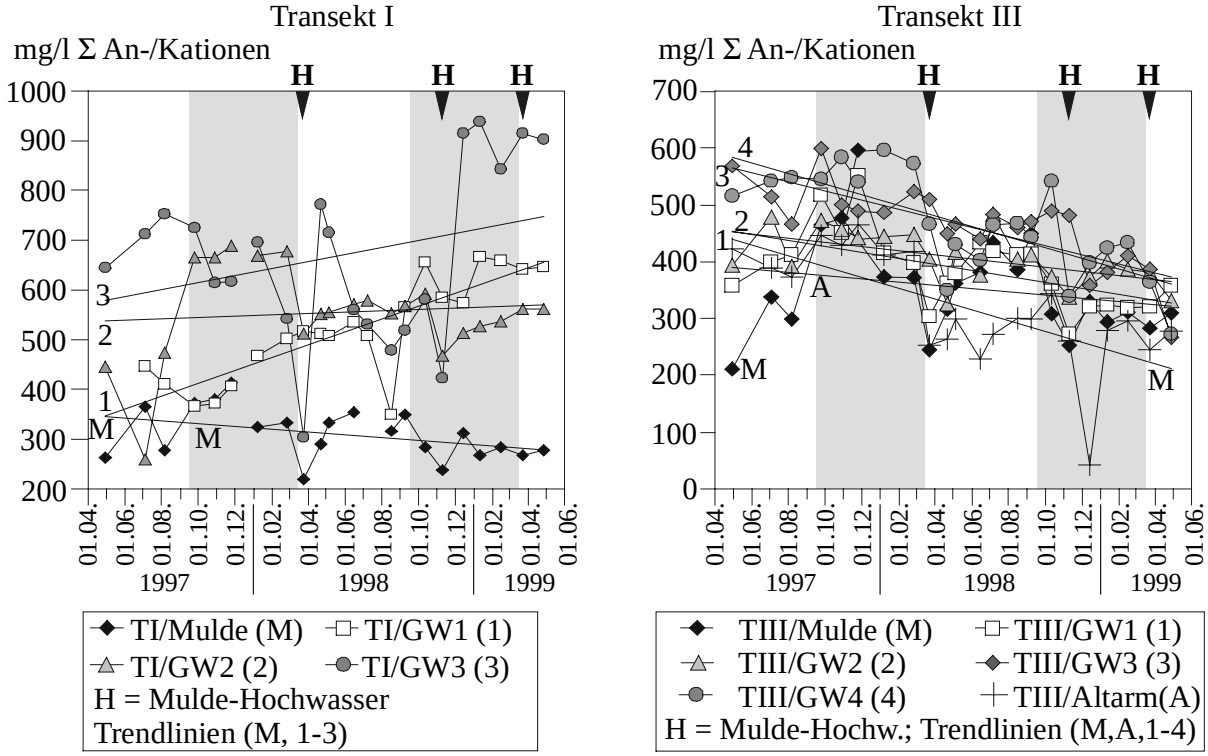


Abb. 3.3-13: Ganglinien der Summen von An- und Kationen im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde).

Im überwiegend anoxisch geprägten Auebereich des Transekts I verlief die Entwicklung der Lösungskonzentrationen von An- und Kationen anders (Abb. 3.3-13, links). Die Mulde zeigte im Untersuchungszeitraum, wie bereits erwähnt, abnehmende Stoffkonzentrationen. Dagegen war in den stark anoxisch geprägten Grundwasserbereichen eine generelle Zunahme von An- und Kationen festzustellen. Überschwemmungen erzeugten kurzfristig oxische Milieubedingungen und Konzentrationssenkungen reduzierbarer Stoffe. Jedoch stellten sich bereits nach wenigen Wochen infolge des erhöhten Grundwasserstands wiederum stark anoxische Bedingungen ein (TI/GW3). Die anoxischen Verhältnisse führten zu deutlich höheren Stoffkonzentrationen (Abb. 3.3-13).

Dementsprechend wurden in der stark GW-beeinflußten Muldeaue bei Greppin (Transekt I) reduzierbare Stoffe im Untersuchungszeitraum von April 1997 - April 1999 zunehmend stärker mobilisiert, worauf die positiven Korrelationen von Ammonium (0,40) und Arsen (0,47) im Grundwasser und Mangan (0,41) im Bodenwasser hinweisen (Tab. 3.3-2). Positive Korrelationen mit der Zeitvariablen zeigen, daß im Verlauf des Untersuchungszeitraums die Cd-, Pb- und NO_3-Konzentrationen im Flußwasser der Mulde leicht zugenommen haben (s.a. Abb. 3.3-15, -16 für Cd und NO_3^-).

Gegensätzliche negative und positive Korrelationen deuteten für den Untersuchungszeitraum auf eine unterschiedliche Entwicklung der Grundwasserstände in den Gebieten der Transekte I und III hin (Tab. 3.3-2). Im Auegebiet des Transekts I, dem stromabwärts der Mulde ein Stauwehr folgt, wurden im Jahresverlauf nur kurzzeitige Änderungen des Wasserstands festgestellt (Hochwasserereignisse). Im Sommer 1998 erfolgte eine leichte Senkung des Muldepegels bis 1999, was sich in der negativen Korrelation mit der Zeit widerspiegelt (-0,45). Dagegen quert das Transekt III ein hydrologisch nicht reguliertes Auegebiet, das längerfristig

von Hochwässern, insbesondere im Winter 1989/99, beeinflusst wurde. Dieses unterlag im letzen Untersuchungszeitraum höheren GW-Ständen (Korrelationskoeffizient 0,45). Im Bereich des Transekts I führten die begrenzten Schwankungen des Grundwasserspiegels nicht zu einer durchgreifenden Veränderung der hydrochemischen Standortbedingungen. Die Redox-Verhältnisse pendelten sich in den Grundwasserbereichen des Transekts I immer wieder auf dem vorherigen Niveau ein, wohingegen die E_H-Werte in der Mulde und auch in den Grundwasserbereichen des Transekts III sich tendenziell erhöhten (Korrelationskoeffizienten Tab. 3.3-2; s.a. Abb. 3.3-3).

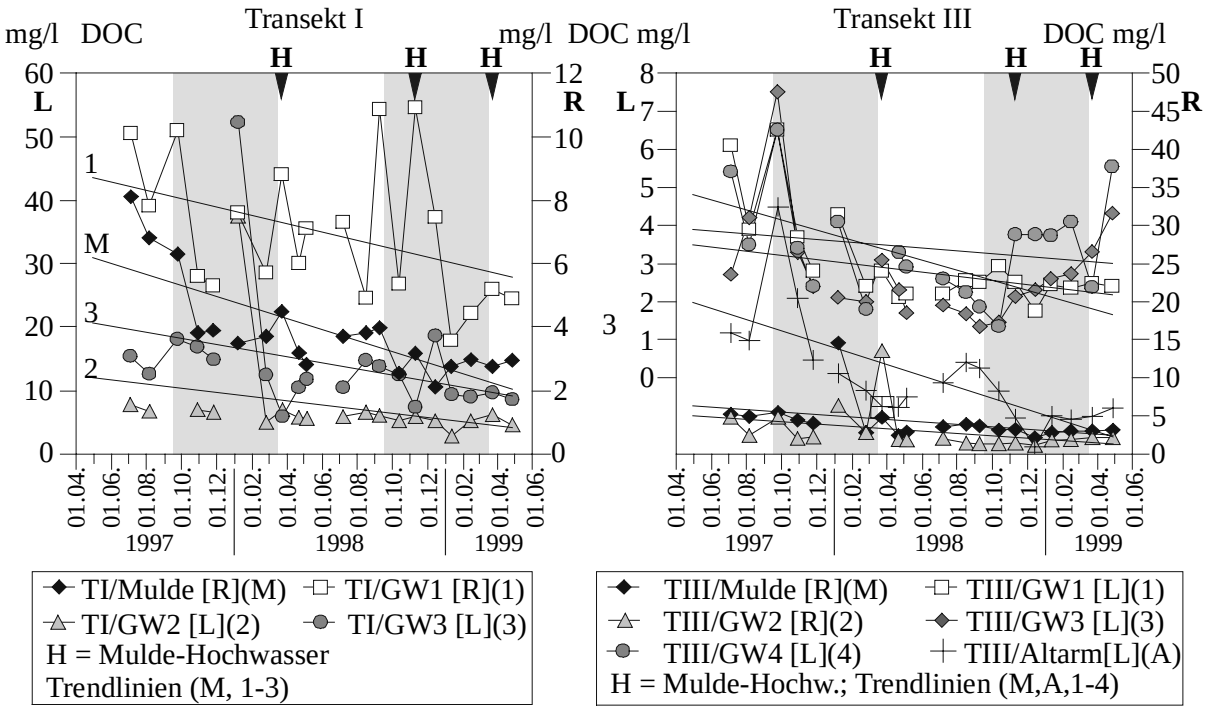


Abb. 3.3-14: Ganglinien der DOC-Konzentration im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde).

Die Abnahme der Stoffkonzentrationen in der Mulde führt generell zu einer Verbesserung der Wasserqualität. Diese Entwicklung wurde bereits Anfang der 90er Jahre von OTTO & MLEINEK (1997) erkannt und ist auf die Reduzierung der Schadstoffeinleitung durch Industrie und Kommunen sowie durch Modernisierung und Rückbau von Altindustrien nach 1989/90 zurückzuführen.

Unabhängig davon ist das Schadstoffpotential in Böden und Grundwasser zu bewerten. Gerade in den Niederungsbereichen der Muldeaue, wo Oberböden oftmals permanenten Kontakt mit dem Grundwasser haben, ist die Gefahr von Stoffausträgen in das Grundwasser aufgrund hoher Mobilitäten weiterhin hoch. Ein Hinweis darauf ist der Anstieg des Mineralisierungsgrads in den untersuchten stark anoxischen GW-Bereichen mit hohen Konzentrationen an reduzierbaren Elementen und Stoffen insbesondere As, Fe und Mn. In den schwächer anoxischen bis oxischen Grundwasserbereichen oder bei Änderungen von anoxisch zu oxischen Mileubedingungen durch Sickerwasserzuflüsse sind vergleichbare Effekte für Nitrat und Cadmium in den vorangegangenen Kapiteln diskutiert worden. Nitrat selbst wird über die Mulde in höheren Konzentrationen zugeführt.

Für Arsen, Cadmium und Nitrat wurden saisonale Konzentrationsschwankungen in der Mulde nachgewiesen, die relativ deutlich mit den Schwankungen in den untersuchten Grundwasserbereichen korrelieren und auf Austräge über den Wirkungspfad Sickerwasser-Grundwasser-Mulde hindeuten.

3.3.5 Stoffdynamische Prozesse auf dem Pfad Oberflächen-/Grundwasser

Korrelationen deuteten bereits daraufhin, daß u.a. Cd und NO_3^- in den Wintermonaten des Untersuchungszeitraums in den Oberflächengewässern und im Grundwasser höhere Konzentrationen und damit auch höhere Mobilitäten aufwiesen (Tab. 3.3-1).

In den Sommermonaten nimmt die Vegetation generell verstärkt NH_4^+- und NO_3^--Stickstoff auf, die im anoxischen (Ammonifikation) oder im oxischen Bereich (Nitrifikation) über mikrobiologische Abbauprozesse des in der Biomasse enthaltenen Stickstoffs gebildet werden. Die Stickstoff-Aufnahme über die Pflanzen trägt letztlich zur N-Immobilisierung bei (Kap. 3.2.2.3). Im Winterhalbjahr verlangsamen sich für gewöhnlich die N-Umsetzungsprozesse, so daß leicht austauschbares NO_3^- im oxischen und NH_4^+ im anoxischen Bodenmilieu konzentriert werden.
Zuzüglich des bodeneigenen Stickstoffs versickerte infolge der Überschwemmungen überstauendes Muldewasser mit 22,5 mg/l NO_3^- (Median). Mit den steigenden Nitrat-Konzentrationen der Mulde und des Altarmgewässers erhöhten sich im Winter die Nitrat-Werte im Grundwasser aller Meßstellen der T I und T III (Abb. 3.3-15).

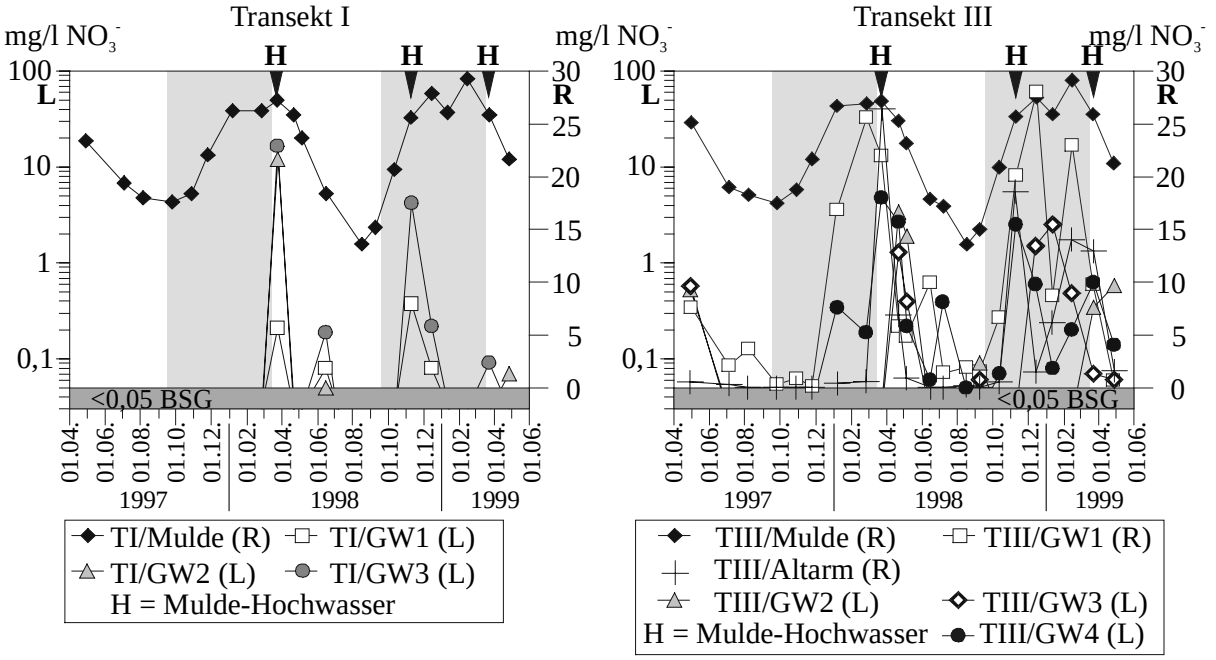


Abb. 3.3-15: Ganglinien der NO_3^--Konzentration im Grundwasser (GW) der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde).

Die Cd-Konzentrationen im Grundwasser der Meßstellen TI/GW1 und GW2 sowie TIII/GW1 und GW4 reagierten kaum auf jahreszeitliche Änderungen (Abb. 3.3-16, obere Grafiken). Der deutliche Anstieg der NO_3^--Konzentrationen des Altarmgewässers von durchschnittlich 0,5 mg/l auf 26,4, 18,6 und 12,9 mg/l während der Hochwasserphasen im März/November ’98 und März ’99 belegt, daß der gesamte Altarmbereich nicht durch aufsteigendes Qualmwasser sondern mit NO_3^--belasteten Muldewasser versorgt wurde. Höchste NO_3^--Konzentrationen wurden an den Meßstellen des Transekts III ermittelt. Es ist anzunehmen, daß in der ersten Jahreshälfte ein Teil des ausgewaschenen Nitrats bei sinkenden Grundwasserständen und der Einstellung effluenter Verhältnisse wieder der Mulde zufloß.

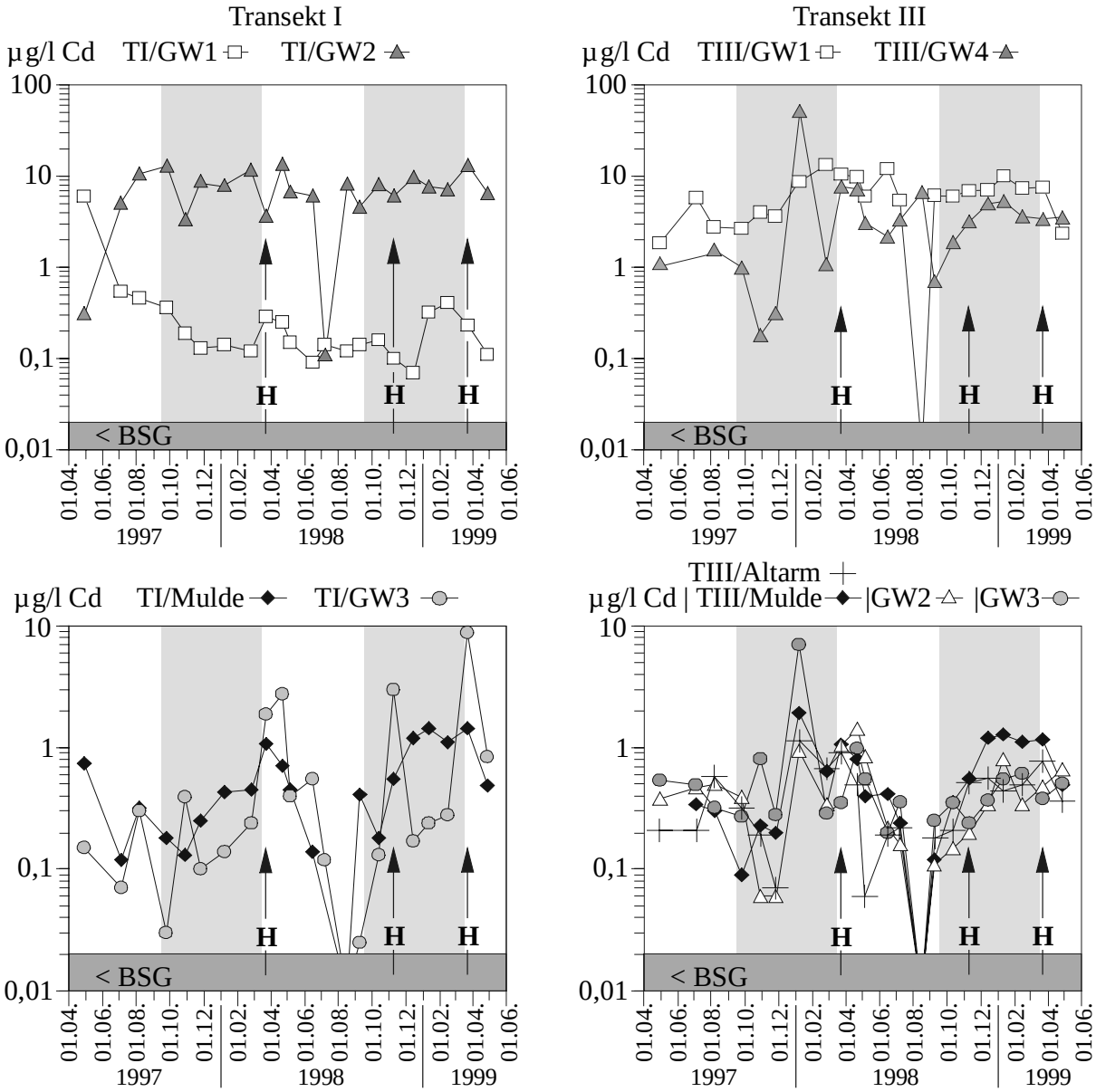


Abb. 3.3-16: Ganglinien der Cd-Konzentration im Grundwasser der Transekte I und III und der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde).

Indessen stiegen die Cd-Konzentrationen im Grundwasser der Meßstellen TI/GW3 sowie TIII/GW2 und GW3 über die Winterzeit bis etwa in den April hinein an (Abb. 3.3-16, untere Grafiken). Im Sommer nahmen bis August die Cd-Konzentrationen an den genannten Meßstellen ab, die umgekehrt ab September/Oktober wieder anstiegen. An der Meßstelle TI/GW3 wurden Konzentrationsmaxima während der drei Hochwasserphasen festgestellt, welche die Cd-Konzentrationen des infiltrierenden Muldewassers um ein Mehrfaches überstiegen. Infiltrationen von Oberflächenwasser führten somit, wie bereits in Kap. 3.3.1 angedeutet, im sonst stark anoxischen Grundwasserbereich kurzzeitig zu aeroben Verhältnissen mit deutlich niedrigeren pH-Werten (Abb. 3.3-5). Diese ermöglichten eine Cd-Mobilisation und den Cd-Transport in das Grundwasser und von dort weiter in die Mulde.

Ein saisonales Verhalten konnte auch für Arsen im Oberflächengewässer und im Grundwasser anhand der Konzentrationsganglinien nachgewiesen werden, das jedoch zeitlich von dem Verhalten des Cadmiums und des Nitrats abweicht.

Die As-Konzentrationen im Grundwasser aller Meßstellen stiegen bis zum Ende der Sommerperiode ’98 an (Aug./Sept.) und erreichten in den ersten Wintermonaten des alten Jahres Höchstwerte (Abb. 3.3-17).

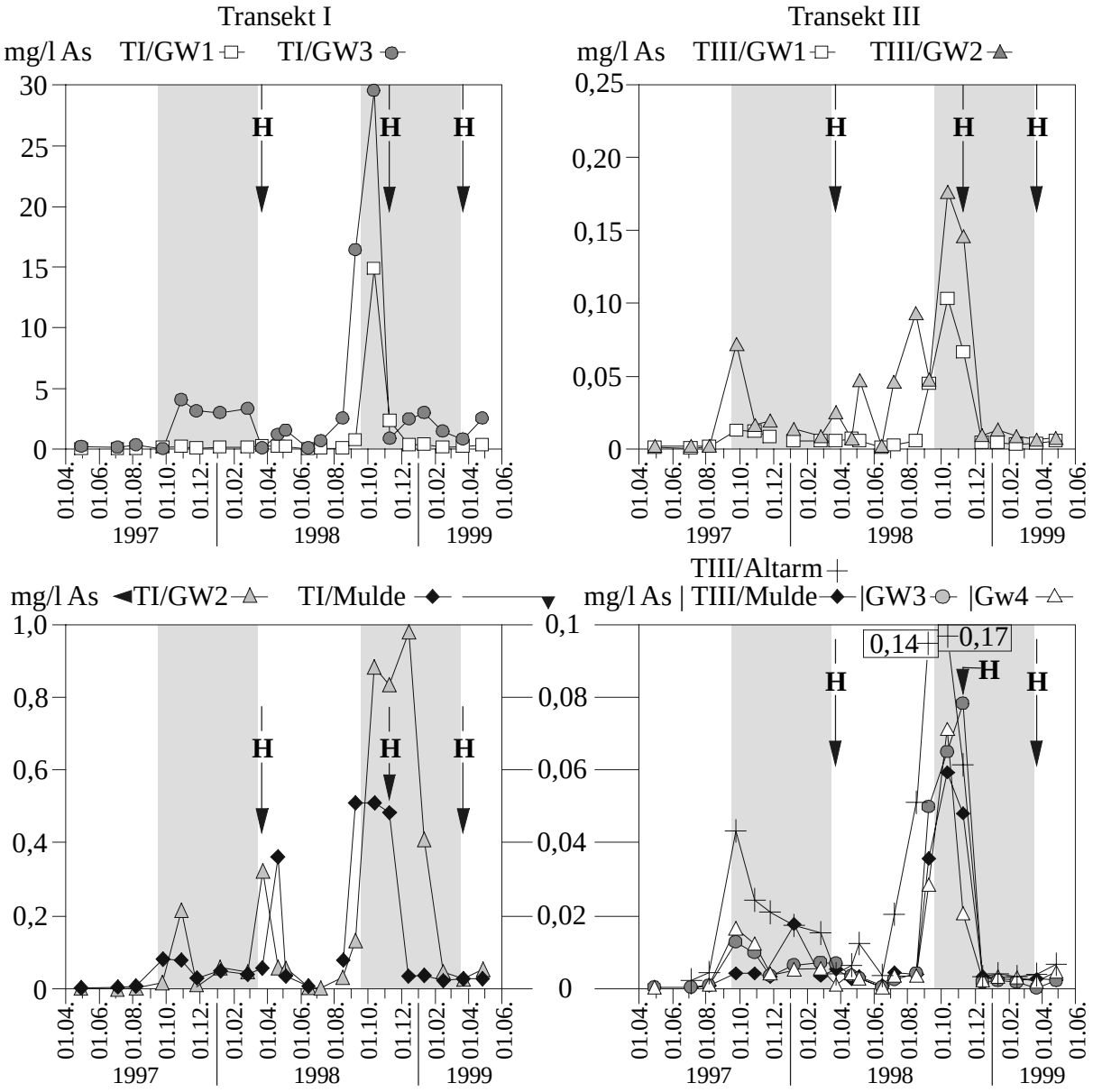


Abb. 3.3-17: Ganglinien der As-Konzentration im Grundwasser der Transekte I und III und in der Mulde von April 1997 - April 1999 (graue Flächen: Winterperiode, H = Hochwasser an der Mulde).

In den unteren beiden Graphiken der Abb. 3.3-17 sind die As-Konzentrationsganglinien der Mulde aufgetragen. Im Anschluß an das Hochwasser im März ’98 wurde im April ein erstes signifikantes As-Maximum festgestellt. Weitaus höher fielen die As-Konzentrationen während der Hochwasserphase im Oktober und November ’98 aus. Zusätzlich ist anzumerken, daß sich nach den Hochwasserphasen für gewöhnlich effluente Verhältnisse einstellten, die einen Zustrom von Grundwasser in die Mulde ermöglichten (s.a. Abb. 3.1-4, Abb. 3.1-5). Die

mit der Hochwasserwelle transportierte As-Fracht der Mulde könnte ihren Ursprung in Überschwemmungsgebieten mit hoher As-Belastung haben, die bis in die Quellgebiete der Mulde im Erzgebirge hinaufreicht.

Im Grundwasser fast aller Meßstellen sank die As-Konzentration im Verlauf des Winters nach dem Hochwasser im November ’98 infolge von Sickerwasserzuflüssen. Deutlich erhöhte As-Konzentrationen wurden ausschließlich im Grundwasserbereich der Meßstelle TI/GW2 im Dezember ’98 bis Januar ’99 festgestellt.

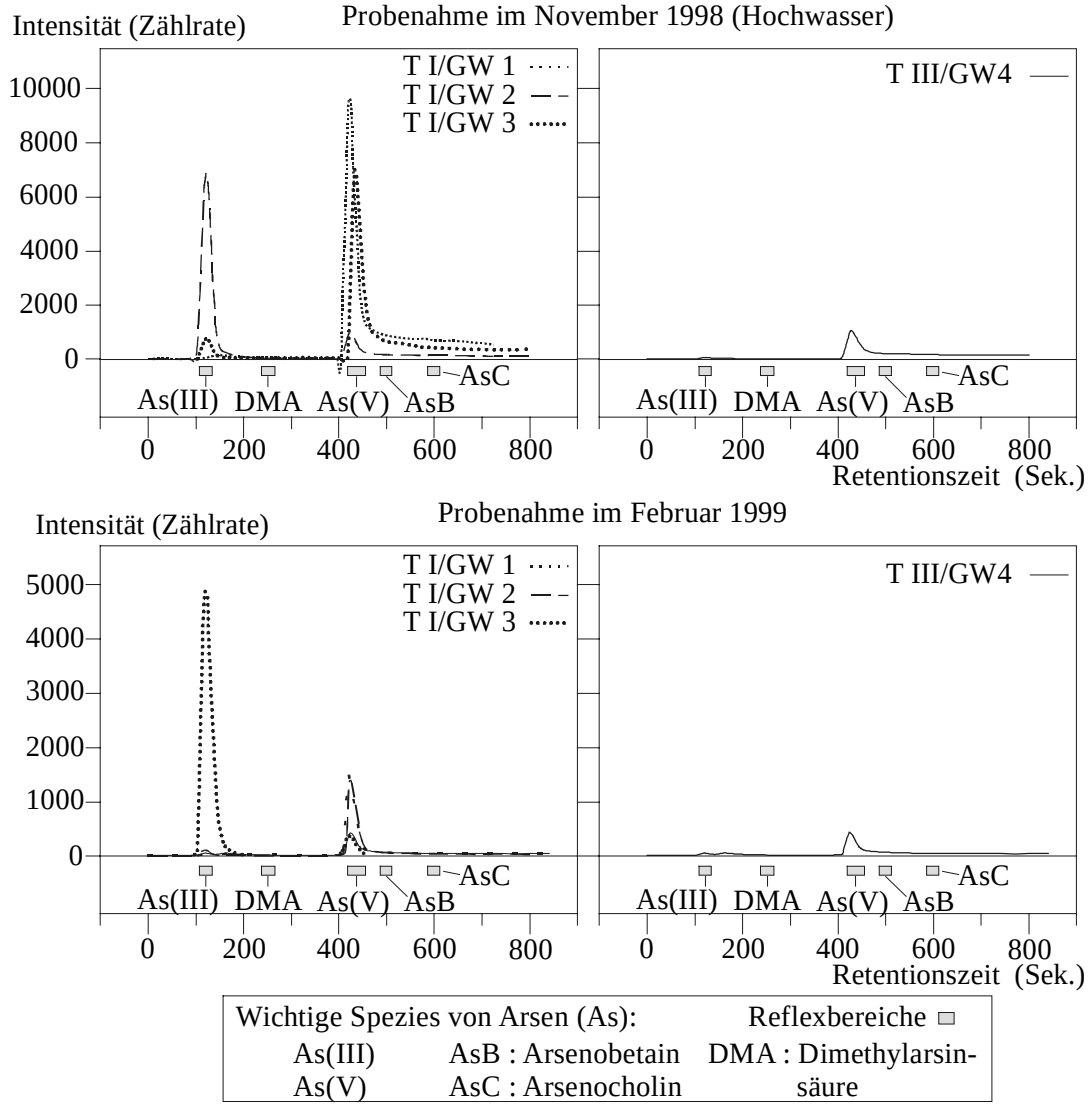


Abb. 3.3-18: Chromatogramme verschiedener As-Spezies im Grundwasser der Auebereiche der Transekte I und III (IC/ICP-Massenspektrometrie; Sektion Analytik, UFZ Leipzig [MATTUSCH & WENNRICH 1998]; Chromatogramme umgezeichnet).

Die Änderung der hydrochemischen Verhältnisse dokumentieren Speziesanalysen von As-Grundwasserproben in Abb. 3.3-18, die nach dem Muldehochwasser im November ’98 und drei Monate später im Februar ’99 bei winterlichen Normalwasserständen gewonnen wurden. Die GW-Probenahme erfolgte nach Einstellung konstanter E_H-Werte ohne Luftkontakt mittels Polyethylen-Einwegsprizen aus dem Förderschlauch über Aufsatzfilter zur Gewinnung der Fraktion <0,45 µm (MATTUSCH & WENNRICH 1998 und LONDESBOROUGH et al. 1999).

Die Proben wurden von der Sektion Analytik des UFZ in Leipzig mit Hilfe der Koppelungstechnik Ionenchromatographie/ICP-Massenspektrometrie auf anorganische Arsenspezies As(III) und As(IV) sowie auf organische Arsenverbindungen analysiert. Organische As-Verbindungen wie Arsenobetain, Arsenocholin oder Dimethylarsinsäure entstehen aufgrund von Metabolisierungsprozessen bei der As-Aufnahme durch Pilze, Bakterien, Algen, höhere Pflanzen sowie durch Tiere und den Menschen (MATTUSCH & WENNRICH 1998; LONDESBOROUGH et al. 1999; SCHLEGEL 1999).

Die in Abb. 3.3-18 dargestellten Chromatogramme zweier Probenserien betreffen drei Grundwassermeßstellen des Transekts I (GW 1, 2, 3) und eine Grundwassermeßstelle im Altarmbereich des Transekts III (TIII/GW 4).

Im Grundwasser des Altarmbereichs des Transekts III (TIII/GW 4) wurden im November ’98 und Februar ’99 nur geringe As(V)-Konzentrationen nachgewiesen. Im Gegensatz dazu konnten im Grundwasser aller drei Meßstellen des Transekts I eindeutig höhere Konzentrationen der Spezies As(III) und As(V) ermittelt werden. Die Untersuchungen von Gesamt-As bestätigen dieses Ergebnis (Abb. 3.2.3-1). Die Spezies-Untersuchungen erbrachten keine Hinweise auf organische Arsenverbindungen.

Beim Vergleich der Arsen-Peaks hinsichtlich des Grundwassers der drei Meßstellen des Transekts I ist zu erkennen, daß im Grundwasser der Meßstelle 3 während des Hochwassers im November ’98 höhere Konzentrationen an As(V) im Vergleich zu reduziertem As(III) vorhanden waren. Umgekehrt wurden höhere As(III)- gegenüber geringeren As(V)-Konzentrationen im Bereich der Meßstelle 2 (GW 2) festgestellt. Im Grundwasser des Uferbereichs wurde As(V) als dominierende Spezies nachgewiesen (TI/GW 1).

Drei Monate nach dem Hochwasser zeigten sich genau umgekehrte Verhältnisse an den beiden Meßstellen TI/GW 2 und TI/GW 3. Die linke/untere Graphik zeigt (Abb. 3.3-18), daß sich im Februar ’99 nach Einregelung des Grundwasserstands wiederholt anoxische Grundwasserverhältnisse mit höherem Anteil an reduzierter As(III)- gegenüber As(V)-Spezies eingestellt hatten. Es wurden an den Meßstellen 1 und 2 (GW1, 2) geringere Konzentrationen von As(V) festgestellt. As(III) ließ sich kaum mehr nachweisen. Tab. 3.3-3 gibt über die gemessenen Konzentrationen der untersuchten As-Spezies Auskunft.

Tab. 3.3-3: As(III) und As(V) in Grundwasserauebereichen der Transekte I und III (Koppelungstechnik: Ionenchromatographie mit ICP-Massenspektrometrie; Analytik UFZ Leipzig [MATTUSCH & WENNRICH 1998]).

Konzentration	Probenahme November 1998		Probenahme Februar 1999	
in µg/l	As(III)	As(V)	As(III)	As(V)
TI/GW1	2,7	123,0	0,3	4,4
TI/GW2	61,6	16,4	1,0	13,0
TI/GW3	7,0	82,2	50,0	4,0
TIII/GW4	1,0	1,0	0,8	14,0

Die Dominanz von As(V) im sonst stark anoxischen Grundwasserbereich der Meßstelle 3 (GW3) unmittelbar nach dem November-Hochwasser ’98 kann auf eine kurzfristige Änderung der Milieu-Verhältnisse und der Redox-Gleichgewichte zurückgeführt werden. Mit der Versickerung von O_2-reichen Oberflächenwasser wurde in dem Bereich sehr wahrscheinlich reduziertes Grundwasser verdrängt. Infolge der O_2-Anreicherung im Grundwasser war die Mög-

lichkeit zur Aufoxidation von As(III) zu As(V) gegeben. Zusätzlich gelangten auch geringere Mengen an As(V) aus aeroben Oberbodenbereichen in das Grundwasser.

Die Versickerung an der Meßstelle 3 (GW3) führte weiterhin zu einer Verdrängung von As(III) beladenem Grundwasser in Richtung Mulde. Im GW-Bereich der Meßstelle 2 (GW2) wurde dieser Verdrängungsprozeß durch die Erhöhung der Konzentration der As(III)-Spezies im November 1998 dokumentiert (Tab. 3.3-3, Abb. 3.3-18). Zudem sind an der Meßstelle 2 (GW2) im Gegensatz zur Meßstelle 3 (GW3) noch im Dezember '98 erhöhte As-Konzentrationen nachgewiesen worden, die erst im Januar '99 auf ein niedriges Niveau absanken (Abb. 3.3-17). Bei E_H-Werten um 205 mV (Median) war im Grundwasser der Meßstelle 2 (GW 2) die Bildung reduzierter As(III)-Spezies kaum möglich. Der Transport von reduziertem As(III) im Grundwasserabstrom aus dem Senkenbereich der Meßstelle 3 in Richtung Meßstelle 2 ist somit wahrscheinlich (Abb. 3.3-19).

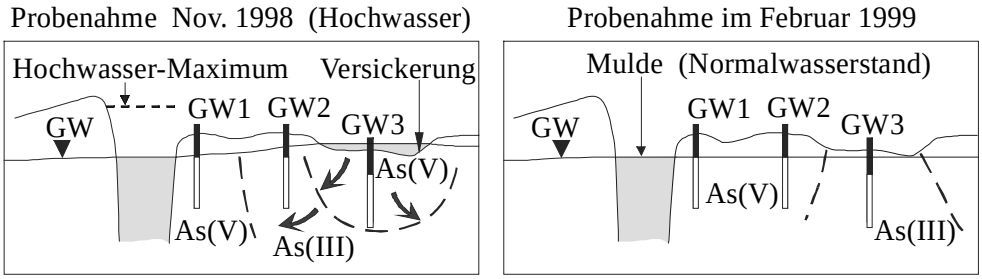


Abb. 3.3-19: Profilskizze zu Prozessen der As-Speziesverteilung im Grundwasser der Meßstellen GWMS 1, 2 und 3 (Transekt I) in den Monaten November 1998 und Februar 1999.

Das Verhalten weiterer Redox-sensibler Parameter bestätigt den Einfluß von überstauendem Oberflächenwasser (0,32 m üb. GOK) auf das Grundwasser im Senkenbereich (Tab. 3.3-4). Im Grundwasser der GWMS 2 (GW 2) wurde von Nov. '98 bis Feb. '99 eine deutliche Abnahme der As-Gesamtkonzentration und eine Zunahme der NH_4^+-Konzentration beobachtet.

Tab. 3.3-4: Daten anderer Redox-empfindlicher Parameter zu den Grundwasserverhältnissen der Meßstellen 2 und 3 (T I/GW 2, 3) in den Monaten November 1998 und Februar 1999.

Transekt I Meßstellen	pH	E_H mV	Mn mg/l	Fe mg/l	As µg/l	Cd µg/l	NH_4^+ mg/l	NO_3^- mg/l	O_2 mg/l	GW (m) u.GOK
GW 2 Nov.'98	6,87	205	19,6	2,8	840	6,2	0,49	<0,05	0,2	0,81
GW 2 Feb.'99	6,88	196	22,1	2,2	50	7,3	1,22	<0,05	0,2	0,93
GW 2 Median	6,87	182	23,0	1,8	50	7,5	0,94	<0,05	0,2	0,78
GW 3 Nov.'98	6,71	330	0,6	0,9	860	3,0	0,46	4,2	1,1	-0,32
GW 3 Feb.'99	7,16	61	13,4	62,9	1440	0,3	3,36	<0,05	0,7	0,49
GW 3 Median	7,10	68	10,2	48,3	1480	0,2	2,25	<0,05	0,2	0,31

Durch die Versickerung von O_2-reichem Oberflächenwasser und den Wechsel der Redox-Verhältnisse kam es im Grundwasser der Meßstelle 3 (GW 3) im November '98 zur Erhöhung der Nitrat-Konzentration und zur Abnahme der Fe-, Mn-, As und NH_4^+-Konzentrationen. Der E_H-Wert lag mit 330 mV deutlich über dem Median von 68 mV. Der aktuelle pH-Wert sank leicht unter den durchschnittlichen pH-Wert von 7,1 (Median) und bewegte sich auf den pH-Grenzwert für Cadmium von pH 6,5 zu (BLUME & BRÜMMER 1987). Bei durchschnittlich 0,24 µg/l Cd (Median) im Grundwasser der Meßstelle 3 wurde im November '98 erwartungs-

gemäß eine höhere Cd-Konzentration von 3,0 µg/l festgestellt. Bis Februar '99 stellten sich im Grundwasser wiederum stärker anaerobe Verhältnisse mit E_H-Werten von 61 mV sowie deutlich höheren Mn-, Fe-, As- und NH_4^+-Konzentrationen ein. Die Cd-Konzentration ging mit dem Anstieg des pH-Werts auf 0,3 µg/l zurück (Tab. 3.3-4).

Im Anschluß an die Diskussion von Hochwassereinflüssen auf die GW-Hydrochemie anoxischer bis stark anoxischer Auebereiche stellt sich die Frage, wie sich Überschwemmungen und Sickerwassereinflüsse in stärker aeroben Grundwasserbereichen der Muldeaue auswirken. Die Ergebnisse zur Hydrochemie des Grundwassers der etwas höher gelegenen Meßstelle 3 und der tieferen Meßstelle 4 im Altarmbereich des Transekts III (TIII/GW 3, 4) geben hierzu Auskunft (Tab. 3.3-5).

Tab. 3.3-5: Daten anderer Redox-sensibler Parameter zu den Grundwasserverhältnissen der Meßstellen 3 und 4 (T III/GW 3, 4) in den Monaten November 1998 und Februar 1999.

Transekt III Meßstellen	pH	E_H mV	Mn mg/l	Fe mg/l	As µg/l	Cd µg/l	NH_4^+ mg/l	NO_3^- mg/l	O_2 mg/l	GW (m u.GOK)
GW 3 Nov.'98	6,37	363	0,78	5,3	78	0,2	0,24	<0,05	0,5	0
GW 3 Feb.'99	6,27	285	0,42	1,9	2	2,0	0,14	0,48	0,8	0,78
GW 3 Median	6,33	220	0,64	4,2	3	0,4	0,16	<0,05	0,4	1,35
GW 4 Nov.'98	6,01	404	0,43	1,2	21	3,2	0,08	2,50	0,6	-0,38
GW 4 Feb.'99	5,97	350	0,51	1,7	3	3,6	0,10	0,20	0,4	0,24
GW 4 Median	6,02	266	0,53	1,7	4	3,2	0,09	0,11	0,4	0,92

GW (m): negativer Wert = Überschwemmung

Der Einfluß des vorangegangenen Hochwassers im November 1998 führte bei keiner der beiden Meßstellen im Grundwasser zu stärker anoxischen Verhältnissen. Leicht überdurchschnittliche Fe-, Mn-, As- und NH_4^+-Konzentrationen (>Median) wurden im Grundwasserbereich der Meßstelle 3 festgestellt. Die E_H-Werte können den Konzentrationsanstieg nicht erklären. Entscheidend ist vermutlich der Aufbau des Bodenprofils der Meßstelle 3 mit einer etwa 1 m mächtigen Auelehmdeckschicht über Sanden. An der Auelehm-Unterkante sind die Sande stark verockert. Bei einem Grundwasseranstieg und relativ hohen E_H-Werten von 350 mV kam es vermutlich auch zu einer Lösung wenig stabiler amorpher Fe-Hydroxide/-Oxide und zur Mobilisierung adsorbierter Elemente wie As und Mn. Die Folge war im November '98 ein moderater Anstieg der Fe-, Mn- und As-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser (Konzentration > Median).

Im GW-Bereich der Meßstelle 4 zeigten vorrangig As und NO_3^- Konzentrationserhöhungen. Der Februar '99 brachte mit Ausnahme höherer Cd- und NO_3^--Konzentrationen der Meßstelle 3 insgesamt unterdurchschnittliche bis ausgeglichene Verhältnisse (Tab. 3.3-5).

Aus den Ergebnissen ist zu folgern, daß sich bei kurzzeitigen Hochwassereinflüssen im schwach aeroben Boden- und Grundwassermilieu (Transekt III) nicht zwangsläufig stärker anoxische Verhältnisse einstellen müssen, was relativ unveränderte E_H-Werte bestätigten. Entsprechend finden Konzentrationserhöhungen Redox-sensibler Elemente wie Arsen, Eisen oder Mangan auf einem weitaus geringeren Niveau statt. Dagegen verursachen Zuflüsse von O_2-reichem Sickerwasser in stark anoxischen Grundwasserbereichen mit hohen Fe-, Mn- und As-Konzentrationen (Transekt I, Meßstelle 3) kurzfristig eine Änderung der Redox-Verhältnisse bzw. einen deutlichen Anstieg der E_H-Werte. Nachweislich führen solche Si-

ckerwasserdurchbrüche zu einer signifikanten Änderung der Mobilitätsverhältnisse von Redox-empfindlichen Schwermetallen, Fe, Mn und Arsen.

Auffällig ist auch das zeitliche Verhalten der As-Konzentrationen im Altarmgewässer des Transekts III (TIII/Altarm). Im Zeitraum vom Juli bis November/Dezember ’98 wurden im Standgewässer weitaus höhere As-Konzentrationen festgestellt als in der Mulde oder in den Grundwasserbereichen (Abb. 3.3-17, rechts unten). Die maximale As-Konzentration im Altarmgewässer wurde im Oktober mit 0,17 mg/l As wenige Wochen vor dem November-Hochwasser ’98 erreicht. Die Temperaturen sanken von sommerlichen 25,8° C im August auf 0° C im Dezember ’98, was die biologische Aktivität in dem Gewässer vermutlich nahezu zum Stillstand brachte (Tab. 3.3-6). Für gewöhnlich liegt Arsen gelöst als Anionen-Komplex vor (s.a. Abb. 3.2.4-1). In der photischen Zone wird As(V) zusammen mit Phosphat von höheren Pflanzen sowie vom Phytoplankton aufgenommen und zu As(III) oder organischen As-Verbindungen, wie Methyl- oder Dimethylarsenat, umgewandelt (MATSCHULLAT 1999). Algen, Bakterien wie auch höhere Pflanzen nehmen in den warmen Sommermonaten Arsen verstärkt auf und werden nach dem Absterben als Arsen-haltige Biomasse am Grund des Gewässers akkumuliert (MATSCHULLAT 1999).

Hinweise auf eine Zunahme des mikrobiologischen Biomasseabbaus im Altarmgewässer im August/September ’98 ergeben sich aus der Erhöhung der DOC-Konzentration und der Steigerung der HCO_3^-- und CO_3^{2-}-Konzentrationen. Mit der Intensivierung des Biomasseabbaus stiegen in der zweiten Jahreshälfte auch die As-Konzentrationen im Oberflächenwasser des Altarmbereichs bis zum Winter an (Tab 3.3-6). Das November-Hochwasser ’98 verursachte den Eintrag von gering belastetem Muldewasser, was den Rückgang der As-Konzentrationen bewirkte. Ein Großteil des Oberflächenwassers floß über einen Ablaufkanal wieder der Mulde zu. Der andere Teil versickerte jedoch mit der im November ’98 gegebenen As-Belastung im Altarmbereich (Kap. 3.1.3).

Tab. 3.3-6: Physiko-chemische Parameter u. Stoffkonzentrationen (As u.a.) des Altarmgewässers des Transekts III von Juli - Dezember 1999 (TIII/Altarm).

Transekt III Altarm (PN)	As µg/l	Temp. °C	E_H mV	pH	O_2 mg/l	DOC mg/l	PO_4^{3-} µg/l	HCO_3^- mg/l	CO_3^{2-} µg/l	CO_2 mg/l
16.06.98	3,5	19,3	281	8,3	10,7	-	400	57	300	0,88
08.07.98	20,6	19,3	202	8,3	11,8	9,3	210	111	1010	0,88
17.08.98	51,2	25,8	310	7,6	8,6	12,0	550	124	330	4,40
09.09.98	142,8	21,3	310	7,8	11,6	11,2	320	121	400	3,08
13.10.98	171,5	10,2	307	7,1	7,1	8,2	80	106	55	16,28
10.11.98	61,6	6,6	520	6,9	9,2	4,6	80	49	13	14,52
15.12.98	3,4	0,8	431	6,5	10,7	0,8	130	6	1	4,84
Median	12,4	11,4	302	7,6	10,7	8,2	130	96	220	4,84

Stoffeinträge über die Qualmwasserbildung variieren bei großen Hochwasserereignissen sehr stark und sind abhängig von den hydrogeologischen Verhältnissen (Kap. 3.1.3). Unter gespannten Grundwasserverhältnissen (Transekt I) ist ein Qualmwasseraufstieg erheblich wahrscheinlicher als bei ungespannten (Transekt III). Ein rapider Anstieg der As-Konzentration im Altarmgewässer des Transekts III erfolgte bereits im Zeitraum von August bis September. In diesem Zeitraum reagierte die Mulde bereits mit einem leichten Anstieg des Wasserstandes im Gegensatz zu den noch auf einem niedrigen Niveau befindlichen Grundwasserständen der Meßstellen TIII/GW 2, 3 und 4. Demnach sind relevante Qualmwasserbildungen an diesen Standorten auszuschließen.

Die Konzentrationsverläufe der übrigen Elemente Eisen, Mangan, Blei, Kupfer, Nickel und Zink ließen aufgrund zu hoher Variabilitäten keine konkreten Aussagen zum jahreszeitlichen Verhalten zu. Schwache Korrelationskoeffizienten hinsichtlich verschiedener Parameter der Bodenlösungen und des Grundwassers dokumentieren dies in Tab.3.3-1.

3.3.6 Stoffbilanz von Auebereichen unter Hochwassereinfluß

Für die Quantifizierung von Stoffeinträgen-/austrägen bei Hochwasser in Auebereichen läßt sich aktuell kein befriedigender Lösungsansatz finden, mit dem die Veränderlichkeit von Sorptions-/Desorptionsgleichgewichten und daran anknüpfenden Transportprozessen über alle Phasen ausreichend berücksichtigt werden könnte. Eine überschlägige Berechnung der Verhältnisse in Senken und Altarmbereichen gibt zumindest einen Eindruck von den quantitativen Größenordnungen. Grundlage der Berechnung waren die Ergebnisse der Hochwasserereignisse vom März ’98, November ’98 und März ’99 (Tab. 3.3-7). Die Quantifizierung der Stoffmengen basiert vereinfachend auf den vor und während der Hochwasserphasen ermittelten Konzentrationen unter Berücksichtigung der versickerten Wassermengen.

Tab. 3.3-7: Bilanzierung der umgesetzten Stoffmengen von Nitrat, Mn, Fe, As, Cd, Cu, Ni, Pb und Zn im Oberflächen- und Grundwasser der Meßstellen TI/GW3 und TIII/GW4 zur Zeit der Hochwasserphasen 1998/99.

Probe	Datum	NO_3^-	Mn	Fe	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Transekt I		Stoffmenge in kg des versickerten Wasservolumens von 4.220 m³								
TI/Mulde	24.03.98	115,2	0,5	1,3	0,02	0,0046	0,0046	0,062	0,033	0,25
TI/GW3	*25.02.98*	*0,1*	*37,7*	*199,0*	*13,94*	*0,0010*	*0,0422*	*0,012*	*0,022*	*0,04*
TI/GW3	**24.03.98**	**69,6**	**2,3**	**6,6**	**0,39**	**0,0080**	**0,0080**	**0,027**	**0,022**	**0,22**
TI/Mulde	10.11.98	108,0	0,3	1,2	0,20	0,0023	0,0270	0,022	0,027	0,24
TI/GW3	*13.10.98*	*0,1*	*42,9*	*201,7*	*124,57*	*0,0005*	*0,0002*	*0,009*	*0,016*	*0,15*
TI/GW3	**10.11.98**	**17,7**	**2,5**	**3,9**	**3,64**	**0,0126**	**0,0663**	**0,019**	**0,014**	**0,32**
TI/Mulde	24.03.99	109,3	0,6	1,2	0,01	0,0061	0,0002		0,029	0,38
TI/GW3	*15.02.99*	*0,1*	*56,5*	*265,4*	*6,11*	*0,0012*	*0,0021*		*0,012*	*0,15*
TI/GW3	**24.03.99**	**0,4**	**1,1**	**194,9**	**3,35**	**0,0374**	**0,0376**		**0,014**	**0,62**
Transekt III		Stoffmenge in kg des versickerten Wasservolumens von 42.300 m³								
TIIIAltarm	24.03.98	1116,7	3,1	18,1	0,18	0,04	0,2369	0,288	0,28	2,09
TIII/GW4	*25.02.98*	*8,0*	*32,4*	*158,5*	*0,23*	*0,05*	*0,4230*	*1,019*	*0,05*	*13,16*
TIII/GW4	**24.03.98**	**203,0**	**23,4**	**59,7**	**0,05**	**0,32**	**0,0550**	**1,375**	**0,10**	**18,01**
TIIIAltarm	10.11.98	786,8	2,1	13,6	2,61	0,02	0,2792	0,254	0,08	2,19
TIII/GW4	*13.10.98*	*3,0*	*33,2*	*138,6*	*3,02*	*0,08*	*0,0804*	*0,415*	*0,11*	*17,91*
TIII/GW4	**10.11.98**	**105,8**	**18,0**	**50,0**	**0,88**	**0,13**	**0,0021**	**0,829**	**0,10**	**15,43**
TIIIAltarm	24.03.99	545,7	2,3	9,1	0,16	0,03	0,2580		0,19	1,89
TIII/GW4	*15.02.99*	*8,5*	*21,2*	*74,4*	*0,13*	*0,15*	*0,2327*	*1,459*	*0,13*	*15,49*
TIII/GW4	**24.03.99**	**26,2**	**19,7**	**50,5**	**0,08**	**0,15**	**0,2961**	**1,362**	**0,06**	**14,86**

Normalschrift : Stoffmenge der infiltrierten Oberflächenwassermenge während des Hochwassers
Kursivschrift : Stoffmenge des angegebenen Grundwasservolumens vor dem Hochwasser
Fettschrift : Stoffmenge des angegebenen Grundwasservolumens während des Hochwassers
Hochwasserphasen (Probenahmetermine): 24.03.98, 10.11.98 und 24.03.98

Die Bilanzierung bezieht sich auf Senken- und Altarmbereiche der Transekte I und III mit Quell- und Senkenfunktion für Schwermetalle und Metalle. In der Senke des Transekts I mit der Meßstelle TI/GW3 versickerten ca. 4.220 m³ und im Altarmbereich mit der Meßstelle TIII/GW4 mindestens 42.300 m³ Wasser. Es sind ausschließlich Stoffkonzentrationen des versickernden Oberflächenwassers (Eintrag) sowie des Grundwassers als Größe für den Aus-

trag angegeben. In der Tab. 3.3-7 sind die Stoffmengen der infiltrierten Wasservolumina sowie die Stoffmengen im Grundwasser für das gleiche Wasservolumen vor und während der Überschwemmung angegeben. Bodenlösungen wurden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Im Senkenbereich des Transekts I (TI/GW3) war während des Hochwassers im März '98 bei einer versickerten Gesamtmenge von 4.220 m³, belastet mit 115,2 kg Nitrat, ein Anstieg der Nitratmenge im vergleichbaren Grundwasservolumen von 0,1 kg auf 69,6 kg zu verzeichnen. Ein mikrobiologischer Nitratabbau oder der Beginn der pflanzlichen Nitrataufnahme im Frühjahr könnte die Differenz zur eingetragenen Stoffmenge erklären. Ähnliche Prozesse sind bei höheren Quantitäten wegen des höheren Sickerwasservolumens im Altarmbereich des Transekts III (TIII/GW4) anzunehmen. Nitrat ist somit ein Indikator für Infiltration von Muldewasser während der Überschwemmungsphasen.

Die Infiltration von O_2-reichen Sickerwasser erhöht zudem die Stoffmengen von Cd, Ni und Zn insbesondere in anoxischen Grundwasserbereichen (TI/GW3). Im anoxischen Bereich des Transekts I (TI/GW3) wurden rechnerisch durch die Infiltration von 4.220 m³ Oberflächenwasser mit 0,002 - 0,006 kg Cd bei einer Ausgangsstoffmenge im Grundwasser von 0,001 kg Cd etwa 0,008 - 0,037 kg Cd oder 4 - 6 mal mehr an Cd umgesetzt. Dabei erfolgte während der Sickerwasserinfiltration sehr wahrscheinlich eine Cd-Remobilisierung aus der Bodenmatrix aufgrund oxidativer Prozesse, die zur Senkung des pH-Werts führten. Hochwasserereignisse im aeroben Altarmbereich des Transekts III (TIII/GW4) hatten die Versickerung von mindestens ca. 42.300 m³ Wasser mit einer Cd-Stoffmenge von 0,02 - 0,04 kg Cd zur Folge. Dementsprechend wurden im Grundwasser ca. 0,13 - 0,32 kg Cd umgesetzt, was etwa dem 6 bis 8fachem der eingetragenen Cd-Stoffmenge entspricht. In oxischen wie im anoxischen Milieu findet somit durch den Hochwassereinfluß ein quantitativ bedeutender Austrag von Cd aus der Bodenmatrix in Richtung Grundwasser statt (Tab. 3.3-7).

Anders verhalten sich As, Fe und Mn, von denen im anoxischen Senkenbereich des Transekts I insbesondere in der Spätsommer- und Herbstperiode extrem hohe GW-Konzentrationen festgestellt wurden. Berechnungen ergaben, daß bei einer infiltrierenden Wassermenge von ca. 4.220 m³ im stark anoxisch geprägten Senkenbereich des Transekts I (TI/GW3) As-Stoffeinträge von 0,01 - 0,2 kg As realistisch sind. Im Grundwasser kann bei einem äquivalenten GW-Volumen von 4.220 m³ davon ausgegangen werden, daß As-Stoffmengen in der Größenordnung von 6,1 - 124,6 kg As zum Teil aufoxidiert und an neu gebildeten Fe-Oxiden oder -Hydroxiden adsorbiert oder in Abstromrichtung verdrängt wurden (Kap. 3.3.5). Die Folge der Sickerwasserzuflüsse ist eine starke Verringerung der As-Stoffmenge um das 2 - 35fache im Grundwasserbereich, wobei die Stoffmenge noch um den Faktor 35 bis >300 höher liegt, als jene des zugeflossenen Oberflächenwassers. Mit der Infiltration werden anoxische, mit As, Fe und Mn belastete Grundwassermassen verdrängt und im Abstrom der Mulde sehr wahrscheinlich wieder zugeführt.

Im überwiegend aeroben Altarmbereich des Transekts III (TIII/GW4) ergeben sich hinsichtlich der berechneten Stoffmengen für As, Fe und Mn zwar ähnliche Effekte, die allerdings quantitativ eine nur geringe Bedeutung haben. Die Schwermetalle Cu und Pb sind aufgrund ihrer geringen Konzentrationen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser ebenfalls weniger relevant.

3.3.7 Zusammenfassung der zeitabhängigen Stoff- und Elementdynamik

Stoffdynamische Prozesse in der Flußaue variieren im Wechsel von Sommer- zu Winterhalbjahr. Periodische Temperaturschwankungen zwischen den Jahreszeiten bewirken eine Verlangsamung oder Beschleunigung chemisch-mikrobiologischer Prozesse und führen zur Veränderung der physiko-chemischen Milieuparameter pH und E_H wie auch der von den labilen Lösungsgleichgewichten abhängigen Stoffkonzentrationen im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser. Mit dem Einsetzen der niederschlagsreichen Herbst-Winter-Periode wächst die Hochwassergefahr, was den Stofftransfer zwischen Oberflächen-, Boden- und Grundwasser intensiviert. Der Stoffaustausch findet dabei in verschiedenen Boden- und Grundwassermilieubereichen mit unterschiedlicher Intensität und Wirkung statt (Abb. 3.3-20).

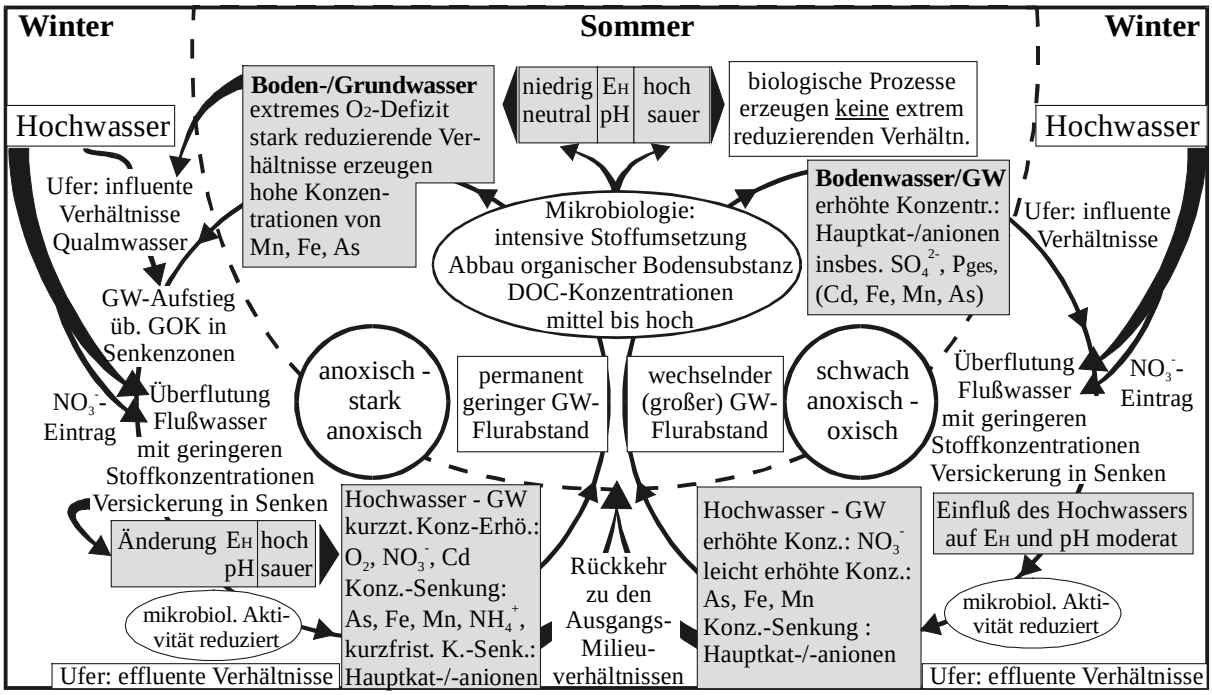


Abb. 3.3-20: Saisonal variierende Hydrochemie und Stoffdynamik in oxischen bis stark anoxischen Boden-/Grundwasserbereichen der Muldeaue.

Auebereiche mit hohen Grundwasserständen (Transekt I) stellen oft dauerhaft feuchte Senken dar. In deren Böden laufen intensive mikrobiologische Prozesse zum Abbau organischer Bodensubstanz ab, die zu anoxischen bis stark anoxischen Verhältnissen führen. In den warmen Sommermonaten werden in diesen Bereichen große Mengen an DOM (erhöhte DOC-Konzentration) sowie An- und Kationen freigesetzt. Extrem anoxische Bedingungen bewirken die Reduktion und Mobilisierung von Mn, Fe und As. Dagegen verhalten sich Schwermetalle wie Cd, Ni und Zn aufgrund höherer pH-Werte um den Neutralpunkt und wegen möglicher Sulfidbildung weitgehend immobil. Zu Beginn der Niederschlagsperiode im Herbst-Winter kann infolge höherer Flußwasserstände in gespannten Grundwasserbereichen der Senken die Bildung von Qualmwasser ausgelöst werden. Es ist anzunehmen, daß die Stoffkonzentrationen, insbesondere die von As, im Qualmwasser nach der Sommerperiode trotz des Luftkontaktes relativ hoch sind. Über die Ufer tretendes Hochwasser vermischt sich mit dem überstehenden Qualmwasser und fließt zum Teil oberirdisch in die Mulde zurück. In den Senken verbleibendes O_2-reiches Oberflächenwasser infiltriert und verändert im zuvor anoxischen Grundwasserbereich die Hydrochemie. Spezies-Untersuchungen belegen, daß im Grundwasser As(III) u.a. durch das infiltrierende Wasser verdrängt wird. Bei effluenten Verhältnissen ist gegebenenfalls mit einem As-Austrag aus dem Grundwasser in die Mulde zu rechnen. Es

wurden nicht nur im anoxischen Grundwasserbereich während der Spätsommer-Winter-Phase sondern auch im Muldewasser bis zum Ende der Hochwasserphase im November ’98 deutlich erhöhte As-Konzentrationen festgestellt. Die vom Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie veröffentlichten Ergebnisse (ANONYMUS 2002) dokumentieren ebenfalls einen Anstieg der As-Konzentration im Muldewasser während des Hochwassers im Spätsommer 2002 (August).
Die Infiltration von O_2-reichem Oberflächenwasser führt außerdem zu einer kurzzeitigen Remobilisierung von Cd aus der Bodenmatrix und zur Konzentrationserhöhung in stark anoxischen Auebereichen, da sich u.a. der pH-Wert infolge einsetzender Oxidationsprozesse im Grundwasser deutlich absenkt. Die oxidative Zerstörung von möglichen Schwermetallsulfiden wurde nicht untersucht. Nach zwei Monaten hatten sich die anoxischen Ausgangsverhältnisse mit dominierender As(III)-Spezies wiederholt eingestellt.

Ein anderes Szenario ergibt sich in schwach anoxischen bis oxischen Auebereichen (Transekt III). Jahreszeitlich schwanken die Grundwasserstände deutlich stärker, da der Wasserstand der Mulde im Bereich zwischen Raguhn und Dessau nicht mehr durch Stauwehre reguliert wird. Im Gegensatz zu stark anoxischen Bereichen konnten im oxischen Boden- und Grundwasserarealen der Transekte III keine wirksamen Milieuänderungen anhand von E_H- und pH-Werten festgestellt werden. Vereinzelt waren jedoch Reaktionen aufgrund der Einwirkung von infiltrierendem Oberflächenwasser der Mulde festzustellen, das mit pH-Werten von 7,1 - 7,2 oft deutlich über denen des Boden- und Grundwassers in der Flutrinne oder im Altarmbereich lag. Qualmwasserbildungen hatten in den Senkenbereichen des Transekts III einen geringeren Stellenwert. Eine saisonale Abhängigkeit wurde allerdings durch die Infiltration großer Mengen an nitratreichem Muldewasser bei Überschwemmungen in der winterlichen Hochwasserperiode registriert. Parallel dazu war ein Rückgang der DOC- sowie der An-/Kationen-Konzentrationen festzustellen. Ansätze eines jahreszeitlichen Ganges verzeichnete auch die Cd-Konzentration in den Untersuchungsjahren 1997 bis 1999. Die Cd-Konzentration im Grundwasser des Altarmbereichs sank im Sommer und stieg mit Beginn der Spätsommer-Herbst-Winter-Periode wieder an. Einen vergleichbaren jahreszeitlichen Gang repräsentieren die Cd-Konzentrationen im Muldewasser, die auf eine saisonal schwankende Verfügbarkeit von Cd in den Aueböden und Grundwasserbereichen hindeuten.
As, Fe und Mn sind in schwach anoxischen bis oxischen Bereichen quantitativ um Größenordnungen schwächer vertreten. Allerdings zeigt die Konzentrationsganglinie von As einen Anstieg vom Sommer bis zur Herbst-Winter-Periode, der auch für das Altarmgewässer beobachtet wurde und auf eine As-Mobilisierung und -Aufnahme durch Algen, Bakterien wie auch durch höhere Pflanzen hinweist. As(V) kann u.a. von höheren Pflanzen sowie vom Phytoplankton aufgenommen und zu As(III) oder Methylarsenat und Dimethylarsenat umgewandelt werden. Bis zur Herbst-Winter-Stagnation und dem Absterben der Biomasse verbleibt As im biologischen Kreislauf (MATSCHULLAT 1999). Mit dem Hochwasser im November ’98 gelangten große Mengen von Muldewasser über die Uferböschungen in den Altarmbereich. Ein Großteil der Wassermasse wurde über Dränagen wieder der Mulde zugeführt oder infiltrierte in das Grundwasser. Die Verringerung der As-Konzentrationen ist zum einen auf Verdünnungseffekte infolge von Sickerwasserzuflüssen und zum anderen auf jahreszeitlich variierende biologische Stoffumsatzprozesse zurückzuführen.

Im Untersuchungszeitraum April 1997 - April 1999 wurde in schwach anoxischen bis oxischen Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereichen tendenziell eine Abnahme der Stoffkonzentrationen beobachtet. Andererseits wurden jedoch in stark anoxischen Bereichen deutlich höhere und steigende Stoffkonzentrationen insbesondere von As, Fe, Mn festgestellt, was den Quellencharakter dieser Auebereiche u.a. für die genannten Elemente dokumentiert.

4. Interaktionen geo-/hydrodynamischer Prozesse im Ökosystem „Flußaue“

Im Rahmen des EU-Projekts „Protowet“ wurden in der mit anorganischen und organischen Schadstoffen belasteten Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen von Juli 1996 bis Juni 1999 Untersuchungen zur Verteilung, Mobilität und Dynamik von Schwermetallen und Arsen in Böden sowie Oberflächen-, Boden- und Grundwasser durchgeführt. Voraussetzung hierzu war eine Klassifikation der Aue nach lithofaziellen, pedo- und hydrogeomorphologischen Eigenschaften (Abb. 4-1, S. 204). Die detaillierte Analyse des saisonalen Schadstoffverhaltens in unterschiedlichen Auebereichen bietet eine Grundlage für Gefährdungsanalysen. Besonders relevant sind Eingriffe in das Auen-Ökosystem wie Renaturierungsmaßnahmen, die Schaffung von Überschwemmungsflächen durch Deichrückbau oder die Umstellung der Wasserhaltung durch Sperrwerke (Wehre), die das Schadstoffverhalten stark beeinflussen können.

Die untersuchten Überschwemmungsgebiete bei Greppin/Muldenstein (Transekt I), Jessnitz (Transekt II), Schierau (Transekt III) und Kleutsch (Transekt IV) bestehen überwiegend aus Grünland mit wenigen Anteilen an Auewald und sind in der Vergangenheit vorrangig als Weideland genutzt worden.

Altarmbereiche und Senken wurden zum überwiegendem Teil dem ***Lithofaziestyp L1*** zugeordnet. Charakteristisch sind stark schluffig-tonige, vergleyte, im Oberboden sehr humose Auelehme mit redoximorphen Merkmalen. Mit der Tiefe nehmen die stark anoxischen Milieuverhältnisse (schwarze Bodenfarbe) aufgrund geringer GW-Flurabstände von <1 m deutlich zu. Tiefere Horizonte besitzen einen höheren Sandanteil im Übergang zum sandig-kiesigen Grundwasserleiter. Die Böden lassen sich als vergleyte Auelehme bis Auengleye ansprechen.

Höherliegende, undifferenzierte Auelehmflächen verteilen sich über die gesamte Muldeaue und entsprechen dem ***Lithofaziestyp L2***. Schluffig-sandige, teilweise nur in den untersten Bereichen vergleyte, braune Auelehme von einem bis zu mehreren Metern Mächtigkeit und entsprechend variablen GW-Abstand repräsentieren diesen Lithofaziestyp. Tiefergehend werden diese von sandigeren teils verockerten Schluffhorizonten bis Sanden im Übergang zum sandig kiesigen Grundwasserleiter unterlagert.

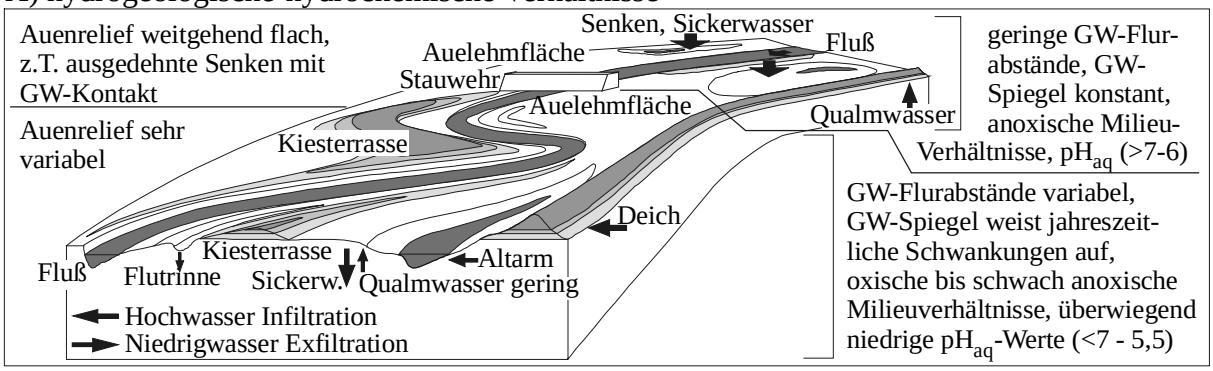
Der ***Lithofaziestyp L3*** ist hauptsächlich in Uferrandzonen, auf Uferwällen oder auch in Flutrinnen anzutreffen. Teils schluffige Sande mit einem geringen Kiesanteil decken als geringmächtige Horizonte abwechselnd schluffig bis kiesige Sande und vereinzelt auch direkt den kiesigen Grundwasserleiter ab.

Höher gelegene (Kies-)Terrassen und stark kiesige Flutrinnen lassen sich dem ***Lithofaziestyp L4*** zuordnen. Im humosen Oberboden wechseln Sande mit variablem Kiesanteil von oftmals mehr als 20 % mit sandigem Kies (Kiesanteil bis 60 %). Im Unterbodenbereich können weitere sandig-kiesige Horizonte folgen, die in Rinnensystemen tiefergehend häufig von Schlufflinsen oder schluffig-sandigen Partien mit Verockerungen im unteren Bereich unterbrochen werden. Darunter schließt generell der sandig-kiesige Grundwasserleiter an.

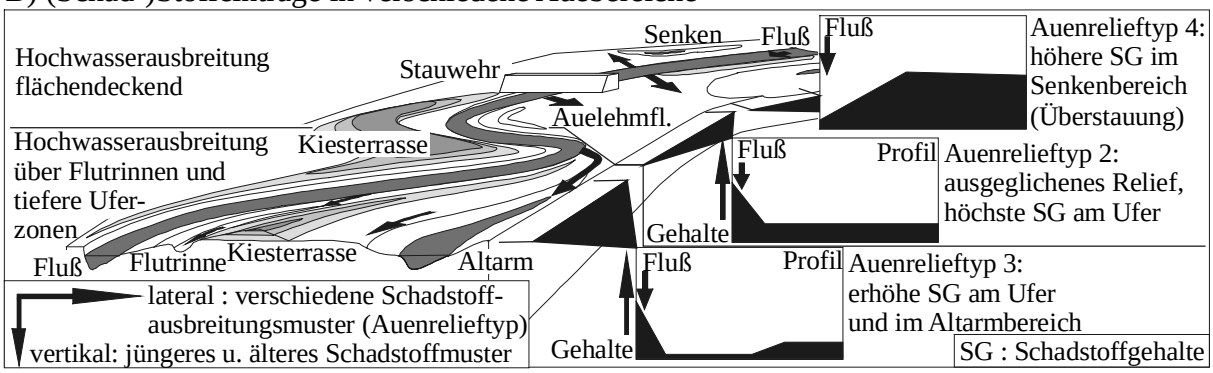
4.1 Historische Stoffverteilung und ihre Wirkung

Spätestens seit der Vereinigung der beiden deutschen Staaten 1989/90 erfolgte durch die Stilllegung zahlreicher ostdeutscher Altindustriestandorte und Bergbaubetriebe eine deutliche Verbesserung der Wasserqualität der Mulde und damit auch eine Reduzierung der Schadstofffracht (OTTO & MLEINEK 1997; ANONYMUS 1996).

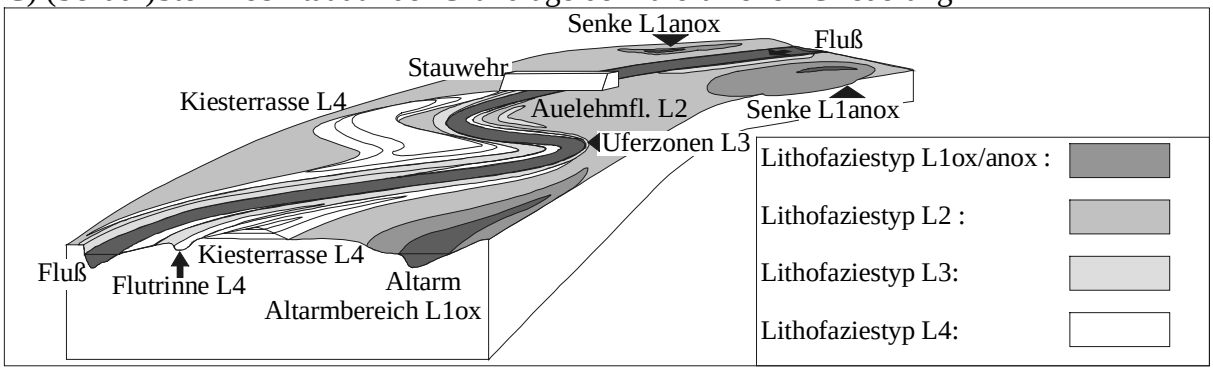
A) hydrogeologische-hydrochemische Verhältnisse



B) (Schad-)Stoffeinträge in verschiedene Auebereiche



C) (Schad-)Stoffmobilität auf der Grundlage der lithofaziellen Gliederung



D) (Schad-)Stoffwirkungspfade und potentielle Austragsbereiche

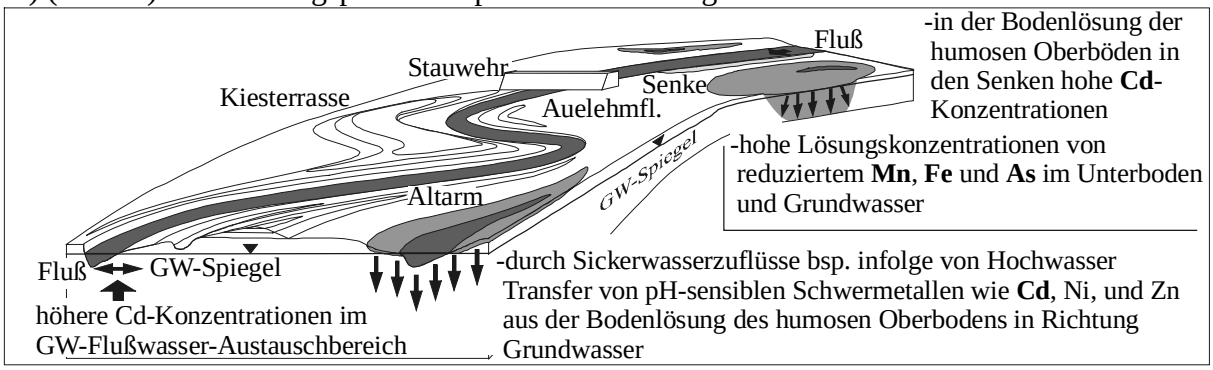


Abb. 4-1: Zusammenfassung der hydrogeologisch-hydrochemischen Verhältnisse, der (Schad-)Stoffverteilung aufgrund der differenzierten Hydrogeomorphologie, der Klassifizierung der Elementmobilität nach Lithofaziesbereichen und der Stoffwirkungs- und Gefährdungspfade in der Muldeaue (idealisierte Darstellung; Pfaddarstellung für Schwermetalle/Metalle in Abb. 4-2).

Seit der Fertigstellung des Muldestausees und des dazugehörigen Staudamms im Jahre 1979 verringerte sich die Sedimentfracht über die Oberläufe aus dem Erzgebirge. Höhere Frachtraten werden in der Mulde gegenwärtig fast ausschließlich bei größeren Hochwasserereignissen wie im August 2002 nachgewiesen. Wiederholt sind erhöhte Schadstoffkonzentrationen und Gehalte von As, Cd und Zn in den frisch abgelagerten Hochflutsedimenten festgestellt worden (ANONYMUS 2002, 2003). Diese setzen sich meist aus umgelagerten (erodierten) und belasteten Bodensubstrat und Flusssedimenten, aber auch aus erodiertem Haldenmaterial zusammen (BIRKE et al. 1995). Die Hochflutschlämme besitzen infolge der Sortierung durch den Flußtransport oft einen erhöhten Feinkornanteil. Höhere Schadstoffgehalte sind häufig die Folge, da die Feinkornfraktion in der Regel die höhere Sorptionskapazität besitzt. Auf Korngrößeneffekte im Zusammenhang mit Schadstoffgehalten wird im Kap. 2.2.1 eingegangen. Die Zusammensetzung der Hochflutschlämme ist dementsprechend von den örtlichen Ablagerungsbedingungen abhängig, was die Aussagefähigkeit und Vergleichbarkeit mit Probenmaterial anderer Standorte stark einschränkt. Gesicherte Aussagen über die historische Schadstoffbelastung und Trends in den Überschwemmungsgebieten sind nur über langfristig angelegte Wiederholungsprobenahmen am gleichen Ort unter vergleichbaren Bedingungen möglich. Einfacher ist es, sedimentäre Ablagerungsprofile im Bereich von Gleithängen am Flußufer vertikal abzuteufen, die allerdings ebenfalls lokal unterschiedliche Ablagerungsräume repräsentieren. Jedoch enthalten solche Profile längere Sequenzen mit zahlreichen sedimentären Feinablagerungen. Sedimentabfolgen über lange Ablagerungszeiträume besitzen demnach eine weitaus größere Aussagefähigkeit zur Flußgeschichte und damit auch zur Entwicklung der Schadstoffverteilung.

Zur Unterscheidung anthropogen verursachter Stoffeinträge von der natürlichen Hintergrundbelastung wurden Element-Gehalte mit den Hintergrundwerten der LABO-Liste und eigenständig erhobenen Hintergrundwerten verglichen. Der Stoffeintrag erfolgte in erster Linie über die Mulde und das Spittelwasser. Deutlich höhere Bodengehalte innerhalb der eingedeichten Überschwemmungsgebiete im Vergleich zu Außendeicharealen dokumentieren, daß Lufteinträge nur einen sehr geringen Anteil an der Verteilung von Ag, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Sn, V, W, Zn in den Aueböden haben.

Rezente und fossile Oberböden weisen bei den untersuchten Elementen die höchsten Gehalte auf. Deren Schadstoffgehalte sind vergleichbar, teils aber auch in den fossilen Oberbodenhorizonten höher. Die Elemente As, Cd, Ni, Zn und U in den rezenten und fossilen Oberböden der Muldeaue stammen hauptsächlich aus den Industrie- und Bergbaugebieten Sachsens, einschließlich des Erzgebirges. In den Aue-Oberböden des Spittelwassers (Transekt II) konnten ausschließlich hohe Gehalte an Ag, Sn, Cr sowie an W festgestellt werden. Die untersuchten Verteilungsmuster von Cu, Pb und V deuten dagegen auf Einträge aus beiden Regionen hin.

Die industriell-bergbauliche Urangewinnung im Erzgebirge startete in großem Umfang erst 1946/47 mit der Gründung der SDAG Wismut (WISMUT GmbH 1999). Folglich korreliert dieses Ereignis mit großer Wahrscheinlichkeit mit der sprunghaften Erhöhung der Uranbelastung der Mulde. Hohe U-Gehalte von maximal 50 - 80 mg/kg U ließen sich ausschließlich in den rezenten und fossilen Oberbodenhorizonten im Vergleich zu Gehalten von 6 - 7 mg/kg U in den Unterböden (Median) und einem vergleichbaren Hintergrundgehalt von 8 mg/kg feststellen. Entsprechend deuten höhere Gehalte an As, Zn, Cu, Ni, Pb und Sn in den Unterbodenhorizonten auf ein älteres, vor 1946/47 entstandenes Elementmuster hin. Ergebnisse von Korrelations- und Faktorenanalysen bestätigen die Existenz der Elementverteilungsmuster, lassen aber keine eindeutige Differenzierung zwischen dem Einzugsgebiet der Zwickauer und Freiberger Mulde aufgrund überschneidender lagerstättengenetischer Vergesellschaftungen zu. Ältere Eintragsmuster, zu dem auch höhere As- und Cd-Gehalte hinzugerechnet werden

müssen, erweisen sich als höchst problematisch. Höher belastete Unterböden in den unterschiedlich GW-beeinflußten Senkenbereichen können einer intensiveren Redox-Dynamik unterliegen, die zu einer Erhöhung der Stoffmobilität führt.

Die Erfassung der horizontalen Elementverteilung in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen anhand der Transekte I - IV war Grundlage der Differenzierung lithofaziell und hydrogeomorphologisch unterscheidbarer Auebereiche. Der Vergleich zwischen Fließgewässerentfernung und Geländehöhe hinsichtlich der Elementgehalte zeigte, daß die Geländehöhe allein nicht ausschlaggebend ist. Die Untersuchung der morphologisch sehr unterschiedlich ausgeprägten Arbeitsgebiete hatte sogar zum Ergebnis, daß die Entfernung zum Fließgewässer für die Abnahme der Gehalte einen stärkeren Einfluß hat. Eine Clusteranalyse der Elementgehalte Ag, As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Sn, U, V, W und Zn im Vergleich zum Fließgewässerabstand und der Geländehöhe bestätigte dies. Demnach besteht kein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen Geländehöhe, Überschwemmungsneigung und Belastungsgrad. Für den Elementeintrag ist vor allem die Geländemorphologie und insbesondere die Anlage möglicher Fließwege und natürlicher Barrieren wie Uferwälle und hohe Kiesterrassen zu beachten. Auch ist die unterschiedliche Reichweite der Sedimentation und die Unterscheidung zwischen Qualmwasseraufstiegen und tatsächlichen Oberflächenwasserzuflüssen wichtig. Der Vergleich der Geländemorphologie mit einfachen Auereliefttypen, ermöglicht eine geländespezifische Prognose der großräumigen Stoffverteilung insbesondere bei einem großräumigen Umweltmonitoring. Zusätzlich sind Beobachtungen zur Ausbreitung von Hochwässern in der Aue notwendig.

4.2 Mobilität von Metallen und Schwermetallen in unterschiedlicher Lithofazies

Die Mobilität von Schwermetallen und Metallen in den Böden der Muldeaue wurde flächendeckend mittels Königswasserextraktion sowie EDTA- und NH_4NO_3-Elution (annähernd pflanzenverfügbarer, leicht nachlieferbarer Anteil) bestimmt und zum Gesamtgehalt (RF-Analysen) in Bezug gesetzt. Punktuelle Mobilitätsuntersuchungen in lithofaziell und hydrogeomorphologisch untergliederten Teilbereichen wurden mit Hilfe der sequentiellen Extraktion nach ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) an ausgesuchten Proben durchgeführt.

Arsen ist im wesentlichen an schlecht kristalline Fe-Oxide und sekundär residual gebunden. Unterschwellig ist As EDTA-löslich. As ist zudem auch an gut kristalline Fe-Oxide fixiert. In anoxischen Bodenbereichen wurden Verluste in der Residual- und in den Fe-Oxid-Fraktionen im Gegensatz zur Erhöhung u.a. der Pflanzenverfügbarkeit festgestellt (As-Reduktion).
Cadmium ist zum Großteil in der leicht nachlieferbaren und pflanzenverfügbaren Fraktion (NH_4NO_3) vertreten und reagiert empfindlich auf Änderungen des pH-Werts und der Substratzusammensetzung. Höhere pflanzenverfügbare Anteile sind demnach eher in gering durchlässigen bindigen Auelehmen als in kiesig-sandigen Bodensubstraten festzustellen.
Chrom ist überwiegend residual gebunden und an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide festgelegt. Entsprechend schlecht läßt sich Cr aus der Bodenmatrix herauslösen.
In der Residualfraktion findet sich ein Großteil des **Kupfers** im Boden wieder. Die erhöhte Mobilisierbarkeit von Cu durch EDTA ist in humosen Oberböden auf eine starke Affinität zur Bindung an die organische Bodensubstanz zurückzuführen.
Ähnlich stark ist auch **Blei** in den Oberböden an die organische Bodensubstanz gebunden, was die Löslichkeit mit Hilfe von EDTA dokumentiert. Sekundär sind Residualanteile und an schwach kristalline Fe-Oxide gebundenes Pb vertreten.
Nickel und **Zink** verfügen über einen dominanten Residualanteil, der auf stärker spezifische Bindungen an Tonminerale oder den Einbau in feste Mineralstrukturen hinweist. Weiterhin adsorbieren oder okkludieren Ni und Zn an/in schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide der Aueböden.

Cd, Zn, Pb und Mn reagierten in Versuchen an anoxischen Proben aus Bodenprofilen des Transekts I infolge der Trocknung, Oxidation und der Senkung des pH-Werts mit einer Erhöhung des mobilen und pflanzenverfügbaren Anteils. Andererseits wurde im Rahmen der sequentiellen Extraktion bei Cd, Zn, As, Cd, Cu und Pb eine Erhöhung der an schlecht bis gut kristalline Fe-Oxide und der residual gebundenen Elementanteile festgestellt. Trocknungseffekte verursachten eine Stabilisierung der Bindungsverhältnisse durch Vergrößerung der Fe-Oxid- und der Residualfraktion. Zudem bewirkt die Senkung des pH-Werts bei mobileren Fraktionen eine Verschiebung hin zur pflanzenverfügbaren Fraktion.

Auf der Basis der flächendeckenden Mobilitätsuntersuchungen ließen sich den vier Lithofaziestypen folgende charakteristische Elementmuster zuordnen (s.a. Abb. 4.1):

Der ***Lithofaziestyp L1*** umfaßt überwiegend schluffig-tonige, häufig vergleyte und GW-beeinflußte Auelehmböden der Senkenbereiche. Nahezu alle Elemente weisen bei unterschiedlichen E_H- und pH-Werten höhere Mobilitäten auf. Im anoxischen, schwach sauren bis neutralen Bodenbereich ließen As, Fe, Mn und im stärker aeroben, sauren Milieu die Elemente Cd, Cu, Ni, Pb, Zn eine höhere Pflanzenverfügbarkeit erkennen.

Lithofaziestyp L2 repräsentiert weitgehend undifferenzierte, teils mehr oder weniger sandige Auelehmböden. Die Böden weisen generell eine geringe Elementmobilität und ein entsprechend hohes Retentionsvermögen für Schwermetalle und Metalle auf.

Lithofaziestyp L3 betrifft vorrangig sandige Böden der Uferbereiche der Mulde und des Spittelwassers sowie sandige, teils schluffige Flutrinnen (Transekt IV). Leicht erhöhte KW- und EDTA-Anteile waren für die Elemente As, Cu, Fe, Mn, Ni und Pb festzustellen. Verstärkt pflanzenverfügbar sind insbesondere die Elemente Cu, Fe, Pb und Zn in den Oberböden am Spittelwasser, was in erster Linie auf die niedrigen pH-Werte zurückzuführen ist.

Dem ***Lithofaziestyp L4*** sind Kiesterrassen und kiesige Flutrinnen der Untersuchungsgebiete der Transekte III und IV zugeordnet. Mn und Zn in den Oberböden sind verstärkt EDTA-löslich. Hingegen weisen Cu, Pb sowie Cd, Ni und Zn in vereinzelt eingeschalteten feinkörnigen Horizonten eine erhöhte Pflanzenverfügbarkeit auf.

4.3 Hydrologie

Die Beobachtung der Hydrodynamik in Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereichen (April 1997 - April 1999) ist von besonderer Wichtigkeit, um mögliche Wirkungspfade des Stofftransfers zu erkennen (s.a. Abb. 4-1).

Es konnte gezeigt werden, daß in dieser Region Hochwasserperioden mit flächenhaften Überschwemmungen im Winterhalbjahr einen größeren Sickerwasserbeitrag liefern, als es Niederschläge mit 450 - 600 mm im Vergleich zu einer mittleren Verdunstungsrate von 450 mm pro Jahr vermögen. Im Zeitraum von zwei Jahren konnten Hochwasserspitzen im März 1998, November 1998 und März 1999 beobachtet werden. Sommerliche Niedrigwasserstände wechselten periodisch mit winterlichen Hochwasserständen ab. In Auebereichen bei Greppin, am Spittelwasser bei Jessniz und bei Schierau/Priorau wurden im Verlauf des Hochwassers an den Transekten I, II und III über Grundwassermeßstellen Wasservolumina von ca. 4.000 m^3 bis nahezu 200.000 m^3 in Senken und Altarmbereichen ermittelt. Eine Wasserbilanz des Hochwassers im April 1998 beschreibt den Ablauf und die Versickerung des Oberflächenwassers in Senken und Altarmbereichen und stellt die Grundlage für eine überschlägige Stoffmengenbilanz dar.

In einer Hochwasserphase ist auch die Differenzierung der unterschiedlichen Wasserbewegungen in der Aue hinsichtlich der Stoffdynamik von großer Bedeutung. Über die Ufer in Senken und Altarmbereiche einfließendes Oberflächenwasser ist hier von aufsteigendem Grundwasser, genannt Qualmwasser, zu trennen. Modellrechnungen zeigen, daß unter gespannten Grundwasserverhältnissen wie in Senkenbereichen mit geschlossener Auelehmdecke und hoch anstehendem Grundwasser aufgrund niedriger Speicherkoeffizienten ein schneller Grundwasseranstieg und eine rasche Qualmwasserbildung erfolgen kann. Umgekehrt ist bei ungespannten und verbreitet sandig-kiesigen Verhältnissen, entsprechend hohen Speicherkoeffizienten und nur unvollständiger Auelehmverbreitung ein längerer Grundwasseranstieg durch die Flußwasserinfiltration in den Grundwasserleiter zu erwarten. Die Qualmwasserbildung ist deutlich geringer und wird bei weiter steigendem Flußwasserstand von Oberflächenwasserzuflüssen unterbrochen.

4.4 Hydrochemische Standortverhältnisse

Die hydrochemischen Verhältnisse in lithofaziell und hydrogeomorphologisch unterscheidbaren Auebereichen lassen eine komplexe Stoffdynamik erkennen (s.a. Abb. 4-1).

Ein geeigneter Indikator für Sickerwassereinträge in Boden- und Grundwasserbereiche ist Nitrat mit erhöhten Konzentrationen von 22,5 - 23,4 mg/l NO_3^- im Muldewasser. Neben der Pflanzenaufnahme wird NO_3^- im Boden- und Grundwasserbereich vorzugsweise zu NH_4^+ mikrobiell abgebaut.
Höhere Konzentrationen von Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, Cl^- und SO_4^{2-} im Spittelwasser dokumentieren die Kontamination mit verschiedenen Chemikalien wie Salzen, Säuren (HCl), Laugen und anorganischen/organischen Chlorverbindungen sowie die anhaltend schlechte Wasserqualität. Niedrige O_2-Konzentrationen und hohe Leitfähigkeiten von >1000 µS/cm im Spittelwasser deuten ebenfalls auf eine immer noch vorhandene organisch-anorganisch stoffliche Belastung hin. Deutlich höhere SO_4^{2-}-Konzentrationen im Spittelwasser von durchschnittlich 440 mg/l SO_4^{2-} wurden im Vergleich zur Mulde mit 98 mg/l SO_4^{2-} festgestellt. Nach der Einmündung des Spittelwassers in die Mulde zeigen 113 mg/l SO_4^{2-} (Median) einen leichten Eintrag aus dem kleineren Gewässersystem an. Höhere Konzentrationen an Cd, Ni und Zn befanden sich in erster Linie in Bodenlösungen der humosen, sandigen Oberbodenhorizonte am Spittelwasser und deuten eine deutlich höhere Verfügbarkeit der genannten Schwermetalle an.

Lithofaziestyp L1(anox): Aueböden in Senken am Transekt I wiesen dauerhaft geringe GW-Flurabstände bei anhaltend anoxischen bis stark anoxischen Verhältnissen auf. Aufgrund mikrobiologisch gesteuerter Reduktionsprozesse steigt der pH-Wert infolge des Verbrauchs von H^+-Protonen mit zunehmender Bodentiefe bis zum Neutralpunkt an. Die Redox-Dynamik verursacht mit zunehmender Wassersättigung und geringerem GW-Flurabstand niedrige E_H-Werte. Symptomatisch sind auch erhöhte DOC-Konzentrationen und bei weiterem Abbau hohe HCO_3^--Konzentrationen im Boden- und Grundwasserbereich. Anorganischer Kohlenstoff konnte in Form von Karbonaten in den Böden nicht festgestellt werden. Eisen und Mangan werden durch Redox-Prozesse beeinflusst und weisen im stark anoxischen Milieubereich hohe Konzentrationen von 34 - 48 mg/l Fe oder 10 - 23 mg/l Mn auf. Die mikrobiell gesteuerte Reduktion von Fe und Mn zu Fe(II) und Mn(II) resultiert aus der Zerstörung von Mn-Oxiden und Fe-Oxiden/-Hydroxiden (u.a. Goethit und Ferrihydrit). Während Mn bereits bei E_H-Werten von 200 - 300 mV quantitativ reduziert wird und in Lösung geht, war dies bei Fe(II)-Ionen erst bei Unterschreitung des E_H-Werts von 100 mV zu beobachten. Unter den starken anoxischen Bedingungen deuten niedrige SO_4^{2-}-Konzentrationen eine mikrobielle Reduktion und mögliche Sulfidbildung an. Fluor geht dagegen verstärkt in anoxischen Milieubereichen in Lösung. Einerseits verstärkt infolge intensiver Reduktionsprozesse die

Anhebung des pH-Werts die Desorption von F^-, andererseits fallen Fe-Oxide/-Hydroxide als wichtige Adsorbentien für F^- weg.
In stark anoxischen Boden- und Grundwasserbereichen des Transekts I (Lithofaziestyp L1anox) wurden extrem hohe Arsen-Konzentrationen von durchschnittlich 1,5 mg/l As bis zu 29,5 mg/l As nachgewiesen. Die Redox-Dynamik bewirkt die Auflösung von Oxiden und Hydroxiden des Mangans und Eisens und zugleich die Mobilisierung von gebundenem As. Zudem wird mit der Unterschreitung von E_H-Werten um 150 - 100 mV fünfwertiges As zu mobilerem As(III) reduziert. Eine ähnliche Abhängigkeit von Fe-Oxiden/-Hydroxiden ist auch für Cr anzunehmen, wenn auch deutlich geringere Cr-Konzentrationen im anoxischem Milieu im Vergleich zu As gemessen wurden. Zudem steigt unter diesen Milieubedingungen der pH-Wert an, was ebenfalls zur Erhöhung der Mobilität von anionischem Chromat beiträgt. Dagegen sind die Schwermetalle Cd, Ni und Zn im stark anoxischem Milieu aufgrund hoher pH-Werte und möglicher Sulfidbildung relativ immobil, solange das Milieu durch äußere Einflüsse wie Hochwasserereignisse nicht verändert wird.

Lithofaziestyp L1(ox): Im Altarmbereich des Transekts III wurden schwach anoxisch bis oxische Milieubedingungen angetroffen. Der GW-Flurabstand variiert von Sommer zu Winter relativ stark, was die Einstellung permanent anoxischer Bedingungen verhindert. Entsprechend niedrig sind die pH-Werte im Boden- und Grundwasser (pH ≈ 6). Kurzzeitig anoxische Verhältnisse während der Hochwasserphasen im Altarmbereich erzeugen nur leicht erhöhte As-, Mn- und Fe-Konzentrationen. Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, und SO_4^{2-} sind in höheren Konzentrationen vorhanden, was mit der leichten Austauschbarkeit gegenüber anderen Kat- und Anionen begründet werden kann. K^+ wird entsprechend der Kalium-Selektivität in bindigen, tonmineralhaltigen Bodensubstraten bevorzugt festgelegt und der Bodenlösung entzogen (Einbau in Tonminerale). Biologische Abbauprozesse lassen speziell im Übergang von Sommer zur Herbst/Winter-Periode auch im Altarmgewässer die HCO_3^-- aber vor allem die CO_3^{2-}-Konzentrationen steigen, was pH-Werte des Altarmgewässers im alkalischen Bereich anzeigen. Neben niedrigen pH-Werten im Boden- Grundwasserbereich konnten allerdings auch höhere SO_4^{2-}-Konzentrationen festgestellt werden. Wahrscheinlich ist, daß die Sorption anderer Anionen wie Phosphat oder auch gelöster organischer Substanz zu einer Erniedrigung des Ladungsnullpunkts beiträgt und die Adsorption des leicht austauschbaren Sulfats unterbindet. Aluminium zeigt im Altarmbereich des Transekts III aufgrund niedriger pH-Werte in den Bodenlösungen höhere Konzentrationen. Die chemisch eng miteinander verwandten Schwermetalle Cd, Zn und Ni dokumentieren aufgrund ihres Mobilitätsverhaltens eine starke Abhängigkeit vom pH-Wert. In schwach aeroben bis aeroben Bodenbereichen der Senken und Altarmbereiche der Transekte I und III wurden in den Oberböden hohe Konzentrationen dieser Schwermetalle festgestellt. Neben dem pH-Wert bewirken auch mikrobiell gesteuerte Abbauprozesse der organischen Substanz, die Wurzelatmung (CO_2-Produktion) sowie die selektive Kationenaufnahme durch Pflanzen die erhöhte Mobilität von Cd, Ni und Zn. Der Transport von Cd, Ni, und Zn bis in den Grundwasserbereich wird trotz niedriger pH-Werte durch die Sorption an Tonminerale und stabile Fe-/Mn-Oxide/Hydroxide minimiert. Schwach anoxische bis oxische Boden- und Grundwasserbereiche weisen deutlich geringere Fe-, Mn- und As-Konzentrationen auf. Nach Gleichgewichtsberechnungen und Speziesanalyse sind überwiegend As(V)-Spezies im Boden- und Grundwasser des Altarmbereichs vertreten.

Lithofaziestyp L2: Grund- und Bodenwasser im Auelehmbereich, der die Altarmzone umgibt, unterscheiden sich neben etwas höheren E_H- und pH-Werten sowie O_2-Konzentrationen nur wenig von den Verhältnissen im Altarmbereich. Die Stoffkonzentrationen im Boden- und Grundwasser sind meist moderat bis leicht erhöht (Cd), erreichen jedoch meist nicht oder nur annähernd die Verhältnisse im Altarmbereich und bestätigen somit das hohe Retentionsvermögen des Auelehms gegenüber mobileren Schwermetall- und Metallfraktionen.

Lithofaziestyp L3-4: Uferbereiche, Terrassen und Flutrinnen des Transekts III repräsentierten eine überwiegend kiesig-sandige Lithofazies mit stabilen aeroben Milieubedingungen. Dem grobkörnigen Bodensubstrat fehlen tonig-schluffige Anteile, was zu einer höheren Porosität und Durchlässigkeit sowie einer geringeren Aggregatstabilität und einem geringeren Sorptionsvermögen führt. Entsprechend steigen die DOC-Konzentrationen in den Bodenwässern der humosen Oberbodenhorizonte dieser Auestandorte an, die unter nicht zu trockenen Bedingungen optimale Bedingungen für einen gesteigerten aeroben mikrobiellen Abbau der organischen Substanz bieten. Sandig-kiesige Standorte mit humosen Oberböden der höhergelegenen Uferbereiche, Terrassen und auch Flutrinnen weisen höhere K^+- und niedrigere Ca^{2+}-, Mg^{2+}-, Na^+-Konzentrationen auf. Kalium wird unter diesen Bedingungen aufgrund der Kationen-Selektivität (kleinere Hydratationsenthalpie, Ionengröße) eher von Bindungsplätzen verdrängt als andere Hauptkationen. An kiesig-sandigen Standorten zeigt Al einen korrelativen Zusammenhang zu den DOC-Konzentrationen, was auf die Bindung von Al an die organische Bodensubstanz und auch auf die Bindung an gelöste organische Komplexe hindeutet. Nach Gleichgewichtsberechnungen bildet Al in der Lösung neben Al-Hydroxid-Komplexen vor allem Verbindungen mit Fluor (AlF_2^+, AlF_3 AlF^{+2}). Cu ist in erster Linie an die organische Bodensubstanz gebunden und weist wie Al erhöhte Konzentrationen in der Bodenlösung kiesig-sandiger Standorte auf. Positive Korrelationen zu DOC-Konzentrationen lassen die Bildung löslicher organischer Cu-Komplexe in den Bodenlösungen vermuten. Gleichgewichtsberechnungen verschiedener Cu-Spezies liefern weitere Argumente für die Existenz organischer Cu-Komplexe. In den Unterbodenhorizonten sind Fe/Mn-Oxide oder Tonminerale primäre Adsorbentien von Cu. Erhöhte Cr-Konzentrationen in den sandig-kiesigen Oberböden deuten ebenfalls auf eine Mobilisierung von Cr in Form gelöster organischer Cr-Komplexe hin. Pb wurde nur in sehr geringen Konzentrationen von <10 µg/l in Oberflächen-, Boden- und Grundwasserbereichen nachgewiesen und zeigt kein interpretierbares Verteilungsmuster.

Unter Berücksichtigung der Haupt- und Nebenbestandteile dominiert im Boden- und Grundwasser der Ca-SO_4-Typ. Davon abweichend existieren in anoxischen Bereichen Ca-Mn-HCO_3-SO_4- bzw. Ca-Fe-HCO_3-Wässer. An sandig-kiesigen Standorten der Kiesterrassen und Flutrinnen ist das Bodenwasser als K-Ca-SO_4- oder Ca-K-SO_4-Typ zu charakterisieren. Die Fließgewässer Mulde und Spittelwasser repräsentieren dagegen einen Ca-Na-SO_4-Cl-Typ.

4.5 Hydrochemische Dynamik

Die Mobilitäts- und Konzentrationsverhältnisse der beobachteten Stoffe korrelieren nachweislich mit dem saisonalen Verhalten der wichtigen physiko-chemischen Parameter im Oberflächen-, Boden- und Grundwasser.

Die Dynamik bio-, hydro- und bodenchemischer Vorgänge wird u.a. durch die Temperatur mit Schwankungsbreiten von durchschnittlich 20° C im Sommerhalbjahr (April - September) und ca. 10° C im Winterhalbjahr (Oktober - März) gesteuert.

Bei allen drei Hochwässern im März 1998, November 1998 und März 1999 wurde unmittelbar zum Beprobungstermin in den meisten Fällen Erhöhungen der E_H-Werte in den Grundwasserbereichen der Meßstellen der Transekte I und III und in der Mulde registriert. Die Infiltration von O_2-reichem Sickerwasser verursachte insbesondere im stark anaeroben Grundwassermilieu einen deutlichen Anstieg (Transekt I). Zudem leiteten O_2-reiche Sickerwasserzuflüsse in den stark anaeroben Bereichen Oxidationsprozesse und infolgedessen eine Senkung des pH-Werts ein. Dagegen konnten während der Sommermonate bei anhaltender Anoxizität in den Bodenhorizonten höhere pH-Werte beobachtet werden. Schwächer anoxisch bis oxische Boden- und Grundwasserbereiche zeigten keine vergleichbaren Milieuwechsel.

Größere Abflußmengen der Fließgewässer in den Wintermonaten führten zu einer Verringerung der Konzentrationen an gelösten Stoffen, insbesondere von Na^+, Ca^{2+}, K^+, Mg^{2+}, F^-, Cl^-, CO_3^{2-}, HCO_3^-, Mn und DOC. Damit verbunden war die Abnahme der Leitfähigkeit und des pH-Werts in der Mulde und im Spittelwasser. Die Verringerung der gelösten Stoffmenge im Winter kann zum einen auf die Erhöhung der Abflußmenge, zum anderen aber auch auf die geringere biologische Aktivität im Gewässersystem der Muldeaue zurückgeführt werden. In den Bodenlösungen wurde im Winterhalbjahr ein Rückgang der Cu-, Ca^{2+}-, SO_4^{2-}-, und DOC-Konzentrationen im Gegensatz zu einem Anstieg von Mn, CO_2^{2-}, HCO_3^-, NO_3^- nachgewiesen. Winterliche Überschwemmungen erhöhten die Infiltration von O_2-reichen Sickerwasser und verursachten somit die angesprochene Erhöhung des E_H-Werts im Grundwasser. Korrelationen lassen eine Konzentrationszunahme von Cd, NO_3^-, P_{ges} und Al bei steigendem Grundwasser erkennen. Parallel dazu verringerten sich die Fe-, Mn-, Na^+-, Ca^{2+}-, Mg^{2+}-, Cl^-- und SO_4^{2-}-Konzentrationen. Im Sommerhalbjahr erfolgte eine Verringerung der Wassermenge (Abfluß, Sickerwasser) und eine Umkehr der hydrochemischen Verhältnisse im Vergleich zum Winter.

Der Nitrat-Eintrag kennzeichnet die Sickerwasserinfiltration während einer Hochwasserphase. Nitrat-belastetes Oberflächenwasser der Mulde versickerte vorrangig in den Senken- und Altarmbereichen.

Ein Anstieg der Cd-Konzentrationen der Mulde in der Winterzeit korreliert ebenfalls mit den Cd-Konzentrationen der Grundwasserbereiche der Transekte I und III. Zudem wurden in anoxischen Bereichen des Transekts I während der Überschwemmungen erhöhte Cd-Konzentrationen festgestellt. Diese übertreffen um ein Vielfaches die Konzentrationen in der Mulde und deuten auf Remobilisationseffekte von Cd durch Infiltrationen von O_2-reichen Sickerwasser im Boden- und Grundwasserbereich hin. Oxidationsprozesse verursachen die Senkung des pH-Werts und möglicherweise auch die Mobilisierung von sulfidisch gebundenem Cd. Mit dem Hochwasserabfluß bewegte sich im Grundwasserabstrom sehr wahrscheinlich auch remobilisiertes Cd in Richtung Mulde.

Bis zum Winteranfang 1998 stiegen zudem die Konzentrationen von As in der Mulde wie auch im Grundwasser an. Die Intensität mikrobiell gesteuerter Redoxprozesse in den Oberflächengewässern wie im Boden- und Grundwasser nahm im Spätsommer bis Herbst insbesondere in anoxischen Senkenbereichen entsprechend zu, wobei As(V) zu As(III) reduziert und dadurch As insgesamt mobilisiert wurde (Transekt I). Mit dem November-Hochwasser und der Infiltration von O_2-reichem Muldewasser verringerten sich die As-Konzentrationen der Mulde und zeitversetzt die der Grundwasserbereiche aufgrund von Oxidation und Immobilisierung. Ein Teil der reduzierten As-Spezies wurde sehr wahrscheinlich verdrängt und im Grundwasserabstrom in Richtung Mulde abtransportiert.

Überschwemmungen im schwach aeroben bis aeroben Boden- und Grundwassermilieu des Transekts III bewirkten im Vergleich zu anoxischen Bereichen geringere Änderungen der Konzentrationen. Die Verhältnisse im Altarmgewässer des Transekts III deuten darauf hin, daß Arsen in Standgewässern auch über die Pflanzenaufnahme (Algen, Bakterien) und biologische Abbauprozesse umgesetzt wird. Von Sommer bis Herbst verbleibt As im biologischen Kreislauf, kann wiederholt remobilisiert und bei Überschwemmungen und Infiltrationen vom Oberflächenwasser transportiert werden.
Die Ergebnisse zeigen eine komplexe Stoffdynamik im Sicker- oder Grundwasserstrom der Muldeaue, die durch einfache Durchbruchsszenarien nicht beschreibbar ist. Aufgrund der sedimentären Vorgeschichte enthält die Bodenmatrix über das gesamte Aue-Vertikalprofil der Mulde ein großes Potential an Schwermetallen und Metallen. Gesamtgehalte haben, wenn nicht extreme Unterschiede in der Vertikalen auftreten, keinen unmittelbaren Einfluß auf die

Konzentration der mobilen Phasen im Boden- und Grundwasser. Entscheidend für die Einstellung der Lösungskonzentrationen im Kontakt zur Bodenmatrix sind jedoch die saisonal zum Teil stark schwankenden geo-hydrochemischen Milieubedingungen. Bei Hochwasser kommt es durch Grundwasseranstieg oder Sickerwasserzufluß zur Änderung der Hydrochemie, der Lösungsgleichgewichte und der Stoffdynamik. Zur vollständigen Erfassung dieser wechselnden Verhältnisse ist die ständige Kontrolle wichtiger physiko-chemischer Parameter, der Stoffkonzentrationen und wenn möglich auch die Berechnung oder Analyse der aktuellen Speziesverteilung unumgänglich.

Die Ganglinienverläufe hydrochemischer Stoffparameter ließen im Zeitraum von April 1997 - April 1999 einige wichtige Entwicklungen erkennen. Die Konzentrationen der Hauptkat- und -anionen sowie die DOC-Konzentration nahmen in den Oberflächengewässern und größtenteils auch im Grundwasser tendenziell ab. Ansteigende Kat- und Anionensummen wie auch Konzentrationen von Arsen, Ammonium, Mangan und Eisen waren dagegen in stark anoxischen Grundwasserbereichen des Transekts I festzustellen. Permanent anoxische Verhältnisse führen zu höherer Stoffmobilisation und Mineralisation im Grundwasser. Voraussetzungen für die Einstellung anoxischer Verhältnisse zeigen Auebereiche mit geringen Grundwasserflurabständen, die meist durch eine relativ geschlossene Auelehmdecke mit gespannten bis teilgespannten Verhältnissen im GWL auffallen. Verhältnisse dieser Art waren in der Muldeaue im GW-Aufstaubereich der Wehranlage bei Greppin/Bitterfeld zu beobachten.

4.6 Gefährdungspotentiale und Schlußfolgerungen

Von den untersuchten Schwermetallen und Metallen Ag, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, U, W, V und Zn in der Muldeaue wiesen As, Cd, Cr und Zn zum Teil sehr hohe Gehalte in Böden und Flußsedimenten der Mulde und des Spittelwassers auf. Es wurde im Oberboden ein jüngeres und im Unterboden ein älteres Elementverteilungsmuster festgestellt. Insbesondere Arsen weist in Ober- wie in Unterböden vergleichbar hohe Gehalte auf.

Im sandigen Auebereich des **Spittelwassers** wurden **extrem hohe Bodengehalte von Cr** (**max. 9.908 mg/kg**) und im **Spittelwassersediment von Zn** (**max. 10.044 mg/kg**) ermittelt. Die extrem hohen Zn-Gehalte im Sediment des Spittelwassers verursachten keine vergleichbar hohen Konzentrationen im Spittelwasser. Dagegen wiesen Böden- und Grundwasserbereiche am Spittelwasser erhöhte Konzentrationen auf. Bei pH-Werten von pH 4 - 5 in den sandigen, humosen Bodensubstraten sind insbesondere bei Überschwemmungen im März 1998 erhöhte **Sickerwasser-Konzentrationen von Cr mit 443 und 173 µg/l** (0,3/0,8 m u. GOK) nachgewiesen worden. Die extremen Verhältnisse am Spittelwasser sind jedoch nicht auf die übrige Muldeaue übertragbar.

Als **besonders problematisch** müssen die **Arsengehalte** vor allem in **Unterböden in stark anoxischen Bereichen der Muldeaue** angesehen werden (**GW-Median 1,48 mg/l / max. 29 mg/l**). In stark Grundwasser-beeinflußten Böden mit geringen GW-Flurabständen konnten intensive Reduktionsprozesse und die Erhöhung der As-Gesamtkonzentrationen im Boden- und Grundwasser nachgewiesen werden. **Mobilitätsuntersuchungen bestätigen eine erhöhte Pflanzenverfügbarkeit von As in stark anoxischen Bodenbereichen** (Abb. 4-1, 4-2).

Eine erhöhte pflanzentoxische Wirkung von Arsen kann bis in das Grundwasser wurzelnde Auenwaldbestände auf Dauer gefährden. Sickerwasserzuflüsse infolge von Überschwemmungen führen teilweise zur Oxidation reduzierter As-Spezies oder zur Verdrängung dieser in Richtung der Mulde. Anhand von Mengenbilanzierungen konnte gezeigt werden, daß bei **Hochwasser in anoxischen Grundwasserbereichen** durch die Sickerwasserdynamik und

Verdrängungsprozesse **relevante Stoffmengenverlagerungen von As wahrscheinlich sind**. As-Konzentrationen in Grund- und Flußwasser zeigen einen ähnlichen saisonalen Ablauf. Die As-Konzentrationen in den anoxischen Boden- und Grundwasserbereichen des Transekts I sind jedoch um 35 bis >300 mal höher als in der Mulde, was beim Abfluß in den Vorfluter zu **As-Austrägen** führt. Zudem hebt **infiltrierendes O_2-reiches Sickerwasser in anoxischen Boden- und Grundwasserbereichen** die sogenannte **„Redox-Sperre“** auf. Die Folge sind Oxidationsprozesse und eine pH-Wert-Senkung, was damit zur Remobilisation von adsorbiertem, möglicherweise **sulfidisch gebundenem Cd** (Zn, Ni) führt (Abb. 4-1, 4-2).

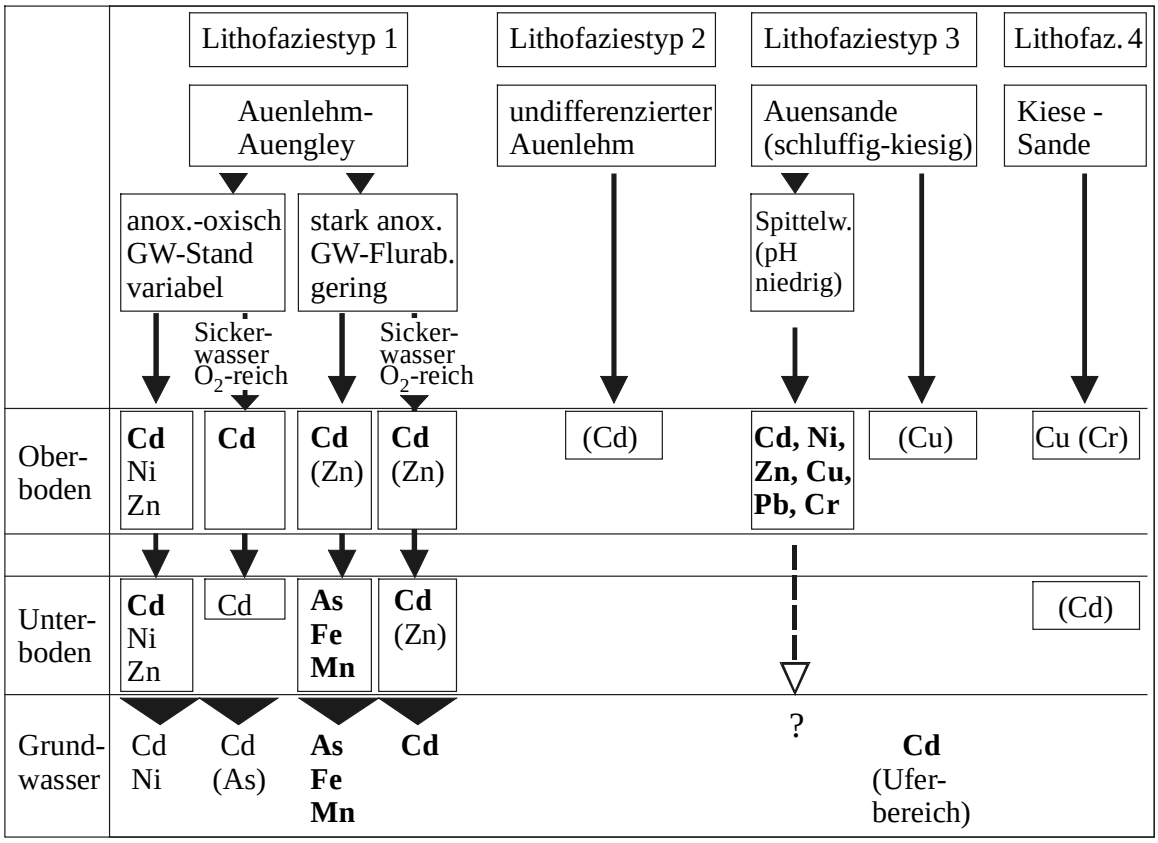


Abb. 4-2: Schema zur Gefährdungsabschätzung auf dem Wirkungspfad Boden-Grundwasser für untersuchte Schwermetalle und Arsen in unterschiedlichen Lithofaziesbereichen (Spittelw. = Spittelwasserfazies / Ufer).

In der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen herrschen in den karbonatfreien Böden meist niedrige pH-Werte, welche die Verfügbarkeit von Cd insbesondere in schwach aeroben bis aeroben Oberböden von Altarmbereichen und Senken erhöhen. Bei Überschwemmungen werden mobile Cd-Anteile in den Oberbodenlösungen über den Sickerwasserzufluß in das Grundwasser transportiert. In oxischen Auebereichen erfolgen wegen des geringeren Konzentrationsgefälles durch die Infiltration von Oberflächenwasser geringere Konzentrationsänderungen von Cd im Grundwasser als in anoxischen Grundwasserbereichen. In **Senken- und Altarmbereichen der Transekte I und III** sind generell **hohe Cd-Konzentrationen im Bodenwasser der Oberbodenhorizonte** zu erwarten. Die **hohe Cd-Pflanzenverfügbarkeit** in den Oberböden dieser Standorte reflektiert bei niedrigen pH-Werten ein **hohes Cd-Austragspotential**. Anhand der Daten wurde die Remobilisierung und der Transport der vier- bis achtfachen Cd-Stoffmenge auf dem Pfad Boden - Grundwasser im Vergleich zur Cd-Menge des infiltrierenden Oberflächenwassers bilanziert (Abb. 4-1, 4-2).

Von Stoffausträgen am stärksten betroffene Bereiche der Muldeaue sind in erster Linie die GW-beeinflußten, anoxischen Senkenbereiche mit hoher As-Verfügbarkeit. Oxisch bis schwach anoxische Altarmzonen haben dagegen ein höheres Cd-Mobilpotential in den Oberböden (Lithofaziestyp L1 oxisch/anoxisch). Eine höhere Cd-Mobilität existiert zudem in GW-Infiltrationszonen der sandig-kiesigen Uferbereiche und der stark versauerten Uferbereiche des Spittelwassers (Lithofaziestyp L3).

Die Ergebnisse verdeutlichen die Problematik, in kontaminierten Flußauen durch Wasserhaltungsmaßnahmen die Grund- und Flußwasserqualität zu gewährleisten. In den vergangenen Jahrzehnten wurde die Flußaue mehr oder weniger flächendeckend durch die stark mit Schadstoffen des Bergbaus und der Industrie belastete Mulde kontaminiert. Entsprechend repräsentierten häufig überschwemmte Aueflächen Schadstoffsenken. Die Verhältnisse haben sich seit Anfang 1990 mit dem Rückgang der Schadstoffbelastung der Mulde umgekehrt. Durch Überschwemmungen gelangt gegenwärtig überwiegend erodiertes, remobilisiertes Material aus den Uferzonen der Aue selbst auf die anliegenden Aueflächen. In der Gesamtbilanz stellt dies jedoch keine Erhöhung der Kontaminationsmengen in der Muldeaue dar. Durch Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß rezente Oberbodenhorizonte gegenüber fossilen Oberböden etwa gleich hohe oder sogar höhere Elementgehalte aufweisen. Tendenziell zeigt dieses Verhältnis eine gleichbleibende bis zurückgehende Belastung für die Auebereiche der Mulde an. Zudem ist die Stoff- und Schadstofffracht im Muldeabschnitt unterhalb des Stausees bei Bitterfeld/Wolfen deutlich reduziert. Stoffeinträge durch Überschwemmungen sind deshalb nachweislich gering im Verhältnis zum mobilen Schadstoffpotential im Boden- und Grundwasser einiger Teilgebiete. Insbesondere bei Hochwasser gelten für Schadstoffe wie Arsen und Cadmium unter den beschriebenen Bedingungen in bestimmten Senkenbereichen mit Grundwasserkontakt erhöhte Stoffmobilitäten, was diese Bereiche als Schadstoffquellgebiet kennzeichnet. Aus dem großen Schadstoffpotential in den Aueböden werden nach den jeweiligen Verhältnissen sukzessive Anteile in die Bodenlösung überführt. Diese werden bei Hochwasser infolge der Oberflächenwasserinfiltration mit dem Sickerwasser in Richtung Grundwasser und Vorfluter transportiert. Nach einer Hochwasserwelle erfolgt die Wiederherstellung der Ausgangsmilieubedingungen mit den entsprechenden Stoffkonzentrationen. Der geringste Stoffaustrag ist in Auebereichen mit Auelehmüberdeckung und größeren Flurabständen zu erwarten. Überwiegend sind davon undifferenzierte und höher gelegene Auelehmflächen betroffen (Lithofaziestyp L2).

Mit Hilfe der Differenzierung von Lithofaziestypen können großflächig Schadstoffquellgebiete in der Muldeaue erkannt werden. Wichtige Prozesse zum Verhalten bestimmter anorganischer Schadstoffe wurden erörtert, die bei Entscheidungen über umwelttechnische Maßnahmen, wie Veränderungen in der Wasserhaltung von Auebereichen, zu berücksichtigen sind. Die Problematik besitzt nach dem Hochwasser an der Elbe und den Nebenflüssen wie der Mulde im August 2002 aktuelle Brisanz. Nach den Vorgaben des Umweltschutzes wird eine umfangreiche Renaturierung ehemaliger Flußauebereiche und die Gewinnung von Retentionsflächen zur Vermeidung zukünftiger Hochwasserkatastrophen angestrebt. Die hier vorgestellten Ergebnisse fördern das Verständnis für Schadstoffumsetzungsprozesse auf den bekannten Wirkungspfaden und ermöglichen im Rahmen von Gefährdungsanalysen in Flußauen eine optimierte Bewertung.

5. Literatur

AG BODENKUNDE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4., verb. und erw. Aufl. Stuttgart : Schweizerbart, 1994. – 392 S.
ISBN 3-510-05804-7

ALLOWAY, B.J. [Ed.] (1990): Heavy metals in soils. Glasgow : Blackie, 1990. – XIII, 339 S.

ANONYMUS (1994): Regionalbericht Wasserbeschaffenheit – Regierungsbezirk Dessau; Bericht des Staatlichen Amtes für Umweltschutz Dessau/Wittenberg. Dessau, 1994. – 271 S.

ANONYMUS (1994b): ARGE Sanierung Muldeaue - Endbericht zum Modellprojekt Sanierung Muldeaue, Leistungsabschnitt 1993 / Landratsamt Bitterfeld, 1994. – 122 S. (unveröffentlicht)

ANONYMUS (1995): Umweltbericht–Sachsen-Anhalt 1995. 4. Wasserwirtschaft / Ministerium für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt, Sachsen-Anhalt. Magdeburg, 1995, S. 35 - 46 (unveröffentlicht)

ANONYMUS (1996): Umweltreport Bitterfeld 96 / Amt für Umweltschutz im Landratsamt Bitterfeld, 1996. - 109 S. (unveröffentlicht)

ANONYMUS (1997): Muldeaue in Sachsen Anhalt / Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Abteilung Naturschutz. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 34 (1997), Sonderheft

ANONYMUS (1998): Wenn nichts mehr geht, kann Arsen doch noch eine Remission herbeiführen - Studienergebnisse mit Arsentrioxid bei Leukämie bestätigt.[Elektron. Ressource]. URL http://www.aerztezeitung.de/de/htm/net/krebs/201a1005. - 05.09.1998

ANONYMUS (1999): Groundwater hydrology - distribution restriction statement. In: Engineer manual / Dep. U.S. Army Corps of Engineers 1110-2-1421, Kap. 6, S. 1 - 18

ANONYMUS (2002): Bewertung der Gewässerbelastung im Elbeeinzugsgebiet – August-Hochwasser 2002 ; Berichtszeitraum 15.08 - 06.09.2002 / Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie [Elektron. Ressource]. URL http://www.umwelt.sachsen.de/ lfug/hwz/nachrichten/ pegel/HW_Guete_5_Bild.pdf.

ANONYMUS (2003): Bewertung der stofflichen Untersuchungsergebnisse von Hochflutsedimenten und Schlämmen im Freistaat Sachsen – Kurzbericht / Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie [Elektron. Ressource]. URL http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/hwz/nachrichten/probe/Internet_5/Hochwasser_ erste_Bewertung_1.pdf.

APELLO, C.A.J., POSTMA, D. (1993): Geochemistry, groundwater and pollution. Rotterdam: Balkema, 1993. – XVI, 536 S.
ISBN 90-5410-106-7

ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK [Hrsg.] (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate Deutschlands. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 86 (1998). - 180 S.

ARGE ELBE (1999): Herkunft und Verteilung von Organozinnverbindungen in der Elbe und in Elbenebenflüssen - Sonderbericht der Arbeitsgemeinschaft für die Reinhaltung der Elbe, Nov. 1999. [Elektronische Ressource]. URL http://www.arge-elbe.de/wge/ Download/DBerichte.html.

BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W., WEIBER, R. (2000): Multivariate Analysemethoden – eine anwendungsorientierte Einführung. 9., überarb. und erw. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer. – 661 S.

BALL, J.W., NORDSTROM, D.K. (1991): WATEQ4F - user's manual with revised thermodynamic data base and test cases for calculating speciation of major, trace and redox elements in natural waters. – 188 S. – (Open-File Report / U.S. Geological Survey ; 91–183) [Elektronische Ressource]. URL http://wwwbrr.cr.usgs.gov/projects/GWC_chemtherm/pubs/wq4fdoc.pdf.

BARTH, Th. (2000): Untersuchung des Bindungsverhaltens und des Mobilisierungspotentials von Schwermetallen in den Auesedimenten der Mulde zwischen Dessau und Bitterfeld. Berlin, Technische Univ., FB Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Diplomarbeit, 2000. – 118 S. (unveröffentlicht)

BAUMANN, L. (1968): Die Mineralparagenesen des Erzgebirges – Charakter und Genese. In: [Freiberger Forschungshefte / C] 230/I (1968), S. 217 - 234

BIRKE, M., RAUCH, U., RENTZSCH, J. (1995): Environmental Results of a Regional Geochemical Survey in Eastern Germany. In: [Geologisches Jahrbuch / D] 94 (1995). – 35 S.

BLUME, H.P. [Hrsg.] (1992): Handbuch des Bodenschutzes. 2., überarb. und wesentlich erw. Aufl., Landesberg/Lech : Ecomed. – 794 S.

BLUME, H.P., BRÜMMER, G. (1987): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen mit einfachen Feldmethoden. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 53 (1987), S. 111 - 117

BRANDT, O. (1995): Schwermetallverteilung und -mobilität in Auesedimenten im Mündungsbereich der Weißen Elster in die Saale (südl. Halle) in Abhängigkeit von morphologischen und mineralogischen Faktoren. Berlin, Technische Univ., FB Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Diplomarbeit, 1995. – 134 S. (unveröffentlicht)

BRANDT, O., GEYER, S., MATHEIS, G., HENLE, K. (1999): Verteilung von Spurenelementen in Sedimenten der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen als Indikator räumlich und zeitlich differenzierbarer Eintragspfade**.** In: Leipziger Geowissenschaften 11 (1999), S. 153 - 160

BRANDT, O., GEYER, S., MATHEIS, G., HENLE, K. (2000): Verteilung und Verhalten von Spurenelementen im Sicker- und Grundwasser der Muldeaue. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 327 - 336

BRINSON, M.M. (1993): A hydrogeomorphic classification for wetlands. Washington, DC : U.S. Army Corps of Engineers, 1993. – 79 S. – (Wetlands Research Programm Technical Report ; WRP-DE-4)

BRÜMMER, G.W. (1978): Einfluß organischer Substanzen auf die Löslichkeit, Bindung und Umwandlung mineralischer Bodenkomponenten. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 27 (1978), S. 173 - 180

BRÜMMER, G.W., GERTH, J., TILLER, G. (1988): Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and Diffusion of metals. In: The Journal of soil science 39 (1988), S. 37 - 51

BRÜMMER, G.W., HORNBURG, V., HILLER, D.A. (1991): Schwermetallbelastung von Böden. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 63 (1991), S. 31 - 42

BUNDESGESETZBLATT (1998): Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. In: Bundesgesetzblatt Teil 1 (1998), Nr. 16 vom 24.03.1998, S. 502 ff.

BUNDESGESETZBLATT (1999): Bundes-Bodenschutz- u. Altlastenverordnung (BBodSchV). Teil I Nr. 36, ausgegeben zu Bonn am 16. Juli 1999. Auf Grund § 6, 8 Abs. 1 und 2 und des § 13 Abs. 1 Satz 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes vom 17. März 1998. In: Bundesgesetzblatt Teil 1 (1999), S. 502

BUREK, P. (1999): Entwicklung eines analytischen Modells der Aquifer-Fließgewässer-Interaktion. In: Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue – Fachtagung Elbe, 4. bis 7. Mai 1999, Wittenberge ; Tagungsband. Karlsruhe : Univ., Inst. für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, 1999, S. 82 - 85

CHEN, S.-L., DZENG, S.R., YANG, M.-H. (1994): Arsenic species in groundwaters of the Blackfood disease area, Taiwan. In: Environmental science & technology 28 (1994), S. 877 - 881

CHIANG, W.-H., KINZELBACH, W., RAUSCH, R. (1998): Aquifer Simulation Model for WINdows - Groundwater flow and transport modelling, an integrated program. Berlin [u.a.] : Bornträger, 1998. – 137 S. + 1 CD

CHUKHOV, F.V., ZVYAGIN, A.I., GORSHKOV, L.P., ERMILOVA, L.P., BOLASHOVA, V.V. (1973): Ferrihydrite. In: Serija Geologija / Akademija Nauk SSSR 1973, 4, S. 25 - 33

CZEGKA, W. HANISCH, C., MÜLLER, A., ZERLING, L., LOHSE, M. (1997): Bindungsarten von Schwermetallen in verschiedenen Sedimenttypen der Sedimentaufbereitungsanlage Kleindalzig bei Leipzig. In: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 148 (1997), 3/4, S. 491 - 498

DAVIS, J.A., LECKIE, J.O. (1978): Surface ionization and complexiation at the oxide/water interface: II. Surface properties of amourphous iron oxyhydroxide and adsoption of metal ions. In: Journal of colloid and interface science 67 (1978), S. 90 - 107

DEHNERT, J., FREYER, K., TEUTLER, H. C., NESTLER, W. (1998): Untersuchungen zum Infiltrationsregime der Elbe mit dem natürlichen Isotop Radon-222. In: NESTLER, W. (1998): Wassergewinnung in Talgrundwasserleitern im Einzugsgebiet der Elbe. Leipzig ; Halle, Saale. : UFZ, 1998. – (UFZ-Bericht ; 1998, 7), S. 91 - 98

DITTRICH, A. (1998): Wechselwirkung Morphologie/Strömung naturnaher Fließgewässer. Karlsruhe : Inst. für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik, 1998. – XIII, 249 S. – (Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik ; 198)
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Habil.-Schr., 1998

FERGUSSON, J.E. (1990): The Heavy Elements - chemistry, environmental impact and health effects. Oxford [u.a.] : Pergamon Press, 1990. – 614 S.

FIEDLER, H.J., RÖSLER, H.J. (1993): Spurenelemente in der Umwelt. 2. Aufl. Jena [u.a.] : Fischer, 1993. – 385 S.

FISCHER, E., BRÜMMER, G.K. (1993): Schwermetallbindung durch Goethit - Adsorption, Diffusion und Festlegung verschiedener Schwermetalle. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 72 (1993), S. 335 - 338

FISCHER, R., CRAM, S., LÜHR, C., BÖHM, B. (1998): Verhalten von Chrom in belasteten Böden. In: Schriftenreihe Bodenökologie & Bodengenese 26 (1998), S. 23 - 29

FRANKEN, G., UTERMANN, J. (1999): Die Anwendung des Bundes-Bodenschutzgesetzes für die Gefährdungsabschätzung am Beispiel des Pfades Boden – Grundwasser. In: Zeitschrift für angewandte Geologie 45 (1999), S. 213 - 217

FUCHS, M. (1999 a): Einsatz multivariater Analysemethoden zur Klärung der Herkunft von Schadstoffen in der Bitterfelder Muldeaue. In: Mathematische Geologie 3 (1999), S. 25 - 32

FUCHS, M. (1999 b): Univariat-geostatistische Bewertung ausgewählter Analysenergebnisse in der Bitterfelder Muldeaue. In: Mathematische Geologie 3 (1999), S. 17 - 23

GALSTER, H. (2000): Technique of measurement, electrode processes and electrode treatment. In: SCHÜRTING, J., SCHULZ, H. D., FISCHER, W. R., BÖTTCHER, J., DUIJNISVELD, W. H. M. [Ed.]: Redox – fundamentals, processes and applications. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 13 - 23

GERTH, J., BRÜMMER, G.W., TILLER, K.G. (1993): Retention of Ni, Zn and Cd by Si-associated goethite. In: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 156 (1993), S. 123 - 129

GEYER, S., BRANDT, O., HENLE, K. (2000): Die funktionale Analyse von Auen mit Hilfe von „Hydrogeomorphen Einheiten“ – eine Methode zur Bewertung von Auenlandschaften. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 413 - 420

GRAMS, S (2000): Einsatz geostatistischer Verfahren zur Charakterisierung der Grundwasserbeschaffenheit im Bereich der Rieselfelder südlich Berlins. Berlin, Technische Univ., Diss., 2000. [Elektronische Ressource]. URL http://edocs.tu-berlin.de/diss/ 2000/grams _susanne.pdf.

GRAUER, R. (1989): Zur Koordinationschemie der Huminstoffe. Baden/Schweiz : Nagra, 1989.- VI, 103 S. – (Technischer Bericht / Nagra ; 89,08)

GUNKEL, M. (1999): Spurenelementuntersuchungen an Kornfraktionen von Auesedimenten der Mulde (Raum Bitterfeld/Wolfen). Berlin, Technische Univ., FB Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Diplomarbeit, 1989. – 89 S. (unveröffentlicht)

HAFERKORN, U. (2000): Größen des Wasserhaushaltes verschiedener Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung im klimatischen Grenzraum des Mitteldeutschen Trockengebietes - Ergebnisse der Lysimeterstation Brandis. Göttingen, Univ., Diss., 2000. – 184 S. [Elektronische Ressource]. URL http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2001/haferkorn/ haferkorn.pdf.

HAMER, K., SIEGER, R. (1994): Anwendung des Modells CoTAM zur Simulation von Stofftransport und geochemischen Reaktionen. Berlin : Ernst, 1994. – 186 S.

HANSCHMANN, G. (1997): Huminstoffe als Indikatoren für Umweltbelastungen. Regeneration und nachhaltige Landnutzung. In: FELDMANN [u.a.] [Hrsg.]: Regeneration und nachhaltige Landnutzung. Berlin [u.a.] : Springer, 1997, S. 70 - 73

HANSCHMANN, G., GEYER, W. FINDEISEN, M., STÄRK, H.-J., POPP, P. (1997): Soil humic substances as indicators of environmental impacts. In: DROZD, J., GONET, S.S., SENESI, N., WEBER, J. [Eds.]: The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection. Wroclaw : PTSH-Polish Society of Humic Subtances, 1997, S. 347 - 353

HEIM, D. (1990): Tone und Tonminerale. Stuttgart : Enke, 1990. – 157 S.

HEINRICH, K. (1998): Untersuchungen zum Boden/Pflanze–Transfer ausgewählter organischer Umweltschadstoffe in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Leipzig ; Halle, Saale : UFZ, 1998. – 130 , [26] S. – (UFZ-Bericht ; 1998, 11)
Zugl.: Dresden, Technische Univ., Diss., 1998

HEINRICH, K., LEHMANN, SCHULZ, E., KLIMANEK, E.-M. (2000): Untersuchungen zum Transport von beta-HCH aus Muldeaueböden in Kultur- und Wildpflanzen. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., ODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 301 - 308

HERMS, U., BRÜMMER, G. (1979): Einfluß der Redoxbedingungen auf die Löslichkeit von Böden und Sedimenten. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 29 (1979), S. 533 - 544

HILLER, D.A., BRÜMMER, G.W. (1997): Mikrosondenuntersuchungen an unterschiedlich stark mit Schwermetallen belasteten Böden. 2. Gehalte an Schwermetallen und anderen Elementen in Huminstoffaggregationen, Streustoffen und Holzkohlepartikeln. In: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 160 (1997), S. 47 - 55

HINGSTON, F.J., POSNER, M., QUIRK, J.P. (1972): Anion adsorption by goethite and gibbsite - the role of the proton in determining adsorption envelopes. In: Journal of soil science 23 (1971), S. 177 - 192

HIPPLER, M. (2000): Bestimmung von Chrom und seine Spezies im Boden. Dortmund, Univ., Diss., 2000. – 121 S. [Elektronische Ressource]. URL http://eldorado.uni-dortmund.de:8088/ FB3/ls1/ forschung/2000/Hippler/hipplergesunt.pdf.

HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 5. Aufl. Stuttgart : Enke, 1996. – 441 S.

HOINS, U., STICHER, H. (1992): Zur Cadmium-Adsorption an Goethit - der Einfluß von Sulfat. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 68 (1992), S. 251 - 254

HOPPE, T. (1995): Geochemische Untersuchungen an Gewässern und ihren Sedimenten im Einzugsgebiet der Mulde. Freiberg, Technische Univ., Diss., 1995. – 97 S.

HORNBURG, V., BRÜMMER, G.W. (1993): Verhalten von Schwermetallen in Böden. 1. Untersuchungen zur Schwermetallmobilität. In: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 156 (1993), S. 467 - 477

ISENBECK-SCHRÖDER, M., FAHIMI, I., HAURY, V., KOFOD, M. (1999): Hydrogeologische Relevanz: Arsen im Grundwasser. In: ROSENBERG, F., RÖHLING, H.-G. [Hrsg.]: Arsen in der Geosphäre. – (Schriftenreihe / Deutsche Geologische Gesellschaft ; 6), S. 43 - 53

JANDER, G., BLASIUS, E. (1989): Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie (mit Ausnahme der quantitativen Analyse). Stuttgart : Hirzel, 1989. – 554 S.

JASMUND, K., LAGALY, G. [Hrsg.] (1993): Tonminerale und Tone. Darmstadt : Steinkopff, 1993. – 490 S.

JIAO, J.J., TANG, Z. (1999): An analytical solution in a leaky confined aquifer. In: Water resources research 35 (1999), 3, S. 747 - 751

JORDAN, H., WEDER, H.-J. [Hrsg.] (1995): Hydrogeologie - Grundlagen und Methoden ; Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. 2. Aufl. Stuttgart : Enke, 1995. – 603 S.

JUNG, D., SEIFERT, T. (1996): On the metallogeny of the late Hercynian tin deposit „Röhrenbohrer field“ Greifenstein area, Sn-W district Ehrenfriedersdorf-Geyer, Erzgebirge, Germany. In: [Freiberger Forschungshefte / C] 467 (1996), S. 131 - 150

KALBITZ, K. (1996): Untersuchungen zur Freisetzung der gelösten organischen Substanz des Bodens (DOM) und zum Einfluß der DOM auf die Mobilisierung ausgewählter Schadstoffe in Abhängigkeit von Boden- und Standorteigenschaften. Leipzig ; Halle, Saale : UFZ, 1996. – 139 S. – (UFZ-Bericht 1996, 23)
Zugl.: Leipzig, Univ., Diss., 1996

KALBITZ, K., WENNRICH, R. (1998): Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland soils and its dependence on dissolved organic matter. In: Science of the total environment 209/1 (1998), S. 27 - 39

KINZELBACH, W., RAUSCH, R. (1995): Grundwassermodellierung. Berlin [u.a.] : Bornträger, 1995. – 283 S.

KLIMANEK, E.-M., LEHMANN J., SCHULZ, E. (2000): Untersuchungen zur in-situ-Sanierung von beta-HCH belasteten Böden der Muldeaue. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 289 - 299

KLUGE, A. (1997): Anwendung multivariater statistischer Verfahren auf geochemische Fließgewässerdaten des Muldesystems. Freiberg : Institut für Geologie, 1997. – 140 S. - (Wissenschaftliche Mitteilungen / Institut für Geologie, Freiberg ; 1997,3)
Zugl: Freiberg, Technische Univ., Diss., 1997

KÖHN, M. (1928): Bemerkungen zur mechanischen Bodenanalyse III. Ein neuer Pipettapparat. In: [Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde / A] 11 (1928), S. 50 – 54

KOß, V. (1993): Zur Modellierung der Metalladsorption im natürlichen Sediment-Grundwasser-System. 1. Aufl. Berlin : Köster, 1993. – 147 S. - (Wissenschaftliche Schriftenreihe Umwelttechnik ; 1)
Zugl.: Berlin, Technische Univ., Habil.-Schr., 1993

KRACHT, O. (2001): Origin and genesis of dissolved organic matter - a study by Py-GC/MS-IRMS. Jena, Univ., Diss., 2001. – 83 S. [Elektronische Ressource]. URL Archivserver der Deutschen Bibliothek

KRAPP, L., RUSKE, R. (1992): Geologische Verhältnisse von Bitterfeld und ihre Relevanz zu Kontaminationen des Grundwassers und Bodens. In: HILLE, J., RUSKE, R., SCHOLZ, J., WALKOW, F. [Hrsg.]: Bitterfeld - modellhafte ökologische Bestandsaufnahme einer kontaminierten Industrieregion ; Beiträge der 1. Bitterfelder Umweltkonferenz. Berlin : Schmidt, 1992. – (Schadstoffe und Umwelt ; 10), S. 85 - 92

KRÜGER, A. (1995): Eigenschaften und Dynamik von umweltrelevanten Metallen in Böden und Fließgewässern unter dem Einfluß von Huminstoffen. Leipzig, Univ., Diss., 1995. – III, 204 S.

KRÜGER, A., SCHNEIDER, B., NEUMEISTER, H., KUPSCH, H. (1995): Akkumulation und Transport von Schwermetallen in Böden des Bitterfelder Industriegebietes. In: Geoökodynamik 16 (1995), S. 25 - 56

KUNTZE, H., HERMS, U., PLUQUET, E. (1984): Schwermetalle in Böden – Bewertung und Gegenmaßnahmen. In: [Geologisches Jahrbuch / A] 75 (1984), S. 715 - 736

LABO (Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz) (1998): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. 2., überarb. und erg. Aufl., 1998. – 115 S. - (Bodenschutz ; 28. Lfg XII/98)

LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (2002): Hochwasserschutz in Sachsen-Anhalt - Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt. Halle, Saale, 2002. – 54 S.

LECKIE, J.O., BENJAMIN, M.M., HAYES, K., KAUFMANN, G., ALTMANN, S. (1980): Adsorption and coprecipitration of trace elementes from water with iron oxyhydroxides. Palo Alto, Calif. : Electric Power Research Inst., 1980. – (Report EPRI-RP ; 910)

LEENHEER, J.A., HUFFMANN, E.W.D. (1976): Classification of organic solutes in water by using macroreticular resins. In: Journal of research of the US Geological Survey 4 (1976), S. 737 - 751

LEENHEER, J.A. (1981): Comprehensive approach to preparative isolation and fractionation of dissolved organic carbon from natural waters and wastewaters. In: Environmental science & technology 15 (1981), S. 578 - 587

LEHR, R. (1999): Die Mobilität von Cadmium und Zink in lithofaziell-pedogen unterschiedlichen Bereichen der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen. Berlin, Technische Univ., FB Bauingenieurwesen und Angewandte Geowissenschaften, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geochemie, Studienarbeit, 1999. – 39 S. (unveröffentlicht)

LONDESBOROUGH, S., MATTUSCH, J., WENNRICH, R. (1999): Separation of organic and inorganic arsenic species by HPLC-ICP-MS. In: Fresenius' journal of analytical chemistry 363 (1999), S. 577 - 581

LORENZ, J. (1997): Remobilisation von Schwermetallen aus ruhenden Gewässersedimenten durch EDTA und NTA bei aerober und anaerober Wasserphase. Als. Ms. gedr. Karlsruhe : Forschungszentrum Karlsruhe, 1997. - 183 S. – (FZKA / Forschungszentrum Karlsruhe ; 5977)
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 1997

MALCOLM, R.L. (1990): Variations between humic substances isolated from soils, stream waters, and groundwaters as revealed by 13C-NMR spectroscopy. In: MacCARTHY, P., CLAPP, C.E., MALCOLM, R.L., BLOOM, P.R. [Eds.]: Humic substances in soil and crop sciences - selected readings / American Society of Agronomy. Madison, Wis., 1990, S. 13 - 35
Cited in: KRACHT, O. (2001): Origin and genesis of dissolved organic matter - a study by Py-GC/MS-IRMS. Jena, Univ., Diss., 1990. – 83 S. [Elektronische Ressource]

MALDBY, E., HOGAN, D.V., IMMIRZI, C.P., TELLAM, J.H., PEIJL, M.J. VAN (1994): Building a new approach to the investigation and assessment of wetland ecosystem functioning. In: MITSCH, W.J., PEIJL, M.J. VAN [Eds.]: Global wetlands - old world and new. Amsterdam : Elsevier, S. 637 - 658

MALDBY, E., HOGAN, D.V., McINNES, R.J. [Eds.] (1996): Functional analysis of European wetland ecosystems – final report ; Phase 1 (FAEWE) ; the function of river marginal wetland ecosystems. Brussels : European Commission, 1996. – 448 S. – (Ecosystems research report ; 18)
ISBN 92-827-6606-3

MARCANO-MARTINEZ, E., McBRIDE, M.B. (1989): Calcium and sulfate retention by two oxisols of the Brazilian Cerrado. In: Journal / Soil Society of America 53 (1989), S. 63 – 69

MASSCHELEYN, P.H., DELAUNE, R.D., PATRICK, W.H. (1991): Effect of redox potential and pH on arsenic speciation and solubility in a contaminated soil. In: Environmental science & technology 25 (1991), S. 1414 - 1419

MATHEIS, G. (1998): Anwendung der WDXRF in der Umweltanalytik. In: 3. Philips-RFA-Symposium - Tagungsband. Kassel, S. 67 - 79

MATSCHULLAT, J. (1999): Arsen in der Geosphäre. In: ROSENBERG, F., RÖHLING, H.-G. [Hrsg.]: Arsen in der Geosphäre. - (Schriftenreihe / Deutsche Geologische Gesellschaft ; 6), S. 5 - 20

MATTHEß, G. (1990): Die Beschaffenheit des Grundwassers. Stuttgart : Borntraeger Bd. 2. - 1990. - 498 S. : Ill., Tab.

MATTUSCH, J., WENNRICH, R. (1998): Determination of Anionic, Neutral, and Cationic Species of Arsenic by Ion Chromatography with ICP-MS Detection in Environmental Samples. In: Analytical chemistry 70 (1998), S. 3649 - 3655

McBRIDE, M. (1994): Environmental chemistry of soils. New York [u.a.] : Oxford Univ. Press, 1994. – 406 S.

MERKEL, B., SPERLING, B. (1998): Hydrochemische Stoffsysteme. Bonn : Wirtschafts- und Verl.-Ges. – Teil II. – 1998. – 420 S. : Ill., Tab. - (DVWK Schriftenreihe, Schriften ; 117)

MIELICH (2000): Eigenschaften, Genese und Funktionen von Böden in Auen Mitteleuropas. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 3 - 17

MONTENEGRO, H., HOLFELDER, T., WAWRA, B. (1999): Untersuchung der Wechselwirkung zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser in Flussauen. Auenreport - Beiträge aus dem Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe, Rühstädt. Sonderband 1, S. 27 - 40

MÜLLER, U., JUNGE, Ch. (1999): Ergebnisse neuerer Klimabeobachtungen in Leipzig. In: Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Institut für Meteorologie der Universität Leipzig 12 (1999), S. 98 - 105

MUNSELL (1973): Soil colour charts. Baltimore, Md. : Macbeth Division of Kollmorgen Corp., 1973

NEUMEISTER, H., FRANKE, C., NAGEL, C., PEKLO, G., ZIERATH, R., PEKLO, P. (1991): Immisionsbedingte Stoffeinträge aus der Luft als geomorphologischer Faktor - 100 Jahre atmosphärische Deposition im Raum Bitterfeld (Sachsen-Anhalt). In: Geoökodynamik 12 (1991), S. 1 - 40

NEUMEISTER, H., RUSKE, R. (1995): Immisionsgeprägte Böden der Industrieregion Bitterfeld. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 77 (1995), S. 339 - 372

NOVOTNY, K., TURZIKOVA, A., KOMAREK, J. (2000): Speciation of copper, lead, and cadmium in aquatic systems by circulating dialysis combined with flame AAS. In: Fresenius' journal of analytical chemistry 366 (2000), S. 209 - 212

OTTO, G., MLEINEK, A. (1997): Lebensraum Fluß – Hydrologie und Biologie der Mulde. In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt 34 (1997), Sonderheft, S. 25 - 32

PAKHURST, D.L., APELLO, C.A.J. (1999): User's guide to PHREEQC (Version 2) - a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations. In: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 99-4259. - 312 S. [Elektronische Ressource]. URL http://wwwbrr.cr.usgs.gov/ projects/GWC_coupled/ phreeqc.

PEKLO, G., NIEHUS, B. (1993): Untersuchungen zur Belastungssituation der Vegetation in der Region Leipzig-Halle-Bitterfeld als Folge veränderter Lufteinträge. In: Mengen- und Spurenelemente – 13. Arbeitstagung, 9. und 10. Dezember 1993 / hrsg. von der Friedrich-Schiller-Univ. Jena, 1993, S. 9 - 18

PEKLO, G., NIEHUS, B. (1997): Transfer von Schwermetallen und Arsen in Nutz- und Wildpflanzen. In: FELDMANN, R., HENLE, K., AUGE, H., FLACHOWSKY, J., KLOTZ, S., KRÖNERT, R. [Hrsg.]: Regeneration und nachhaltige Landnutzung, Konzepte für belastete Regionen. Berlin [u.a.] : Springer, 1997, S. 79 - 82

PLESSOW, A., HEINRICHS, H. (2000): Auswirkungen filtrationsbedingter Artefakte auf die Spurenelementanalytik von Porenlösungen. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 92 (2000), S. 47 - 50

POPP, P., FEIST, B., NIEHUS, B., PEKLO, G., THUS, U. (1997): Vorkommen und Verteilung von toxisch relevanten organischen Komponenten und Schwermetallen in ausgewählten Untersuchungsgebieten. Leipzig ; Halle, Saale : UFZ, 1997. – 167 S. – (UFZ-Bericht ; 25)

POTESTA, H. (1999): Räumlich differenzierte Kontamination ausgewählter Bodenschadstoffe in der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften. Göttingen, Univ., Diplomarbeit, 1999. – 82 S. (unveröffentlicht)

POTESTA, H., BRANDT, O., GEYER, S., DERMITZEL, J. (2000): Belastung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Hexachlorcyclohexane in Böden der Muldeaue bei Bitterfeld/Wolfen. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 317 - 326

PRACHT, J. (2001): Abiotische frühdiagenetische Prozesse mit Eisen. Heidelberg, Univ., Diss., 2001. – 115 S. [Elektron. Ressource] URL http://www.ub.uni-heidelberg.de/ ar-chiv/1519.

PRAKASH, A., MacGREGOR, D.J. (1983): Environmental and human significance of humic materials - an overwiev. In: CHRISTMAN, R.F., GJESSING, E.T. [Eds.]: Aquatic and terrestrial humic materials. Ann Arbor, Mich. : Ann Arbor Science, 1983, S. 481 - 493

QUENTIN, K.E., ALEXANDER, I., EICHELSDÖRFER, D. (1988): Trinkwasseruntersuchung und Beurteilung von Trink- und Schwimmbadwasser. Berlin [u.a.] : Springer, 1988. – 385 S.

RAGHI-ATRI, F., SCHENKE, H.D (1978): Einfluß von Cadmium auf *Glyceria maxima* (HARTM.) HOLMBG. In: Verhandlungen / Gesellschaft für Ökologie, Kiel 1977. Göttingen, 1978
T. 1. Biomasse und Bonitierung, S. 377 - 381
T. 2. Cd-Gehalte der Sprosse, S. 383 - 388

REYNOLDS, J.G., NAYLOR, D.V., FENDORF, S.E. (1999): Arsenic sorption in phosphate-amended soils during flooding and subsequent aeration. In: Journal / Soil and Science Society of America 63 (1999), S. 1149 - 1156

RÜDE, T.R., WOHNLICH, S. (2000): The Couple As(V) – As(III) as a Redox Indikator. In: SCHÜRTING, J., SCHULZ, H.D., FISCHER, W.R., BÖTTCHER, J., DUIJNISVELD, W.H.M. [Eds.]: Redox – fundamentals, processes and applications. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 64 - 78

RUSSEL, J.D. (1979): Infrared spectroscopy of ferryhydroxide: evidence for the presence of structural hydroxyl groups. In: Clay minerals 14 (1979), S. 190 - 214

SACHS, L. (1982): Angewandte Statistik. 6. Aufl. Berlin [u.a.] : Springer, 1982. – 552 S.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2002): Analyse und Prognose der meteorologisch-hydrologischen Situation - Monatsbericht August 2002. [Elektronische Ressource]. URL http://www.umwelt.sachsen.de/1fug.

SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., BRÜMMER, G.W., HARTGE, K.-H., SCHWERTMANN, U. [Hrsg.] (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Aufl. Stuttgart : Enke, 1998. – 493 S.

SCHEYTT, T. (1994): Örtliche und zeitliche Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit im Bereich der Bornhöveder Seenkette. Kiel : Verein zur Förderung der Ökosystemforschung zu Kiel, 1994. – IV, 149 S.
Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 1994

SCHILKA, W., BAUMANN, L. (1996): Metasomatische Prozesse im Schellerauer Granitmassiv (Osterzgebirge). In: [Freiberger Forschungshefte / C] 467 (1996), S. 151 - 177

SCHLEGEL, D. (1999): Arsen-Speziationsanalytik mit Ionenchromatographie und Kapillarelektrophorese in Kopplung mit elementspezifischer Detektion. Leipzig ; Halle, Saale : UFZ, 1999. – 151 S. – (UFZ-Bericht ; 1999,5)
Zugl.: Leipzig, Univ., Diss., 1999

SCHLICHTING, E., BLUME, H.P., STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. 2. Aufl. Berlin [u.a.] : Blackwell, 1995. – 295 S. – (Pareys-Studientexte ; 81)

SCHNOOR, J.L. (1996): Environmental modelling. fate and transport of pollutants in water, air, and soil. New York : Wiley, 1996. – 684 S.

SCHRÖDTER, M. (1996): Das Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhalts, bester Boden Deutschlands - Boden ohne Probleme? [Elektronische Ressource]. URL http://www.landw.uni - halle.de/lufa-lsa.

SCHÜRTING, J., SCHULZ, H.D., FISCHER, W. R., BÖTTCHER, J., DUIJNISVELD, W.H.M. [Eds.] (2000): Redox – fundamentals, processes and applications. Berlin [u.a.] : Springer, 2000. – 251 S.

SCHWARZ, R., MIEHLICH, G. (1993): Einsatz der Saugkerzentechnik in reduzierten Horizonten - Stoffausfällung im Fördersystem und methodische Verbesserungen. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 72 (1993), S. 457 - 460

SCHWERTMANN, U. (1993): Oxide und Hydroxide. In: JASMUND, K., LAGALY, G. [Hrsg.]: Tonminerale und Tone. Darmstadt : Steinkopff, 1993, S. 68 - 88.

SEIFERT, T., ZETZSCHE, C., BAUMANN, L. (1996): Zur Altenbergbauanalyse im Lagerstättendistrikt von Annaberg als Vorlauf für Umweltuntersuchungen. In: [Freiberger Forschungshefte / C] 467 (1996), S. 201 - 234

SEITH, R., JECKEL, M. (1999): Aufbereitung arsenhaltiger Rohwässer zu Trinkwasser. In: ROSENBERG, F., RÖHLING, H.-G. [Hrsg.]: Arsen in der Geosphäre. – (Schriftenreihe / Deutsche Geologische Gesellschaft ; 6), S. 55 - 66

SIEGER, R. (1993): Modellierung des Stofftransports in porösen Medien unter Ankopplung kinetisch gesteuerter Sorptions- und Redoxprozesse sowie thermodynamischer Gleichgewichte. Bremen : Univ., 1993. – 158 S. - (Berichte aus dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen ; 40)
Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1993. – 158 S.

SIGG, L. (2000): Redox potential measurements in natural waters - significance: concepts and problems. In: SCHÜRTING, J., SCHULZ, H.D., FISCHER, W.R., BÖTTCHER, J., DUIJNISVELD, W.H.M. [Eds.]: Redox – fundamentals, processes and applications. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 1 - 11

SMEDLEY, P.L., KINNIBURGH, D.G. (2002): A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. In: Applied geochemistry 17 (2002), S. 517 - 568

SOMMER, Th. (2000): Auswirkungen anthropogener Überprägungen von Flußauen auf deren Grundwasserdynamik und -beschaffenheit am Beispiel der Unstrut (Thüringen). Dresden : DGFZ, 2000. – VIII, 163, [14] S. – (Proceedings des Dresdner Grundwasserforschungszentrums ; 20)
Zugl.: Jena, Univ., Diss., 2000. – 163 S.

SOPHOCLEOUS, M. (2002): Interactions between groundwater and surface water: the state of the science. In: Hydrogeology journal 10 (2002), S. 52 - 67

STUMM, W., MORGAN, J.J. (1995): Aquatic chemistry - chemical equilibria and rates in natural waters. 3. ed. New York : Wiley, c 1996. – 1022 S. – (Environmental science and technology)

TANG, Z., JIAO, J.J. (2001): A two-dimensional analytical solution for groundwater flow in a leaky confined aquifer system near open tidal water. In: Hydrological process [Druckausg.] 15 (2001), S. 573 - 585

TESSIER, A., CAMPEL, P.G.C., BISSON, M. (1979): Sequential extraction for the speciation of particulate trace metals. In: Analytical chemistry 51 (1979), S. 844 - 851

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT (2000): Entwicklung und Optimierung von Revitalisierungsmaßnahmen in der Unstrutaue durch ökologische und ökonomische Untersuchungen, Grund- und Sickerwasseranalysen zur Parametrisierung regionalspezifischer Leitbilder – Schlußbericht ; FKZ: 0339572 ; BMBF-Forschungsprojekt „Unstrutrevitalisierung“. Jena, 2000. – 184 S.

THURMAN, E.M. (1985): Organic geochemistry of natural waters. Dordrecht : Nijhoff, 1985. – XII, 497 S. – (Developments in biogeochemistry ; 2)

TITOVA, N.A., TRAVNIKOVA, L.S., BOL'ŠAKOV, KOGUT, B.M., KACHNOVIČ, Z.N., ISMAGILOVA, N.H., SOROKIN, S.E., SCHULZ, E., KÖRSCHENS, M. (1995): Untersuchungen zur Verteilung von Schwermetallen in verschiedenen Bodenfraktionen zur Abschätzung ihrer Mobilität und des Risikos für die Umwelt. In: Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde 39 (1995), S. 93 - 105

TOWE, K.M., BRADLEY, W.F. (1967): Mineralogical constitution of colloidal „hydrous ferrioxides“. In: Journal of colloid and interface science 24 (1967), S. 384 - 392

TUREKIAN, K.K., WEDEPOHL, K.H. (1961): Distribution of the elements in some major units of the earth crust. In: Geological Society of America bulletin 72 (1961), S. 175 - 192

VAN DEN BERG, R., ROELS, J.M. (1991): Beurteilung der Gefährdung des Menschen und der Umwelt durch Exposition gegenüber Bodenverunreinigungen - Integration der Teilaspekte. In: Bericht des Reichsinstituts für Volksgesundheit und Umwelthygiene Bilthoven Nr. 725 201 007 (1991), S. 1 - 117

WEGENER, M.A. (1997): Transient groundwater and surface-water interactions at Fort Wainwright – thesis. Fairbanks, Alas. : Univ. of Alaska, 1997. – 59 S. [Elektronische Ressource]. URL http://www.uaf.edu/water/projects/aec/reports/mawthesis.pdf.

WERG (WETLAND ECOSYSTEM RESEARCH GROUP) (1998): FAEWE Procedures – functional analysis of european wetland ecosystems, draft May 1998. Univ. of London, Royal Holloway Institute for Environmental Research, Wetland Ecosystem Research Group (WERG),1998 – 408 S. (unveröffentlicht)

WERSIN, P., CHARLETT, L., KARTHEIN, R., STUMM, W. (1989): From adsorption to precipitation: Sorption of Mn^{2+} on $FeCO_3$. In: Geochimica et Cosmochimica Acta 53 (1989), S. 2787 - 2796

WIECHMANN, H. (2000): Die bodensystematische Kennzeichnung von Auenböden. In: FRIESE, K., WITTER, B., MIEHLICH, G., RODE, M. [Hrsg.]: Stoffhaushalt von Auenökosystemen – Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen. Berlin [u.a.] : Springer, 2000, S. 19 - 25

WISMUT GmbH (1999): Chronik der WISMUT [Computerdatei]. Chemnitz, 1999. – 2738 S. – 1 CD-ROM

WROBLICKY, G.J., CAMPANA, M.E., VALETT, H.M., DAHM, C.N. (1998): Seasonal variations in subsurface water exchange and lateral hyporheic area of two stream-aquifer systems. In: Water resources research 34 (3) (1989), S. 317 - 328

WOESSNER, W.W. (1998): Changing views of stream-groundwater interaction. In: BRAHANA, J.V., ECKSTEIN, Y., ONGLY, L.K., SCHNEIDER, R., MOORE, J.E. [Hrsg.]: Gambling with groundwater – proceedings of the Joint Meeting of the 28 Congress of the International Association of Hydrogeologists and the Annual Meeting of the American Institute of Hydrologists Las Vegas, Nevada ... ; physical, chemical and biological aspects of aquifer-streamrelations. St. Paul, 1998, S. 275 - 278

WOLF, L., SCHUBERT, G. (1992): Die spättertiären bis elsterkaltzeitlichen Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüsse und die Gliederung der Elsterkaltzeit in Sachsen. Landesvermessungsamt Sachsen. In: Geoprofil 4 (1992), S. 1 - 43

WONZELL, S.M., SWANSON, F.J. (1999): Floods, channel change and the hyporheic zone. In: Water recources research 35(2) (1992), S. 423 - 429

ZEIEN, H., BRÜMMER, G.W. (1989): Chemische Extraktion zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Böden. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 59/I (1989), S. 505 - 510

ZEIEN, H., BRÜMMER, G.W. (1991): Ermittlung der Mobilität und Bindungsformen von Schwermetallen in Böden mittels sequentieller Extraktionen. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 66/I (1991), S. 439 - 442

ZIECHMANN, W., MÜLLER-WEGENER, U. (1990): Bodenchemie. Mannheim [u.a.] : Wissenschaftsverl., 1990. - 326 S.

ZOBRIST, J. (2000): Die Qualität von Grundwasser - Resultat biogeochemischer Prozesse. In: News / ©EAWAG Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz 48 (2000), S. 15 - 17. [Elektronische Ressource]. URL http://www.eawag.ch/publications/eawagnews/www_en49/en49d_pdf/en49d_zob.pdf.

V. Anhang

V.1 Ausgegliederte Abbildungen und Tabellen

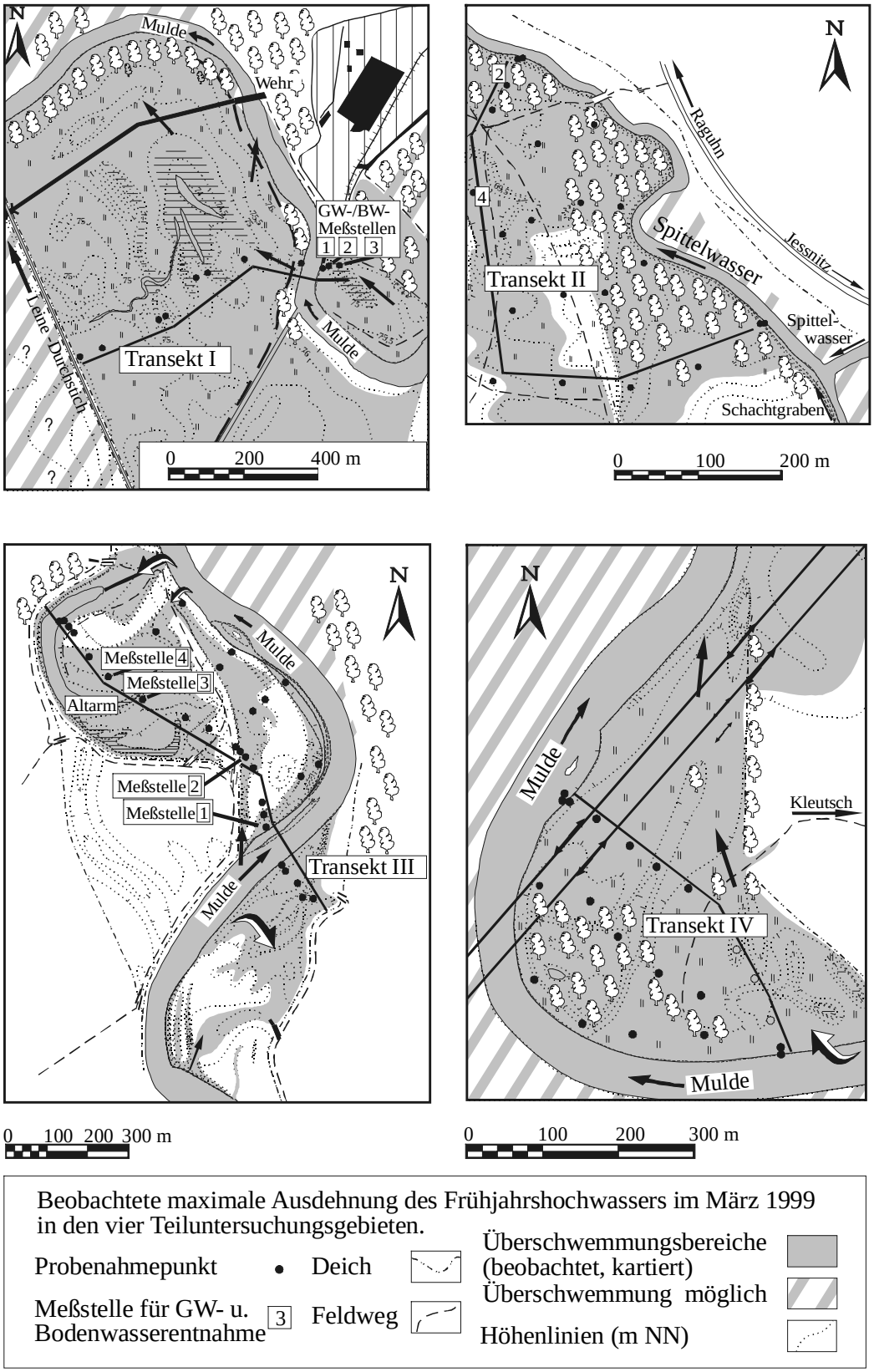


Abb. V.1-1: Karte der Überschwemmungsbereiche in den Teiluntersuchungsgebieten.

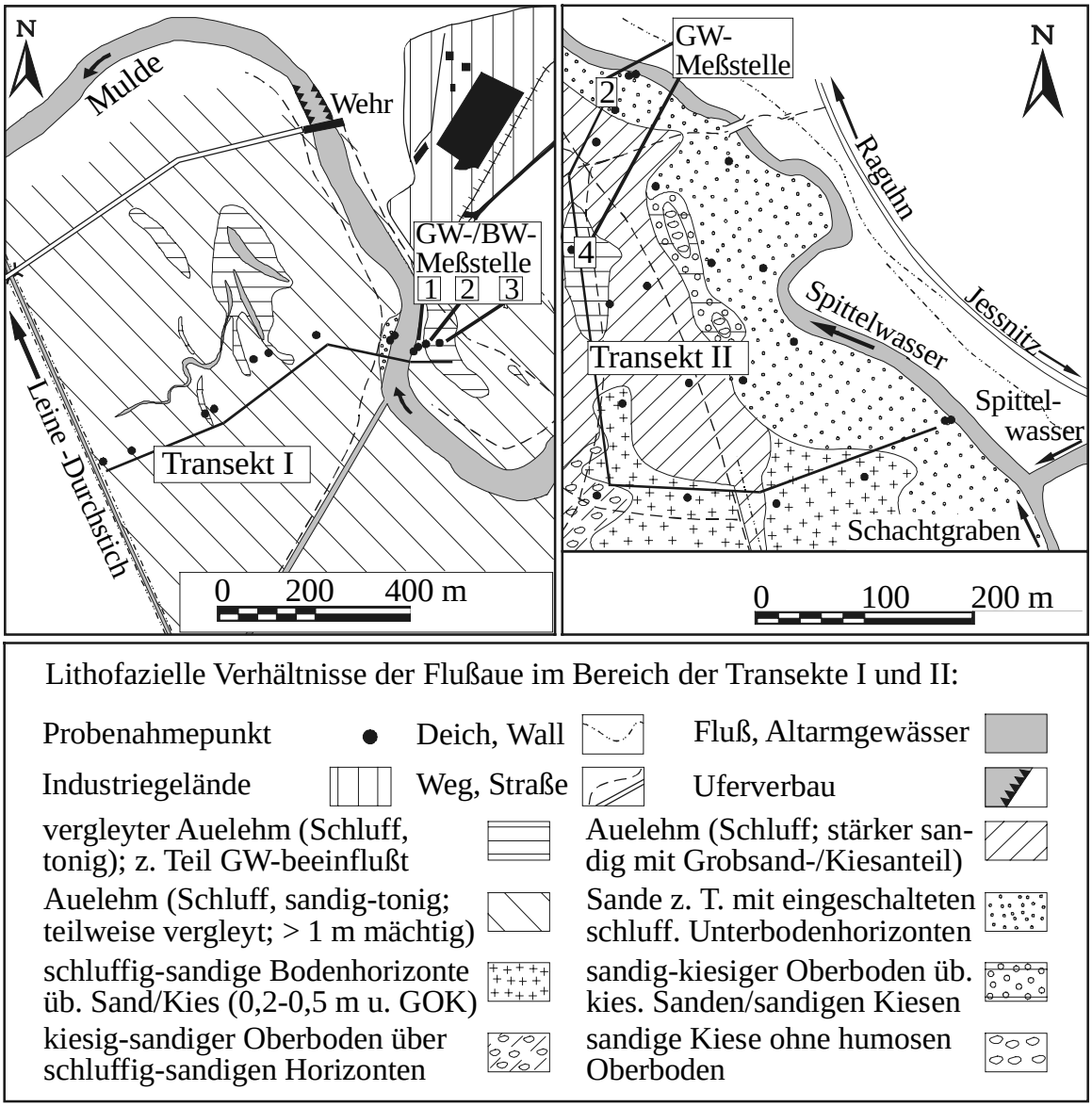


Abb. V.1-2: Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse in den Auegebieten der Transekte I und II.

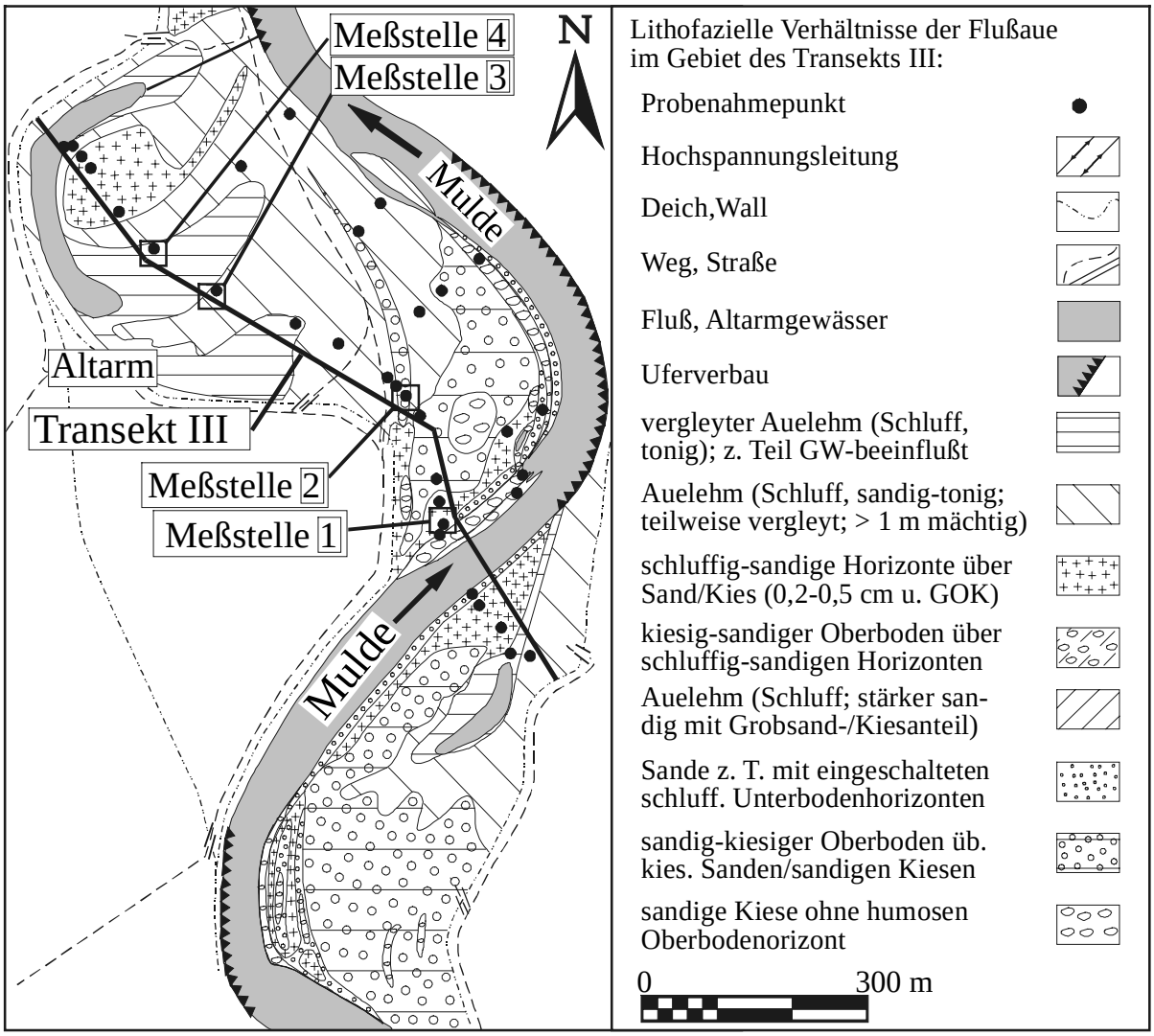


Abb. V.1-3: Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Auegebiet der Transekte III.

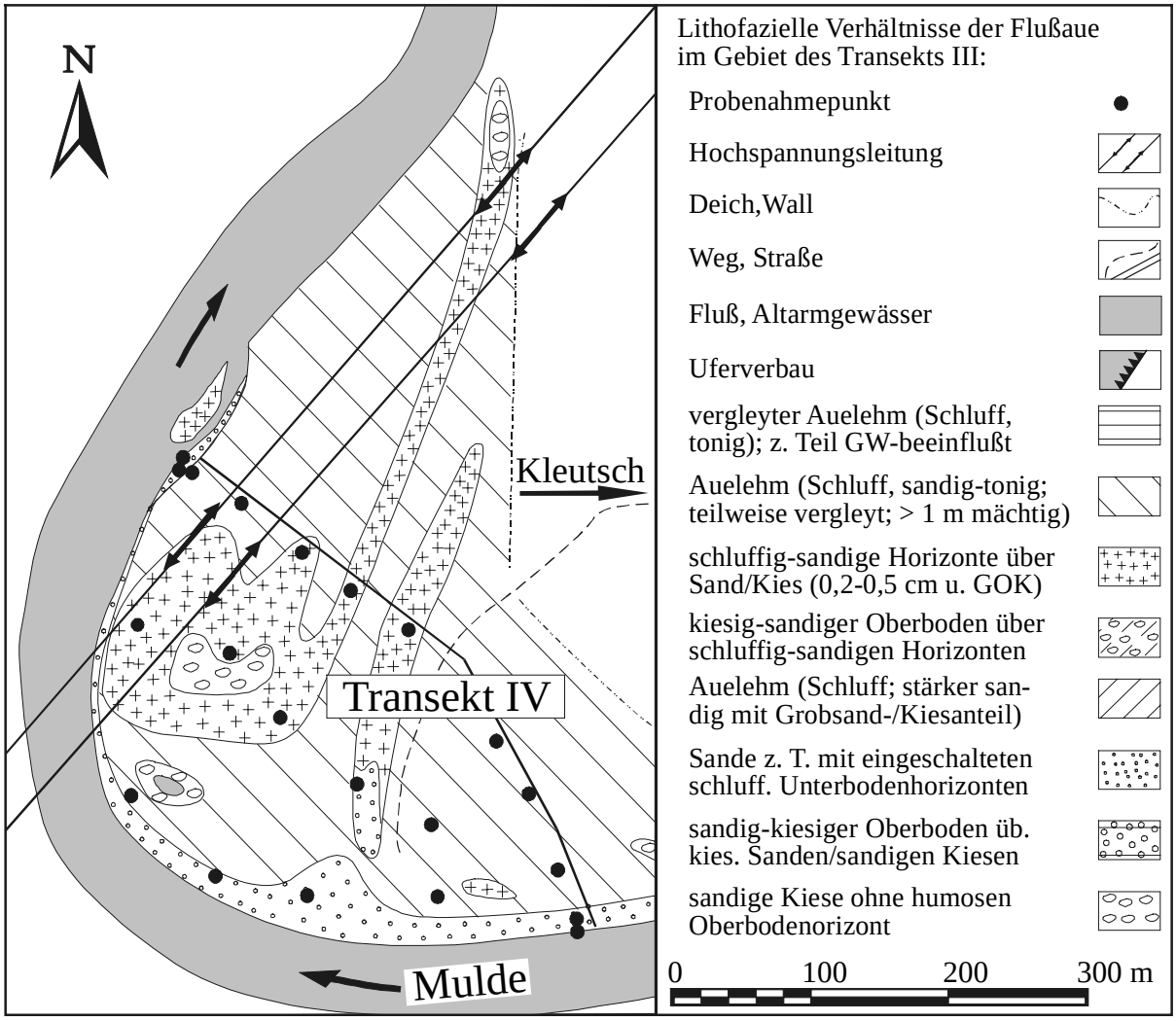
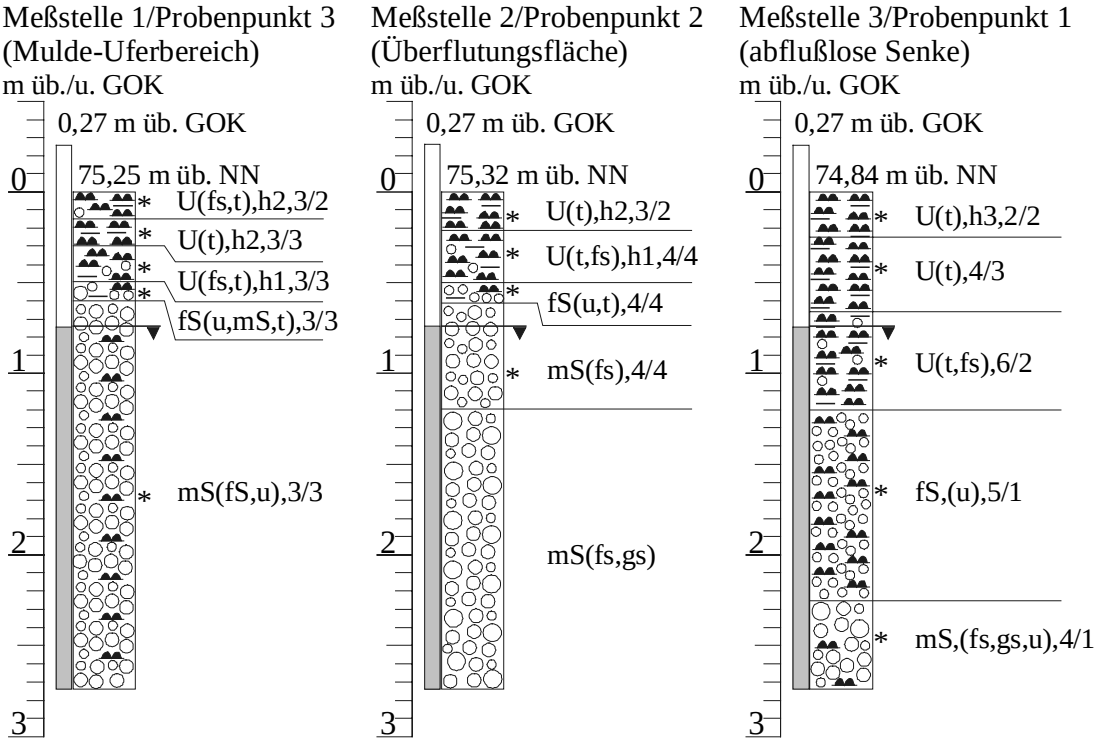


Abb. V.1-4: Karte der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Auegebiet der Transekte IV.

Transekt I (Vertikalprofile der Grundwassermeßstellen)



Legende :

Beschreibung der Substratzusammensetzungen :

G: Kies gG : Grob- mG : Mittel- fG : Fein- S : Sand gS : Grob- mS : Mittel- fS : Feinsand U : Schluff T : Ton Kleinschreibung : Nebenkomponenten(s : sandig)

Klassifizierung der Humusgehalte anhand von Glühverlusten (GV bei 430°C in Gew.-%) :
h1 : 5 - 10 % h2 : 10 - 15 % h3 : > 15 %
Glühverluste < 5 % wegen möglicher Wassergehalte hier nicht berücksichtigt

Farbansprachen (MUNSELL, 1973) :
HUE (Farbton) : durchgehend 10YR VALUE (Helligkeit)/CHROMA(Farbtiefe):
2/2 : tief dunkelbraun 3/2 : tief dunkelgraubraun 3/3,4/3 : dunkelbraun
3/4,4/4 : dunkelgelbbraun 4/1 : dunkelgrau 5/1 : grau 5/3 : braun
6/2 : hell braungrau 6/3 : blaßbraun

Fe,Mn : ockerfarbene oder rötl. Eisen- oder schwarze Manganflecken
org : Holz-/Pflanzenreste
*: Sedimentprobenahmen

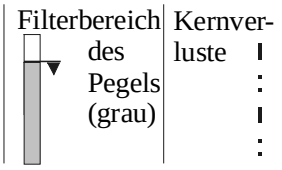


Abb. V.1-5: Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts I.

Transekt II (Vertikalprofile der Grundwassermeßstellen)

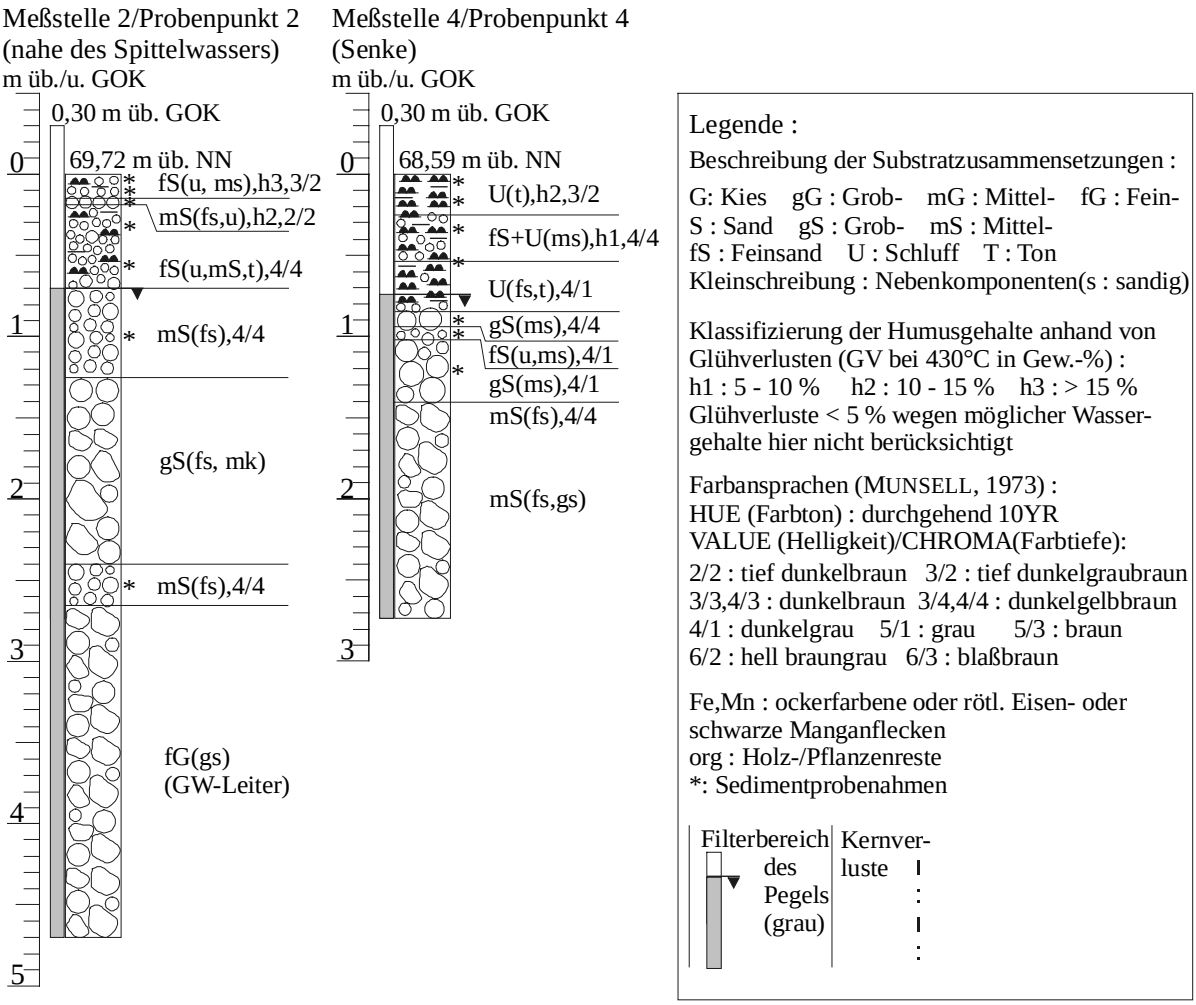


Abb. V.1-6: Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts II.

Transekt III (Vertikalprofile der Grundwassermeßstellen)

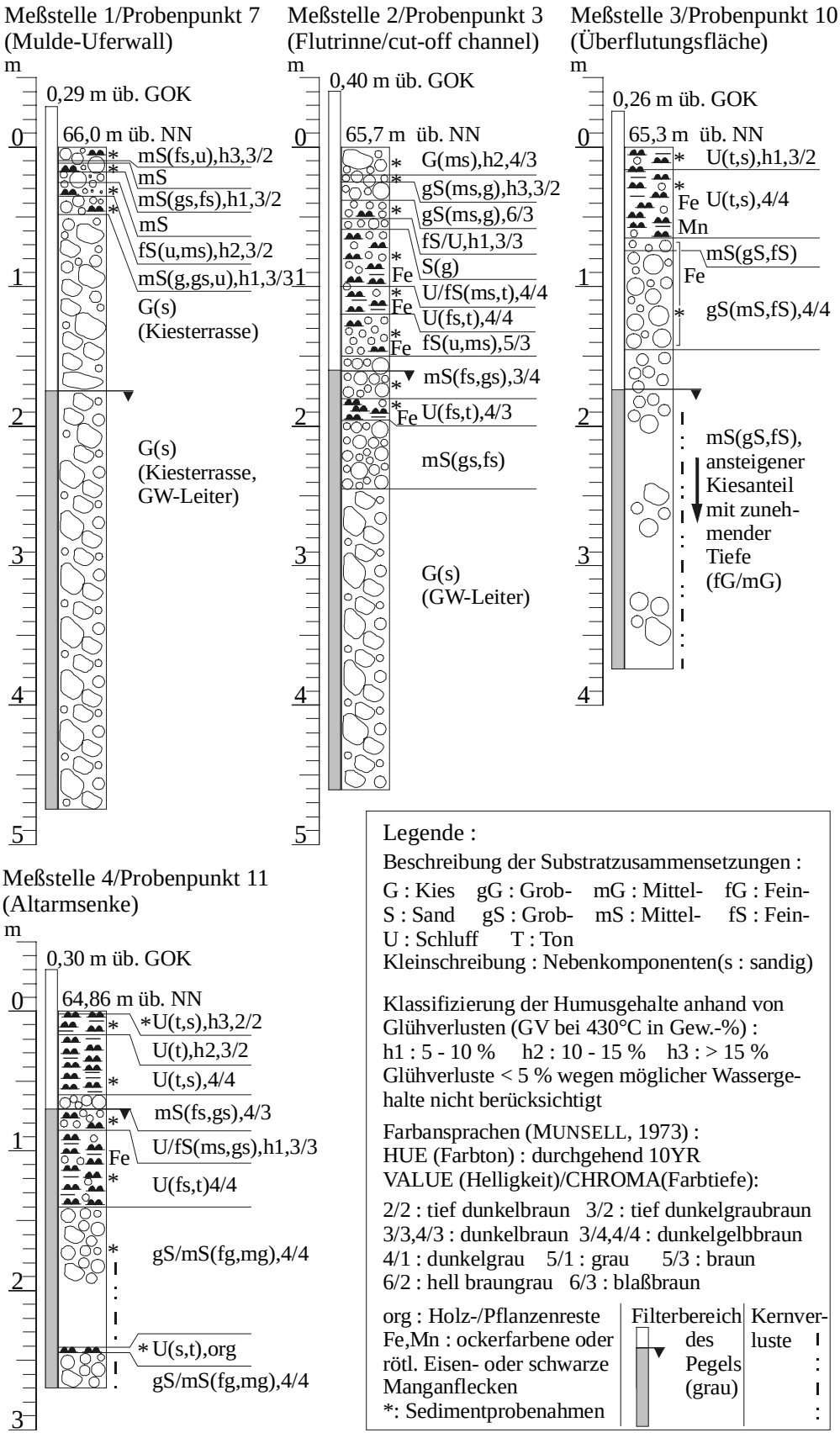
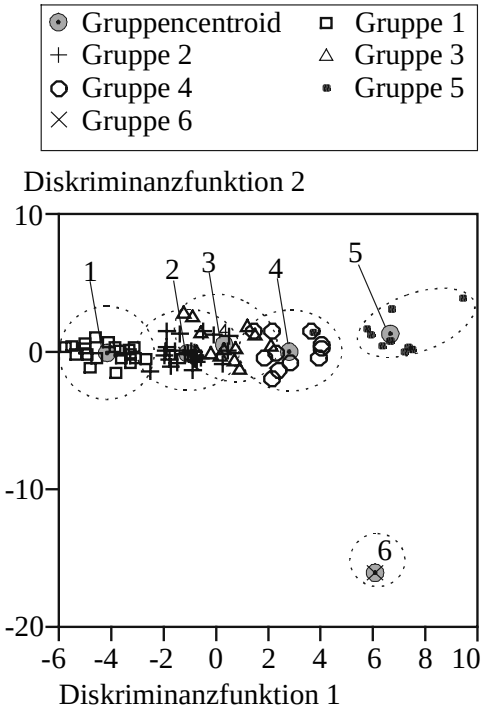


Abb. V.1-7: Vertikalprofile der GWMS zur Verdeutlichung der lithofaziellen und pedologischen Verhältnisse im Bereich des Transekts III.



Funktion	Eigenwert	Varianz %	Kummulierte Varianz %	Kanonischer Korrelationskoeffizient
1	13,07	69,3	69,3	0,96
2	3,90	20,7	90,0	0,89
3	1,18	6,2	96,2	0,74
4	0,48	2,6	98,8	0.57
5	0,23	1,2	100,0	0,43

Die ersten 5 Funktionen gehen in die Analyse mit ein.

Funktionstest	Wilks-Lambda	Signifikanz
1 bis 5	0,004	0,000
2 bis 5	0,052	0,000
3 bis 5	0,253	0,000
4 bis 5	0,550	0,000
5	0,815	0,014

In die schrittweise Diskriminanzanalyse aufgenommen :	nicht aufgenommen :
Ag, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Sn, V, U	As, W, Zn

Klassifizierungsergebnisse der Diskriminanzanalyse auf der Basis der Clusteranalyse
vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit der Oberbodenproben

absolut Gruppe	1	2	3	4	5	6	gesamt
1	20	0	0	0	0	0	20
2	0	22	1	0	0	0	23
3	0	0	11	0	0	0	11
4	0	1	1	11	0	0	13
5	0	0	0	0	10	0	10
6	0	0	0	0	0	1	1

96,2 % der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert

Abb. V.1-8: Diskriminanzanalyse zur Überprüfung der Gruppierungsergebnisse der Clusteranalyse in Abb. 2-14, S. 70 (Kap. 2.1.4.2).

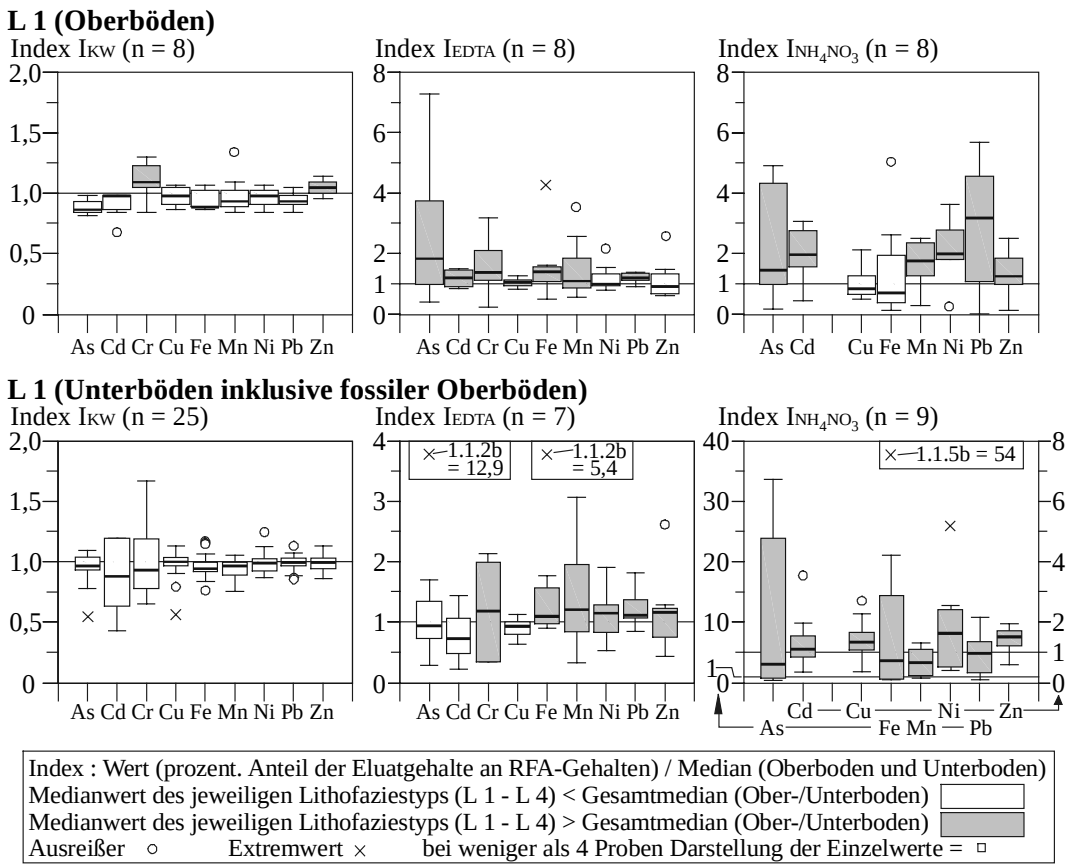


Abb. V.1-9: Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L1.

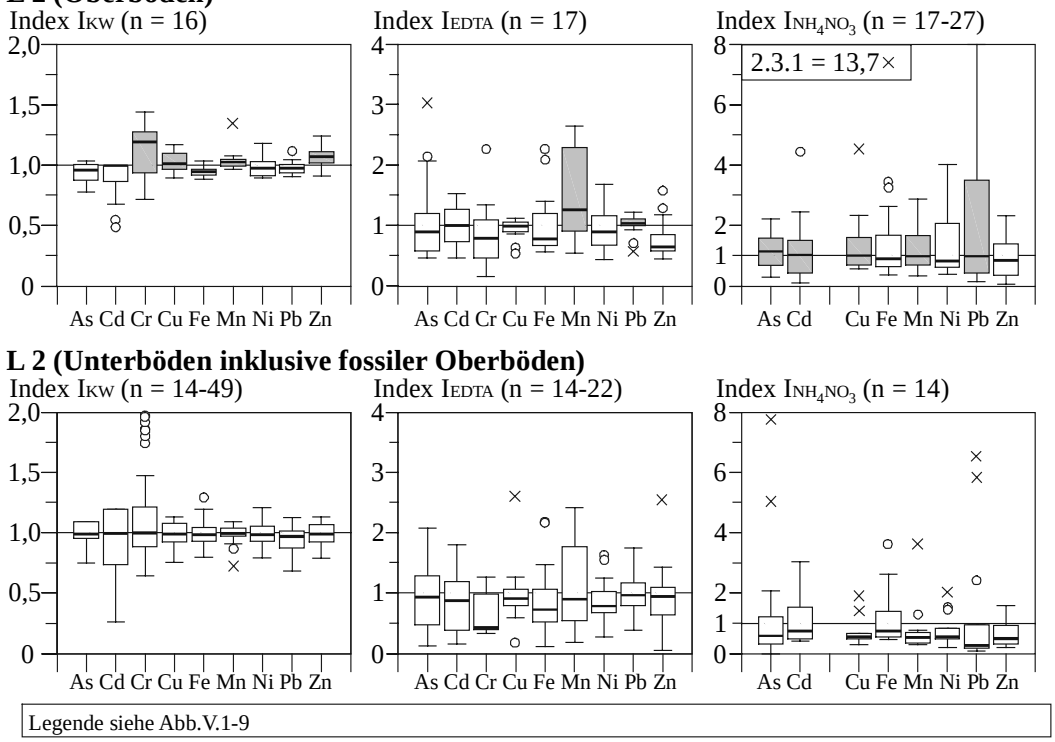


Abb. V.1-10: Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L2.

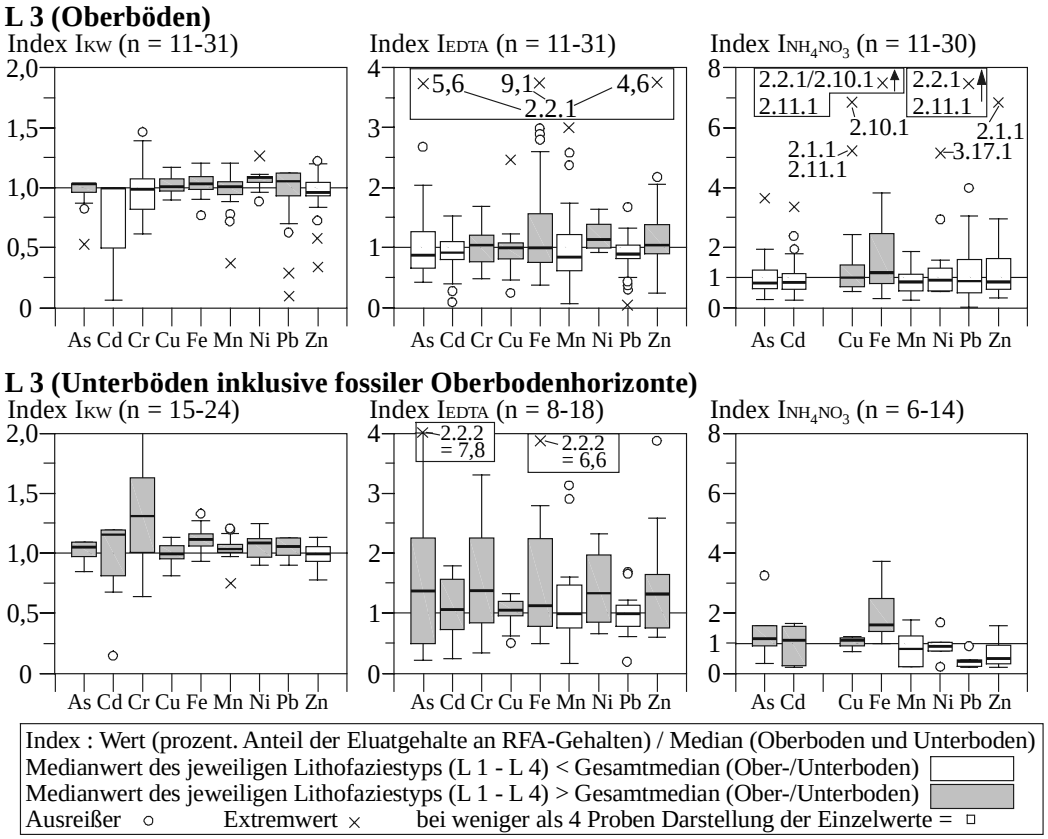


Abb. V.1-11: Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L3.

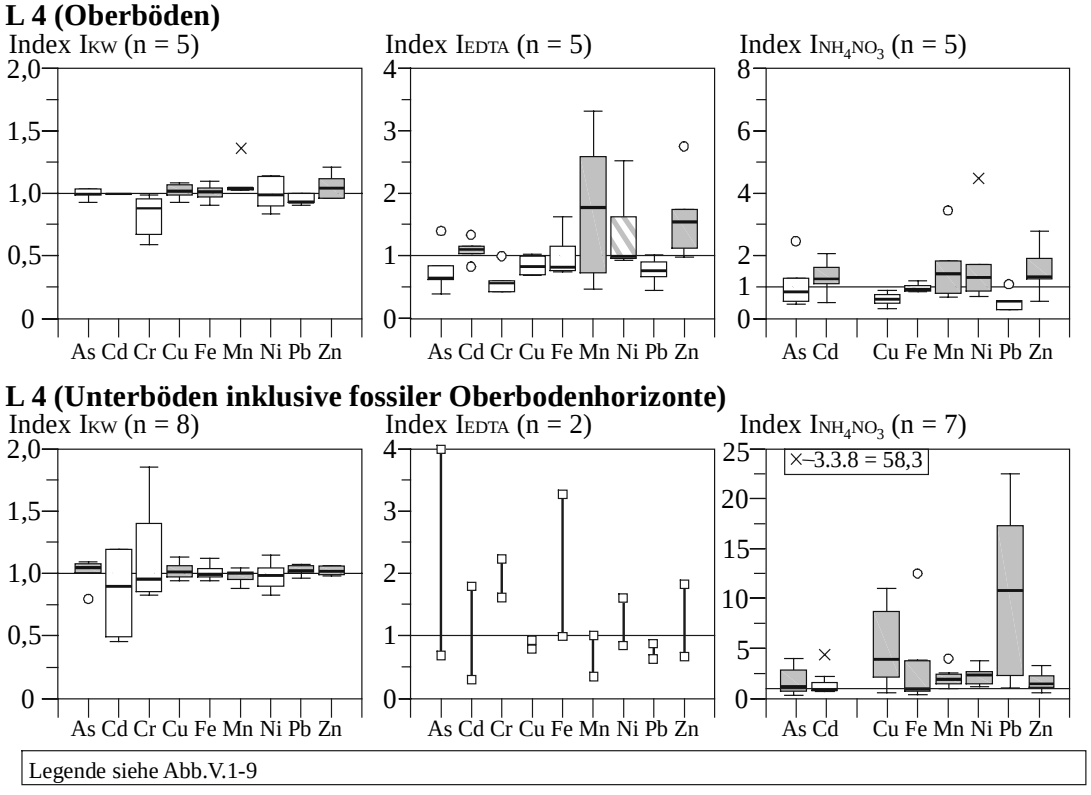


Abb. V.1-12: Elementmobilitäten auf der Basis der Anteile von KW-, EDTA- und NH_4NO_3-Gehalte zu RFA-Gehalten hinsichtlich des Lithofaziestyps L4.

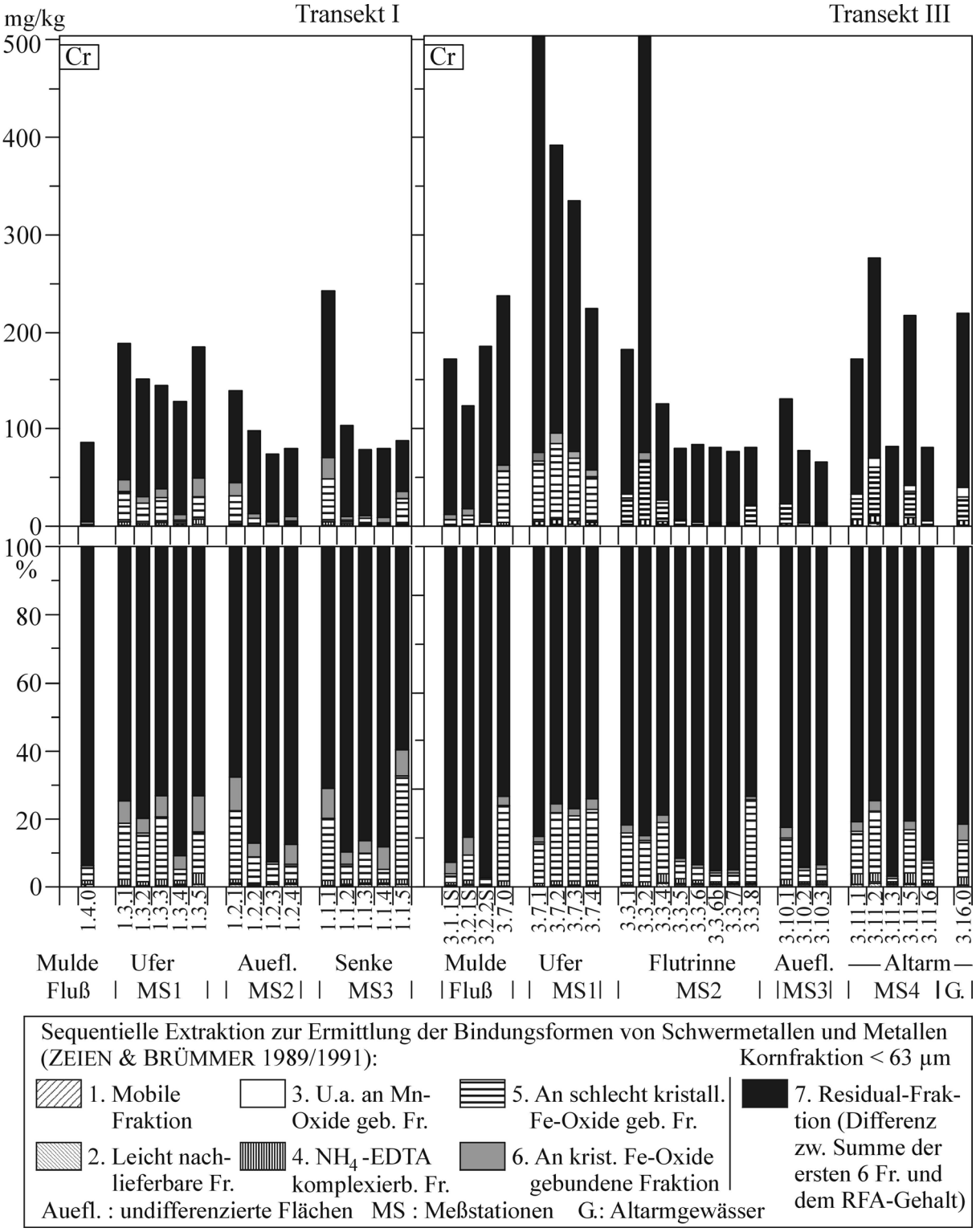


Abb. V.1-13: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Chrom.

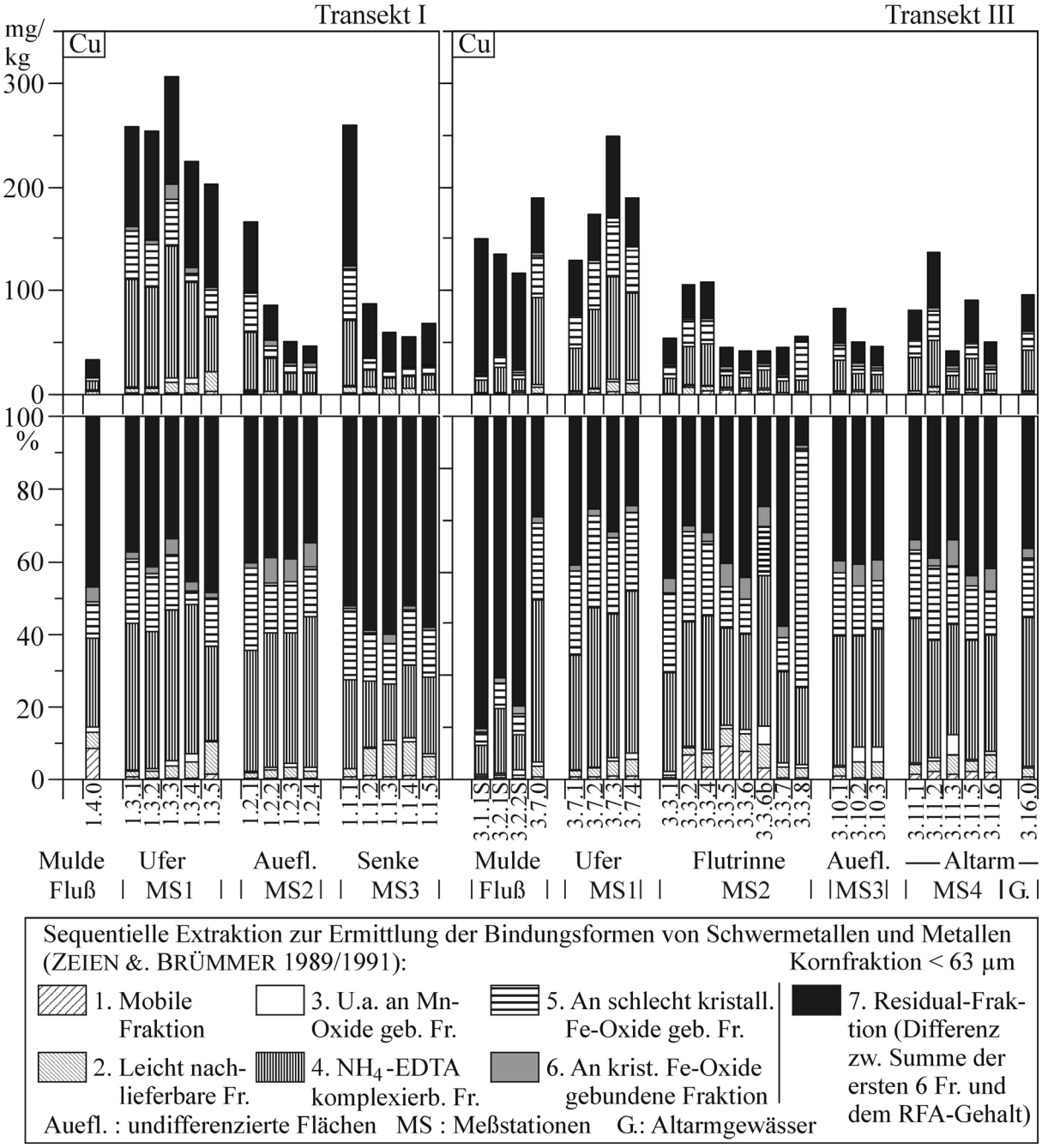


Abb. V.1-14: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Kupfer.

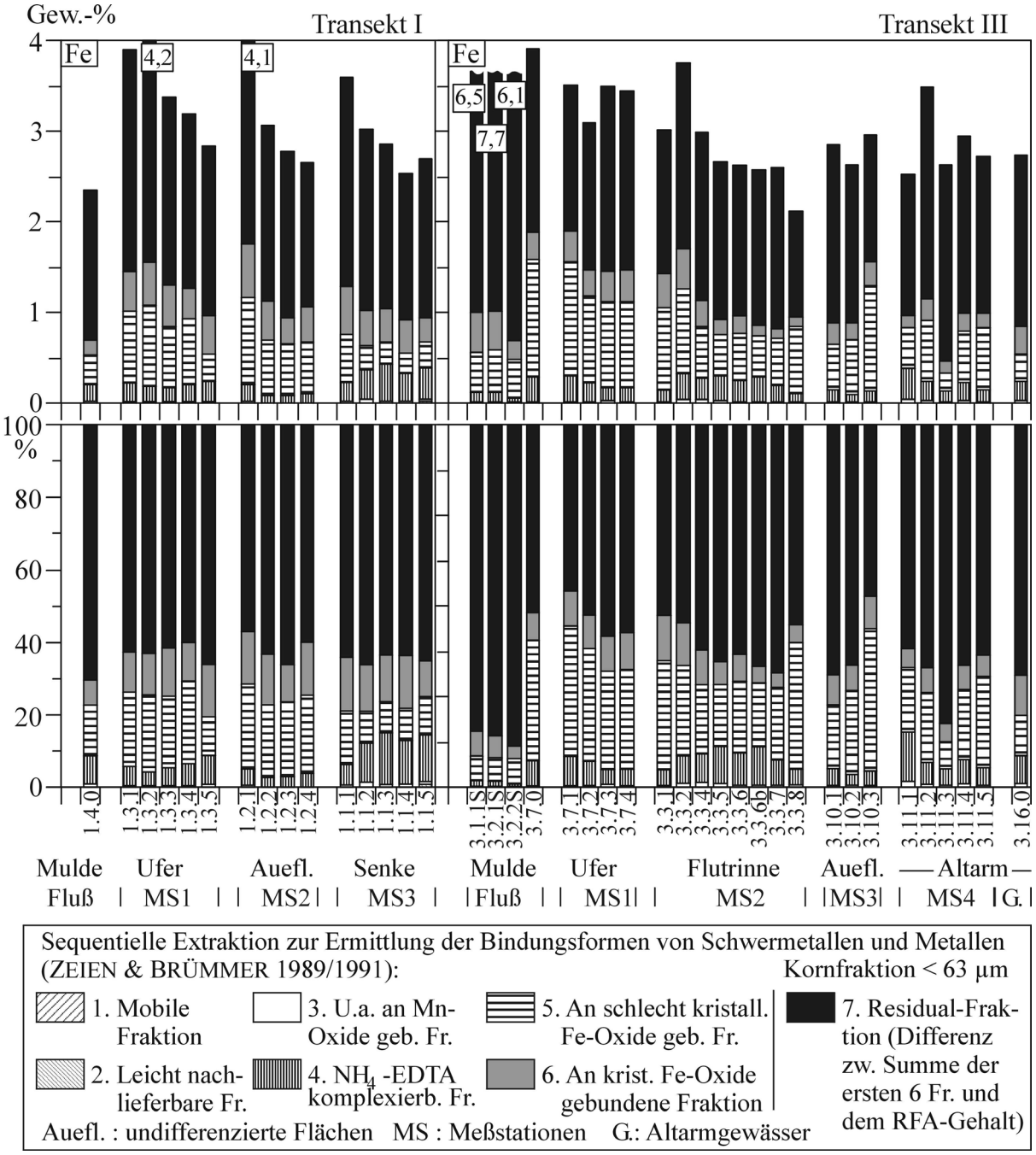


Abb. V.1-15: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Eisen.

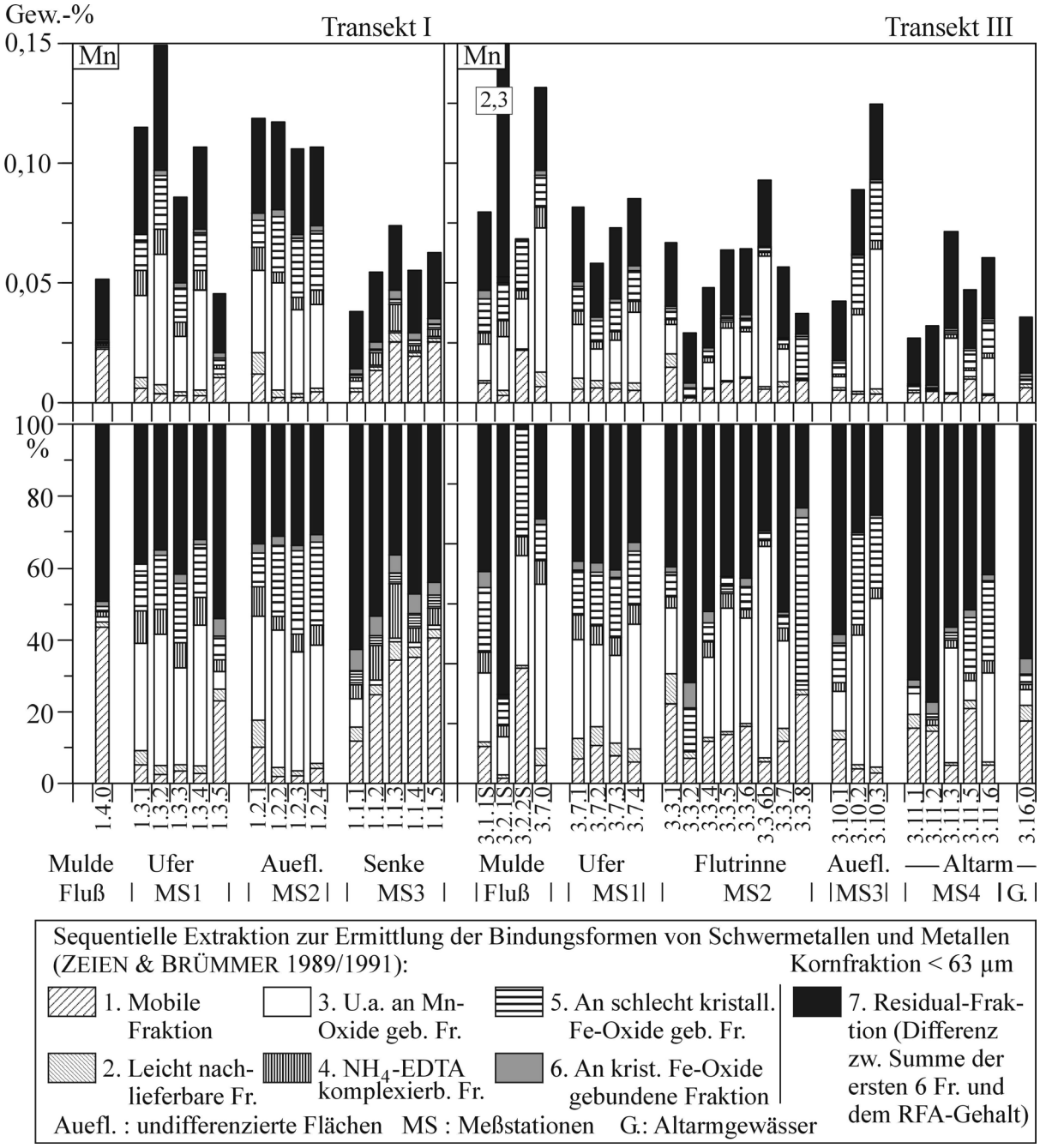


Abb. V.1-16: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Mangan.

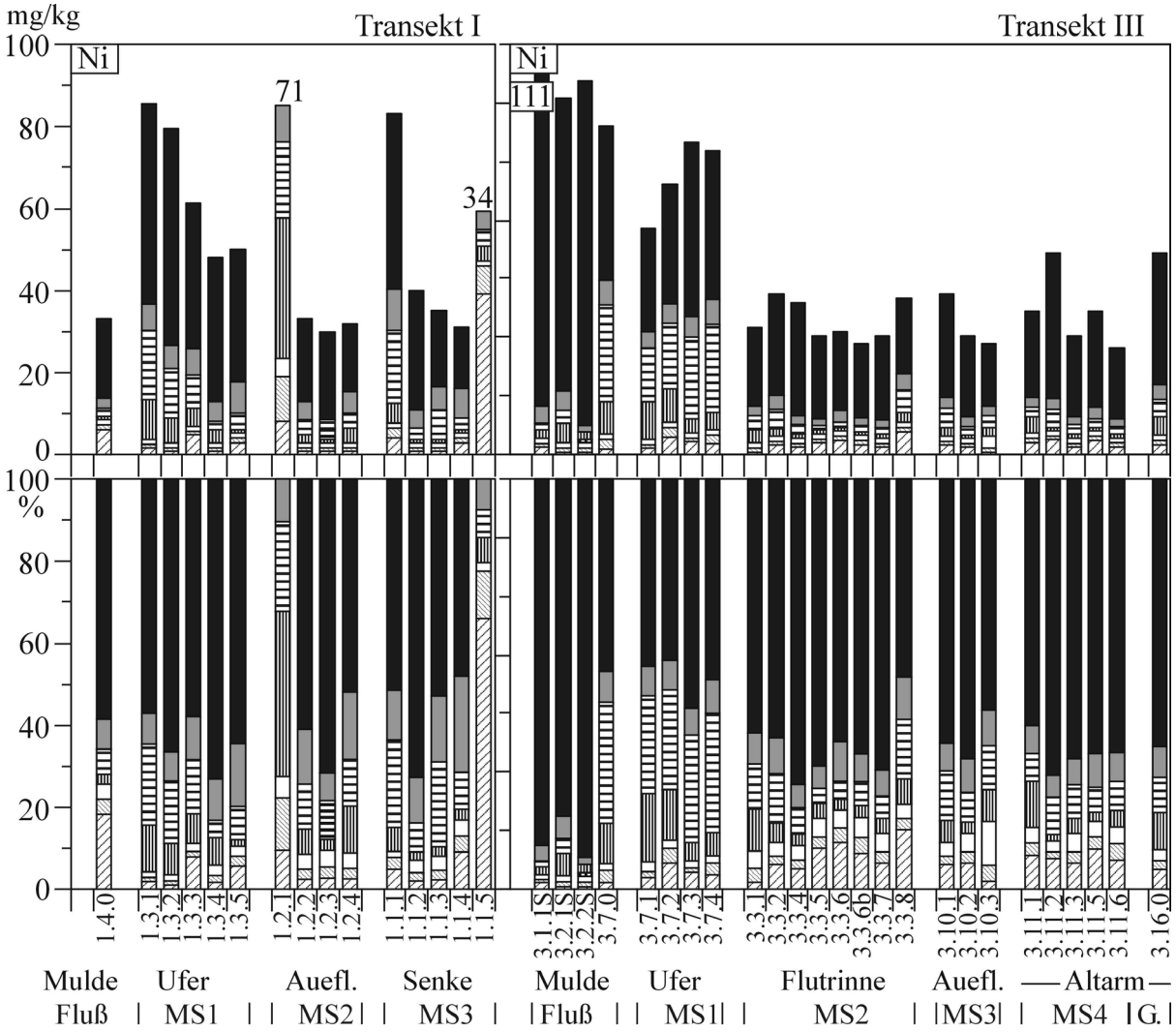


Abb. V.1-17: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Nickel.

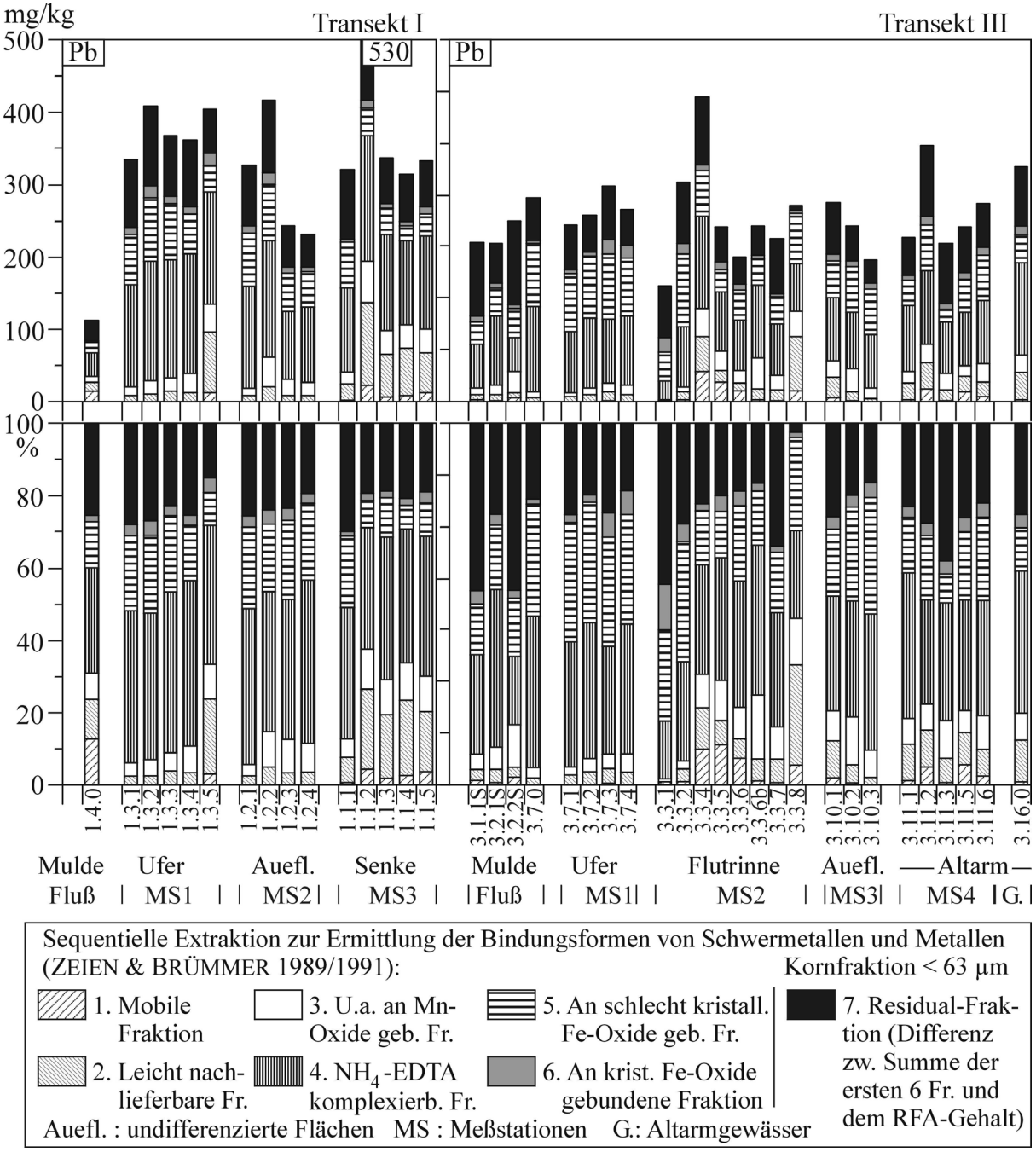


Abb. V.1-18: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Blei.

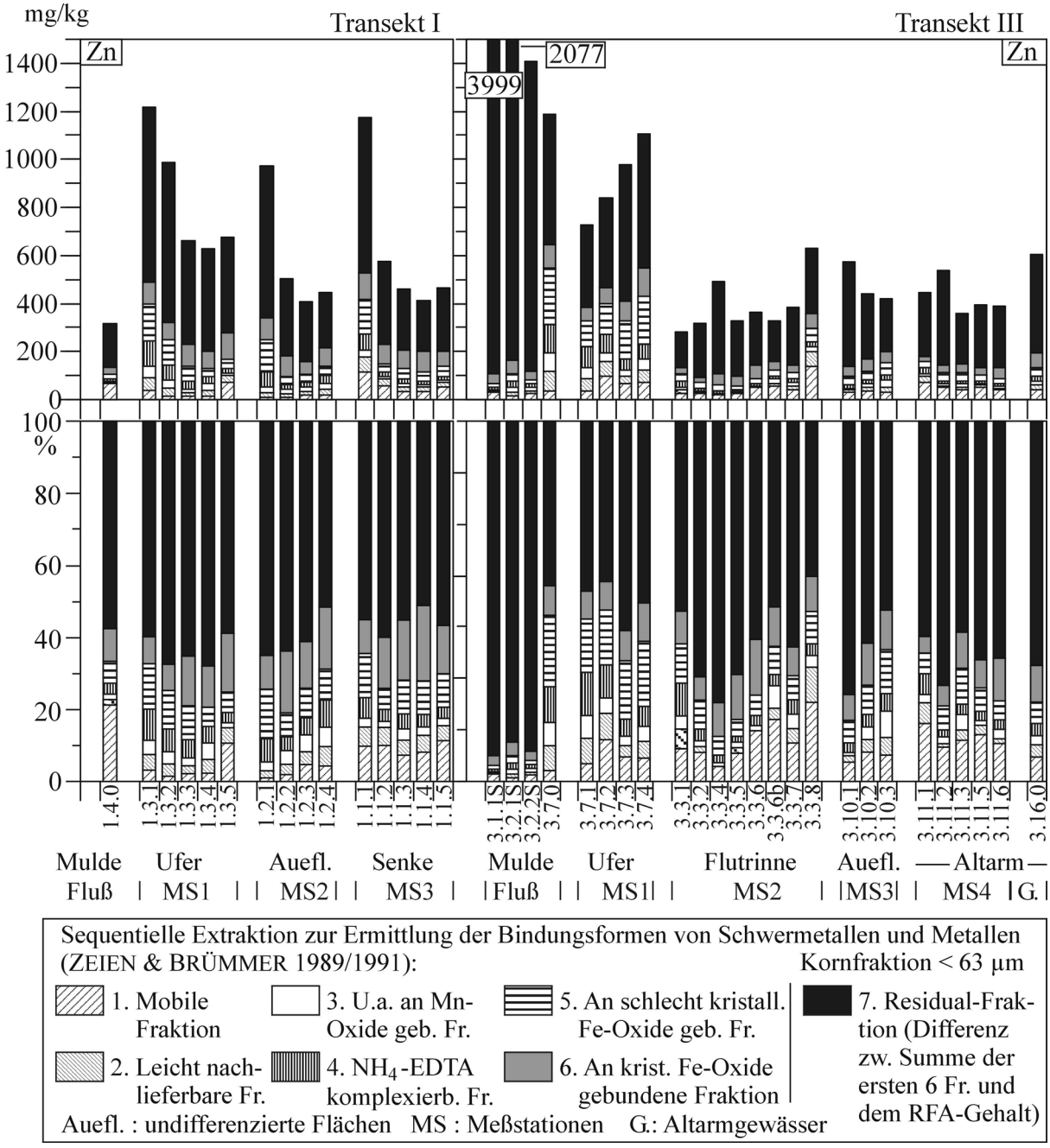


Abb. V.1-19: Ergebnisse der sequentiellen Extraktion von Zink.

Tab. V.1-1: Korrelationen zwischen den KW/RFA-, EDTA/RFA- und NH_4NO_3/RFA-Verhältnissen der untersuchten Schwermetalle und Metalle und wichtigen Bodenparametern (Spearman-Rho).

.../RFA		GV	pH	Korn	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	GV		177	177	177	147	136	177	177	177	127	177	177
	pH	–		178	178	147	137	178	178	178	128	178	178
	Korn				178	147	137	178	178	178	128	178	178
KW	As		–	–		147	137	178	178	178	128	178	178
KW	Cd		+				106	147	147	147	97	147	147
KW	Cr	0,61	+					137	137	137	128	137	137
KW	Cu	–		-0,30			-0,29		178	178	128	178	178
KW	Fe	0,60		-0,23	0,30		0,40			178	128	178	178
KW	Mn		0,40	-0,34		0,30	0,22	0,22	0,20		128	178	178
KW	Ni		+	-0,32				+	0,30	0,38		128	128
KW	Pb			-0,20	0,26				0,47	+	0,28		178
KW	Zn	-0,53	0,22	-0,23		0,25	-0,31	0,35	-0,33	0,44	0,28	-0,27	

.../RFA		GV	pH	Korn	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
EDTA	As	0,49				103	71	121	121	121	71	121	121
EDTA	Cd						71	103	103	103	71	103	103
EDTA	Cr	0,54	-0,37		0,59			71	71	71	71	71	71
EDTA	Cu		0,25			0,36	+		121	121	71	121	121
EDTA	Fe	0,70	-0,35		0,77		0,77	+		121	71	121	121
EDTA	Mn		0,57			0,30		0,32			71	121	121
EDTA	Ni	0,54			0,31	0,36	0,56	+	0,55			71	71
EDTA	Pb	-0,46	0,34					0,38	–	0,46			121
EDTA	Zn	0,48		–	0,35	0,43	0,41	0,35	0,53	0,36	0,87		

.../RFA		GV	pH	Korn	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
PFL	As		-0,28			105	–––	106	106	106	76	106	106
PFL	Cd		-0,57		0,28		–––	106	106	106	77	106	106
PFL	Cr	–––	–––	–––	–––	–––		–––	–––	–––	–––	–––	–––
PFL	Cu		-0,64		0,28	0,31	–––		107	107	77	107	107
PFL	Fe	0,45	-0,46	–	0,57		–––	0,51		107	77	107	107
PFL	Mn		-0,45		0,52	0,44	–––	0,29	0,30		77	107	107
PFL	Ni		-0,53		+	0,58	–––	0,32		0,61		77	77
PFL	Pb	–	-0,66		0,39	0,54	–––	0,64	0,34	0,52	0,53		107
PFL	Zn		-0,68		0,31	0,64	–––	0,40	0,40	0,63	0,74	0,53	

KW: Königswasserextraktion EDTA: EDTA-Elution PFL: NH_4NO_3-Elution
Korr.-Koeffizienten unterhalb d. Diagonale/Anzahl der Korrelationen oberhalb d. Diagonale
Korn: Korngrößenzusammensetzung (Index groß bei hohem Feinkornanteil)
Leerplätze: Korrelationen mit 2seitiger Signifikanz < 95% (nicht dargestellt)
+/–: 2seitige Korrelationen mit 2seitiger Signifikanz 95% - 99%
±0,70 Korrelationskoeffizienten >0,5

Tab. V.1-2: Bodenprobenahme und Meßmethoden physiko-chemischer Parameter.

Bezeichnung der Bodenproben	Transekte.Vertikalbodenprofil.Probenahmehorizont Beispiel: 1.2.2 (Transekte 1.Vertikalprofil 2.Probenahmehorizont 2) Probenahmehorizonte mit .0 kennzeichnen Flußsedimentproben
Höhe in m üb. NN	Höhe des Probenahmepunkts in Metern über Normalnull
H.-Oberk. m u. GOK	Höhe der Bodenhorizontoberkante in m unter Geländeoberkante
H.-Basis m u. GOK	Höhe der Bodenhorizontunterkante in m unter Geländeoberkante
GW i.R.(m u. GOK)	Grundwasseroberfläche in Ruhe in m unter Geländeoberkante
WV (40 - 105°C) Fraktion <63µm (Gew.-%)	Wasserverlust nach vorhergehender Trocknung der Kornfraktion <63µm bei 40° C und anschließender Trocknung bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz (in Gewichts-%)
GV(105 - 430° C) Fraktion <63µm (Gew.-%)	Glühverlust bei 430° C bezüglich des Anteils organischer Substanz nach Trocknung der Kornfraktion <63µm bei 40° und 105° C bis zur Gewichtskonstanz in Gew.-% (SCHLICHTING et al. 1995)
TOC-Gehalt (Gewichts-%)	TOC-Gehalt (gesamter organischer Kohlenstoff) als Differenz aus TC (Gesamtkohlenstoff) durch Umsetzen der Probe im Sauerstoffstrom bei 1000° C und Bestimmung des TIC (gesamter anorganischer Kohlenstoff) durch Ansäuern im Sauerstoffstrom. Infrarotdetektion des gebildeten CO_2 analog DIN 38 409 - H3 (siehe auch DIN ISO 10694). Gerät: C-mat 550 der Firma Ströhlein
pH ($CaCl_2$) pH (Aqua dest)	Laboranalyt. Bestimmung d. Boden-pH n. SCHLICHTING et al. (1995) u. in Anlehnung an DIN ISO 10390 in 0,1 M $CaCl_2$-Lsg. (TS 40°C)
Probenansprache der Substrate nach DIN 4022	T: Ton (Hauptkomponente), t: tonig, t: stark tonig, t‘: schwach tonig U: Schluff (Hauptk.), u: schluffig, u: stark schl., u‘: schw. schluffig fS: Feinsand (Hauptk.), fs: feinsandig, fs: stark fs, fs‘: schwach fs mS: Mittelsand, gS: Grobsand, fG: Feinkies, mG: Mittel-, gG: Grob-
Farbansprache	Soil Colour Charts (MUNSELL 1973)
Korndichte	Bestimmung der Korn- bzw. Substratdichte mittels Weithalspyknometer (DIN 18124 – WP)

Verwendete Symbole zur Bodenhorizontansprache der Aueböden (AG BODENKUNDE 1994):

vorangestellte Zusatzsymbole	
h	humoser Horizont
i	kieselig
l	Lockersubstrat; kombinierbar mit C
a	sedimentierte Horizonte (allochton)
dem Hauptsymbol nachgestellte Zeichen	
o	oxidiert (Oxidationsflecken bsp.)
r	reduziert (graue – schwarze Farben)

Hauptsymbole der Bodenhorizonte	
F	Gewässersediment
A	mineralischer Oberbodenhorizont mit Akkumulation organischer Substanz
fossiler A	ehemaliger Oberbodenhorizont mit organischer Substanz
M	mineralischer Unterbodenhorizont aus sedimentiertem Solummaterial
C	unverwitterter mineralischer Horizont aus Lockermaterial
G	Mineralhorizont mit Grundwasserreinfluß (hydromorphe Merkmale)
L	organischer Auflagehorizont (Förna)

Tab. V.1-3: Nachweisgrenzen des Meßprogramms „Powder 1“ der RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse) an der TU Berlin, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geowissenschaften.

Elemente	Konzentration	Kalibrationsbereich		Standardabweichung
		untere Grenze	obere Grenze	
SiO_2	Gewichts-%	0,2	90	2,1
Al_2O_3	Gewichts-%	0,1	60	0,9
TiO_2	Gewichts-%	0,02	4	0,04
Fe_2O_3	Gewichts-%	0,02	75	0,3
MgO	Gewichts-%	0,1	40	0,2
CaO	Gewichts-%	0,1	55	0,23
Na_2O	Gewichts-%	0,1	10	0,2
K_2O	Gewichts-%	0,02	13	0,08
P_2O_5	Gewichts-%	0,01	8	0,03
SO_3	Gewichts-%	0,01	57	0,02
Mn	mg/kg	40	25.000	14
Ag	mg/kg	2	200	1,5
As	mg/kg	7	4.000	4
Ba	mg/kg	20	4.000	11
Bi	mg/kg	3	1.400	1,5
Br	mg/kg	4	300	2
Cd	mg/kg	4	500	2
Cl	mg/kg	100	40.000	29
Co	mg/kg	4	200	2
Cu	mg/kg	4	1.300	4
Cr	mg/kg	10	18.000	6
Cs	mg/kg	2	650	2
F	mg/kg	600 (200/150)	35.000	170
Ga	mg/kg	3	100	1
Hg	mg/kg	2	30	0,2
Mo	mg/kg	5	300	1,5
Ni	mg/kg	10	3.000	4
Pb	mg/kg	10	5.000	4
Rb	mg/kg	5	3.500	2,5
Sb	mg/kg	3	400	1,5
Se	mg/kg	3	40	0,7
Sn	mg/kg	10	7.000	3
Sr	mg/kg	10	4.600	4
Th	mg/kg	8	1.000	2
Tl	mg/kg	2	35	0,2
U	mg/kg	5	650	2
V	mg/kg	10	600	5
W	mg/kg	10	11.000	3
Zn	mg/kg	10	25.000	5
Zr	mg/kg	10	12.000	4

- Proben bei 40° C getrocknet; <Wert : Meßwert unterhalb des Kalibrierungsbereichs

Tab. V.1-4: Methoden und Nachweisgrenzen zur naßchemischen Analytik der Extraktions- und Elutionslösungen.

Meßmethoden		Messungen in Anlehnung an folgende DIN
Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	ICP-OES(-AES)	DIN EN ISO 11885 (DIN 38 406-E22)
Atomabsorptions-Spektrometrie	Flammen-AAS	DIN ISO 11047
	Graphitrohr-AAS	
Atomabsorptions-Spektrometrie	Graphitrohr-AAS	DIN ISO 5961 (DIN 38 406-E 19)

Untere Bestimmungsgrenzen der gemessenen Elemente
(in Wertetabellen als: <Wert oder <BSG = unterhalb der Bestimmungsgrenze)

	Sequentielle Extraktion Fraktionen 1 - 6					Pflanzenverfügbarkeit	EDTA	Königswasser
	1. Fr.	2. Fr.	3. Fr.	4. Fr.	5+6. Fr.	PFL	EDTA	KW
	- mg/l -							
As	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,02
Cd	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002*	0,1
Cr	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01/0,02	0,04	0,2
Cu	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02/0,06	0,03/0,6	0,1
Fe	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	100
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1
Ni	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,1
Pb	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,8	0,1
Zn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05

*Probe 3.2.2 : untere Bestimmungsgrenze = 0,08 mg/l (EDTA).

Mit Methoden-spezifischen Faktoren multiplizierte Bestimmungsgrenzen (zur Umrechnung des Feststoff-Lösungs-Verhältnisses bei Extrakten und Eluaten)

Sequentiel. Extrakt. ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) Fraktionen 1 - 6						Pflanzenverfügbarkeit	EDTA	Königswasser
	1. Fr.	2. Fr.	3. Fr.	4. Fr.	5+6. Fr.	PFL	EDTA	KW
Faktoren >	- mg/l -							
	25,25	37,75	50,25	37,5	37,5	25	10	33,33
As	0,013	0,019	0,025	0,019	0,019	0,0125	0,005	0,66
Cd	0,0005	0,0008	0,0010	0,0008	0,0008	0,0005	0,0002*	3,3
Cr	0,5	0,8	1,0	0,8	1,5	0,5/0,25	0,4	6,6
Cu	0,5	0,8	1,0	0,8	1,1	0,5/1,5	0,3/6,0	3,3
Fe	0,5	0,8	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	3300
Mn	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,25	0,1	33
Ni	1,3	1,9	2,5	1,9	1,1	1,26	0,3	3,3
Pb	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,0025	8	3,3
Zn	0,76	1,13	1,51	1,13	1,13	0,75	0,3	1,65

*Probe 3.2.2 : untere Bestimmungsgrenze = 0,8 bei EDTA
7. Fraktion: RFA minus Summe der Fraktionen 1.-6.
PFL : Pflanzenverfügbarkeit (NH_4NO_3-Elution)

Tab. V.1-5: Erläuterungen zu Methoden der Wasseranalytik.

Methode		Parameter	Messungen in Anlehnung an folgende Vorschrift oder DIN
ICP-AES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, P_{gesamt}, Sn	DIN 38 406-E22 (DIN EN ISO 11885)
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Flamme	Cr, Cu, Ni	DIN ISO 11047
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung d. Hydridtechnik	As	DIN 38405 D18
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Graphitrohr	Cd	DIN 38 406-E 19 (DIN ISO 5961)
IC	Anionenchromatographie	F^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}	DIN 38405-19 (DIN EN ISO 10304-1)
IC	Kationenchromatographie	K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	DIN EN ISO 14911
Photometrie	Photometer Lasaplus Fa. Dr. Lange	NH_4^+	-
Titration	m-Wert und pKs-Wert-Berechnung zur Bestimmung von:	HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2, pks	Berechnung der Spezies n. QUENTIN (1988), Digital Titrator, Fa. Hach
pH-Wert	Glaselektrode i. Durchflußmeßzelle	pH	DIN 38404 C5
Temperatur	Temperaturmessung in Durchflußmeßzelle	T (°C)	DIN 38404 C4
T (°C)	Temperatur gemessen mit Einstichmeßsonde	T (°C)	--
Lf	Leitfähigkeitsmessung in Durchflußmeßzelle	Lf (25° C)	DIN EN 27888
Redox-Wasser	Messung der Redoxspannung in der Durchflußmeßzelle	E_H -Wasser	DIN 38404 C6
Redox-Boden	Bestimmung der Redoxspannung im Feldverfahren	E_H -Boden	angelehnt an DIN ISO 11271
O_2	Messung mittels Sauerstoffelektrode in einer Durchflußmeßzelle	Sauerstoffgehalt	angelehnt an DIN 38408 G22
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff Analyser TOC 5050 (Firma Shimadzu)	DOC	Bestimmung des DOC nach DIN 38409 durch Infrarot-Detektion (angelehnt an DIN ISO 10694)

Tab. V.1-6: Nachweisgrenzen zur Analytik der Wasserproben.

Methode		Parameter	Untere Bestimmungsgrenzen (mg/l)
ICP-AES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	Al Cr Cu Fe Mn P_{gesamt} Sn Zn	<0,01 – 0,1 <0,05 – 0,06 <0,02 <0,02 – 0,05 <0,005 – 0,02 <0,07 – 0,2 <0,3 <0,02 – 0,03
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Flamme	Cr Cu Ni Sn	<0,0001 <0,0001 <0,0001 <0,0001
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung d. Hydridtechnik	As	<0,0001
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Graphitrohr	Cd	<0,00005
IC	Anionenchromatographie	F^- Cl^- SO_4^{2-} NO_3^- PO_4^{3-}	<0,02 <0,1 <0,1 <0,05 <0,05
IC	Kationenchromatographie	K^+ Na^+ Ca^{2+} Mg^{2+}	<0,01 <0,01 <0,1 <0,05
Photometrie	Photometer Lasaplus (Firma Dr. Lange)	NH_4^+	<0,02

V.2 Datenanhang

V.2.1 Bodendaten

V.2.1.1 Erläuterungen zu den Bodendaten

Bezeichnung der Bodenproben	Transekte.Vertikalbodenprofil.Probenahmehorizont Beispiel: 1.2.2 (Transekte 1.Vertikalprofil 2.Probenahmehorizont 2) Probenahmehorizonte mit .0 kennzeichnen Flußsedimentproben
Höhe in m üb. NN	Höhe des Probenahmepunkts in Metern über Normalnull
H.-Oberk. m u. GOK	Höhe der Bodenhorizontoberkante in m unter Geländeoberkante
H.-Basis m u. GOK	Höhe der Bodenhorizontunterkante in m unter Geländeoberkante
GW i.R.(m u. GOK)	Grundwasseroberfläche in Ruhe in m unter Geländeoberkante
WV (40 - 105°C) Fraktion <63µm (Gew.-%)	Wasserverlust nach vorhergehender Trocknung der Kornfraktion <63µm bei 40° C und anschließender Trocknung bei 105° C bis zur Gewichtskonstanz (in Gewichts-%)
GV(105 - 430° C) Fraktion <63µm (Gew.-%)	Glühverlust bei 430° C bezüglich des Anteils organischer Substanz nach Trocknung der Kornfraktion <63µm bei 40° und 105° C bis zur Gewichtskonstanz in Gew.-% (SCHLICHTING et al. 1995)
TOC-Gehalt (Gewichts-%)	TOC-Gehalt (gesamter organischer Kohlenstoff) als Differenz aus TC (Gesamtkohlenstoff) durch Umsetzen der Probe im Sauerstoffstrom bei 1000° C und Bestimmung des TIC (gesamter anorganischer Kohlenstoff) durch Ansäuern im Sauerstoffstrom. Infrarotdetektion des gebildeten CO_2 analog DIN 38 409 - H3 (siehe auch DIN ISO 10694). Gerät: C-mat 550 der Firma Ströhlein
pH ($CaCl_2$)	Laboranalyt. Bestimmung d. Boden-pH n. SCHLICHTING et al. (1995) u. in Anlehnung an DIN ISO 10390 in 0,1 M $CaCl_2$-Lsg. (TS 40°C), in Klammern der pH-Wert der feldfrischen Probe [ ] pH-Feld
pH (Aq. d.)	Laboranalytische Bestimmung des Boden-pH nach SCHLICHTING et al. und in Anlehnung an DIN ISO 10390 in Aqua dest. (TS 40°C)
Probenansprache der Substrate nach DIN 4022	T: Ton (Hauptkomponente), t: tonig, <u>t</u>: stark tonig, t‘: schwach tonig U: Schluff (Hauptk.), u: schluffig, <u>u</u>: stark schl., u‘: schw. schluffig fS: Feinsand (Hauptk.), fs: feinsandig, <u>fs</u>: stark fs, fs‘: schwach fs mS: Mittelsand, gS: Grobsand, fG: Feinkies, mG: Mittel-, gG: Grob-
Farbansprache	Soil Colour Charts (MUNSELL 1973)
Korndichte	Bestimmung der Korn- bzw. Substratdichte mittels Weithalspyknometer (DIN 18124 – WP)

Verwendete Symbole zur Bodenhorizontansprache der Aueböden (AG BODENKUNDE 1994):

vorangestellte Zusatzsymbole	
h	humoser Horizont
i	kieselig
l	Lockersubstrat; kombinierbar mit C
a	sedimentierte Horizonte (allochton)
dem Hauptsymbol nachgestellte Zeichen	
o	oxidiert (Oxidationsflecken bsp.)
r	reduziert (graue – schwarze Farben)

Hauptsymbole der Bodenhorizonte	
F	Gewässersediment
A	mineralischer Oberbodenhorizont mit Akkumulation organischer Substanz
fossiler A	ehemaliger Oberbodenhorizont mit organischer Substanz
M	mineralischer Unterbodenhorizont aus sedimentiertem Solummaterial
C	unverwitterter mineralischer Horizont aus Lockermaterial
G	Mineralhorizont mit Grundwasserreinfluß (hydromorphe Merkmale)
L	organischer Auflagehorizont (Förna)

Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN (m)	H.-Oberk. m u. GOK	H.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebödenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
1.1.1	26.08.96	75,1	0,00	0,17		aAh	3,3	16,5	5,4	5,7
1.1.2	26.08.96		0,17	0,37		aGor	1,5	6,3	5,7	6,4
1.1.3	26.08.96		0,37	1,00	0,63	aGr	1,2	2,7	5,4	5,8
1.1.1b	17.04.97	75,1	0,00	0,25		aAh	3,4	16,2	5,2	5,5
1.1.2b	17.04.97		0,25	0,67		aGor	1,4	3,6	5,3	5,8
1.1.3b	17.04.97		0,67	1,20		aGr	1,1	2,3	5,4	5,9
1.1.4b	17.04.97		1,20	2,26		aGr	1,1	2,3	5,4	6,0
1.1.5b	17.04.97		2,26	2,72		aGr	1,2	2,8	5,4	6,0
1.2.1	26.08.96	75,5	0,00	0,22		aAh	3,6	14,4	5,9	6,2
1.2.2	26.08.96		0,22	0,50		aM	1,3	5,1	6,0	6,7
1.2.3	26.08.96		0,50	0,61		aM	1,4	3,3	5,9	6,7
1.2.4	26.08.96		0,61	1,20	0,80	aGo	1,2	3,3	5,8	6,6
1.3.0	26.08.96	75,0	0,00	0,20		F	1,7	7,1	4,7	4,8
1.3.1	26.08.96	75,3	0,00	0,15		aAh	3,3	14,0	5,5	5,7
1.3.2	26.08.96		0,15	0,30		fossiler aAh	1,8	10,3	5,9	6,4
1.3.3	26.08.96		0,30	0,49		fossiler aAh	3,4	8,1	5,8	6,3
1.3.4	26.08.96		0,49	0,60		aM	2,0	6,5	5,8	6,4
1.3.5	26.08.96		0,60	0,86	0,61	aGor	1,2	5,4	4,9	5,3
1.4.0	26.08.96	74,8	0,00	0,15		F	1,0	2,4	4,2	4,5
1.4.1	19.08.96	76,4	0,00	0,08		aiAh	3,4	15,2	5,5	6,0
1.4.2	19.08.96		0,08	0,17		fossiler aAh	3,5	15,1	5,3	5,9
1.4.3	19.08.96		0,17	0,37		fossiler aAh	3,7	12,8	6,0	6,5
1.4.4	19.08.96		0,37	0,81		aM	1,0	2,7	6,3	6,7

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen	Transekte
											HUE	Value	Chroma	Farbe		
1	1.1.1	U, t, fs'						5	70	25	10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.1.2	U, fs, t						25	55	20	10YR	3	3	dunkelbraun	rostfleckig	1
1	1.1.3	U, fs, t, ms					10	35	40	15	10YR	4	1	dunkelgrau		1
1	1.1.1b	U, t, fs'						5	75	20	10YR	2	2	stark dunkelbraun		1
1	1.1.2b	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	3	mittelbraun		1
1	1.1.3b	U, t, fs						15	65	20	10YR	6	2	hell braungrau		1
1	1.1.4b	fS, u, t', ms'					5	75	15	5	10YR	5	1	grau		1
1	1.1.5b	mS, fs, u, gs				15	55	20	10		10YR	4	1	dunkelgrau		1
1	1.2.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.2.2	U, t, fs, ms'					5	15	60	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun		1
1	1.2.3	fS, u, t, ms'					5	65	20	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun		1
1	1.2.4	mS, fs, u', gs'				5	75	15	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun		1
1	1.3.0	U, t, fs, ms'					5	15	60	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.3.1	U, fs, t, ms'					5	25	55	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.3.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun		1
1	1.3.3	U, fs, t, ms'					5	30	50	15	10YR	3	3	dunkelbraun		1
1	1.3.4	fS, u, ms, t'					15	50	25	10	10YR	3	3	dunkelbraun		1
1	1.3.5	mS, fs, u, gs'					60	20	15	5	10YR	3	3	dunkelbraun	rostfleckig	1
1	1.4.0	mS, fs, u', t'					65	20	10	5	10YR	3	1	stark dunkelgrau		1
1	1.4.1	mS, gs, fs, u'				20	60	15	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.4.2	mS, fs, u, t'					45	35	15	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun		1
1	1.4.3	fS, ms, u, t'					30	50	15	5	10YR	3	3	dunkelbraun		1
1	1.4.4	fS, u, ms', t'					10	70	15	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun		1

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
1	1.4.5	19.08.96		0,81	1,20		aM	1,2	2,7	5,1	5,6
1	1.4.6	19.08.96		1,20	1,28		aM	1,1	2,0	5,7	6,2
1	1.4.7	19.08.96		1,28	2,20	1,46	aG				
1	1.5.1	21.08.96	75,4	0,00	0,15		aAh	2,9	12,2	5,8	6,0
1	1.5.2	21.08.96		0,15	0,32		aM	1,4	3,3	5,8	6,3
1	1.5.3	21.08.96		0,32	0,65		aM	1,1	2,0	5,1	5,6
1	1.5.4	21.08.96		0,65	0,90		aM	1,3	2,6	4,9	5,4
1	1.6.1	21.08.96	74,7	0,00	0,25		aAh	5,1	11,8	6,1	6,4
1	1.6.2	21.08.96		0,25	0,31		aM	1,4	4,0	5,5	6,0
1	1.6.3	21.08.96		0,31	0,41		aGo	1,6	3,6	5,5	6,0
1	1.6.4	21.08.96		0,41	0,52	0,48	aGo	1,1	2,2	4,7	5,0
1	1.6.5	21.08.96		0,52	0,71		aGr	1,0	1,8	4,6	5,1
1	1.6.6	21.08.96		0,71	0,89		aGr	1,3	2,2	4,7	5,3
1	1.6.7	17.04.97		0,89	2,85		alC/aG	1,3	2,4	4,3	5,0
1	1.6.8	17.04.97		2,85	3,05		alC/aG	n.b.	n.b.	4,1	4,5
1	1.7.1	21.08.96	75,2	0,00	0,16		aAh	3,3	12,6	5,6	5,9
1	1.7.2	21.08.96		0,16	0,50		aM	2,1	4,3	5,1	5,5
1	1.7.3	21.08.96		0,50	0,80		aM	1,7	2,7	4,5	5,0
1	1.7.4	21.08.96		0,80	0,91		aM	1,3	2,0	4,3	4,8
1	1.7.5	21.08.96		0,91	1,10	0,97	aG	1,1	1,3	4,3	4,6
1	1.8.1	27.08.96	75,3	0,00	0,25		aAh	2,5	11,9	6,2	6,6
1	1.8.2	27.08.96		0,25	0,44		aM	1,3	3,3	6,3	6,9
1	1.8.3	27.08.96		0,44	0,69		aM	1,2	2,9	6,3	6,9

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
1	1.4.5	fS, u, t', ms'					5	55	30	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.4.6	fS, u, t						50	35	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.4.7	fS, u, t						45	40	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.5.1	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.5.2	fS, u, ms, t					15	40	30	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.5.3	U, fs, t, ms'					5	20	55	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.5.4	U, t, fs'						10	65	25	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.6.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.6.2	fS, u, t', ms'					5	55	30	10	10YR	4	3	mittelbraun	
1	1.6.3	fS, u, ms', t'					10	55	30	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
1	1.6.4	U, fs, t, ms'					5	20	60	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
1	1.6.5	fS, ms, u, t'					30	35	25	10	10YR	3	1	stark dunkelgrau	
1	1.6.6	U, fs, t, ms'					5	25	55	15	10YR	4	1	dunkelgrau	
1	1.6.7	U, fs, ms, gs', t'				5	15	30	45	5	10YR	4	3	mittelbraun	
1	1.6.8	mS, gs, fs, fg', mg', u‘		5	10	25	45	10	5		10YR	6	1	hellgrau	
1	1.7.1	U, t, fs'						10	70	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.7.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.7.3	U, t, fs'						5	70	25	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.7.4	U, fs, ms, t					15	15	55	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.7.5	fS, u, ms, t					15	40	30	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.8.1	mS, fs, u, t'					50	25	20	5	10YR	3	1	stark dunkelgrau	
1	1.8.2	mS+fS, gs', u'				5	45	45	5		10YR	5	3	braun	
1	1.8.3	mS, fs, gs, u'				15	60	20	5		10YR	5	3	braun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebodenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
1	1.8.4	27.08.96		0,69	0,92		aM	1,5	3,8	5,3	5,8
1	1.8.5	27.08.96		0,92	1,40		aM	2,0	3,4	4,4	4,8
1	1.9.1	27.08.96	74,3	0,00	0,11		aAh	5,9	21,4	4,7	4,9
1	1.9.2	27.08.96		0,11	0,22		fossiler aAh	3,2	18,6	5,1	5,3
1	1.9.1+2	27.08.96		0,00	0,22		aAh				
1	1.9.3	27.08.96		0,22	0,45	0,44	aG	1,3	3,5	4,7	5,2
1	1.9.4	27.08.96		0,45	0,62		aGo	1,7	4,1	4,7	5,0
1	1.9.5	27.08.96		0,62	1,07		aGor	2,1	3,8	4,8	5,3
1	1.10.1	27.08.96	74,9	0,00	0,16		aAh	3,8	14,4	5,7	6,0
1	1.10.2	27.08.96		0,16	0,52		aM	2,6	4,3	4,9	5,3
1	1.10.3	27.08.96		0,52	0,81		alC	2,2	3,0	4,5	4,9
1	1.10.4	27.08.96		0,81	1,00		alC	1,8	2,0	4,5	5,1
1	1.11.1	27.08.96	74,7	0,00	0,08		aAh	3,3	17,8	4,6 [4,8]	4,8
1	1.11.2	27.08.96		0,08	0,22		fossiler aAh	4,3	17,3	5,3	5,7
1	1.11.3	27.08.96		0,22	0,34		fossiler aAh	1,7	5,7	6,3	6,7
1	1.11.4	27.08.96		0,34	0,39		aM	1,8	2,3	6,1	6,6
1	1.11.5	27.08.96		0,39	0,84		aM	2,1	3,7	5,8	6,4
1	1.11.6	27.08.96		0,84	1,10		alC/aGo	2,4	3,8	4,9	5,5
1	1.11.7	27.08.96		1,10	1,40		alC/aGo	1,8	2,1	5,2	5,8
1		27.08.96		1,40	2,00		alC/aG				
1	1.11.8	27.08.96		2,00	2,90		ailC/aGo	1,5	1,2	5,9	6,5
1	1.11.9	27.08.96		2,90	3,05		alC/aGo	1,6	1,8	5,9	6,3
1	1.11.10	27.08.96		3,05	3,45		alC/aG	2,0	4,2	5,0	5,4

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
1	1.8.4	U, t, fs', ms', gs'				5	5	5	65	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.8.5	U, t, fs'						5	65	30	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.9.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.9.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.9.1+2														
1	1.9.3	U, fs, t, ms'					5	25	50	20	10YR	4	3	mittelbraun	
1	1.9.4	U, fs, t, ms'					5	25	50	20	10YR	4	3	mittelbraun	rostfleckig, Holzreste
1	1.9.5	U, t							60	40	10YR	4	3	mittelbraun	rostfl., schw. Konkr.
1	1.10.1	U, t, fs'						5	80	15	10YR	3	1	stark dunkelgrau	
1	1.10.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
1	1.10.3	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	schw. Konkretionen
1	1.10.4	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	schw. Konkretionen
1	1.11.1	U, t							80	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.11.2	U, t							80	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
1	1.11.3	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
1	1.11.4	fS, u, ms', t'					10	70	15	5	10YR	5	3	braun	
1	1.11.5	U, t, fs'						10	60	30	10YR	4	3	mittelbraun	
1	1.11.6	U, t							70	30	10YR	5	2	graubraun	rostfl., schw. Konkr.
1	1.11.7	U, t							70	30	10YR	5	3	braun	stark rostfleckig
1		U, t							70	30					
1	1.11.8	fS, u, ms', t'					5	70	20	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
1	1.11.9	U, t, fs'						5	60	35	10YR	5	3	braun	stark rostfleckig
1	1.11.10	U, fs, t, ms', gs'				5	10	20	50	15	10YR	4	2	dunkel graubraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
1	1.11.11	27.08.96		3,45	3,75		ailC/aG	1,4	1,9	5,2	5,7
1		27.08.96		3,75	4,10		ailC/aG				
1		27.08.96		4,10	4,40		ailC/aG				
1	1.11.0	27.08.96	73,4	0,00	0,20		Fo				
2	2.Ü.S	27.08.96		0,00	0,00		F	7,5	19,5	6,2	6,3
2	2.1.0	12.08.96	67,1	0,00	0,20		F	4,1	18,7	4,1	4,3
2	2.1.1	12.08.96	68,3	0,00	0,08		aiAh	3,7	18,4	5,2	5,5
2	2.1.2	12.08.96		0,08	0,14		aM	3,6	16,8	3,7	4,3
2	2.1.3	12.08.96		0,14	0,24		fossiler aAh	3,5	19,4	3,2	3,6
2	2.1.4	12.08.96		0,24	0,31		fossiler aAh	4,4	17,6	3,2	3,7
2	2.1.5	12.08.96		0,31	0,61		fossiler aAh	6,1	20,1	4,0	4,1
2	2.1.6	12.08.96		0,61	0,72		fossiler aAh	6,9	26,2	3,1	3,0
2	2.1.7	12.08.96		0,72	1,14		fossiler aAh	4,8	18,8	2,8	2,8
2	2.2.1	12.08.96	69,7	0,00	0,05		aiAh	5,2	22,8	3,3	3,6
2	2.2.1b	01.05.97		0,05	0,13		fossiler aAh	2,5	11,0	3,9	4,5
2	2.2.2	01.05.97		0,13	0,17		fossiler aAh	2,9	14,1	3,1	3,6
2	2.2.3	01.05.97		0,17	0,50		aM	2,7	8,1	3,5	3,9
2	2.2.4	01.05.97		0,50	0,70		aM	1,6	4,1	3,6	4,0
2	2.2.5	01.05.97		0,70	0,95		ailC	1,2	3,0	3,6	4,0
2		01.05.97		0,95	1,20		ailC				
2		01.05.97		1,20	1,25		ailC/aGo				
2		01.05.97		1,25	2,40		ailC/aG				
2	2.2.7	01.05.97		2,40	2,65	2,50	ailC/aG	1,4	2,3	5,1	5,6

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
1	1.11.11	mS, gs, fs, u', fg'			5	25	45	15	10		10YR	6	3	blassbraun	
1		gS													
1		gS, fg', mg'													
1	1.11.0	U, t, fs'						5	75	20	10YR	5	6	gelblich braun	stark verockert
2	2.Ü.S	fS, u, ms, gs, fg', t'			5	15	20	30	25	5	10YR	3	1	stark dunkelgrau	
2	2.1.0	fS, u, ms, gs, t'				5	35	30	25	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	Ionenaustauscher
2	2.1.1	mS, fs, gs, u'				20	45	25	10		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	Ionenaustauscher
2	2.1.2	mS, fs, gs', u‘				5	55	35	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	Ionenaustauscher
2	2.1.3	mS+fS, gs', u'				5	45	45	5		10YR	3	3	dunkelbraun	
2	2.1.4	fS, u, ms, t'					25	40	30	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
2	2.1.5	U, fs, ms, t'					15	25	50	10	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.1.6	mS, u, fs, ms', t'				5	35	25	30	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.1.7	mS, gs, fs, u'				20	50	20	10		10YR	4	2	dunkel graubraun	
2	2.2.1	fS, u, ms, gs', t'				5	25	35	30	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	Ionenaustauscher
2	2.2.1b	fS, ms, u', gs'				5	40	45	10		10YR	2	3	stark dunkelbraun	
2	2.2.2	mS, fs, u, gs', t'				5	45	25	20	5	10YR	2	2	stark dunkelbraun	
2	2.2.3	fS, u, ms', t'					5	65	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.2.4	fS, u, ms', t'					5	65	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.2.5	mS, fs, u'					50	40	10		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2		mS, fs, u'													
2		mS, fs, u'													stark rostrote Färbung
2		gS, fg, mg													
2	2.2.7	mS, fs, gs, u', fg			5	20	35	30	10		10YR	4	3	mittelbraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
2	2.2.8	01.05.97		2,65	2,80		ailC/aGor				
2	2.3.1	13.08.96	70,5	0,00	0,18		aAh	3,7	19,9	3,6 [3,6]	4,0
2	2.3.2	13.08.96		0,18	0,34		aM	1,9	6,0	3,6 [3,7]	4,2
2	2.3.3	13.08.96		0,34	0,57		aM	1,2	2,9	3,8 [3,7]	3,8
2	2.3.4	13.08.96		0,57	0,70		aM	1,6	2,6	4,6 [4,6]	5,1
2	2.3.5	13.08.96		0,70	1,10		aM	1,6	2,9	4,6	5,0
2	2.4.1	13.08.96	68,6	0,00	0,07		aAh	2,9	16,4	4,1 [4,3]	4,6
2		13.08.96		0,07	0,09		aM				
2	2.4.2	13.08.96		0,09	0,23		aM	2,4	7,9	4,2 [4,2]	4,8
2	2.4.3	13.08.96		0,23	0,54		aM	2,8	3,6	4,2 [4,2]	4,8
2	2.4.4	13.08.96		0,54	0,84		alC/aGo	0,9	2,6	4,6 [5,0]	5,1
2	2.4.5	13.08.96		0,84	0,93		ailC/aGr			3,2 [3,2]	3,2
2	2.4.6	13.08.96		0,93	1,01		alC/aGr	0,9	3,0	3,6 [5,1]	3,9
2	2.4.7	13.08.96		1,01	1,40	1,10	ailC/aGr	1,1	3,1	3,3 [3,4]	3,4
2	2.5.1	15.08.96	69,0	0,00	0,12		aAh	4,6	22,7	4,7 [4,6]	5,2
2		15.08.96		0,11	0,13		aM				
2	2.5.2	15.08.96		0,13	0,25		aM	2,1	7,7	4,7 [4,8]	5,3
2	2.5.3	15.08.96		0,25	0,58		aM	2,2	3,7	4,9 [4,9]	5,6
2	2.5.4	15.08.96		0,58	0,73		aM	1,4	3,8	4,9 [4,9]	5,6
2	2.5.5	15.08.96		0,73	0,86		alC/aGor	1,4	3,9	4,8 [5,0]	5,5
2	2.5.6	15.08.96		0,86	1,32		ailC/aGr			4,8 [4,9]	5,5
2	2.5.7	15.08.96		1,32	2,00	1,40	ailC/aGr	1,3	3,6	3,5 [5,6]	3,6

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
2	2.2.8	fG, gs													
2	2.3.1	U, fs, ms', t'					10	30	50	10	10YR	3	3	dunkelbraun	Ionenaustauscher
2	2.3.2	U+fS, ms', t'					10	40	40	10	10YR	4	3	mittelbraun	
2	2.3.3	fS, u, ms, t'					15	60	20	5	10YR	5	6	gelblichbraun	
2	2.3.4	fS, u, t', ms'					5	45	40	10	10YR	5	6	gelblichbraun	
2	2.3.5	U, t, fs'						10	70	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.4.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2		mS, fs, u‘					75	20	5		10YR	6	3	blassbraun	
2	2.4.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	rostfleckige Wurzelröhren
2	2.4.3	fS+U, ms, t', gs'				5	15	35	35	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.4.4	U, fs, t, ms', gs', fg'			5	5	5	25	45	15	10YR	4	1	dunkelgrau	rostbr.-schwarze Flecken
2	2.4.5	gS, ms, fg, fs', u‘			15	50	20	10	5		10YR	4	3	mittelbraun	schwarze Flecken
2	2.4.6	fS, u, ms, gs', t'				5	20	45	25	5	10YR	4	1	dunkelgrau	
2	2.4.7	gS, ms, fg, fs', u‘			15	50	20	10	5		10YR	4	1	dunkelgrau	
2	2.5.1	U, t, fs'						10	75	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2		mS, fs, gs, u‘				10	55	30	5		10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.5.2	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	4	3	mittelbraun	
2	2.5.3	U, fs, t, ms'					5	25	55	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	schwarze Flecken
2	2.5.4	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.5.5	U, fs, t, ms'					5	15	55	25	10YR	5	2	graubraun	rostbr.-schwarze Flecken
2	2.5.6	gS, ms, fg, mg', fs‘, u‘		5	15	50	20	5	5		10YR	5	2	graubraun	
2	2.5.7	gS, fg, ms, mg', fs‘, u‘		5	20	45	20	5	5		10YR	5	1	grau	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
2	2.6.1	15.08.96	70,1	0,00	0,09		aAh	3,5	15,8	4,7	5,4
2		15.08.96		0,09	0,10		aM				
2	2.6.2	15.08.96		0,10	0,19		fossiler aAh	4,9	21,0	4,4	4,9
2	2.6.3	15.08.96		0,19	0,38		aM	2,6	6,5	4,8	5,5
2	2.6.4	15.08.96		0,38	0,49		ailC	1,9	3,8	5,1	5,9
2	2.6.5	15.08.96		0,49	0,70		ailC	0,9	2,5	5,4	6,1
2	2.7.1	15.08.96	70,9	0,00	0,08		aiAh	2,3	14,7	5,4	5,9
2		15.08.96		0,08	0,12		ailC			4,9	5,7
2	2.7.2	15.08.96		0,12	0,20		fossiler aAh	1,7	7,9	5,5	5,9
2	2.7.3	15.08.96		0,20	0,35		ailC	1,6	4,1	6,2	6,8
2	2.7.4	15.08.96		0,35	0,78		alC	1,7	1,6	6,3	7,1
2	2.8.1a	15.08.96	70,6	0,00	0,04		L	3,5	19,8	4,8	5,2
2	2.8.1b	15.08.96		0,04	0,12		aAh	5,2	25,1	4,0	4,5
2	2.8.1c	15.08.96		0,00	0,12		L + aAh	4,2	24,2	4,3	4,9
2	2.8.2	15.08.96		0,12	0,31		aM	1,9	4,7	5,2	5,9
2	2.8.3	15.08.96		0,31	0,42		aM	1,6	3,0	5,7	6,4
2	2.8.4	15.08.96		0,42	0,65		ailC	1,1	2,8	5,7	6,4
2	2.9.1	15.08.96	69,8	0,00	0,17		aAh	5,1	24,1	4,7	5,1
2	2.9.2	15.08.96		0,17	0,44		aM	2,0	8,5	4,5	4,9
2	2.9.3	15.08.96		0,44	0,80		aM	1,7	3,6	5,2	5,9
2	2.9.4	15.08.96		0,80	0,00		ailC	1,0	3,0	5,2	6,0
2	2.10.1	19.08.96	70,6	0,00	0,16		aAh	4,3	21,5	3,7	4,2
2	2.10.2	19.08.96		0,16	0,41		aM	2,3	7,9	3,8	4,3

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
2	2.6.1	U, fs, ms, t'					15	35	40	10	10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	
2		mS													
2	2.6.2	U, t, fs', ms'					5	5	75	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.6.3	mS, u, fs, gs, t'				20	30	20	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.6.4	gS, fg, ms, fs, u', mg'		5	25	30	20	10	10		10YR	5	4	gelblich braun	stark rostfleckig
2	2.6.5	gS, ms, fg, mg', fs', u‘		10	20	35	25	5	5		10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.7.1	mS, gs, fs, u', fg', mg'		5	10	25	35	15	10		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2		mS, gs, fg, fs, mg', u‘		5	15	20	45	10	5		10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.7.2	fS, u, ms, gs', t'				5	15	45	30	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.7.3	fS, u, ms, gs', t'				5	20	40	30	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	extrem rostfleckig
2	2.7.4	U, fs, t, ms'					5	20	60	15	10YR	6	6	bräunlichgelb	extrem rostfleckig
2	2.8.1a	U, t, fs'						5	80	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.8.1b	U, t, fs'						10	75	15	10YR	4	3	mittelbraun	
2	2.8.1c	U, t, fs'						5	80	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
2	2.8.2	U, fs, ms, t', gs'				5	15	25	45	10	10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.8.3	fS, u, ms, gs', t'				5	20	40	30	5	10YR	5	6	gelblich braun	
2	2.8.4	gS, fg, mg, ms, fs', u‘		20	20	35	15	5	5		10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.9.1	U, t', fs', ms', gs'				5	5	10	70	10	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	Ionenaustauscher
2	2.9.2	fS, u, ms', t'					5	55	35	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.9.3	fS, u, ms, gs', t'				10	25	35	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
2	2.9.4	mS, gs, fs, fg', u'			5	25	45	20	5		10YR	6	3	blassbraun	rostfleckig
2	2.10.1	U, t, fs'						5	80	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
2	2.10.2	fS, u, ms', gs', t'				5	10	55	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
2	2.10.3	19.08.96		0,41	0,76		ailC	2,9	3,6	3,8	4,3
2	2.10.4	19.08.96		0,76	0,99		ailC	0,6	1,2	4,0	4,6
2	2.10.5	19.08.96		0,99	1,08		alC	0,8	1,0	4,3	5,0
2	2.10.6	19.08.96		1,08	1,20		ailC				
2	2.11.1	19.08.96	70,7	0,00	0,03		L	2,8	20,2	3,6	4,1
2	2.11.2	19.08.96		0,03	0,13		aiAh	2,7	21,0	2,8	3,2
2	2.11.3	19.08.96		0,13	0,22		aM	3,3	14,7	3,1	3,6
2	2.11.4	19.08.96		0,22	0,42		aM	3,7	13,6	3,2	3,5
2	2.11.5	19.08.96		0,42	0,53		aM	2,4	8,6	3,1	3,4
2	2.11.6	19.08.96		0,53	1,10		aM	1,9	4,9	3,2	3,6
2	2.11.7	19.08.96		1,10	1,46		alC	1,9	3,8	3,4	3,9
2	2.11.8	19.08.96		1,46	1,56		alC	1,1	2,0	3,5	3,8
2	2.11.9	19.08.96		1,56	1,60		ailC	1,1	2,1	3,6	3,9
2	2.11.10	19.08.96		1,88	0,00		ailC	0,8	1,9	3,7	4,0
2	2.12.0	19.08.96	68,1	0,00	0,20		F	6,5	21,2	5,1	5,3
2	2.13.1	19.08.96		0,00	0,20		aAh	3,3	16,6	4,4	5,0
2	2.14.1	19.08.96		0,00	0,20		aAh	4,2	21,2	4,1	4,6
2	2.15.1	19.08.96		0,00	0,20		aiAh	4,4	24,4	3,6	4,1
2	2.16.1	19.08.96		0,00	0,20		aAh	3,0	17,4	4,8	5,3
2	2.17.1	19.08.96		0,00	0,20		aiAh	3,9	24,1	3,7	4,1
2	2.18.1	19.08.96		0,00	0,20		aiAh	5,6	21,6	3,5	3,8
2	2.19.1a	19.08.96		0,00	0,02		L	3,5	16,1		
2	2.19.1	19.08.96		0,00	0,20		aiAh	2,1	8,0	4,1	4,8

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
2	2.10.3	mS, fs, ms', u‘				5	65	25	5		10YR	5	6	gelblichbraun	extrem rostfleckig
2	2.10.4	mS, fs, ms', u‘				10	75	10	5		10YR	6	4	hell gelblichbraun	
2	2.10.5	fS, u', ms'					5	85	10		10YR	6	3	blaßbraun	ausgeblichener Horizont
2	2.10.6	gS, ms, fg, fs', mg', u‘		5	15	45	25	5	5		10YR	7	3	stark blaßbraun	
2	2.11.1	mS, gs', fs', u'				10	75	10	5		10YR	3	3	dunkelbraun	viele Ionenaustauscher
2	2.11.2	mS, fs', gs', u'				5	80	10	5		10YR	3	3	dunkelbraun	
2	2.11.3	mS, fs, gs', u'				15	60	20	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	vereinzelt Rostflecken
2	2.11.4	mS, gs, fs', u‘				20	60	15	5		10YR	5	3	braun	kohlige Holzreste
2	2.11.5	mS, fs, gs', u', t'				10	45	30	10	5	10YR	4	3	mittelbraun	
2	2.11.6	fS, ms, u, t'					25	55	15	5	10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.11.7	fS, u, t'						55	35	10	10YR	5	4	gelblich braun	
2	2.11.8	fS, u, ms', t'					5	70	20	5	10YR	6	4	hell gelblichbraun	ausgeblichener Hor., rostfl.
2	2.11.9	fS, u, ms', gs', t'				5	5	80	10		10YR	6	4	hell gelblichbraun	
2	2.11.10	mS, fs, gs, fg', u'			5	20	45	25	5		10YR	6	3	blassbraun	
2	2.12.0	mS, gs, fs, u'				25	55	15	5		10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	Ionenaustauscher
2	2.13.1	U, fs, t', ms'					5	25	60	10	10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	
2	2.14.1	fS, u, t', ms'					10	50	30	10	10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	
2	2.15.1	mS, gs, fs', u‘				35	50	10	5		10YR	5	3	braun	Ionenaustauscher
2	2.16.1	U, fs, ms', gs', t'				5	10	25	50	10	10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	
2	2.17.1	fS, ms, u, t', gs'				5	20	50	20	5	10YR	2	2	stark dunkelbraun	Ionenaustauscher
2	2.18.1	mS, gs, fs, u'				20	55	15	10		10YR	3	2	stark dunkelgraubraun	viele Ionenaustauscher
2	2.19.1a	mS													
2	2.19.1	fS, ms, u, gs', t'				5	25	45	20	5	10YR	3	3	dunkelbraun	Ionenaustauscher

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
2	2.20.1	19.08.96		0,00	0,20		aiAh	3,3	14,1	3,8	4,2
3	3.1.1	23.07.96	67,8	0,00	0,20		aAh	2,5	8,6	4,3	5,1
3	3.1.2	23.07.96		0,20	0,78		aM	1,2	7,4	4,6	5,5
3	3.1.3	23.07.96		0,78	1,43		aM	1,3	2,0	5,0	5,5
3		23.07.96		1,43	1,84		alC				
3		23.07.96		1,84	2,15		alC				
3	3.2.1	23.07.96	66,8	0,00	0,30		aAh	2,5	8,5	5,3	6,0
3	3.2.2	23.07.96		0,30	0,93		aM	1,3	2,8	5,8	6,6
3		23.07.96		0,93	1,40		ailC				
3	3.3.1	23.07.96	65,7	0,00	0,20		aiAh	2,9	14,6	5,1	6,3
3	3.3.2	23.07.96		0,20	0,25		fossiler aiAh	5,2	17,3	4,3	5,0
3	3.3.3	23.07.96		0,25	0,38		ailC1			4,5	5,4
3	3.3.4	23.07.96		0,38	0,52		fossiler aiAh	1,8	7,4	4,3	5,2
3		23.07.96		0,52	0,58		aM				
3	3.3.5	23.07.96		0,58	1,00	1,00	alC/aM	1,2	2,7	4,3	5,2
3	3.3.6	23.07.96		1,00	1,20		alC/aM	1,0	2,4	4,3	5,1
3	3.3.6b	23.07.96		1,20	1,50		alC/aGo	1,3	1,8	5,0	5,6
3	3.3.7	23.07.96		1,50	1,80		ailC/aG	1,2	2,2	5,4	6,0
3	3.3.8	23.07.96		1,80	1,95		alC/aGo	1,2	2,8	5,3	5,7
3	3.3.9	23.07.96		1,95	2,45		ailC/aG			5,6	6,0
3		23.07.96		2,45	-		ailC/aG				
3	3.4.1	23.07.96	66,7	0,00	0,15		aiAh	4,9	28,0	4,8	5,9
3		23.07.96		0,15	0,55		ailC				

Tran-sekte	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
2	2.20.1	fS, ms, u, gs', t'				5	25	40	25	5	10YR	3	3	dunkelbraun	Ionenaustauscher
3	3.1.1	U, fs, ms', t'					10	20	60	10	10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.1.2	U, fs, ms', t'					10	20	60	10	10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.1.3	U, t, fs', ms'					5	10	70	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
3		mS													
3		mS													
3	3.2.1	U, fs, ms', t'					10	20	60	10	10YR	2	2	stark dunkelbraun	
3	3.2.2	U, fs, ms, t', g'				5	15	30	40	10	10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	
3		mS													
3	3.3.1	mG-fG, gg, gs, ms, fs', u‘	15	20	25	15	15	5	5		10YR	4	3	mittelbraun	
3	3.3.2	gS, ms, fg, mg, fs', gg', u‘	5	15	15	35	15	10	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.3.3	gS-mS, mg, fg', fs', gg', u‘	5	15	10	30	25	10	5		10YR	6	3	blassbraun	
3	3.3.4	U, fs, ms, gs', t'				5	15	35	40	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
3		fG-mG, gs, ms													
3	3.3.5	U, fs, ms, t', gs'				5	15	30	40	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.3.6	U, t, fs, ms'					5	15	65	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.3.6b	fS, u, ms', t'					10	55	30	5	10YR	5	3	braun	rostfleckig
3	3.3.7	mS, fs, gs', u'				10	50	35	5		10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.3.8	U, fs, t, ms'					10	20	55	15	10YR	4	3	mittelbraun	rostfl., schw. Konkretion.
3	3.3.9	mS, gs, fs', fg', u‘			5	25	55	10	5		10YR	4	1	dunkelgrau	
3		mG-gG													
3	3.4.1	gS, ms, fg, fs, mg', u‘		10	15	35	25	10	5		10YR	4	2	dunkel graubraun	
3		fG-mG, gs, ms													

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
3	3.4.2	23.07.96		0,55	0,76		fossiler aiAh	1,4	6,0	4,8	5,8
3		23.07.96		0,76	1,10		ailC				
3	3.5.1	23.07.96	67,2	0,00	0,35		aiAh	1,7	7,5	5,0	5,9
3		23.07.96		0,35			ailC				
3	3.6.1	24.07.96	66,2	0,00	0,04		L				
3	3.6.2	24.07.96		0,04	0,14		aAh				
3	3.6.1+2	24.07.96	66,2	0,00	0,14		L + aAh	4,6	13,4	5,3	6,2
3		24.07.96		0,14	0,18		ailC				
3	3.6.3	24.07.96		0,18	0,33		fossiler aiAh	2,9	11,5	5,2	5,9
3	3.6.4	24.07.96		0,33	0,60		ailC	0,9	3,2	5,6	6,4
3	3.7.0	24.07.96	64,4	0,00	0,15		F	6,8	8,9	5,9	6,3
3	3.7.1	24.07.96	66,0	0,00	0,10		aAh	4,2	16,0	5,7	6,2
3		24.07.96		0,10	0,12		aM				
3	3.7.2	24.07.96		0,12	0,18		fossiler aAh	8,6	9,9	5,2	5,6
3		24.07.96		0,18	0,25		aM				
3	3.7.3	24.07.96		0,25	0,35		fossiler aAh	2,2	10,8	5,1	5,6
3	3.7.4	24.07.96		0,35	0,48		ailC	5,3	7,5	5,5	6,2
3		24.07.96		0,48	0,70		ailC				
3	3.8.1	24.07.96	66,7	0,00	0,20		aiAh	2,6	11,0	4,7	5,4
3	3.8.2	24.07.96		0,20	0,70		aM	4,0	5,6	4,5	5,3
3	3.8.3	24.07.96		0,70	1,03		aM	1,7	4,3	5,4	6,2
3	3.8.4	24.07.96		1,03	1,90		alC	1,0	2,0	5,4	6,2
3	3.8.5	24.07.96		1,90			alC	1,3	2,3	5,4	6,1

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
3	3.4.2	gS-mS, fS, u, fg', mg', t'		5	10	25	25	15	15	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	rostfleckig
3		fG-mG, gs, ms													
3	3.5.1	gS-mS, fg, fs, mg', u‘		10	15	30	30	10	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3		fG-mG, gs, ms													
3	3.6.1														
3	3.6.2														
3	3.6.1+2	mS, fs, u, gs, t'				15	35	25	20	5	10YR	2	2	stark dunkelbraun	
3		mS, gs, fg													
3	3.6.3	mS-gS, fg, fs, u', mg', gg',	5	10	15	20	20	15	10	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.6.4	gS, ms, fg, mg', gg', fs'	10	10	15	35	20	5	5		10YR	4	2	dunkel graubraun	
3	3.7.0	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	2	2	stark dunkelbraun	
3	3.7.1	mS, fs, gs', t'				5	75	15	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3		mS													
3	3.7.2	mS, fS, gs, u'				20	45	25	10		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3		mS													
3	3.7.3	fS, ms, u, gs'				5	25	50	20		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.7.4	gS-mS, fg, mg, fs, gg', u'	10	15	15	20	20	15	5		10YR	3	3	dunkelbraun	
3		fG-mG, gs, ms													
3	3.8.1	fS, ms, u, gs', t'				10	30	40	15	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.8.2	U, fs, ms', t'					10	25	55	10	10YR	3	3	dunkelbraun	rostfleckig
3	3.8.3	fS, u, ms', t'					10	55	30	5	10YR	4	3	mittelbraun	
3	3.8.4	fS, ms, u, t'					30	50	15	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.8.5	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebodenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
3	3.9.1	24.07.96	65,1	0,00	0,02		L				
3	3.9.2	24.07.96		0,02	0,15		aAh				
3	3.9.1+2	24.07.96		0,00	0,15		L + aAh	2,8	11,1	4,9	5,2
3	3.9.3	24.07.96		0,15	0,35		aGo	1,6	3,9	5,2	5,8
3	3.9.4	24.07.96		0,35	0,65	0,35	aGo	1,2	2,9	5,3	6,1
3	3.10.1	24.07.96	65,0	0,00	0,17		aAh	2,4	9,3	4,8	5,3
3	3.10.2	24.07.96		0,17	0,65	0,58	aGo	1,6	2,7	5,3	6,2
3	3.10.3	24.07.96		0,65	1,10		aGo	1,0	2,1	5,8	6,3
3		24.07.96		0,65	0,73						
3		24.07.96		0,73	1,45						
3		24.07.96		1,45	1,90						
3	3.11.1	24.07.96	64,7	0,00	0,02		L	3,0	18,9	4,9 [4,4]	5,3
3	3.11.2	24.07.96		0,02	0,17		aAh	2,8	11,5	4,4 [4,2]	4,9
3	3.11.3	24.07.96		0,17	0,60	0,60	aM/aG	1,2	2,5	5,2 [4,5]	5,7
3	3.11.4b	24.07.96		0,60	0,70		ailC/aG			4,7	
3	3.11.5b	24.07.96		0,70	0,85		foss.	2,3	8,8	4,3	4,8
3	3.11.6b	24.07.96		0,85	1,40		aM/aGo	1,5	2,7	5,0	5,5
3	3.11.7b	24.07.96		1,40	~1,50		ailC/aG				
3	3.12.1	24.07.96	65,8	0,00	0,23		aAh	2,4	10,1	5,4	6,0
3	3.12.2	24.07.96		0,23	0,36		aM	2,1	5,1	5,3	5,9
3	3.12.3	24.07.96		0,36	0,73		ailC			5,5	6,3
3	3.13.1	29.07.96	66,7	0,00	0,20		aAh	3,4	17,3	5,3 [4,2]	5,9
3	3.13.2	29.07.96		0,20	0,50		ailC	2,6	7,1	5,3 [5,3]	6,1

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
3	3.9.1														
3	3.9.2														
3	3.9.1+2	U, t, fs'						5	70	25	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.9.3	U, t, fs'						5	70	25	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.9.4	mS, fs, u, t'					55	20	20	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.10.1	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.10.2	U, t, fs', ms'					5	10	65	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.10.3	mS, fs, gs, u'				20	45	25	10		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig + schw. Mn-Fl.
3		gS													
3		gS													
3		mG, fg, gs, ms													
3	3.11.1	U, t, fs'						10	70	20	10YR	2	2	stark dunkelbraun	
3	3.11.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.11.3	U, t, fs'						10	70	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.11.4b	mS, gs', fs', u‘				10	75	10	5		10YR	4	3	mittelbraun	
3	3.11.5b	fS-U, ms, gs', t'				10	15	35	35	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.11.6b	U, fs, t, ms'					5	25	55	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
3	3.11.7b	mS, fs, gs', u'				5	70	20	5		10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	organische Reste
3	3.12.1	U, t, fs', ms', gs'				5	5	10	65	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.12.2	U, t, fs', ms', gs'				5	10	10	60	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.12.3	mS, gs, fs, fg', u'			5	25	45	20	5		10YR	4	3	mittelbraun	
3	3.13.1	U, t, fs', ms'					5	10	65	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.13.2	fG-mG, gg, gs, ms, fs', u'	15	15	20	20	15	10	5		10YR	4	2	dunkel graubraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebodenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
3	3.14.1	29.07.96	66,3	0,00	0,22		aiAh	3,7	12,9	5,2 [5,2]	5,8
3	3.14.2	29.07.96		0,22	0,60		ailC	1,8	8,7	5,5 [5,4]	6,5
3	3.15.1	29.07.96	64,6	0,00	0,14		aAh	2,1	9,2	4,9 [4,7]	5,3
3	3.15.2	29.07.96		0,14	0,24		aGo	2,1	7,7	5,0 [5,1]	5,6
3	3.15.3	29.07.96		0,24	0,35		aGor	3,0	3,2	5,3 [5,3]	6,0
3	3.15.4	29.07.96		0,35	0,86		aGor	2,3	2,9	5,5 [5,4]	6,3
3	3.16.0	29.07.96	64,4	0,00	0,15		Fo	2,5	11,4	5,2	5,6
3	3.17.1	30.07.96	67,1	0,00	0,30		aAh	2,2	10,0	4,7	5,5
3		30.07.96		0,30	0,70		ailC				
3	3.18.1	30.07.96	66,3	0,00	0,22		aAh	3,6	15,5	5,3	5,9
3	3.18.2	30.07.96		0,22	1,00		ailC	0,9	3,1	5,8	6,6
3	3.19.1	30.07.96	66,8	0,00	0,15		aiAh	4,2	12,7	4,6	5,3
3	3.19.2	30.07.96		0,15	0,53		aM	1,6	3,9	5,6	6,5
3	3.19.3	30.07.96		0,53	1,10		ailC	0,6	2,7	5,6	6,6
3	3.20.1	31.07.96	65,0	0,00	0,24		aAh	2,7	11,0	4,9	5,4
3	3.20.2	31.07.96		0,24	0,60		aM	1,8	4,1	5,2	5,9
3	3.20.3	31.07.96		0,60	1,38		aGor	1,3	3,3	5,2	5,8
3	3.20.4	31.07.96		1,38	1,95		aGor	1,0	2,9	4,5	5,1
3	3.21.1	31.07.96	67,4	0,00	0,24		aAh	2,1	9,7	4,9	5,4
3	3.21.2	31.07.96		0,24	0,75		aM	1,1	2,3	5,1	5,8
3		31.07.96		0,75	0,88		aM				
3	3.21.3	31.07.96		0,88	1,16		aM	1,5	2,0	4,8	5,4
3	3.21.4	31.07.96		1,16			aM	0,9	2,0	4,8	5,4

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
3	3.14.1	U, fs, t, ms, gs', fg', mg'		5	5	5	10	20	45	10	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.14.2	fG, gs, ms, mg', gg', fs', u'	10	15	30	25	10	5	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.15.1	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.15.2	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	rostfleckig
3	3.15.3	U, t, fs						15	70	15	10YR	4	2	dunkel graubraun	rostfleckig
3	3.15.4	mS, fs, u, gs, fg'			5	15	40	25	15		10YR	4	3	mittelbraun	rostfleckig, Konkretionen
3	3.16.0	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	5	4	gelblich braun	rostfleckig, anmoorig
3	3.17.1	mS, fs, u'					55	35	10		10YR	3	3	dunkelbraun	
3		mS													
3	3.18.1	U, fs, t, ms'					5	20	60	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.18.2	mS, fs, u'					55	35	10		10YR	4	3	mittelbraun	
3	3.19.1	U, fs, ms, gs', t'				10	25	25	35	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.19.2	U, fs, t', ms'					10	35	45	10	10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.19.3	mS, fs, gs, fg'			5	20	50	20	5		10YR	5	3	braun	
3	3.20.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.20.2	U, t, fs', ms'					10	10	65	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig, Konkretionen
3	3.20.3	U, t, fs', ms'					5	10	60	25	10YR	4	3	mittelbraun	rostfleckig
3	3.20.4	U, t, fs'						10	65	25	10YR	4	2	dunkel graubraun	rostfleckig, Pflanzenreste
3	3.21.1	U, t, fs', ms'					5	5	75	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.21.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
3		mS													
3	3.21.3	U, t, fs'						15	70	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
3	3.21.4	U-fS, t'						45	45	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig, braune Konkr.

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebodenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
3	3.22.1	01.08.96	65,9	0,00	0,31		aAh	1,9	9,4	4,6	5,1
3	3.22.2	01.08.96		0,31	0,63		aM	1,1	3,1	4,8	5,3
3	3.22.3	01.08.96		0,63	1,10		ailC	0,8	2,1	5,6	6,5
3	3.23.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	3,3	12,0	5,7	6,1
3	3.24.1	01.08.96		0,00	0,20		aiAh	3,0	15,8	5,6	6,3
3	3.25.1	01.08.96		0,00	0,20		aiAh	3,8	19,9	4,9	5,7
3	3.26.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	3,0	12,1	5,1	5,5
3	3.27.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	2,0	10,5	5,0	5,4
3	3.28.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	2,3	16,1	5,3	5,9
3	3.29.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	2,3	12,8	4,4	4,8
3	3.30.1	01.08.96		0,00	0,20		aAh	3,2	18,0	4,8	5,4
3	3.31.0	01.06.97		0,00	0,10		F	5,1	19,9	6,0	5,9
3	3.32.0	01.06.97		0,00	0,10		F	5,0	17,9	6,4	6,6
3	3.33.1	01.06.97		0,00	0,05		F				
3	3.33.2	01.06.97		0,05	0,10		F				
3	3.33.3	01.06.97		0,10	0,18		F				
3	3.33.4	01.06.97		0,18	0,21		Fo				
3	3.33.5	01.06.97		0,21	0,29		F			5,3	5,5
3	3.33.6	01.06.97		0,29	0,34		F	4,8	13,8		
4	4.1.0a	05.08.96	60,8	0,00	0,01		Fo	4,4	11,8	6,3	6,9
4	4.1.0b	05.08.96	61,3	0,01	0,25		F			5,2	5,8
4	4.1.1	05.08.96		0,00	0,17		aAh	4,4	11,8	5,4	5,9
4		05.08.96		0,17	0,21		aM				

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
3	3.22.1	U, t, fs', ms'					5	10	70	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.22.2	U, t, fs', ms'					5	10	70	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.22.3	gS-mS, fg, fs, mg', u‘		5	20	25	30	15	5		10YR	6	2	hell braungrau	
3	3.23.1	U, t, fs, ms, gs'				5	15	15	50	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.24.1	mS, fs, u, gs', fg', mg', t'		5	5	10	35	25	15	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.25.1	U, fs, ms, gs, fg', t'			5	15	20	20	35	5	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.26.1	mS, fs, u'					50	40	10		10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.27.1	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
3	3.28.1	mS, fs, u'					45	40	15		10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.29.1	U, t, fs', ms', gs'				5	5	10	60	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.30.1	fS, u, ms, t'					15	45	35	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
3	3.31.0	mS, fs, u, gs', t'				10	35	25	25	5	10YR	3	1	stark dunkelgrau	
3	3.32.0	fG, mg, gs, ms, gg', fs‘, u‘	5	15	35	20	15	5	5		10YR	6	2	hellbraungrau	
3	3.33.1	gS, fg, mg, ms, fs'													
3	3.33.2	gS, fg, mg, ms, fs'													
3	3.33.3	mG, gg, fg, gs', ms'													
3	3.33.4	mG, gg, fg, gs', ms'													stark rostfleckig, Coatings
3	3.33.5	gS, fg, ms', mg'		5	20	65	10				10YR	5	2	graubraun	vereinz. Pflanzenwurzeln
3	3.33.6	mS, fs, gs, fg', u', mg'		5	10	15	35	25	10		10YR	5	3	braun	
4	4.1.0a	mS, fs , u‘					70	25	5		5Y	4	2	dunkel graubraun	rostfl., Feinsubstr. (Algen)
4	4.1.0b	mS, fs , u‘					70	25	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.1.1	fS-U, ms, t					15	35	35	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
4		mS													

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Auebodenhorizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
4	4.1.2	05.08.96		0,21	0,32		fossiler aAh	6,2	16,2	5,1	5,5
4	4.1.3	05.08.96		0,32	0,61		fossiler aiAh/aG	3,7	15,8	4,5	4,8
4	4.1.4	05.08.96		0,61	1,14		fossiler aiAh/aG	3,6	15,4	4,1	4,2
4	4.2.1	05.08.96	63,1	0,00	0,22		aAh	3,0	14,0	5,0	5,6
4	4.2.2	05.08.96		0,22	0,48		aM	2,3	9,2	5,1	5,3
4	4.2.3a	05.08.96		0,48	0,59		aM	2,0	6,1	4,9	5,5
4	4.2.3b	05.08.96		0,59	0,89		aM	1,7	5,2	5,0	5,7
4	4.2.4	05.08.96		0,89	1,17		aM	1,4	4,1	5,0	5,9
4	4.2.5	05.08.96		1,17	1,41		aM	1,4	4,3	5,0	5,7
4	4.2.6	05.08.96		1,41	1,86	1,57	ailC/aG	1,2	3,7	4,9	5,7
4	4.2.7	05.08.96		1,86			ailC/aG			5,1	5,8
4	4.3.1	06.08.96	64,0	0,00	0,21		aAh	2,4	9,7	5,4 [5,5]	5,9
4	4.3.2	06.08.96		0,21	0,67		aM	2,4	2,5	5,0 [5,0]	5,7
4	4.3.3	06.08.96		0,67	1,08		ailC	1,1	2,2	5,2 [5,3]	6,0
4	4.3.4	06.08.96		1,08	1,49		ailC			5,3	6,1
4	4.3.5	06.08.96		1,49	1,56		ailC	1,2	1,9	5,2	6,0
4	4.3.6	06.08.96		1,56			ailC	1,4	3,8	5,1	5,8
4	4.4.1	06.08.96	63,8	0,00	0,26		aAh	2,7	10,1	5,4 [5,4]	5,8
4	4.4.2	06.08.96		0,26	0,55		ailC			5,4 [5,6]	6,2
4	4.4.3	06.08.96		0,55	1,35		ailC	1,2	2,1	4,6 [4,9]	5,4
4		06.08.96		1,35	1,40		ailC				
4	4.4.4	06.08.96		1,40	1,49		alC	1,2	2,0	4,7	5,5
4	4.4.5	06.08.96		1,49	1,97		ailC	1,0	1,6	4,9	5,7

Transekt	Probe	Probenansprache	gG	mG	fG	gS	mS	fS	U	T	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
		nach DIN 4022	%	%	%	%	%	%	%	%	HUE	Value	Chroma	Farbe	
4	4.1.2	fS-U, ms, t'					20	35	35	10	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	vereinz. Ionenaustauscher
4	4.1.3	mS-fS, gs, fg', mg', u'		5	5	15	35	35	5		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.1.4	mS, fs, u, gs, fg', mg'		5	5	15	35	20	20		10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.2.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.2.2	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.2.3a	U, t, fs'						5	65	30	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.2.3b	U, t, fs, ms'					5	15	60	20	10YR	4	3	mittelbraun	
4	4.2.4	U, t, fs, ms'					5	25	55	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.2.5	U, fs, t'						35	50	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.2.6	fS, u, ms, t'					25	45	25	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.2.7	gS, fg, ms, mg', fs', u'		10	20	35	15	10	10		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.3.1	U, fs, t						20	65	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.3.2	fS, u, t'						50	40	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.3.3	mS, fs, gs, fg', u‘			5	20	45	25	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.3.4	mS, gs, fg, fs', u‘			15	25	40	10	5		10YR	5	3	braun	
4	4.3.5	fS, u, ms, t', gs'				5	20	35	30	10	10YR	4	3	mittelbraun	
4	4.3.6	mS, fs, gs, fg', u'			5	20	50	20	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.4.1	U, t, fs', ms'					5	5	75	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.4.2	fG, mg, gs, ms, gg', fs', u‘	5	15	35	20	15	5	5		10YR	5	3	braun	
4	4.4.3	U, fs, ms, gs', t'				5	20	25	45	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
4		mS													
4	4.4.4	U, fs, ms', t'					10	30	50	10	10YR	4	3	mittelbraun	
4	4.4.5	mS, fs, gs', u'				5	50	40	5		10YR	5	4	gelblichbraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
4	4.4.6	06.08.96		1,97			ailC			5,1	5,7
4	4.5.1	06.08.96	63,1	0,00	0,28		aAh	2,9	10,8	5,0 [5,0]	5,6
4	4.5.2	06.08.96		0,28	0,73		ailC	1,3	4,9	5,3 [5,5]	6,1
4	4.5.3	06.08.96		0,73	0,97		alC	1,2	2,1	4,7 [5,4]	5,5
4	4.5.4	06.08.96		0,97	1,52		ailC	1,2	2,2	5,2	6,0
4	4.6.1	07.08.96	64,1	0,00	0,19		aAh	2,3	11,5	5,0	5,4
4	4.6.2	07.08.96		0,19	0,39		aM	1,3	3,5	4,8	5,5
4	4.6.3	07.08.96		0,39	0,57		aM	1,2	3,1	4,9	5,7
4	4.6.4	07.08.96		0,57	1,23		ailC	0,7	1,3	4,9	5,7
4	4.7.1	07.08.96	63,1	0,00	0,19		aAh	2,3	10,2	5,0	5,6
4	4.7.2	07.08.96		0,19	0,46		aM	1,3	3,4	5,4	6,1
4	4.7.3	07.08.96		0,46	0,75		aM	1,3	2,3	5,0	5,7
4	4.7.4	07.08.96		0,75	1,09		aM	1,3	1,7	4,9	5,7
4	4.8.1	07.08.96	64,2	0,00	0,23		aAh	2,3	9,4	5,2	5,7
4	4.8.2	07.08.96		0,23	0,54		aM	1,4	3,4	5,0	5,6
4	4.8.3	07.08.96		0,54	1,06		aM	1,1	2,3	4,8	5,6
4	4.8.4	07.08.96		1,06	1,71		aM				
4	4.8.5	07.08.96		1,71	1,90		alC				
4	4.9.1	07.08.96	63,5	0,00	0,19		aAh	2,3	9,9	5,2	5,7
4	4.9.2	07.08.96		0,19	0,45		aM	1,1	2,1	4,8	5,5
4	4.9.3	07.08.96		0,45	0,70		aM	1,2	1,6	4,9	5,6
4	4.9.4	07.08.96		0,70	0,98		aM	1,1	1,4	4,9	5,5
4	4.9.5	07.08.96		0,98	1,90		alC	1,1	1,6	4,8	5,7

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
4	4.4.6	mS, gs, fg', fs', mg', u'		5	10	30	40	10	5		10YR	5	3	braun	
4	4.5.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.5.2	gS, ms, fs, fg, mg', u‘		5	15	35	30	10	5		10YR	6	2	hell braungrau	
4	4.5.3	U, fs, t', ms', gs'				5	5	30	50	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
4	4.5.4	gS, ms, fs, fg', u'			5	45	30	15	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
4	4.6.1	U, fs, ms, t', gs'				5	15	15	55	10	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.6.2	fS-U, ms, gs', t'				5	20	35	35	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.6.3	mS, fs, gs', u'				5	55	35	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.6.4	mS, gs, mg, gg, fg', fs', u'	15	15	10	20	25	10	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.7.1	U, fs, t, ms'					5	20	60	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.7.2	U, fs, t, ms'					5	35	45	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.7.3	U, t, fs'						5	80	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
4	4.7.4	U, fs, t						25	60	15	10YR	5	4	gelblich braun	rostfleckig, schw. Flecken
4	4.8.1	U, t, fs'						5	75	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.8.2	fS, u, t', ms'					5	50	35	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.8.3	fS, u, ms', t'					5	60	30	5	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.8.4	U, fs, ms, t'													
4	4.8.5	mS, fs, gs', fg'													
4	4.9.1	U, t, fs', ms'					5	5	75	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.9.2	fS, u, t', ms'					5	50	35	10	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.9.3	U, fs, t, ms'					5	15	65	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.9.4	U, t, fs, ms', gs'				5	5	15	60	15	10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	rostfleckig
4	4.9.5	U, fs, t, ms', gs'				5	10	20	50	15	10YR	4	3	mittelbraun	

Tran-sekte	Probe	Datum der Probenahme	Höhe üb. NN in m	H.-Oberk. m u. GOK	Hor.-Basis m u. GOK	GW i.R. in m u. GOK	Aueboden-horizont	WV (40 - 105°C) <63µm (Gew.-%)	GV(105 - 430°C) <63µm (Gew.-%)	pH($CaCl_2$) [ ] pH-Feld	pH(Aq. d.)
4	4.9.6	07.08.96		1,90			ailC	1,0	3,0	5,4	6,1
4	4.10.1	08.08.96	64,0	0,00	0,10		aiAh	2,7	11,7	5,0	5,7
4		08.08.96		0,10	0,12		aM				
4	4.10.2	08.08.96		0,12	0,19		foss. aiAh	2,3	10,1	4,4	5,1
4	4.10.3	08.08.96		0,19	0,60		aM	2,0	6,8	4,5	5,2
4	4.10.4	08.08.96		0,60	0,92		aM	1,9	6,6	4,6	5,2
4	4.10.5	08.08.96		0,92	1,40		aM	2,0	6,2	4,9	5,5
4	4.10.6	08.08.96		1,40	2,02	1,40 – 1,50	alC/sG	1,6	5,4	4,7	5,3
4	4.10.7	08.08.96		2,02			ailC/sG	1,5	5,4	4,9	5,7
4	4.11.0	08.08.96	60,8	0,00	0,18		F	4,3	11,6	5,1	5,2
4	4.12.1	08.08.96		0,00	0,20		aiAh	2,4	10,0	4,7	5,2
4	4.13.1	08.08.96		0,00	0,20		aiAh	3,0	15,1	5,4	6,0
4	4.14.1	08.08.96		0,00	0,20		aiAh	2,4	10,5	4,5	5,1
4	4.15.1	08.08.96		0,00	0,20		aAh	3,0	11,3	4,8	5,4
4	4.16.1	08.08.96		0,00	0,20		aAh	3,5	14,3	5,1	5,6
4	4.17.1	08.08.96		0,00	0,20		aAh	3,2	14,2	5,2	5,7
4	4.18.1	08.08.96		0,00	0,20		aAh	2,9	12,7	4,6	5,1
4	4.19.1	08.08.96		0,00	0,20		aiAh	2,8	14,5	5,2	6,0
4	4.20.1	08.08.96		0,00	0,20		aAh	2,5	11,0	5,6	6,2

Transekt	Probe	Probenansprache nach DIN 4022	gG %	mG %	fG %	gS %	mS %	fS %	U %	T %	Munsell Farbansprache				Bemerkungen
											HUE	Value	Chroma	Farbe	
4	4.9.6	fG, gs, mg, ms, fs', u'		15	35	20	15	10	5		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.10.1	fS, ms, u					20	65	15		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4		mS													
4	4.10.2	fS, ms, u					20	65	15		10YR	4	4	dunkel gelblichbraun	
4	4.10.3	fS, ms, u', t'					20	65	10	5	10YR	4	2	dunkel graubraun	
4	4.10.4	fS, u, ms', t'					10	50	35	5	10YR	5	4	gelblich braun	
4	4.10.5	fS, u, ms, t'					15	45	35	5	10YR	3	4	dunkel gelblichbraun	feucht
4	4.10.6	U, fs, t, ms'					5	25	55	15	10YR	3	3	dunkelbraun	naß
4	4.10.7	gS, fg, ms, mg', fs', u', gg'	5	10	20	30	15	10	10		10YR	3	3	dunkelbraun	naß
4	4.11.0	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.12.1	fS, u, ms'					10	70	20		10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.13.1	fS, ms, u					20	65	15		10YR	4	3	mittelbraun	
4	4.14.1	fS, u, ms'					10	65	25		10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.15.1	U, t, fs', ms'					5	5	70	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.16.1	U, t							80	20	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.17.1	U, t, fs', ms'					5	10	70	15	10YR	3	2	stark dunkel graubraun	
4	4.18.1	U, t, fs', ms'					5	10	70	15	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.19.1	mS-fS, u, gs', fg', u'			5	10	25	25	30	5	10YR	3	3	dunkelbraun	
4	4.20.1	U, fs, t', ms'					5	35	50	10	10YR	3	3	dunkelbraun	

V.2.1.3 Vergleich zwischen Probenansprachen und Korngrößenanalysen

Korngrößenanalysen nach DIN 18123 und KÖHN (1928) an ausgesuchten Proben (n = 21)

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider Methoden
Probe 1.2.1		(%)			(%)		(%)	(%)	
Ton	<2µm	7	Ton	<2µm	20	Ton	7	20	13
Feinschluff	2 - 6µm	11,26							
Mittelschluff	6 - 20µm	25,67	Schluff	2 - 63µm	75	Schluff	68,04	75	6,96
Grobschluff	20 - 63µm	31,11							
Feinsand	63 - 250µm	19,81	Feinsand	63 - 200µm	5				
Mittelsand	250 - 500µm	3,34	Mittelsand	200 - 600µm	0	Sand	24,9	5	19,9
Grobsand	500µm - 2mm	1,74	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	0,06	Kies	> 2mm	0	Kies	0,06	0	0,06
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	39,92
Probe 1.2.2									
Ton	<2µ	6,52	Ton	<2µm	20	Ton	6,52	20	13,48
Feinschluff	2 - 6µ	12,77							
Mittelschluff	6µ-20µ	28,29	Schluff	2 - 63µm	60	Schluff	67,41	60	7,41
Grobschluff	20µ-63µ	26,35							
Feinsand	63µ-250µ	23,17	Feinsand	63 - 200µm	15				
Mittelsand	250µ-500µ	2,41	Mittelsand	200 - 600µm	5	Sand	26,06	20	6,06
Grobsand	500µ-2mm	0,49	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	0	Kies	> 2mm	0	Kies	0	0	0
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	26,95
Probe 1.2.4									
Ton	<2µm	1,05	Ton	<2µm	0	Ton	1,05	0	1,05
Ton+Schluff	2 - 63µm	7,04	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff	7,04	5	2,04
Feinsand	63 - 200µm	29,6	Feinsand	63 - 200µm	15				
Mittelsand	200 - 630µm	54,54	Mittelsand	200 - 630µm	75	Sand	90,61	95	4,39
Grobsand	630µm - 2mm	6,47	Grobsand	630µm - 2mm	5				
Feinkies	2 - 5mm	0,93	Feinkies	2 - 6mm	0				
Mittelkies	>5mm	0	Mittelkies	6 - 20mm	0	Kies	0,93	0	0,93
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	0				
Summe		99,6			100	Summe	99,6	100	8,41

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider Methoden
		(%)			(%)		(%)	(%)	
2.11.1			Ton	<2µm	0				
Feinschluff+Ton	<6µm	4,29							
Mittelschluff	6 - 20µm	2,81	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff +Ton	11,73	5	6,73
Grobschluff	20 - 63µm	4,63							
Feinsand	63 - 250µm	16,39	Feinsand	63 - 200µm	10				
Mittelsand	250 - 500µm	47,29	Mittelsand	200 - 600µm	75	Sand	87,05	95	7,95
Grobsand	500µm - 2mm	23,37	Grobsand	600µm - 2mm	10				
Kies	> 2mm	1,22	Kies	> 2mm	0	Kies	1,22	0	1,22
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	15,90
Probe 2.11.2									
			Ton	<2µm	0				
Feinschluff+Ton	<6µm	7,16							
Mittelschluff	6 - 20µm	5,10	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff +Ton	19,99	5	14,99
Grobschluff	20 - 63µm	7,72							
Feinsand	63 - 250µm	21,79	Feinsand	63 - 200µm	10				
Mittelsand	250 - 500µm	39,99	Mittelsand	200 - 600µm	80	Sand	79,34	95	15,66
Grobsand	500µm - 2mm	17,56	Grobsand	600µm - 2mm	5				
Kies	> 2mm	0,67	Kies	> 2mm	0	Kies	0,67	0	0,67
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	31,33
Probe 2.11.3									
			Ton	<2µm	0				
Feinschluff+Ton	<6µm	3,79							
Mittelschluff	6 - 20µm	2,35	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff +Ton	10,13	5	5,13
Grobschluff	20 - 63µm	3,99							
Feinsand	63 - 250µm	15,87	Feinsand	63 - 200µm	20				
Mittelsand	250 - 500µm	51,83	Mittelsand	200 - 600µm	60	Sand	89,71	95	5,29
Grobsand	500µm - 2mm	22,01	Grobsand	600µm - 2mm	15				
Kies	> 2mm	0,15	Kies	> 2mm	0	Kies	0,15	0	0,15
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	10,57

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider
Probe 2.11.4		(%)			(%)		(%)	(%)	Methoden
			Ton	<2µm	0				
Feinschluff+Ton	<6µm	5,59							
Mittelschluff	6 - 20µm	1,29	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff +Ton	9,00	5	4,00
Grobschluff	20 - 63µm	2,12							
Feinsand	63 - 250µm	11,73	Feinsand	63 - 200µm	15				
Mittelsand	250 - 500µm	51,06	Mittelsand	200 - 600µm	60	Sand	90,06	95	4,94
Grobsand	500µm - 2mm	27,27	Grobsand	600µm - 2mm	20				
Kies	> 2mm	0,94	Kies	> 2mm	0	Kies	0,94	0	0,94
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	9,89
Probe 2.11.5									
			Ton	<2µm	5				
Feinschluff+Ton	<6µm	10,90							
Mittelschluff	6 - 20µm	8,82	Schluff	2 - 63µm	10	Schluff +Ton	31,88	15	16,88
Grobschluff	20 - 63µm	12,17							
Feinsand	63 - 250µm	24,24	Feinsand	63 - 200µm	30				
Mittelsand	250 - 500µm	34,18	Mittelsand	200 - 600µm	45	Sand	67,99	85	17,01
Grobsand	500µm - 2mm	9,57	Grobsand	600µm - 2mm	10				
Kies	> 2mm	0,13	Kies	> 2mm	0	Kies	0,13	0	0,13
Summe		100,0			100		100,0	100	34,02
Probe 2.11.7									
			Ton	<2µm	10				
Feinschluff+Ton	<6µm	15,48							
Mittelschluff	6 - 20µm	14,56	Schluff	2 - 63µm	35	Schluff +Ton	60,70	45	15,70
Grobschluff	20 - 63µm	30,67							
Feinsand	63 - 250µm	28,34	Feinsand	63 - 200µm	55				
Mittelsand	250 - 500µm	8,21	Mittelsand	200 - 600µm	0	Sand	39,16	55	15,84
Grobsand	500µm - 2mm	2,60	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	0,14	Kies	> 2mm	0	Kies	0,14	0	0,14
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	31,69

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider
Probe 2.11.8		(%)			(%)		(%)	(%)	Methoden
			Ton	<2µm	10				
Feinschluff+Ton	<6µm	8,00							
Mittelschluff	6 - 20µm	13,86	Schluff	2 - 63µm	35	Schluff +Ton	50,11	45	5,11
Grobschluff	20 - 63µm	28,25							
Feinsand	63 - 250µm	31,78	Feinsand	63 - 200µm	55				
Mittelsand	250 - 500µm	9,12	Mittelsand	200 - 600µm	0	Sand	46,33	55	8,67
Grobsand	500µm - 2mm	5,44	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	3,56	Kies	> 2mm	0	Kies	3,56	0	3,56
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	17,34
Probe 3.3.1									
Ton			Ton	<2µm	0				
Ton+Schluff	<100µm	1,20	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff + Ton	1,20	5	3,80
Feinsand	100 - 200µm	0,96	Feinsand	63 - 200µm	5				
Mittelsand	200 - 630µm	8,28	Mittelsand	200 - 630µm	15	Sand	35,72	35	0,72
Grobsand	630µm - 2mm	26,48	Grobsand	630µm - 2mm	15				
Feinkies	2 - 5mm	19,81	Feinkies	2 - 6mm	25				
Mittelkies	>5mm	43,01	Mittelkies	6 - 20mm	20	Kies	62,82	60	2,82
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	15				
Summe		99,7			100	Summe	99,7	100	7,34
Probe 3.3.3									
Ton			Ton	<2µm	0				
Ton+Schluff+(Fein	<100µm	0,53	Schluff	2 - 63µm	5	Ton+Schluff+(fS	0,53	5	4,47
Feinsand	100 - 200µm	3,37	Feinsand	63 - 200µm	10				
Mittelsand	200 - 630µm	32,92	Mittelsand	200 - 630µm	25	Sand	64,17	65	0,83
Grobsand	630µm - 2mm	27,88	Grobsand	630µm - 2mm	30				
Feinkies	2 - 5mm	11,32	Feinkies	2 - 6mm	10				
Mittelkies	>5mm	23,10	Mittelkies	6 - 20mm	15	Kies	34,42	30	4,42
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	5				
Summe		99,1			100	Summe	99,1	100	9,72

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider
Probe 3.3.4		(%)			(%)		(%)	(%)	Methoden
Ton	<2µm	1,10	Ton	<2µm	5	Ton	1,10	5	3,90
Ton+Schluff	2 - 63µm	10,29	Schluff	2 - 63µm	40	Schluff	10,29	40	29,71
Feinsand	63 - 200µm	38,25	Feinsand	63 - 200µm	35				
Mittelsand	200 - 630µm	40,11	Mittelsand	200 - 630µm	15	Sand	86,70	55	31,70
Grobsand	630µm - 2mm	8,34	Grobsand	630µm - 2mm	5				
Feinkies	2 - 5mm	1,60	Feinkies	2 - 6mm	0				
Mittelkies	>5mm	0,00	Mittelkies	6 - 20mm	0	Kies	1,60	0	1,60
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	0				
Summe		99,7			100	Summe	99,7	100	66,91
Probe 3.3.9									
			Ton	<2µm	0				
Ton+Schluff	<100µm	0,60	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff + Ton	0,60	5	4,40
Feinsand	100 - 200µm	3,23	Feinsand	63 - 200µm	10				
Mittelsand	200 - 630µm	68,22	Mittelsand	200 - 630µm	55	Sand	79,40	90	10,60
Grobsand	630µm - 2mm	7,95	Grobsand	630µm - 2mm	25				
Feinkies	2 - 5mm	6,08	Feinkies	2 - 6mm	5				
Mittelkies	>5mm	13,69	Mittelkies	6 - 20mm	0	Kies	19,77	5	14,77
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	0				
Summe		99,8			100	Summe	99,8	100	29,77
Probe 3.7.2									
			Ton	<2µm	0				
Ton+Schluff	<63µm	5,75	Schluff	2 - 63µm	10	Schluff +Ton	5,75	10	4,25
Feinsand	100 - 200µm	29,67	Feinsand	63 - 200µm	25				
Mittelsand	200 - 630µm	53,64	Mittelsand	200 - 630µm	45	Sand	93,20	90	3,20
Grobsand	630µm - 2mm	9,89	Grobsand	630µm - 2mm	20				
Feinkies	2 - 5mm	0,55	Feinkies	2 - 6mm	0				
Mittelkies	>5mm	0,00	Mittelkies	6 - 20mm	0	Kies	0,55	0	0,55
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	0				
Summe		99,5			100	Summe	99,5	100	8,00

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider
Probe 3.7.4		(%)			(%)		(%)	(%)	Methoden
			Ton	<2µm	0				
Ton+Schluff	<100µm	7,50	Schluff	2 - 63µm	5	Schluff + Ton	7,50	5	2,50
Feinsand	100 - 200µm	4,98	Feinsand	63 - 200µm	15				
Mittelsand	200 - 630µm	14,40	Mittelsand	200 - 630µm	20	Sand	43,50	55	11,50
Grobsand	630µm - 2mm	24,12	Grobsand	630µm - 2mm	20				
Feinkies	2 - 5mm	15,97	Feinkies	2 - 6mm	15				
Mittelkies	>5mm	32,73	Mittelkies	6 - 20mm	15	Kies	48,70	40	8,70
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	10				
Summe		99,7			100	Summe	99,7	100	22,70
Probe 3.10.3									
Ton	<2µm	0,35	Ton	<2µm	0	Ton	0,35	0	0,35
Ton+Schluff	<63µm	3,52	Schluff	2 - 63µm	10	Schluff	3,52	10	6,48
Feinsand	100 - 200µm	7,96	Feinsand	63 - 200µm	25				
Mittelsand	200 - 630µm	75,85	Mittelsand	200 - 630µm	45	Sand	94,48	90	4,48
Grobsand	630µm - 2mm	10,67	Grobsand	630µm - 2mm	20				
Feinkies	2 - 5mm	1,32	Feinkies	2 - 6mm	0				
Mittelkies	>5mm	0,00	Mittelkies	6 - 20mm	0	Kies	1,32	0	1,32
Grobkies			Grobkies	20 - 60mm	0				
Summe		99,7			100	Summe	99,7	100	12,63
Probe 3.20.1									
Ton	<2µm	12,61	Ton	<2µm	20	Ton	12,61	20	7,39
Feinschluff	2 - 6µm	27,76	0,00	0,00	0				
Mittelschluff	6 - 20µm	17,88	Schluff	2 - 63µm	75	Schluff	62,67	75	12,33
Grobschluff	20 - 63µm	17,03	0,00	0,00	0				
Feinsand	63 - 250µm	18,90	Feinsand	63 - 200µm	5				
Mittelsand	250 - 500µm	2,75	Mittelsand	200 - 600µm	0	Sand	24,10	5	19,10
Grobsand	500µm - 2mm	2,45	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	0,63	Kies	> 2mm	0	Kies	0,63	0	0,63
Summe		100,0			100	Summe	100,00	100	39,45

Proben	Kornfraktionen	Korngrößen-analyse	Korngrößenfraktionen		Boden-ansprache	Kornfraktion	Korngrößen-analyse	Boden-ansprache	Differenz (%) beider
Probe 3.20.2		(%)			(%)		(%)	(%)	Methoden
Ton	<2µm	5,98	Ton	<2µm	15	Ton	5,98	15	9,02
Feinschluff	2 - 6µm	11,03							
Mittelschluff	6 - 20µm	24,36	Schluff	2 - 63µm	65	Schluff	75,61	65	10,61
Grobschluff	20 - 63µm	40,22							
Feinsand	63 - 250µm	12,91	Feinsand	63 - 200µm	10	Feinsand	18,42	10	8,42
Mittelsand	>250	5,51	Mittelsand	200 - 600µm	10	Mittelsand	0,00	10	10,00
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	38,05
Probe 3.20.3									
Ton	<2µm	4,98	Ton	<2µm	25	Ton	4,98	25	20,02
Feinschluff	2 - 6µm	12,44							
Mittelschluff	6 - 20µm	51,63	Schluff	2 - 63µm	60	Schluff	79,62	60	19,62
Grobschluff	20 - 63µm	15,55							
Feinsand	63 - 250µm	13,33	Feinsand	63 - 200µm	10	Feinsand	15,40	15	0,40
Mittelsand	>250	2,07	Mittelsand	200 - 600µm	5	Mittelsand	0,00	0	0,00
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	40,05
Probe 3.20.4									
Ton	<2µm	6,41	Ton	<2µm	25	Ton	6,41	25	18,59
Feinschluff	2 - 6µm	8,32							
Mittelschluff	6 - 20µm	14,26	Schluff	2 - 63µm	65	Schluff	45,57	65	19,43
Grobschluff	20 - 63µm	22,99							
Feinsand	63 - 250µm	28,49	Feinsand	63 - 200µm	10				
Mittelsand	250 - 500µm	14,21	Mittelsand	200 - 600µm	0	Sand	45,47	10	35,47
Grobsand	500µm - 2mm	2,77	Grobsand	600µm - 2mm	0				
Kies	> 2mm	2,55	Kies	> 2mm	0	Kies	2,55	0	2,55
Summe		100,0			100	Summe	100,0	100	76,03

Mittlere prozentuale Abweichungen zwischen Schätzwerten und granulometrisch ermittelten Kornzusammensetzungen ausgesuchter Proben (n = 21):

(%)	Mittelwert (arithm.)	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
Ton	9,65	7,18	9,02	0,35	20,02
Schluff	9,65	7,26	6,73	2,04	29,71
Sand	11,05	9,58	8,42	0,40	35,47
Kies	2,63	3,90	0,94	0	14,77

V.2.1.4 TC (Total Carbon) und TOC (Total Organic Carbon) ausgewählter Bodenproben

Datum	Transekt	Probe	TC (TS 105° C)	TIC (TS 105° C)	TOC (TS 105° C)
			Gewichts-%	Gewichts-%	Gewichts-%
03.09.1998	1	1.1.1	7,93	n.n.	7,93
03.09.1998	1	1.1.2	2,36	n.n.	2,36
03.09.1998	1	1.1.3	0,66	n.n.	0,66
03.09.1998	1	1.2.1	6,49	n.n.	6,49
03.09.1998	1	1.2.2	1,70	n.n.	1,70
03.09.1998	1	1.2.3	0,91	n.n.	0,91
03.09.1998	1	1.2.4	1,03	n.n.	1,03
03.09.1998	1	1.3.1	6,19	n.n.	6,19
03.09.1998	1	1.3.2	4,51	n.n.	4,51
03.09.1998	1	1.3.3	3,59	n.n.	3,59
03.09.1998	1	1.3.4	2,76	n.n.	2,76
03.09.1998	1	1.3.5	2,76	n.n.	2,76
03.09.1998	1	1.4.1	7,50	n.n.	7,50
03.09.1998	1	1.4.2	7,67	n.n.	7,67
03.09.1998	1	1.4.3	6,28	n.n.	6,28
03.09.1998	1	1.4.4	1,09	n.n.	1,09
03.09.1998	1	1.6.1	5,53	n.n.	5,53
03.09.1998	1	1.7.1	5,61	n.n.	5,61
03.09.1998	1	1.7.2	1,60	n.n.	1,60
03.09.1998	1	1.10.1	6,91	n.n.	6,91
03.09.1998	1	1.10.2	1,40	n.n.	1,40
03.09.1998	1	1.3.0	3,59	n.n.	3,59
03.09.1998	1	1.4.0	0,70	n.n.	0,70
03.09.1998	2	2.1.0	7,77	n.n.	7,77
03.09.1998	2	2.12.0	9,66	n.n.	9,66
03.09.1998	2	2.1.7	7,19	n.n.	7,19
03.09.1998	2	2.6.1	7,90	n.n.	7,90
03.09.1998	2	2.6.2	10,25	n.n.	10,25
03.09.1998	2	2.7.1	6,93	n.n.	6,93
03.09.1998	2	2.7.2	3,51	n.n.	3,51
03.09.1998	2	2.7.3	1,53	n.n.	1,53
03.09.1998	2	2.7.4	0,18	n.n.	0,18
03.09.1998	2	2.11.1	10,76	n.n.	10,76
03.09.1998	2	2.11.2	12,00	n.n.	12,00
03.09.1998	2	2.11.4	5,81	n.n.	5,81
03.09.1998	3	3.1.0	3,89	n.n.	3,89
03.09.1998	3	3.1.1	3,83	n.n.	3,83
03.09.1998	3	3.2.1	3,86	n.n.	3,86
03.09.1998	3	3.3.4	3,18	n.n.	3,18

Datum	Transekt	Probe	TC (TS 105° C)	TIC (TS 105° C)	TOC (TS 105° C)
			Gewichts-%	Gewichts-%	Gewichts-%
03.09.1998	3	3.3.6	0,58	n.n.	0,58
03.09.1998	3	3.7.1	7,71	n.n.	7,71
03.09.1998	3	3.7.3	4,64	n.n.	4,64
03.09.1998	3	3.8.1	4,71	n.n.	4,71
03.09.1998	3	3.10.1	3,69	n.n.	3,69
03.09.1998	3	3.10.2	0,71	n.n.	0,71
03.09.1998	3	3.10.3	0,69	n.n.	0,69
03.09.1998	3	3.11.1	8,50	n.n.	8,50
03.09.1998	3	3.11.2	4,84	n.n.	4,84
03.09.1998	3	3.17.1	4,31	n.n.	4,31

n.n.: nicht nachgewiesen
Bestimmung des TOC (Total Organic Carbon) über die Differenz von TC (Total Carbon) zu TIC (Total Inorganic Carbon).

V.2.1.5 Analyse der Korn- od. Substratdichte mittels Weithalspyknometer (DIN 18124)

Kornfraktion <63µm				Kornfraktion <2mm		
Probe	Glühverlust	Korndichte		Probe	Glühverlust	Korndichte
	Gew.-%	g/cm³			Gew.-%	g/cm³
1.1.1	16,5	2,460		2.1.0	4,1	2,598
1.1.2	6,3	2,618		2.1.1	11,9	2,407
1.1.3	2,7	2,713		2.1.2	7,4	2,521
1.3.1	14,0	2,472		2.1.3	19,5	2,307
1.3.2a	10,3	2,543		2.1.4	10,0	2,548
1.3.3a	8,1	2,593		2.1.5	11,1	2,511
1.3.5	5,4	2,603		2.3.1	27,5	2,131
1.10.1	14,4	2,431		2.3.2	3,8	2,629
1.10.3	3,0	2,686		2.9.1	38,5	2,049
1.10.2	4,3	2,607		2.11.1	15,9	2,271
4.1.1	11,8	2,487		2.11.3	2,0	2,676
4.2.1	14,0	2,456		2.11.8	1,6	2,659
4.2.2	9,2	2,532		2.16.1	19,4	2,321
4.2.3a	6,1	2,630		4.2.1	18,3	2,408
4.2.3b	5,2	2,602		4.2.2	9,5	2,355
4.10.3	6,8	2,574		4.2.3a	6,8	2,611
4.12.1	10,0	2,486		4.2.3b	4,4	2,638
4.16.1	14,3	2,421		4.2.4	2,4	2,659

V.2.2 RFA-Bodendaten

V.2.2.1 Erläuterungen zu den RFA-Bodendaten

Nachweisgrenzen des Meßprogramms „Powder 1“ der RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse) an der TU Berlin, Fachgebiet Lagerstättenforschung und Angewandte Geowissenschaften.

Elemente	Konzentration	Kalibrationsbereich		Standardabweichung
		untere Grenze	obere Grenze	
SiO_2	Gewichts-%	0,2	90	2,1
Al_2O_3	Gewichts-%	0,1	60	0,9
TiO_2	Gewichts-%	0,02	4	0,04
Fe_2O_3	Gewichts-%	0,02	75	0,3
MgO	Gewichts-%	0,1	40	0,2
CaO	Gewichts-%	0,1	55	0,23
Na_2O	Gewichts-%	0,1	10	0,2
K_2O	Gewichts-%	0,02	13	0,08
P_2O_5	Gewichts-%	0,01	8	0,03
SO_3	Gewichts-%	0,01	57	0,02
Mn	mg/kg	40	25.000	14
Ag	mg/kg	2	200	1,5
As	mg/kg	7	4.000	4
Ba	mg/kg	20	4.000	11
Bi	mg/kg	3	1.400	1,5
Br	mg/kg	4	300	2
Cd	mg/kg	4	500	2
Cl	mg/kg	100	40.000	29
Co	mg/kg	4	200	2
Cu	mg/kg	4	1.300	4
Cr	mg/kg	10	18.000	6
Cs	mg/kg	2	650	2
F	mg/kg	600 (200/150)	35.000	170
Ga	mg/kg	3	100	1
Hg	mg/kg	2	30	0,2
Mo	mg/kg	5	300	1,5
Ni	mg/kg	10	3.000	4
Pb	mg/kg	10	5.000	4
Rb	mg/kg	5	3.500	2,5
Sb	mg/kg	3	400	1,5
Se	mg/kg	3	40	0,7
Sn	mg/kg	10	7.000	3
Sr	mg/kg	10	4.600	4
Th	mg/kg	8	1.000	2
Tl	mg/kg	2	35	0,2
U	mg/kg	5	650	2
V	mg/kg	10	600	5
W	mg/kg	10	11.000	3
Zn	mg/kg	10	25.000	5
Zr	mg/kg	10	12.000	4

Proben bei 40° C getrocknet; <Wert : Meßwert unterhalb des Kalibrierungsbereichs

V.2.2.2 RFA-Bodendaten der Kornfraktion <63 µm

Transekt I: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
1.1.1	49,1	14,9	6,30	1,20	1,35	0,55	2,35	0,96	0,53	0,49	4	257	1230	10	25	15,5	104	26	206	179	21	739
1.1.2	57,4	13,8	5,24	1,12	0,79	0,72	2,54	0,85	0,23	0,14	2,5	373	936	9	5	5,6	<100	19	112	108	18	827
1.1.3	58,8	12,9	4,06	1,06	0,58	0,74	2,58	0,83	0,17	0,14	3,3	155	844	6	<4	4,3	<100	16	58	80	19	942
1.1.1b	49,2	14,8	5,13	1,18	0,89	0,46	2,32	0,93	0,80	0,64	3,3	238	1404	7	15	23,6	<100	19	259	242	12	<600
1.1.2b	62,1	14,5	4,32	1,18	0,57	0,72	2,76	0,89	0,19	0,32	2,9	224	890	5	<4	8,2	<100	19	87	104	13	<600
1.1.3b	63,5	13,6	4,08	1,12	0,59	0,77	2,73	0,87	0,16	0,15	3,1	186	864	6	<4	8,1	<100	20	60	79	16	<600
1.1.4b	59,1	13,2	3,62	1,09	0,61	0,67	2,60	0,83	0,15	0,12	2,4	127	842	4	<4	6,1	<100	15	55	80	13	<600
1.1.5b	61,2	13,2	3,85	1,06	0,64	0,74	2,71	0,85	0,16	0,17	<2	146	842	4	<4	8,1	<100	16	69	88	7	<600
1.2.1	49,7	14,1	5,82	1,19	1,44	0,58	2,35	0,91	0,36	0,33	2,3	239	1086	9	22	10,9	<100	22	167	139	20	634
1.2.2	58,2	13,6	4,39	1,11	0,73	0,74	2,60	0,85	0,18	0,09	3,6	226	791	7	7	5,2	<100	21	86	99	18	796
1.2.3	56,2	12,4	3,97	1,02	0,61	0,70	2,49	0,82	0,17	0,05	2,3	159	695	5	<4	<4	<100	15	51	74	16	882
1.2.4	59,5	12,2	3,80	0,98	0,66	0,79	2,54	0,84	0,19	0,08	3,1	173	753	4	<4	4,9	<100	16	46	80	16	818
1.3.0	50,8	13,6	4,92	1,13	0,60	0,58	2,42	0,81	0,55	0,57	2,9	223	1196	9	6	7,6	<100	18	158	122	18	706
1.3.1	51,8	14,4	5,56	1,19	1,30	0,62	2,41	0,89	0,63	0,36	4,0	268	1366	9	20	16,5	184	21	258	188	21	<600
1.3.2	53,4	16,0	6,03	1,28	1,01	0,62	2,60	0,90	0,41	0,24	4,2	255	1503	11	20	10,9	<100	28	254	151	19	<600
1.3.3	55,6	14,6	4,83	1,08	0,84	0,68	2,44	0,82	0,38	0,21	3,2	270	1498	8	12	7,0	<100	20	306	145	16	685
1.3.4	57,1	13,5	4,56	1,01	0,80	0,71	2,40	0,81	0,37	0,18	3	205	1397	9	8	5,7	<100	28	225	128	15	654
1.3.5	53,7	13,6	4,06	0,99	0,65	0,64	2,39	0,76	0,33	0,26	2,1	182	1302	12	5	5,4	<100	19	202	184	15	<600
1.4.0	64,8	12,4	3,37	0,98	0,50	0,88	2,58	0,92	0,20	0,27	<2	50	596	3	<4	<4	<100	15	33	86	15	672
1.4.1	50,0	10,9	4,42	0,74	1,61	0,59	1,89	0,84	0,49	0,38	<2	54	601	<3	19	<4	<100	14	58	92	8	<600
1.4.2	47,6	11,4	4,73	0,82	1,36	0,54	1,94	0,87	0,49	0,44	<2	125	768	<3	18	7,8	<100	20	103	122	7	<600
1.4.3	48,3	12,9	5,34	0,96	1,78	0,56	2,13	0,89	0,33	0,37	<2	222	1008	5	19	10,9	<100	22	164	155	19	<600
1.4.4	60,4	11,1	3,15	0,87	0,68	0,78	2,34	0,84	0,15	0,08	<2	142	623	<3	5	4,2	<100	12	52	76	12	657
1.4.5	61,1	13,1	3,84	1,07	0,57	0,82	2,52	0,88	0,15	0,08	<2	113	637	<3	<4	<4	<100	14	44	81	16	939
1.4.6	62,7	12,8	3,71	1,04	0,61	0,86	2,52	0,92	0,16	0,07	3,4	102	557	<3	<4	<4	<100	17	38	81	12	807
1.5.1	51,3	12,0	4,65	0,90	1,43	0,64	2,08	0,83	0,35	0,41	<2	156	798	4	22	6,0	120	19	92	119	12	<600
1.5.2	61,5	12,5	3,71	0,98	0,67	0,80	2,49	0,85	0,16	0,10	2,8	181	695	5	9	<4	<100	15	60	82	10	845
1.5.3	61,8	12,5	3,63	1,01	0,57	0,83	2,50	0,86	0,16	0,07	<2	134	644	4	<4	<4	<100	10	35	83	17	997
1.5.4	63,5	14,3	4,34	1,14	0,55	0,85	2,75	0,91	0,16	0,07	3	114	664	5	<4	<4	<100	15	49	84	26	1044

Transekt I: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
1.1.1	19	<2	890	7,2	84	327	142	10	3,2	65	137	14	<2,5	54	115	25	1258	305	78,4	3,3	16,5
1.1.2	16	<2	960	<5	42	506	146	9	<3	101	105	14	<2,5	11	82	13	684	381	83,4	1,5	6,3
1.1.3	15	<2	648	<5	31	336	142	7	<3	114	89	13	<2,5	6	69	12	455	460	82,3	1,2	2,7
1.1.1b	20	<2	380	7,4	83	320	137	18	<3	64	127	15	<2,5	69	113	43	1173	267	76,8	3,4	16,2
1.1.2b	18	<2	547	<5	40	530	155	13	<3	117	93	17	<2,5	9	81	19	574	416	87,9	1,4	3,6
1.1.3b	15	<2	736	<5	35	336	152	14	<3	118	92	15	<2,5	6	75	16	460	471	88,0	1,1	2,3
1.1.4b	17	<2	550	<5	31	315	147	10	<3	140	82	16	<2,5	7	73	17	410	494	82,3	1,1	2,3
1.1.5b	16	<2	625	<5	34	333	153	11	<3	125	87	16	<2,5	9	75	18	463	491	85,0	1,2	2,8
1.2.1	18	<2	1187	5,3	71	326	141	10	<3	68	134	13	<2,5	39	106	18	975	315	77,3	3,6	14,4
1.2.2	18	<2	1175	<5	33	416	148	7	<3	101	99	12	<2,5	8	77	11	506	402	82,9	1,3	5,1
1.2.3	14	<2	1058	<5	30	242	138	5	<3	95	88	13	<2,5	7	72	10	409	487	78,9	1,4	3,3
1.2.4	14	<2	1070	<5	32	231	136	6	<3	102	91	15	<2,5	7	68	<10	445	623	82,0	1,2	3,3
1.3.0	18	<2	565	<5	65	333	136	9	<3	73	106	13	<2,5	24	89	20	944	363	76,4	1,7	7,1
1.3.1	17	<2	1151	4,0	85	336	143	14	<3	73	129	12	<2,5	52	96	25	1215	310	79,8	3,3	14,0
1.3.2	21	<2	1496	<5	80	408	148	14	<3	82	130	13	<2,5	23	102	18	985	303	83,2	1,8	10,3
1.3.3	17	<2	860	<5	61	368	137	16	<3	103	116	14	<2,5	9	87	11	661	391	82,0	3,4	8,1
1.3.4	16	<2	1069	<5	48	361	128	10	<3	97	109	14	<2,5	10	77	14	627	420	82,0	2,0	6,5
1.3.5	16	<2	458	<5	50	404	134	10	<3	114	104	14	<2,5	6	74	21	674	414	77,9	1,2	5,4
1.4.0	14	<2	513	<5	33	113	128	5	<3	67	88	15	<2,5	9	67	<10	315	655	87,2	1,0	2,4
1.4.1	13	<2	1070	<5	39	127	120	6	<3	28	137	13	<2,5	11	79	11	323	452	72,2	3,4	15,2
1.4.2	14	<2	920	6,7	61	223	108	8	<3	51	121	13	<2,5	29	82	17	665	495	70,6	3,5	15,1
1.4.3	16	<2	1055	5,5	70	296	122	8	<3	72	142	15	<2,5	34	91	17	930	451	74,1	3,7	12,8
1.4.4	12	<2	892	<5	22	284	117	6	<3	96	87	14	<2,5	<5	62	<10	321	703	80,8	1,0	2,7
1.4.5	16	<2	841	<5	24	183	135	4	<3	79	85	14	<2,5	7	67	<10	287	530	84,5	1,2	2,7
1.4.6	13	<2	948	<5	27	119	127	6	<3	72	87	14	<2,5	6	72	11	252	599	85,8	1,1	2,0
1.5.1	14	<2	1027	5,2	52	302	114	7	<3	66	129	11	<2,5	15	78	13	713	376	75,0	2,9	12,2
1.5.2	13	<2	1039	<5	26	366	129	6	<3	90	92	12	<2,5	7	73	<10	353	478	84,2	1,4	3,3
1.5.3	14	<2	869	<5	24	218	128	6	<3	84	85	11	<2,5	6	67	<10	277	501	84,3	1,1	2,0
1.5.4	18	<2	939	<5	32	211	152	5	<3	90	87	13	<2,5	6	70	11	281	408	89,0	1,3	2,6

Transekt I: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
1.6.1	49,2	14,1	6,85	1,00	1,32	0,58	2,17	0,91	0,43	0,43	<2	241	1033	8	21	14,4	<100	37	131	154	17	1348
1.6.2	58,8	12,7	4,35	1,03	0,69	0,77	2,50	0,81	0,17	0,13	3,2	272	657	6	<4	6,3	<100	8	77	90	16	1206
1.6.3	59,4	13,1	4,96	1,07	0,66	0,79	2,58	0,89	0,27	0,09	<2	432	654	7	<4	4,2	<100	9	60	88	21	1307
1.6.4	63,0	13,5	3,85	1,08	0,51	0,82	2,63	0,88	0,18	0,19	2,2	203	680	8	<4	<4	<100	11	57	87	13	1020
1.6.5	61,5	12,5	3,97	0,99	0,51	0,83	2,54	0,87	0,20	0,11	<2	176	654	<3	<4	4,9	<100	13	45	84	12	965
1.6.6	61,1	13,0	3,80	1,04	0,49	0,79	2,58	0,84	0,18	0,10	2,7	149	728	5	<4	<4	<100	13	42	76	15	913
1.6.7	63,4	14,5	3,42	1,16	0,46	0,73	2,67	0,93	0,17	0,08	<2	17	568	<3	<4	<4	<100	13	23	85	9	<600
1.6.8	60,4	11,8	2,79	0,93	0,49	0,73	2,43	0,79	0,11	0,38	<2	38	537	<3	<4	<4	<100	10	45	74	2	<600
1.7.1	53,3	13,8	5,43	1,08	1,39	0,65	2,31	0,90	0,34	0,31	3,2	158	870	6	25	6,0	<100	17	103	133	18	767
1.7.2	61,5	14,6	4,64	1,20	0,68	0,79	2,70	0,88	0,16	0,11	<2	155	729	6	7	<4	<100	16	61	91	22	836
1.7.3	62,9	15,5	4,73	1,27	0,49	0,82	2,77	0,95	0,14	0,08	<2	76	637	9	<4	<4	<100	15	33	83	17	845
1.7.4	63,9	14,2	3,86	1,17	0,46	0,86	2,60	0,96	0,11	0,05	<2	26	569	<3	<4	<4	<100	11	20	77	17	720
1.7.5	64,2	13,1	3,51	1,11	0,47	0,90	2,55	0,95	0,11	0,04	<2	27	514	<3	<4	<4	<100	9	10	82	16	724
1.8.1	51,3	13,1	5,39	1,02	1,63	0,62	2,29	0,85	0,34	0,31	4,2	229	918	9	21	9,8	<100	19	136	145	16	<600
1.8.2	60,0	11,0	3,36	0,88	0,74	0,79	2,40	0,78	0,17	0,07	2,3	192	684	5	5	<4	<100	10	58	79	11	668
1.8.3	58,4	10,8	3,53	0,86	0,69	0,77	2,34	0,82	0,18	0,06	<2	129	608	4	4	<4	<100	15	46	84	8	865
1.8.4	62,3	14,8	4,67	1,21	0,63	0,80	2,75	0,89	0,16	0,07	<2	184	818	7	4	<4	<100	14	53	81	20	972
1.8.5	63,0	16,6	5,42	1,37	0,54	0,79	2,92	0,96	0,16	0,07	<2	96	689	7	<4	<4	<100	17	42	93	27	868
1.9.1	43,6	12,4	6,67	0,84	1,38	0,44	1,77	0,90	1,10	1,05	<2	266	929	3	22	26,9	266	11	125	214	7	980
1.9.2	47,2	15,7	7,76	1,13	1,24	0,48	2,16	1,06	0,58	0,80	3,5	446	1200	10	30	26,0	218	15	185	224	14	1253
1.9.1+2	48,7	15,6	7,25	1,18	1,14	0,53	2,30	1,00	0,53	0,68	<2	379	1152	11	23	22,5	178	13	164	210	14	1256
1.9.3	61,6	11,8	2,99	0,93	0,54	0,79	2,44	0,78	0,17	0,12	2,2	168	717	7	<4	5,9	<100	6	74	83	16	727
1.9.4	63,0	14,8	3,82	1,20	0,60	0,82	2,83	0,92	0,18	0,12	<2	115	797	8	<4	<4	<100	12	60	87	19	871
1.9.5	64,3	17,1	4,81	1,40	0,58	0,83	3,12	0,97	0,14	0,08	2,6	102	736	7	<4	<4	<100	13	46	90	28	945
1.10.1	50,6	13,8	5,91	1,07	1,58	0,60	2,23	0,90	0,42	0,35	3,1	193	954	10	24	9,7	<100	28	125	168	22	<600
1.10.2	61,9	15,6	5,13	1,25	0,62	0,80	2,80	0,92	0,14	0,11	2,1	156	743	6	6	<4	<100	16	58	91	25	791
1.10.3	64,6	14,6	4,34	1,17	0,51	0,87	2,68	0,95	0,13	0,08	<2	55	621	<3	<4	<4	<100	11	22	83	22	648
1.10.4	65,1	14,1	4,00	1,15	0,55	0,89	2,54	0,94	0,10	0,06	<2	23	597	<3	<4	<4	<100	15	14	80	19	721
1.11.1	45,8	11,8	5,82	0,88	0,86	0,51	1,95	0,92	1,01	0,79	<2	154	960	7	18	6,1	256	15	103	494	7	716
1.11.2	43,3	13,4	8,75	1,03	1,26	0,44	2,10	1,22	0,95	0,78	3,9	371	1643	9	26	18,2	518	28	225	975	20	990

Transekt I: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
1.6.1	18	<2	2860	8,0	92	316	130	10	<3	68	136	13	<2,5	23	101	18	1460	338	77,8	5,1	11,8
1.6.2	14	<2	662	<5	31	603	133	6	<3	109	86	10	<2,5	<5	71	<10	391	430	82,4	1,4	4,0
1.6.3	15	<2	746	<5	32	432	141	6	<3	99	87	18	<2,5	5	76	<10	391	578	84,3	1,6	3,6
1.6.4	14	<2	441	<5	28	391	140	7	<3	96	85	14	<2,5	7	77	<10	374	468	87,0	1,1	2,2
1.6.5	15	<2	448	<5	30	271	136	7	<3	95	84	16	<2,5	<5	69	<10	307	549	84,4	1,0	1,8
1.6.6	16	<2	383	<5	30	263	137	7	<3	104	83	11	<2,5	5	70	<10	313	446	84,3	1,3	2,2
1.6.7	16	<2	267	<5	30	63	137	9	<3	28	83	15	<2,5	8	79	14	148	472	87,7	1,3	2,4
1.6.8	13	<2	230	<5	25	57	116	7	<3	25	77	12	<2,5	6	71	15	167	512	81,0	0,0	0,0
1.7.1	16	<2	1031	5,6	53	302	135	7	<3	67	137	11	<2,5	16	95	16	699	329	80,0	3,3	12,6
1.7.2	19	<2	839	<5	32	237	152	4	<3	82	98	12	<2,5	6	78	11	358	345	87,6	2,1	4,3
1.7.3	20	<2	1088	<5	33	100	156	5	<3	37	90	13	<2,5	5	88	<10	227	388	90,1	1,7	2,7
1.7.4	17	<2	765	<5	27	35	132	5	<3	13	87	15	<2,5	6	75	<10	137	502	88,5	1,3	2,0
1.7.5	15	<2	509	<5	25	24	121	<3	<3	13	86	17	<2,5	6	69	<10	107	650	87,2	1,1	1,3
1.8.1	16	<2	1146	<5	55	473	138	11	<3	79	141	14	<2,5	20	87	14	821	327	77,4	2,5	11,9
1.8.2	11	<2	846	<5	25	479	122	6	<3	99	92	12	<2,5	9	63	<10	455	522	80,6	1,3	3,3
1.8.3	12	<2	1042	<5	25	252	116	4	<3	65	88	12	<2,5	6	64	<10	433	645	78,9	1,2	2,9
1.8.4	17	<2	858	<5	32	321	152	5	<3	95	92	13	<2,5	<5	78	11	394	353	88,7	1,5	3,8
1.8.5	22	<2	1072	<5	38	144	175	4	<3	47	93	15	<2,5	7	91	11	311	308	92,2	2,0	3,4
1.9.1	16	<2	329	13,0	99	225	108	10	<3	42	131	13	<2,5	29	113	37	1966	261	70,8	5,9	21,4
1.9.2	21	<2	384	13,6	132	449	134	15	3,2	51	135	14	<2,5	41	150	26	2131	273	78,8	3,2	18,6
1.9.1+2	19	<2	387	11,8	122	413	145	12	<3	55	129	13	<2,5	37	137	26	2000	286	79,6	0,0	0,0
1.9.3	13	<2	221	<5	21	679	120	8	<3	114	80	9	<2,5	6	70	<10	296	483	82,5	1,3	3,5
1.9.4	20	<2	278	<5	35	443	157	6	<3	96	90	15	<2,5	6	85	11	328	440	88,6	1,7	4,1
1.9.5	23	<2	361	<5	36	263	191	6	<3	91	93	14	<2,5	8	92	<10	330	288	93,7	2,1	3,8
1.10.1	18	<2	1231	5,5	57	355	132	9	3,3	70	155	12	<2,5	22	99	18	854	309	77,9	3,8	14,4
1.10.2	18	<2	884	<5	33	262	164	7	<3	80	96	16	<2,5	9	89	<10	338	310	89,6	2,6	4,3
1.10.3	18	<2	964	<5	32	70	151	5	<3	21	92	17	<2,5	8	82	<10	185	425	90,3	2,2	3,0
1.10.4	15	<2	783	<5	26	31	134	<3	<3	9	90	15	<2,5	7	81	<10	138	454	89,7	1,8	2,0
1.11.1	13	<2	466	8,9	57	163	104	7	<3	42	109	9	<2,5	28	128	37	593	316	70,8	3,3	17,8
1.11.2	15	<2	1027	15,6	95	307	123	11	<3	114	160	12	<2,5	62	183	65	1335	282	74,1	4,3	17,3

Transekt I: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Horizont	Fr. <63µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
	Probe	Gewichts-%										mg/kg											
	1.11.3	58,9	13,7	5,07	1,09	0,87	0,74	2,56	0,82	0,23	0,15	6,2	408	968	14	8	12,6	<100	27	187	137	15	777
	1.11.4	58,0	11,6	3,91	0,94	0,63	0,77	2,48	0,82	0,19	0,06	2,8	231	645	3	<4	7,7	<100	17	59	75	8	1022
	1.11.5	61,4	16,1	5,73	1,31	0,66	0,78	2,78	0,91	0,17	0,07	3,1	216	748	8	<4	4,0	<100	24	64	88	22	1104
	1.11.6	62,9	16,2	4,29	1,23	0,67	0,78	2,49	0,96	0,15	0,07	<2	32	693	<3	<4	<4	<100	15	26	91	19	763
	1.11.7	63,7	14,4	3,73	1,15	0,66	0,85	2,49	0,92	0,10	0,06	<2	22	618	<3	<4	<4	<100	11	12	87	17	698
	1.11.8	62,1	12,5	3,31	1,11	0,61	0,74	2,46	0,84	0,15	0,03	<2	18	512	<3	<4	4,3	<100	11	10	79	9	<600
	1.11.9	65,6	14,4	3,12	1,17	0,53	0,74	2,79	0,90	0,16	0,08	<2	<7	622	<3	<4	<4	<100	9	13	90	13	<600
	1.11.10	64,7	15,2	4,05	1,46	0,55	0,77	2,95	0,89	0,20	0,22	<2	<7	561	<3	<4	<4	<100	15	18	90	12	<600
	1.11.11	63,3	12,4	3,30	1,09	0,57	0,79	2,52	0,82	0,15	0,17	<2	16	485	<3	<4	<4	<100	10	18	86	12	<600
	1.11.0	11,2	4,9	>75,0	0,17	0,41	<0,1	0,42	0,22	0,85	6,05	<2	117	153	180	44	<4	497	<4	<4	47	<2	4159
Horizont	Statistik																						
aAh+L	Mit-Wert	49,5	13,5	5,78	1,04	1,33	0,57	2,19	0,90	0,56	0,50	2,31	218	1023	7,2	21,2	13,07	-	20,0	148	190	15,0	634
aAh+L	Stdw.	2,5	1,4	0,83	0,16	0,24	0,07	0,20	0,05	0,25	0,22	1,35	78	225	2,8	3,0	7,68	-	7,0	61	100	5,6	379
fossiler aAh	Mit-Wert	50,6	14,0	6,07	1,06	1,19	0,58	2,27	0,94	0,48	0,43	3,28	299	1227	8,3	18,9	13,34	-	22,7	203	273	15,8	658
fossiler aAh	Stdw.	5,5	1,6	1,58	0,14	0,33	0,11	0,25	0,15	0,23	0,27	1,83	114	329	4,0	7,3	6,67	-	4,9	66	311	4,6	379
aM	Mit-Wert	60,7	13,5	4,23	1,09	0,63	0,79	2,58	0,87	0,17	0,08	2,03	155	711	5,1	3,8	3,05	-	15,5	61	86	16,8	876
aM	Stdw.	2,2	1,7	0,69	0,15	0,08	0,04	0,17	0,05	0,05	0,03	1,01	60	175	2,4	2,3	1,80	-	4,6	41	12	5,7	150
aC + aG	Mit-Wert	61,9	13,7	3,89	1,12	0,58	0,78	2,62	0,88	0,17	0,13	1,70	122	714	4,2	2,2	3,77	-	13,3	49	89	15,0	623
aC + aG	Stdw.	2,7	1,3	0,58	0,12	0,08	0,06	0,17	0,06	0,05	0,08	0,87	110	175	3,0	0,8	2,19	-	3,6	41	21	5,3	308

Fraktion <63µm		SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Horizont	C-Proben	Gewichts-%										mg/kg											
aAh	1.1.1c	53,8	16,7	5,60	1,41	0,85	0,45	2,70	1,03	0,62	0,46	3,1	203	1540	6,8	12,7	17,1	<100	21	252	227	31	<600
aGo/r	1.1.2c	65,9	14,3	4,03	1,15	0,65	0,77	2,87	0,92	0,20	0,29	3,9	172	1078	5,4	<4	5,8	<100	17	119	128	16	<600
aGr	1.1.3c	68,7	13,0	3,86	1,05	0,60	0,85	2,81	0,95	0,15	0,09	< 2	115	1000	4,0	<4	4,2	<100	16	47	90	14	<600
aAh	1.2.1c	52,9	16,1	6,35	1,38	1,30	0,48	2,64	1,01	0,45	0,34	4,3	257	1332	10,4	23,5	14,8	<100	29	205	168	18	<600
aM	1.2.2c	64,0	14,0	4,24	1,20	0,76	0,71	2,80	0,91	0,17	0,06	3,0	196	885	4,1	4,3	< 4	<100	14	68	99	16	<600
aM	1.2.3c	63,1	13,7	4,43	1,15	0,65	0,69	2,72	0,92	0,20	0,05	2,6	218	804	4,1	4,0	5,5	<100	16	59	87	14	<600
aGo	1.2.4c	62,1	15,2	5,16	1,27	0,71	0,69	2,91	0,99	0,24	0,09	2,5	230	898	5,5	<4	8,2	<100	24	68	91	16	<600

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt I: RFA-Daten sowie Mittelwerte, Standardabweichung und C-Proben (Wiederholungsproben).

Fr. <63µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
1.11.3	16	<2	1412	<5	42	1024	132	13	<3	116	113	13	<2,5	7	82	<10	970	335	84,8	1,7	5,7
1.11.4	13	<2	1352	<5	29	352	120	6	<3	65	90	14	<2,5	5	69	11	472	557	79,9	1,8	2,3
1.11.5	19	<2	1133	<5	38	353	160	7	<3	67	100	18	<2,5	11	95	<10	415	310	90,4	2,1	3,7
1.11.6	22	<2	652	<5	35	58	138	<3	<3	13	96	16	<2,5	6	90	<10	203	341	90,1	2,4	3,8
1.11.7	16	<2	476	<5	30	33	116	3	<3	11	90	13	<2,5	8	72	<10	123	442	88,4	1,8	2,1
1.11.8	14	<2	510	<5	22	25	111	7	<3	14	86	14	<2,5	7	71	12	91	514	84,0	1,5	1,2
1.11.9	18	<2	267	<5	33	25	143	9	<3	12	84	15	<2,5	7	79	12	106	401	89,6	1,6	1,8
1.11.10	19	<2	387	<5	37	26	159	9	<3	<10	85	16	<2,5	6	91	14	134	340	91,1	2,0	4,2
1.11.11	17	<2	407	<5	29	36	118	8	<3	17	83	11	<2,5	8	65	14	126	475	85,3	1,4	1,9
1.11.0	32	<2	106	22	19	50	37	<3	>40	<10	51	<8	<2,5	13	163	28	228	83	139,7	5,2	21,8
Horizont	Statistik																				
aAh+L	Mit-Wert	16,6	-	1012	6,7	73	307	130	9,9	-	60	133	12,5	-	32,0	104	23,1	1081	322	76,4	3,6	14,9
aAh+L	Stdw.	2,2	-	652	3,2	24	93	14	3,4	-	15	10	1,5	-	17,4	18	10,2	504	49	3,3	0,9	2,8
fossiler aAh	Mit-Wert	17,0	-	1022	-	77	439	129	12,1	-	84	131	13,5	-	29,3	111	22,6	1097	361	78,2	3,1	12,6
fossiler aAh	Stdw.	2,7	-	370	-	29	269	13	3,2	-	28	17	0,9	-	19,2	40	19,8	510	86	5,4	1,0	4,8
aM	Mit-Wert	15,8	-	969	-	30	277	139	5,7	-	78	92	13,3	-	6,4	75	7,8	362	460	85,1	1,5	3,3
aM	Stdw.	3,0	-	161	-	6	135	17	1,4	-	24	6	1,8	-	2,3	9	3,2	110	113	4,2	0,4	1,1
aC + aG	Mit-Wert	16,4	-	536	-	32	238	140	7,2	-	69	88	14,5	-	6,8	76	10,3	309	463	86,1	1,5	2,9
aC + aG	Stdw.	2,5	-	233	-	6	195	17	3,2	-	48	6	2,0	-	1,6	7	5,4	177	82	3,7	0,4	1,2

Fraktion <63µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Horizont	C-Proben	mg/kg																	Gewichts-%		
aAh	1.1.1c	21	<2	411	7	91	301	169	16	<3	71	131	16	3,2	59	116	39	1265	278	83,9	-	-
aGo/r	1.1.2c	20	<2	390	<5	44	515	160	12	<3	115	106	13	<2,5	10	88	18	704	400	91,3	-	-
aGr	1.1.3c	15	<2	828	<5	35	251	151	9	<3	135	99	15	<2,5	9	72	20	445	556	92,1	-	-
aAh	1.2.1c	21	<2	1283	7	90	369	166	14	<3	83	141	15	<2,5	54	120	26	1224	304	83,2	-	-
aM	1.2.2c	17	<2	784	<5	34	315	161	9	<3	113	101	14	<2,5	6	77	16	466	418	88,9	-	-
aM	1.2.3c	20	<2	733	<5	36	273	157	10	<3	108	96	15	<2,5	6	83	16	461	459	87,7	-	-
aGo	1.2.4c	19	<2	805	<5	49	341	173	11	<3	120	103	17	<2,5	14	95	18	595	510	89,5	-	-

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt I: Medianwerte der RFA-Daten.

Fraktion <63µm		SiO_2	AL_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Horizont	Statistik	Gewichts-%										mg/kg											
aAh+L	Median	49,7	13,8	5,8	1,1	1,4	0,6	2,3	0,9	0,5	0,4	2,3	238	960	8,0	21,6	10,9	-	19	131	168	16	634
fossiler aAh	Median	48,3	13,7	5,3	1,1	1,2	0,6	2,2	0,9	0,4	0,4	3,5	270	1200	8,7	18,7	10,9	-	22	187	151	16	685
aM	Median	61,4	13,3	4,2	1,1	0,6	0,8	2,5	0,9	0,2	0,1	2,2	156	674	5,3	2,0	2,0	-	15	53	83	17	855
aC + aG	Median	62,5	13,5	3,9	1,1	0,6	0,8	2,6	0,9	0,2	0,1	1,0	121	687	3,8	2,0	2,0	-	13	46	86	15	710
F	Median																						

Fraktion <63µm			Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Horizont	Statistik	mg/kg																			Gewichts-%		
aAh+L	Median		17	-	1031	5,6	71	320	135	10,1	-	66	134	12,6	-	28	101	18	975	315	77,4	3,4	14,4
fossiler aAh	Median		16	-	1027	5,5	70	368	132	12,6	-	82	130	13,3	-	29	91	17	970	335	78,8	3,4	12,8
aM	Median		16	-	944	2,5	31	257	134	5,8	-	83	90	13,2	-	6	73	5	356	454	84,4	1,4	3,3
aC + aG	Median		16	-	493	2,5	32	263	139	7,2	-	95	87	14,9	-	7	75	12	310	464	86,2	1,4	2,7
F	Median																						

Transekt II: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
2.Ü.S	30,0	7,9	18,53	1,00	2,42	0,24	0,83	0,47	3,35	1,57	66	114	1069	37	24	24,4	591	22	301	775	7	<200
2.1.0	43,2	13,2	5,35	0,80	0,78	0,58	1,60	0,80	0,93	5,87	116	148	1424	8	38	16,9	964	69	623	1555	6	<200
2.1.1	38,6	7,9	7,37	0,68	1,23	0,39	1,29	0,72	1,52	1,29	37	60	1590	6	26	4,7	1842	22	148	3200	8	<200
2.1.2	43,3	8,4	5,23	0,62	0,55	0,49	1,56	0,94	0,87	1,89	66	58	1275	<3	22	<4	2274	18	131	1539	4	<200
2.1.3	42,5	8,6	5,15	0,61	0,51	0,45	1,58	3,12	0,82	2,34	318	74	4534	7	53	<4	4961	25	89	10117	13	<200
2.1.4	43,8	10,7	7,84	0,78	0,40	0,49	1,98	0,94	0,93	1,44	49	144	2136	12	43	<4	4728	8	117	808	12	<200
2.1.5	39,4	12,7	7,48	0,78	1,68	0,41	1,49	0,72	0,71	2,46	68	188	1451	10	63	4,8	1589	17	478	1190	10	<200
2.1.6	37,9	11,0	7,36	0,71	1,13	0,43	1,45	0,69	0,59	4,79	44	281	1204	4	29	6,9	522	22	519	1025	5	<200
2.1.7	44,8	11,2	5,04	0,84	0,67	0,55	1,85	0,75	0,25	4,61	9	117	701	4	16	5,5	246	25	136	316	11	<200
2.2.1	40,1	8,4	4,47	0,52	0,44	0,40	1,49	1,20	0,63	2,27	192	59	1807	<3	42	<4	3107	12	167	1793	7	<200
2.2.1b	49,9	8,4	3,87	0,58	0,54	0,49	1,70	0,85	0,62	1,10	38	42	783	<3	15	4,3	1514	9	97	735	<2	<200
2.2.2	48,2	9,5	5,78	0,65	0,38	0,46	2,03	1,14	0,59	1,81	72	89	1620	5	26	<4	1362	9	68	920	4	<200
2.2.3	52,2	10,5	4,62	0,77	0,35	0,65	2,02	0,76	0,36	0,41	33	108	622	<3	19	<4	<100	13	164	385	16	<200
2.2.4	58,5	11,0	3,47	0,84	0,35	0,75	2,23	0,79	0,20	0,16	5	63	553	<3	6	<4	<100	11	80	109	9	<200
2.2.5	59,1	10,8	3,46	0,81	0,36	0,79	2,26	0,80	0,22	0,15	4	51	534	<3	6	<4	<100	10	52	100	7	<200
2.2.7	62,5	13,2	3,24	1,07	0,61	0,72	2,57	0,89	0,32	0,20	<2	19	481	<3	<4	<4	<100	13	25	78	9	<200
2.3.1	43,6	9,1	6,02	0,67	0,50	0,45	1,66	1,57	0,74	1,44	110	92	2218	4	38	<4	2603	17	110	2283	13	<200
2.3.2	56,6	11,4	3,82	0,86	0,38	0,72	2,21	0,84	0,22	0,22	9	69	680	<3	9	<4	128	11	52	157	10	<200
2.3.3	59,1	11,1	3,35	0,86	0,39	0,77	2,27	0,81	0,16	0,09	<2	52	529	<3	5	<4	<100	13	27	88	12	<200
2.3.4	60,4	11,0	3,16	0,88	0,50	0,80	2,27	0,81	0,15	0,06	<2	46	484	<3	<4	<4	<100	10	22	71	13	<200
2.3.5	61,2	13,8	4,32	1,16	0,56	0,80	2,58	0,86	0,17	0,08	<2	75	603	3	5	<4	<100	15	35	84	21	<200
2.4.1	47,7	11,0	4,13	0,80	0,63	0,53	1,81	1,36	0,90	1,03	62	76	1851	<3	28	<4	1942	10	101	1418	10	<200
2.4.2	53,2	11,9	4,55	0,87	0,47	0,65	2,09	0,80	0,32	0,32	12	70	702	<3	13	<4	131	10	94	211	10	<200
2.4.3	59,5	13,1	3,89	1,06	0,46	0,77	2,42	0,85	0,14	0,11	2	46	556	<3	5	<4	<100	14	30	98	13	<200
2.4.4	62,0	12,0	2,19	0,97	0,57	0,83	2,40	0,88	0,07	0,11	<2	16	458	<3	<4	<4	<100	10	17	82	14	<200
2.4.6	61,4	11,6	2,32	0,94	0,50	0,83	2,36	0,88	0,07	0,46	<2	27	433	<3	<4	<4	<100	15	12	79	9	<200
2.4.7	61,3	10,0	2,49	0,79	0,60	0,86	2,23	0,79	0,07	1,37	<2	37	415	<3	<4	<4	<100	21	15	74	<2	<200
2.5.1	41,1	10,4	4,37	0,72	0,95	0,43	1,59	1,55	1,13	1,16	74	80	2227	<3	41	<4	2709	11	126	1939	5	<200
2.5.2	55,4	13,0	4,59	0,99	0,64	0,69	2,26	0,85	0,26	0,23	17	72	765	<3	14	<4	138	14	109	226	15	<200
2.5.3	59,7	13,9	3,86	1,10	0,56	0,75	2,50	0,88	0,14	0,08	2	44	597	<3	4	<4	<100	17	37	103	14	<200

Transekt II: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
2.Ü.S	10	5	2185	62,4	63	612	59	48	6,9	3872	187	<8	<2,5	10	102	179	1812	178	67,6	7,5	19,5
2.1.0	8	<2	205	11,6	307	682	78	11	<3	137	108	10	<2,5	7	98	41	1004	392	75,0	4,1	18,7
2.1.1	9	2	779	33,0	55	283	65	7	<3	872	141	<8	<2,5	6	82	94	626	455	62,1	3,7	18,4
2.1.2	13	2	309	19,3	36	264	76	6	<3	447	100	<8	<2,5	6	82	84	194	641	64,6	3,6	16,8
2.1.3	14	3	224	65,2	62	510	79	9	3,7	324	186	<8	<2,5	<5	157	161	267	358	67,9	3,5	19,4
2.1.4	16	3	262	11,3	24	601	96	8	<3	56	117	<8	<2,5	9	129	51	264	351	70,3	4,4	17,6
2.1.5	13	<2	472	7,6	65	588	78	9	<3	48	125	<8	<2,5	7	95	52	1290	294	68,7	6,1	20,1
2.1.6	12	<2	189	<5	71	539	77	8	<3	33	112	11	<2,5	<5	83	13	1422	289	66,9	6,9	26,2
2.1.7	14	<2	199	<5	66	349	103	8	<3	37	87	11	<2,5	<5	80	<10	1050	403	71,1	4,8	18,8
2.2.1	11	2	202	23,3	33	391	81	6	<3	498	110	<8	<2,5	6	99	100	161	365	61,0	5,2	22,8
2.2.1b	11	<2	369	9,8	25	158	82	7	<3	251	84	13	<2,5	5	72	43	174	597	68,5	2,5	11,0
2.2.2	14	<2	246	12,5	23	394	99	8	<3	159	110	9	<2,5	5	129	56	159	498	71,0	2,9	14,1
2.2.3	13	<2	719	<5	22	209	103	5	<3	31	77	13	<2,5	11	69	<10	232	504	73,0	2,7	8,1
2.2.4	12	<2	633	<5	14	126	109	4	<3	33	74	15	<2,5	5	65	<10	153	587	78,6	1,6	4,1
2.2.5	12	<2	583	<5	20	92	106	4	<3	28	76	15	<2,5	<5	66	<10	132	639	78,9	1,2	3,0
2.2.7	16	<2	297	<5	30	93	132	8	<3	50	84	15	<2,5	7	79	15	262	552	85,5	1,4	2,3
2.3.1	14	<2	362	24,4	35	345	89	6	<3	284	127	11	<2,5	5	132	64	226	378	66,7	3,7	19,9
2.3.2	13	<2	679	<5	24	134	107	4	<3	35	81	14	<2,5	6	74	<10	231	561	77,6	1,9	6,0
2.3.3	13	<2	714	<5	25	86	107	<3	<3	27	78	15	<2,5	6	60	<10	185	555	79,2	1,2	2,9
2.3.4	12	<2	672	<5	26	68	106	4	<3	26	85	13	<2,5	6	63	<10	224	585	80,3	1,6	2,6
2.3.5	16	<2	1056	<5	27	87	133	<3	<3	31	90	16	<2,5	6	77	<10	220	419	85,8	1,6	2,9
2.4.1	14	<2	198	16,5	31	287	93	7	<3	138	131	9	<2,5	11	128	56	253	390	70,9	2,9	16,4
2.4.2	13	<2	200	<5	31	177	104	4	<3	22	84	11	<2,5	7	79	14	413	469	75,7	2,4	7,9
2.4.3	14	<2	532	<5	26	104	119	<3	<3	20	84	14	<2,5	6	75	<10	253	483	82,8	2,8	3,6
2.4.4	12	<2	293	<5	27	23	106	3	<3	<10	86	11	<2,5	5	67	<10	186	570	82,5	0,9	2,6
2.4.6	12	<2	213	<5	33	22	102	4	<3	<10	82	14	<2,5	6	64	<10	153	599	81,7	0,9	3,0
2.4.7	9	<2	199	<5	34	29	93	4	<3	<10	80	13	<2,5	6	61	<10	148	585	80,8	1,1	3,1
2.5.1	14	<2	251	16,6	42	317	85	8	<3	171	148	11	<2,5	18	136	69	344	306	64,5	4,6	22,7
2.5.2	16	<2	586	<5	33	213	116	5	<3	26	95	11	<2,5	5	84	15	592	432	79,6	2,1	7,7
2.5.3	15	<2	608	<5	30	105	128	5	<3	22	90	13	<2,5	6	76	<10	320	440	83,9	2,2	3,7

Transekt II: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
2.5.4	59,8	13,9	3,93	1,11	0,56	0,76	2,51	0,89	0,15	0,07	<2	52	591	<3	6	<4	<100	13	30	88	14	<200
2.5.5	62,6	13,0	2,44	0,97	0,57	0,84	2,49	0,88	0,08	0,10	<2	22	481	<3	5	<4	<100	7	21	86	11	<200
2.5.7	61,3	11,2	2,66	0,89	0,77	0,88	2,37	0,82	0,09	1,16	2,3	30	469	<3	<4	<4	<100	15	36	85	8	<200
2.6.1	47,5	10,6	4,39	0,78	0,92	0,55	1,85	0,96	0,66	0,85	56,7	49	944	<3	25	<4	1008	15	111	824	5	<200
2.6.2	40,7	11,0	6,32	0,76	0,93	0,43	1,61	1,50	0,92	1,10	66,6	115	2397	3	49	<4	2785	13	<4	1473	14	<200
2.6.3	55,5	12,9	4,64	0,99	0,63	0,68	2,29	0,84	0,22	0,17	13,6	56	653	<3	10	5,2	<100	15	83	183	15	<200
2.6.4	59,8	13,3	4,45	1,06	0,61	0,77	2,47	0,86	0,17	0,06	4,2	34	589	<3	6	<4	<100	14	34	98	14	<200
2.6.5	61,0	11,9	3,09	0,94	0,61	0,90	2,62	0,77	0,12	0,03	2	20	507	<3	<4	<4	<100	11	20	79	12	<200
2.7.1	49,2	9,7	3,40	0,75	1,19	0,60	2,00	0,70	0,41	0,36	3,5	24	490	<3	11	<4	240	9	32	108	8	<200
2.7.2	54,9	11,8	3,95	0,90	1,06	0,69	2,18	0,85	0,31	0,20	3,5	41	584	<3	12	<4	<100	7	43	110	10	<200
2.7.3	55,6	12,6	4,15	0,97	0,90	0,66	2,25	0,84	0,16	0,07	2,4	33	545	<3	6	<4	<100	11	29	87	14	<200
2.7.4	59,3	12,3	3,77	0,99	0,81	0,72	2,31	0,81	0,10	<0,01	<2	16	495	<3	<4	<4	<100	8	15	85	15	<200
2.8.1a	45,2	10,2	4,14	0,76	0,90	0,50	1,74	0,76	0,46	0,65	14,3	47	586	<3	19	<4	441	14	74	297	4	<200
2.8.1b	36,4	10,2	7,91	0,72	0,76	0,35	1,47	1,64	1,06	1,39	85,7	126	2592	3	55	<4	2657	10	139	<10	3	<200
2.8.1c	38,5	10,1	6,45	0,73	0,92	0,39	1,56	1,35	0,85	1,14	70,9	112	1819	7	44	<4	1842	10	118	1577	9	<200
2.8.2	56,0	12,4	4,14	0,98	0,69	0,69	2,23	0,84	0,17	0,10	10,4	47	582	<3	10	<4	<100	13	65	141	12	<200
2.8.3	57,4	12,0	3,66	0,94	0,64	0,71	2,24	0,82	0,13	0,04	<2	43	496	<3	6	<4	<100	10	23	88	13	<200
2.8.4	56,5	10,1	3,17	0,76	0,62	0,72	2,08	0,75	0,17	0,05	4,4	31	459	<3	5	<4	<100	9	30	90	5	<200
2.9.1	38,5	8,9	6,72	0,71	1,06	0,38	1,51	1,87	1,24	1,61	149,2	121	2612	7	40	<4	2882	14	161	3533	13	<200
2.9.2	53,3	12,2	4,33	0,90	0,47	0,66	2,19	0,81	0,31	0,30	22,1	86	688	<3	17	<4	240	11	145	252	13	<200
2.9.3	58,9	12,8	3,92	1,05	0,57	0,75	2,48	0,83	0,19	0,07	3	67	573	<3	6	<4	<100	10	37	95	16	<200
2.9.4	58,0	11,1	2,61	0,86	0,59	0,78	2,30	0,80	0,14	0,12	4,8	29	481	<3	<4	<4	<100	13	31	120	6	<200
2.10.1	38,3	8,6	9,01	0,67	0,49	0,37	1,67	2,67	1,15	2,27	162,1	185	>400	9	66	<4	6257	15	78	3122	20	<200
2.10.2	54,0	12,3	4,94	0,93	0,35	0,67	2,18	0,85	0,40	0,34	37,1	88	775	<3	20	<4	280	13	166	393	13	<200
2.10.3	48,5	9,9	9,14	0,75	0,32	0,60	1,97	0,71	0,89	0,17	<2	145	521	<3	8	<4	<100	19	46	91	7	<200
2.10.4	60,8	10,4	2,64	0,82	0,40	0,86	2,37	0,84	0,15	0,03	<2	18	464	<3	<4	<4	<100	11	14	78	7	<200
2.10.5	61,6	11,7	2,35	0,93	0,48	0,82	2,33	0,85	0,07	0,02	<2	9	459	<3	<4	<4	<100	13	10	81	8	<200
2.11.1	42,6	8,7	5,07	0,60	0,52	0,46	1,57	0,88	0,81	1,87	97,3	70	969	<3	22	<4	2161	10	167	969	8	<200
2.11.2	43,9	8,2	4,94	0,52	0,44	0,43	1,56	3,04	0,57	2,39	>200	84	4534	6	53	<4	3580	22	74	9908	9	<200
2.11.3	41,8	7,7	8,40	0,51	0,31	0,47	1,80	1,09	1,17	2,14	37,9	149	1196	7	24	<4	1071	10	50	425	6	<200

Transekt II: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
2.5.4	16	<2	748	<5	32	110	129	4	<3	21	89	13	<2,5	8	80	<10	265	460	84,1	1,4	3,8
2.5.5	15	<2	184	<5	25	24	109	<3	<3	<10	85	11	<2,5	<5	75	<10	117	464	84,4	1,4	3,9
2.5.7	12	<2	204	<5	35	38	104	4	<3	<10	83	13	<2,5	<5	62	<10	224	490	82,4	1,3	3,6
2.6.1	12	<2	388	10,9	33	194	95	5	<3	190	109	8	<2,5	9	90	52	267	398	69,8	3,5	15,8
2.6.2	14	<2	297	19,9	37	299	84	7	<3	98	158	12	<2,5	16	150	47	307	331	66,3	4,9	21,0
2.6.3	15	<2	919	<5	40	135	123	5	<3	15	96	12	<2,5	<5	80	11	688	390	79,4	2,6	6,5
2.6.4	14	<2	1009	<5	37	63	126	4	<3	11	95	15	<2,5	7	77	<10	425	405	84,1	1,9	3,8
2.6.5	13	<2	460	<5	26	34	124	4	<3	10	88	13	<2,5	7	63	<10	247	418	82,3	0,9	2,5
2.7.1	12	<2	627	<5	27	60	96	4	<3	19	96	10	<2,5	6	65	11	195	406	68,7	2,3	14,7
2.7.2	13	<2	760	<5	33	79	111	5	<3	23	109	15	<2,5	8	74	10	259	515	77,3	1,7	7,9
2.7.3	16	<2	883	<5	29	65	124	4	<3	12	109	14	<2,5	7	82	<10	237	417	78,6	1,6	4,1
2.7.4	13	<2	642	<5	31	25	107	<3	<3	<10	89	13	<2,5	6	71	<10	104	443	81,5	1,7	1,6
2.8.1a	14	<2	530	5,5	32	114	94	4	<3	81	92	10	<2,5	9	81	28	279	341	65,8	3,5	19,8
2.8.1b	14	2	303	24,8	38	358	86	7	<3	145	154	12	<2,5	15	181	68	237	275	63,0	5,2	25,1
2.8.1c	14	<2	393	20,8	42	290	89	8	<3	175	134	8	<2,5	13	137	62	275	298	62,9	4,2	24,2
2.8.2	15	<2	800	<5	34	96	114	4	<3	12	102	13	<2,5	6	82	<10	471	460	78,7	1,9	4,7
2.8.3	16	<2	691	<5	23	52	112	3	<3	12	94	14	<2,5	8	71	<10	167	492	79,0	1,6	3,0
2.8.4	12	<2	548	<5	22	52	98	3	<3	14	85	13	<2,5	<5	60	<10	177	564	75,4	1,1	2,8
2.9.1	16	2	282	38,7	41	422	91	9	3,1	379	153	<8	<2,5	13	172	111	324	290	63,8	5,1	24,1
2.9.2	14	<2	464	<5	30	208	110	6	<3	27	83	12	<2,5	<5	78	13	515	454	76,1	2,0	8,5
2.9.3	15	<2	848	<5	29	109	128	5	<3	30	84	12	<2,5	7	70	<10	318	482	82,0	1,7	3,6
2.9.4	12	<2	308	<5	20	59	103	3	<3	14	79	12	<2,5	5	70	<10	212	614	77,8	1,0	3,0
2.10.1	16	3	261	45,1	42	572	93	11	5,8	226	214	<8	<2,5	10	242	84	237	322	67,1	4,3	21,5
2.10.2	15	<2	926	<5	30	225	118	5	<3	27	82	13	<2,5	6	83	20	406	482	77,6	2,3	7,9
2.10.3	13	<2	821	<5	21	49	<10	<3	<3	14	70	13	<2,5	<5	64	<10	137	569	73,5	2,9	3,6
2.10.4	12	<2	275	<5	21	22	103	3	<3	11	78	11	<2,5	6	61	<10	94	691	79,7	0,6	1,2
2.10.5	11	<2	302	<5	25	21	101	<3	<3	<10	83	11	<2,5	<5	66	<10	202	551	81,5	0,8	1,0
2.11.1	13	<2	267	13,7	33	257	86	5	<3	486	87	<8	<2,5	6	85	78	182	420	63,8	2,8	20,2
2.11.2	15	3	206	63,0	57	627	80	8	3,5	332	173	<8	<2,5	<5	137	148	249	373	68,3	2,7	21,0
2.11.3	14	<2	326	11,5	17	455	86	5	<3	98	87	9	<2,5	<5	168	49	138	578	66,1	3,3	14,7

Transekt II: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

<63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
2.11.4	46,1	8,9	7,60	0,60	0,32	0,53	1,76	0,87	0,71	1,30	24,6	105	1214	10	30	<4	1623	8	62	572	2	<200
2.11.5	54,0	10,9	5,18	0,78	0,29	0,65	2,09	0,81	0,29	0,52	3,8	111	579	4	16	<4	<100	13	67	306	12	<200
2.11.6	57,7	11,1	3,89	0,84	0,31	0,73	2,21	0,79	0,19	0,22	<2	79	540	<3	6	<4	<100	11	69	155	10	<200
2.11.7	58,4	11,5	3,70	0,89	0,32	0,75	2,27	0,77	0,17	0,12	<2	87	598	<3	5	<4	<100	10	64	96	11	<200
2.11.8	58,5	11,1	3,37	0,86	0,38	0,77	2,25	0,78	0,17	0,14	<2	78	607	<3	<4	<4	<100	9	37	77	11	<200
2.11.9	60,3	11,5	2,93	0,85	0,41	0,80	2,36	0,82	0,16	0,13	2,2	46	543	<3	<4	<4	<100	10	34	79	6	<200
2.11.10	60,7	10,8	2,52	0,82	0,40	0,86	2,40	0,81	0,11	0,09	<2	29	481	<3	<4	<4	<100	5	27	90	6	<200
2.12.0	29,7	9,3	14,13	0,83	1,51	0,29	0,92	0,51	2,68	2,41	66,2	83	1321	24	31	27,5	1652	35	369	1699	4	<200
2.13.1	46,4	10,8	5,02	0,83	0,75	0,54	1,90	1,29	0,62	0,81	58	70	1386	<3	24	<4	1208	15	69	2137	14	<200
2.14.1	42,1	10,2	6,78	0,73	0,56	0,42	1,69	1,65	0,77	1,21	69,1	150	2518	6	49	<4	2918	14	112	1999	17	<200
2.15.1	41,2	8,0	6,21	0,59	0,57	0,40	1,48	0,90	0,93	2,08	71,7	63	1346	<3	29	<4	2567	14	187	1141	5	<200
2.16.1	46,1	10,1	4,21	0,76	0,93	0,52	1,77	1,24	0,71	1,01	57,9	49	1585	<3	28	<4	1615	10	91	1560	10	<200
2.17.1	37,4	7,5	4,40	0,45	0,63	0,37	1,29	1,18	0,80	2,73	>200	50	1692	<3	41	<4	4012	17	209	2484	7	<200
2.18.1	40,9	7,4	5,04	0,48	0,61	0,39	1,30	0,91	0,84	2,26	114,3	55	1214	<3	31	<4	4377	13	213	1187	6	<200
2.19.1a	45,9	10,0	5,50	0,72	0,59	0,51	1,71	0,82	0,83	0,96	40,5	54	879	<3	16	<4	987	15	106	688	11	<200
2.19.1	55,3	12,0	4,33	0,90	0,49	0,61	2,14	0,91	0,36	0,43	21,2	50	701	<3	10	<4	326	10	67	384	17	<200
2.20.1	46,6	9,4	5,30	0,68	0,51	0,47	1,76	1,08	0,71	1,50	86,2	83	1380	<3	24	<4	2045	11	135	1330	7	<200
Horizont	Statistik																					
aAh+L	Mit-Wert	43,2	9,4	5,44	0,69	0,72	0,45	1,64	1,32	0,81	1,42	93,6	79	1679	3,0	33,1	2,12	2319	13,5	122	1995	9,3	-
aAh+L	Stdw.	4,6	1,2	1,40	0,11	0,24	0,08	0,22	0,59	0,27	0,66	71,5	38	899	2,3	14,4	0,56	1409	3,6	47	1997	4,4	-
foss. aAh	Mit-Wert	44,7	10,5	5,87	0,73	0,81	0,49	1,76	1,17	0,64	2,21	74,4	121	1712	5,3	33,9	3,50	1973	15,0	172	1855	8,8	-
foss. aAh	Stdw.	5,5	1,4	1,49	0,11	0,43	0,09	0,26	0,77	0,24	1,57	94,6	76	1230	3,6	18,4	1,91	1827	7,4	189	3126	4,4	-
aM	Mit-Wert	55,2	11,6	4,52	0,89	0,47	0,69	2,20	0,85	0,31	0,41	13,8	72	693	2,4	11,6	2,15	-	12,4	72	262	11,9	-
aM	Stdw.	5,3	1,7	1,26	0,17	0,13	0,09	0,25	0,07	0,27	0,59	16,8	27	231	2,2	7,6	0,68	-	2,5	46	316	4,2	-
aC + aG	Mit-Wert	59,5	11,5	3,33	0,90	0,54	0,79	2,33	0,82	0,17	0,23	1,9	39	501	1,5	3,4	2,00	-	11,7	28	87	9,1	-
aC + aG	Stdw.	3,2	1,0	1,51	0,09	0,16	0,08	0,15	0,05	0,18	0,37	1,3	32	54	0,0	2,0	0,00	-	3,8	14	11	3,8	-
F	Mit-Wert	34,3	10,1	12,67	0,88	1,57	0,37	1,12	0,59	2,32	3,28	82,8	115	1271	22,9	30,9	22,93	1069	42,0	431	1343	5,6	-
F	Stdw.	7,7	2,8	6,71	0,11	0,82	0,18	0,42	0,18	1,25	2,28	28,9	33	183	14,1	7,3	5,45	538	24,3	170	497	1,4	-

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt II: RFA-Daten sowie Mittelwerte und Standardabweichung.

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
2.11.4	13	<2	359	11,5	20	434	84	7	<3	66	87	<8	<2,5	<5	130	36	206	491	69,4	3,7	13,6
2.11.5	15	<2	846	<5	21	257	105	6	<3	43	76	11	<2,5	8	74	11	201	481	76,0	2,4	8,6
2.11.6	14	<2	715	<5	19	189	107	5	<3	37	75	13	<2,5	<5	61	<10	157	521	78,4	1,9	4,9
2.11.7	10	<2	739	<5	20	143	112	3	<3	54	74	11	<2,5	8	64	<10	177	485	79,4	1,9	3,8
2.11.8	11	<2	624	<5	20	147	112	5	<3	74	76	13	<2,5	<5	61	<10	163	539	78,8	1,1	2,0
2.11.9	12	<2	322	<5	21	84	109	5	<3	35	76	12	<2,5	6	63	<10	122	561	80,7	1,1	2,1
2.11.10	12	<2	283	<5	21	62	109	5	<3	30	75	12	<2,5	6	57	<10	113	681	80,0	0,8	1,9
2.12.0	9	5	1458	77,2	97	633	60	35	4,8	3223	154	<8	<2,5	6	140	140	2880	227	63,9	6,5	21,2
2.13.1	15	<2	445	16,6	34	207	97	5	<3	106	118	8	<2,5	9	112	41	250	369	69,8	3,3	16,6
2.14.1	17	<2	397	25,2	38	360	99	5	3,8	165	141	9	<2,5	15	153	53	278	347	67,2	4,2	21,2
2.15.1	12	<2	341	18,7	36	319	83	6	<3	472	107	<8	<2,5	7	90	78	257	405	63,3	4,4	24,4
2.16.1	12	<2	317	13,5	37	244	87	6	<3	144	130	11	<2,5	11	95	47	352	421	68,2	3,0	17,4
2.17.1	12	<2	205	22,0	43	357	67	6	<3	512	105	<8	<2,5	<5	91	107	204	378	58,0	3,9	24,1
2.18.1	12	<2	311	15,8	35	273	68	5	<3	500	99	<8	<2,5	<5	83	73	228	420	61,3	5,6	21,6
2.19.1a	14	<2	463	12,9	36	186	90	6	<3	328	88	11	<2,5	5	79	36	313	435	68,2	3,5	16,1
2.19.1	12	<2	561	5,9	32	124	104	5	<3	117	86	14	<2,5	6	71	18	216	516	77,9	2,1	8,0
2.20.1	13	<2	395	15,9	31	295	88	6	<3	300	103	10	<2,5	7	101	57	222	469	68,7	3,3	14,1
Horizont	Statistik																				
aAh+L	Mit-Wert	13,3	-	369	21,1	38	299	87	6,3	-	289	124	7,7	-	8,5	115	66,7	268	382	66,1	3,78	19,57
aAh+L	Stdw.	1,8	-	148	13,6	7	131	10	1,7	-	198	31	3,3	-	4,2	42	31,8	92	60	4,2	0,95	4,20
foss. aAh	Mit-Wert	13,4	-	335	14,9	45	391	90	7,8	-	114	121	9,3	-	6,4	108	48,7	577	404	69,8	4,19	17,34
foss. aAh	Stdw.	1,4	-	183	19,7	20	187	13	1,2	-	108	33	4,3	-	4,2	34	46,6	519	108	3,3	1,71	5,54
aM	Mit-Wert	14,2	-	652	-	27	175	110	4,3	-	50	86	12,1	-	5,9	81	14,5	298	499	77,6	2,20	6,64
aM	Stdw.	1,3	-	218	-	6	107	15	1,4	-	91	8	3,0	-	2,1	24	19,2	153	63	5,4	0,69	4,00
aC + aG	Mit-Wert	12,5	-	459	-	26	57	109	3,5	-	20	83	12,6	-	4,9	67	5,5	182	542	80,5	1,27	2,74
aC + aG	Stdw.	1,8	-	254	-	6	38	10	1,5	-	20	9	1,5	-	1,9	7	2,2	76	84	2,9	0,53	0,91
F	Mit-Wert	9,0	-	1283	-	156	642	66	31,0	-	2411	150	6,0	-	7,4	113	120,0	4912	266	68,9	6,02	19,8
F	Stdw.	1,0	-	1002	-	132	36	11	18,6	-	1996	40	3,4	-	1,9	23	71,1	4476	112	5,6	1,72	1,3

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt II: Medianwerte der RFA-Daten.

Fraktion <63µm		SiO_2	AL_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Horizont	Statistik	Gewichts-%										mg/kg											
aAh+L	Median	42,6	9,7	5,0	0,7	0,6	0,4	1,7	1,2	0,8	1,3	71,7	70	1588	1,5	29	2,0	2161	14	112	1569	8,0	-
fossiler aAh	Median	43,8	11,0	5,8	0,8	0,7	0,5	1,7	0,9	0,6	1,8	49,4	115	1451	4,4	29	2,0	1514	13	97	920	10,0	-
aM	Median	56,3	11,9	4,2	0,9	0,5	0,7	2,2	0,8	0,2	0,2	7,0	68	600	1,5	9,2	2,0	-	13	64	156	12,6	-
aC + aG	Median	60,5	11,5	3,0	0,9	0,6	0,8	2,3	0,8	0,1	0,1	1,0	30	481	1,5	2,0	2,0	-	11	28	85	8,5	-
F	Median	30,0	9,3	14,1	0,8	1,5	0,3	0,9	0,5	2,7	2,4	66,2	114	1321	23,7	31	24,4	964	35	369	1555	6,0	-

Fraktion <63µm			Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Horizont	Statistik	mg/kg																			Gewichts-%		
aAh+L	Median		14	-	341	16,6	36	290	89	6,0	-	226	118	8,4	-	7	99	64	250	378	66,7	3,7	20,2
fossiler aAh	Median		14	-	262	9,8	37	394	84	8,1	-	56	112	11,0	-	5	95	47	267	358	68,7	4,4	18,8
aM	Median		14	-	685	2,5	27	135	110	4,7	-	27	85	12,8	-	6	77	5	232	483	78,6	2,1	5,5
aC + aG	Median		12	-	315	2,5	25	51	107	3,6	-	12	83	12,7	-	6	64	5	170	557	80,7	1,1	2,9
F	Median		9	-	1458	62,4	97	633	60	34,5	-	3223	154	4,0	-	7	102	140	2880	227	67,6	6,5	19,5

Transekt III: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
3.1.1	49,0	10,1	3,32	0,76	0,55	0,58	2,13	0,74	0,36	0,20	<2	78	567	<3	10	<4	<100	12	30	82	9	<600
3.1.2	57,2	9,8	2,81	0,74	0,46	0,74	2,30	0,77	0,15	0,05	<2	68	517	<3	<4	4,3	<100	11	27	71	12	<600
3.1.3	58,1	12,3	3,51	0,97	0,50	0,74	2,49	0,81	0,15	0,04	<2	83	563	4	<4	<4	<100	11	30	74,5	17	792
3.2.1	53,0	10,2	3,31	0,80	0,82	0,64	2,19	0,76	0,25	0,20	2,2	103	633	4	8	<4	<100	13	52	103	12	<600
3.2.2	57,9	10,4	2,97	0,82	0,55	0,73	2,29	0,74	0,14	0,05	2	100	578	<3	<4	<4	<100	14	34	70,5	13	<600
3.3.1	47,5	9,6	4,30	0,75	0,99	0,63	2,16	0,65	0,99	0,57	4,6	95	606	<3	8	<4	121	10	54	182	6	<600
3.3.2	44,5	10,7	5,36	0,72	0,77	0,45	1,80	1,01	1,50	0,53	5,5	156	1137	3	19	<4	393	11	106	505	9	<600
3.3.4	54,5	12,6	4,27	0,94	0,44	0,64	2,35	0,86	0,35	0,21	4,4	150	850	6	9	<4	<100	21	108	126	12	<600
3.3.5	60,5	12,5	3,81	0,97	0,38	0,78	2,59	0,88	0,20	0,07	<2	130	615	5	<4	<4	<100	16	45	80	14	837
3.3.6	62,6	12,4	3,75	0,98	0,42	0,82	2,61	0,86	0,17	0,05	2,2	119	647	4	<4	4,2	<100	14	42	84	19	821
3.3.6b	60,8	12,8	3,68	1,06	0,53	0,72	2,64	0,82	0,18	0,05	3,2	130	760	3	<4	8,0	<100	14	42	81	7	<600
3.3.7	60,1	11,8	3,71	0,94	0,56	0,72	2,57	0,82	0,21	0,09	<2	125	810	4	<4	4,7	<100	15	45	77	4	<600
3.3.8	61,5	12,9	3,02	1,06	0,63	0,71	2,70	0,83	0,15	0,18	4,4	139	788	<3	<4	8,7	<100	16	56	81	13	<600
3.4.1	33,8	8,9	4,79	0,58	1,77	0,35	1,38	0,75	0,82	0,71	<2	87	508	<3	19	5,0	103	22	80	164	<2	<600
3.4.2	57,2	12,1	3,95	0,90	0,58	0,80	2,54	0,78	0,30	0,13	<2	142	647	5	10	<4	<100	16	75	91	12	<600
3.5.1	50,9	9,7	3,23	0,76	0,75	0,61	2,02	0,77	0,26	0,21	2,4	97	487	<3	7	<4	113	16	42	97	12	<600
3.6.1+2	46,8	11,1	4,40	0,87	0,90	0,52	2,01	0,82	0,67	0,54	13,2	147	941	4	13	8,1	293	16	164	359	10	<600
3.6.3	46,2	12,8	6,05	1,03	0,86	0,48	2,31	1,03	0,67	0,59	13,9	504	1761	7	21	8,9	1080	17	188	429	14	622
3.6.4	59,3	10,5	3,21	0,83	0,58	0,87	2,58	0,68	0,21	0,15	<2	120	777	<3	<4	4,4	<100	22	59	92	7	671
3.7.0	50,2	13,2	5,59	1,14	0,94	0,50	2,58	0,89	0,78	0,35	3,4	348	1274	8	10	11,3	181	25	189	237	14	<600
3.7.1	43,3	10,2	5,01	0,80	1,11	0,46	1,85	0,76	1,05	0,73	15,9	150	901	6	17	9,3	518	17	129	507,5	6	<600
3.7.2	44,3	10,9	4,41	0,84	0,93	0,46	1,95	0,81	0,88	0,65	12,1	174	1039	4	12	10,2	463	16	174	392	6	<600
3.7.3	50,4	13,3	5,00	1,04	0,80	0,60	2,51	0,94	0,62	0,40	6,9	321	1322	8	14	11,7	372	15	249	335	18	<600
3.7.4	50,0	13,3	4,92	1,16	0,77	0,53	2,84	0,94	0,44	0,30	5,4	284	1172	5	10	13,0	259	19	189	224	19	646
3.8.1	51,5	10,1	3,13	0,79	0,62	0,61	2,17	0,72	0,34	0,24	<2	86	544	3	11	<4	<100	10	35	96	8	<600
3.8.2	55,1	11,0	3,37	0,82	0,57	0,68	2,28	0,77	0,26	0,13	2,8	89	585	<3	9	<4	<100	13	47	93	13	700
3.8.3	57,7	11,0	3,25	0,86	0,61	0,72	2,31	0,77	0,19	0,07	<2	98	545	4	6	<4	<100	9	36	76	9	<600
3.8.4	59,9	10,3	2,79	0,78	0,52	0,81	2,35	0,78	0,16	0,03	<2	72	529	<3	<4	<4	<100	12	23	66	3	<600
3.8.5	60,6	12,7	3,76	1,05	0,59	0,77	2,59	0,83	0,19	0,04	<2	149	726	8	<4	<4	<100	10	42	77	15	1084
3.9.1+2	53,7	12,0	3,27	0,95	0,74	0,63	2,30	0,77	0,34	0,33	4,2	68	809	4	10	<4	<100	10	68	144	11	<600

Transekt III: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
3.1.1	11	<2	712	<5	26	147	119	4	<3	54	83	12	<2,5	6	70	<10	259	505	68,1	2,5	8,6
3.1.2	12	<2	646	<5	18	121	115	5	<3	65	82	15	<2,5	7	56	<10	166	620	75,3	1,2	7,4
3.1.3	14	<2	756	<5	24	115	133	5	<3	63	81	14	<2,5	7	64	<10	223	491	79,9	1,3	2,0
3.2.1	12	<2	754	<5	31	205	118	5	<3	58	91	11	<2,5	10	64	10	375	509	72,5	2,5	8,5
3.2.2	12	<2	706	<5	24	165	119	5	<3	73	81	11	<2,5	6	57	<10	239	559	76,9	1,3	2,8
3.3.1	14	<2	670	<5	31	160	113	6	<3	40	99	10	<2,5	9	61	14	283	309	68,5	2,9	14,6
3.3.2	12	<2	289	<5	39	303	102	5	<3	49	99	10	<2,5	33	97	21	316	357	67,7	5,2	17,3
3.3.4	13	<2	478	<5	37	421	130	6	<3	75	82	14	<2,5	10	81	12	492	546	77,6	1,8	7,4
3.3.5	14	<2	639	<5	29	241	131	5	<3	70	80	14	<2,5	7	75	<10	327	605	83,1	1,2	2,7
3.3.6	14	<2	644	<5	30	200	128	6	<3	71	83	13	<2,5	5	63	<10	361	536	85,1	1,0	2,4
3.3.6b	16	<2	930	<5	27	242	146	12	<3	112	86	16	<2,5	6	71	17	329	460	83,6	1,3	1,8
3.3.7	14	<2	566	<5	29	225	132	10	<3	77	84	14	<2,5	5	68	15	382	565	81,7	1,2	2,2
3.3.8	17	<2	371	<5	38	271	151	14	<3	109	84	12	<2,5	7	74	18	629	427	84,0	1,2	2,8
3.4.1	10	<2	1586	<5	42	204	79	6	<3	28	131	11	<2,5	10	76	<10	528	279	54,3	4,9	28,0
3.4.2	15	<2	1267	<5	38	325	139	5	<3	45	88	12	<2,5	7	66	11	568	466	79,7	1,4	6,0
3.5.1	11	<2	868	<5	26	179	107	5	<3	56	80	16	<2,5	10	65	10	245	618	69,6	1,7	7,5
3.6.1+2	15	<2	603	<5	56	252	108	7	<3	112	98	13	<2,5	37	82	36	665	433	69,2	4,6	13,4
3.6.3	14	<2	433	14,7	52	358	126	10	3,7	72	124	15	<2,5	73	122	31	644	340	72,8	2,9	11,5
3.6.4	13	<2	1400	<5	31	168	133	6	<3	54	84	10	<2,5	16	59	<10	328	439	79,3	0,9	3,2
3.7.0	16	<2	1316	5,9	80	282	135	9	<3	84	115	12	<2,5	97	114	33	1190	403	76,9	6,8	8,9
3.7.1	12	<2	815	8,7	55	244	100	7	<3	221	97	11	<2,5	36	83	45	729	386	65,8	4,2	16,0
3.7.2	13	<2	582	6,2	66	257	102	8	<3	154	101	10	<2,5	54	83	41	841	419	66,7	8,6	9,9
3.7.3	14	<2	731	7,0	76	297	136	11	<3	76	110	13	<2,5	80	99	31	980	350	76,3	2,2	10,8
3.7.4	17	<2	853	5,5	74	265	149	10	<3	58	108	12	<2,5	84	112	22	1106	351	75,8	5,3	7,5
3.8.1	12	<2	551	<5	23	152	115	5	<3	43	83	9	<2,5	7	68	10	241	426	70,5	2,6	11,0
3.8.2	14	<2	816	<5	31	178	121	5	<3	56	95	10	<2,5	8	73	11	294	505	75,3	4,0	5,6
3.8.3	12	<2	665	<5	19	185	124	5	<3	53	91	14	<2,5	<5	68	<10	221	491	77,8	1,7	4,3
3.8.4	13	<2	865	<5	20	123	119	3	<3	54	80	12	<2,5	<5	58	<10	167	596	78,8	1,0	2,0
3.8.5	15	<2	674	<5	27	239	147	<3	<3	149	85	12	<2,5	7	63	12	269	503	83,6	1,3	2,3
3.9.1+2	14	<2	247	<5	36	226	122	7	<3	58	93	12	<2,5	13	83	14	483	378	75,4	2,8	11,1

Transekt III: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
3.9.3	58,8	12,6	3,96	1,03	0,60	0,73	2,46	0,82	0,18	0,11	2,4	119	770	6	5	<4	<100	12	52	95	13	621
3.9.4	58,6	11,2	4,06	0,90	0,55	0,75	2,41	0,79	0,23	0,07	<2	187	661	3	<4	<4	<100	12	40	79	8	861
3.10.1	56,3	13,0	4,08	1,03	0,66	0,67	2,42	0,81	0,27	0,21	4,5	128	819	7	11	<4	<100	14	83	131	16	611
3.10.2	59,2	12,6	3,75	1,04	0,58	0,74	2,54	0,82	0,17	0,05	3	196	811	5	<4	<4	<100	12	51	78	18	1228
3.10.3	58,0	10,4	4,22	0,83	0,63	0,76	2,35	0,75	0,17	0,07	<2	224	772	5	<4	<4	<100	25	46	66	11	1033
3.11.1	47,0	10,3	3,60	0,83	0,63	0,51	2,05	0,68	0,64	0,61	7,2	154	789	<3	12	4,9	246	10	81	172	6	<600
3.11.2	52,7	14,9	4,98	1,19	0,56	0,59	2,54	0,92	0,44	0,39	10,1	192	1247	11	12	<4	169	6	137	276	23	642
3.11.3	61,0	12,2	3,76	0,99	0,54	0,80	2,49	0,82	0,18	0,05	3,1	149	703	5	<4	<4	<100	13	42	82	14	798
3.11.5b	55,7	13,6	4,20	1,11	0,54	0,58	2,46	0,86	0,46	0,33	6,7	156	993	5	9	5,2	<100	13	91	217	5	<600
3.11.6b	61,2	13,0	3,88	1,05	0,54	0,70	2,56	0,85	0,18	0,06	2,7	155	734	3	<4	5,9	<100	13	51	81	10	<600
3.12.1	51,5	11,7	4,09	0,88	0,85	0,60	2,18	0,77	0,33	0,23	6,3	148	814	5	13	5,7	105	18	101	141	14	<600
3.12.2	59,1	11,7	3,61	0,92	0,61	0,74	2,37	0,79	0,19	0,09	2,3	143	644	4	7	<4	<100	16	65	94	13	<600
3.13.1	51,4	11,8	4,22	0,88	1,00	0,61	2,19	0,80	0,39	0,26	5,5	138	776	5	13	5,3	<100	16	94	140	15	<600
3.13.2	54,9	11,1	3,62	0,84	0,72	0,66	2,25	0,75	0,24	0,13	2,1	132	645	4	9	<4	<100	15	60	91	13	<600
3.14.1	49,5	11,4	4,09	0,88	0,89	0,56	2,12	0,78	0,36	0,29	6,8	128	740	5	12	4,7	<100	13	86	179	14	<600
3.14.2	51,5	10,6	3,62	0,82	0,84	0,64	2,15	0,70	0,25	0,19	2,5	114	676	<3	9	<4	<100	13	67	113	9	698
3.15.1	53,7	12,9	4,51	1,01	0,64	0,63	2,37	0,82	0,34	0,26	8,7	179	913	7	6	5,2	<100	17	113	176	19	<600
3.15.2	55,7	13,6	4,65	1,08	0,64	0,67	2,48	0,85	0,26	0,19	5,7	179	945	7	6	6,3	<100	18	106	136	16	649
3.15.3	61,4	13,9	4,53	1,16	0,58	0,79	2,70	0,88	0,16	0,05	2,9	202	812	8	<4	<4	<100	14	64	101	20	778
3.15.4	61,3	12,2	3,31	0,98	0,55	0,82	2,57	0,83	0,13	0,06	2,8	114	681	4	<4	<4	<100	11	55	83	4	<600
3.16.0	54,4	13,0	3,90	1,03	0,73	0,65	2,42	0,83	0,42	0,37	9,3	125	890	7	9	4,8	125	14	96	219	14	<600
3.17.1	50,5	10,2	3,66	0,73	0,64	0,60	2,02	0,76	0,42	0,37	8,4	145	765	4	10	6,0	152,5	17	115	211	11	<600
3.18.1	46,5	12,7	5,20	0,95	1,11	0,50	2,14	0,90	0,45	0,44	12,3	211	1241	9	22	12,3	417	18	175	341	17	<600
3.18.2	58,4	11,0	3,28	0,87	0,60	0,77	2,41	0,80	0,19	0,08	2,4	170	688	4	<4	5,4	<100	15	73	98	9	604
3.19.1	48,6	10,7	3,89	0,79	0,66	0,56	2,07	0,80	0,46	0,35	6,9	151	837	<3	18	4,4	167	13	84	206	12	765
3.19.2	57,4	11,2	3,41	0,87	0,61	0,70	2,39	0,82	0,20	0,10	3	147	684	<3	5	4,9	<100	15	64	95	12	654
3.19.3	56,4	10,2	3,07	0,82	0,55	0,75	2,37	0,80	0,18	0,06	<2	109	603	<3	<4	<4	<100	13	38	79	6	967
3.20.1	54,5	13,7	4,98	1,08	0,68	0,63	2,40	0,85	0,45	0,29	9,6	222	1078	7	12	5,6	143	10	129	212	18	619
3.20.2	56,8	12,7	7,65	1,00	0,53	0,68	2,44	0,80	0,28	0,07	3,6	640	667	10	<4	6,7	<100	18	81	91	11	1109
3.20.3	61,2	13,4	4,01	1,13	0,56	0,78	2,71	0,85	0,21	0,12	3,3	167	791	8	<4	5,3	<100	11	64	83	17	994

Transekt III: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
3.9.3	14	<2	408	<5	34	261	129	6	<3	64	91	14	<2,5	8	80	<10	406	454	81,7	1,6	3,9
3.9.4	14	<2	519	<5	28	202	126	5	<3	68	83	14	<2,5	6	66	<10	340	506	79,9	1,2	2,9
3.10.1	14	<2	425	<5	39	275	132	7	<3	69	92	11	<2,5	11	81	13	572	368	79,9	2,4	9,3
3.10.2	15	<2	891	<5	29	243	136	7	<3	108	85	15	<2,5	5	65	<10	439	480	82,0	1,6	2,7
3.10.3	11	<2	1247	<5	27	196	125	3	<3	86	82	13	<2,5	7	54	<10	418	493	78,6	1,0	2,1
3.11.1	13	<2	269	<5	35	227	112	7	<3	77	84	9	<2,5	14	82	19	444	303	67,2	3,0	18,9
3.11.2	18	<2	323	6,2	49	354	147	8	<3	74	109	11	<2,5	30	107	23	538	323	79,7	2,8	11,5
3.11.3	13	<2	713	<5	29	218	130	7	<3	85	84	12	<2,5	<5	67	11	360	520	83,2	1,2	2,5
3.11.5b	16	<2	473	<5	35	241	131	9	<3	74	96	15	<2,5	19	92	25	396	425	80,2	2,3	8,8
3.11.6b	13	<2	607	<5	26	273	135	12	<3	92	87	14	<2,5	7	77	17	390	478	84,3	1,5	2,7
3.12.1	13	<2	894	<5	39	314	122	7	<3	57	116	11	<2,5	12	80	14	737	380	73,6	2,4	10,1
3.12.2	14	<2	846	<5	24	306	131	6	<3	65	95	9	<2,5	8	69	<10	349	452	80,5	2,1	5,1
3.13.1	15	<2	892	<5	39	279	123	8	<3	57	125	13	<2,5	14	81	12	645	402	74,0	3,4	17,3
3.13.2	13	<2	870	<5	34	286	122	4	<3	57	100	11	<2,5	<5	66	<10	382	433	75,7	2,6	7,1
3.14.1	16	<2	945	<5	41	247	118	5	<3	56	94	14	<2,5	14	75	15	561	378	71,3	3,7	12,9
3.14.2	12	<2	1012	<5	36	212	115	6	<3	42	90	11	<2,5	10	70	<10	454	402	71,7	1,8	8,7
3.15.1	16	<2	844	5,1	50	395	137	6	<3	68	96	11	<2,5	16	93	18	669	361	77,6	2,1	9,2
3.15.2	16	<2	677	<5	45	361	143	7	<3	65	98	11	<2,5	16	88	16	757	380	80,6	2,1	7,7
3.15.3	15	<2	545	<5	34	359	151	7	<3	104	92	13	<2,5	10	78	11	574	459	86,6	3,0	3,2
3.15.4	13	<2	395	<5	30	255	133	6	<3	76	85	13	<2,5	8	71	<10	447	543	83,2	2,3	2,9
3.16.0	15	<2	359	<5	49	324	141	7	<3	92	96	12	<2,5	20	90	20	602	353	78,2	2,5	11,4
3.17.1	12	<2	852	<5	40	325	109	7	<3	116	84	13	<2,5	16	68	20	562	513	70,3	2,2	10,0
3.18.1	18	<2	912	<5	64	327	122	11	<3	73	121	12	<2,5	35	97	27	1293	348	71,5	3,6	15,5
3.18.2	10	<2	1299	<5	28	516	123	7	<3	108	84	14	<2,5	<5	64	<10	579	664	78,9	0,9	3,1
3.19.1	14	<2	730	<5	36	262	111	7	<3	74	100	12	<2,5	20	79	16	511	437	69,4	4,2	12,7
3.19.2	13	<2	916	<5	28	312	119	5	<3	89	93	14	<2,5	7	66	<10	471	607	78,1	1,6	3,9
3.19.3	14	<2	904	<5	21	173	117	4	<3	79	83	16	<2,5	7	59	11	326	843	75,7	0,6	2,7
3.20.1	17	<2	410	<5	51	470	134	9	<3	97	97	15	<2,5	21	96	18	734	334	80,0	2,7	11,0
3.20.2	16	<2	523	<5	32	432	133	7	<3	92	82	14	<2,5	9	71	<10	552	388	83,4	1,8	4,1
3.20.3	16	<2	576	<5	38	308	152	7	<3	108	87	15	<2,5	9	70	12	625	428	85,4	1,3	3,3

Transekt III: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

<63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
3.20.4	61,8	13,0	3,06	1,05	0,50	0,78	2,60	0,87	0,16	0,14	2,3	83	704	4	<4	<4	<100	13	42	74	12	791
3.21.1	56,7	11,8	3,71	0,93	0,85	0,72	2,34	0,81	0,35	0,18	<2	104	623	6	12	<4	<100	12	47	99	11	<600
3.21.2	60,8	12,4	3,41	1,02	0,54	0,78	2,48	0,84	0,16	0,03	<2	81	538	<3	<4	<4	<100	11	32	70	14	230
3.21.3	60,7	12,4	3,56	1,03	0,53	0,77	2,47	0,85	0,20	0,04	<2	102	533	<3	<4	<4	<100	11	27	70	15	902
3.21.4	60,4	11,3	3,18	0,92	0,50	0,78	2,36	0,83	0,16	0,04	<2	81	501	3	<4	<4	<100	9	29	68	10	723
3.22.1	54,1	11,9	3,93	0,92	0,57	0,64	2,33	0,80	0,31	0,22	3	133	728	7	12	4,1	<100	12	76	123	16	<600
3.22.2	59,8	11,9	3,44	0,96	0,51	0,76	2,48	0,84	0,18	0,06	<2	140	637	<3	5	<4	<100	19	45	77	16	657
3.22.3	59,1	10,8	3,18	0,86	0,50	0,78	2,45	0,74	0,16	0,05	<2	137	693	4	<4	4,0	<100	17	36	65	11	847
3.23.1	47,6	10,8	7,38	0,84	0,98	0,44	1,91	0,74	1,41	0,48	8,5	232	995	6	19	15,0	207	36	151	261	18	<600
3.24.1	43,9	9,7	3,86	0,74	1,40	0,48	1,83	0,74	0,40	0,37	2,2	124	599	<3	13	<4	<100	16	73	129	6	<600
3.25.1	41,0	11,2	5,16	0,82	1,49	0,42	1,83	0,90	0,84	0,58	7,65	145	993	5	26	6,6	421,5	19	109	298	7	<600
3.26.1	49,6	9,1	5,88	0,67	0,80	0,48	1,72	0,70	1,08	0,65	8,1	172	881	4	15	15,9	349	52	111	384	11	<600
3.27.1	52,9	12,1	4,04	0,95	0,93	0,64	2,25	0,82	0,41	0,28	5,9	142	832	6	15	6,7	145	13	98	173	14	691
3.28.1	44,8	10,2	4,55	0,80	0,99	0,49	1,92	0,75	0,93	0,62	8,3	156	904	5	13	8,7	322	21	145	360	6	<600
3.29.1	51,9	11,8	4,03	0,89	0,56	0,60	2,24	0,83	0,59	0,35	8,6	131	896	<3	13	6,1	185	11	93	240	11	<600
3.30.1	43,3	10,1	3,82	0,82	0,90	0,47	1,95	0,75	0,74	0,48	9,3	115	801	<3	17	6,8	230	9	81	289	9	<600
3.31.0	59,0	6,9	9,23	0,65	1,06	0,26	1,38	0,48	1,61	0,99	3,6	304	633	5	23	33,3	362	42	150	172	<2	<600
3.32.0	52,0	9,0	10,95	0,77	1,09	0,29	1,57	0,56	1,51	0,85	<2	291	674	6	29	16,5	236	46	135	124	3	<600
3.33.6	48,7	10,3	8,73	0,75	0,90	0,33	1,72	0,68	2,08	0,71	5,1	242	920	5	17	12,6	108	49	117	185	<2	<600
Horizont	Statistik																					
aAh+L	Mit-Wert	49,2	11,1	4,28	0,86	0,87	0,56	2,10	0,78	0,56	0,39	6,5	139	809	4,4	13,3	5,55	165	15,9	95	209	11,6	-
aAh+L	Stdw.	5,0	1,4	0,89	0,12	0,29	0,09	0,24	0,06	0,30	0,17	3,8	41	192	2,5	4,3	3,75	131	8,7	38	103	4,9	-
foss. aAh	Mit-Wert	50,4	12,3	4,75	0,94	0,70	0,57	2,27	0,90	0,68	0,41	7,2	229	1107	5,5	13,2	6,00	351	15,6	142	299	10,9	-
foss. aAh	Stdw.	5,5	1,1	0,75	0,13	0,18	0,12	0,29	0,10	0,41	0,19	4,4	136	358	1,8	4,8	4,23	369	3,2	63	158	4,6	-
aM	Mit-Wert	59,0	11,7	3,71	0,93	0,52	0,74	2,43	0,81	0,19	0,06	1,8	145	599	3,3	3,3	3,07	-	13,3	44	80	13,3	799
aM	Stdw.	2,0	0,9	1,13	0,09	0,07	0,04	0,11	0,04	0,04	0,03	0,9	140	68	2,3	2,2	1,66	-	3,1	16	10	2,8	144
aC + aG	Mit-Wert	58,6	12,0	3,69	0,97	0,60	0,74	2,51	0,81	0,20	0,10	2,4	150	751	4,3	3,3	3,90	-	14,6	59	92	11,3	829
aC + aG	Stdw.	3,2	1,2	0,56	0,12	0,08	0,07	0,16	0,06	0,06	0,07	1,4	49	128	2,2	2,5	2,93	-	3,7	34	34	5,0	186
F	Mit-Wert	52,9	10,5	7,68	0,87	0,94	0,41	1,93	0,69	1,28	0,66	4,5	262	878	6,1	17,6	15,70	202	35,2	137	187	6,6	-
F	Stdw.	4,0	2,7	2,87	0,21	0,14	0,17	0,53	0,17	0,67	0,28	3,1	85	255	1,6	8,4	10,70	102	15,1	35	44	6,6	-

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt III: RFA-Daten sowie Mittelwerte und Standardabweichung.

<63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
3.20.4	15	<2	368	<5	30	210	139	6	<3	78	82	13	<2,5	6	79	<10	455	507	84,3	1,0	2,9
3.21.1	15	<2	711	<5	27	155	127	5	<3	54	121	10	<2,5	10	76	<10	309	434	78,8	2,1	9,7
3.21.2	13	<2	686	<5	23	97	122	9	<3	63	87	13	<2,5	6	67	<10	172	489	82,9	1,1	2,3
3.21.3	15	<2	760	<5	25	88	123	<3	<3	73	82	15	<2,5	<5	68	<10	210	526	82,9	1,5	2,0
3.21.4	14	<2	828	<5	25	72	114	4	<3	47	80	13	<2,5	<5	63	<10	180	524	80,8	0,9	2,0
3.22.1	14	<2	538	<5	34	295	128	6	<3	62	92	14	<2,5	11	74	12	441	443	76,2	1,9	9,4
3.22.2	15	<2	788	<5	23	222	126	6	<3	76	89	15	<2,5	6	63	12	302	564	81,4	1,1	3,1
3.22.3	13	<2	1329	<5	24	193	124	6	<3	71	82	13	<2,5	6	63	<10	326	501	79,1	0,8	2,1
3.23.1	12	<2	1995	7,2	84	261	108	10	<3	186	104	12	<2,5	57	95	35	1264	390	73,3	3,3	12,0
3.24.1	11	<2	980	<5	37	285	102	6	<3	53	99	15	<2,5	8	68	<10	557	502	63,8	3,0	15,8
3.25.1	15	<2	838	<5	55	255	104	6	<3	46	158	11	<2,5	26	104	19	801	329	64,8	3,8	19,9
3.26.1	11	<2	2288	8,8	72	233	93	9	<3	152	93	15	<2,5	39	79	27	1144	535	71,4	3,0	12,1
3.27.1	15	<2	667	<5	36	320	123	7	<3	72	118	12	<2,5	13	77	14	692	429	75,8	2,0	10,5
3.28.1	13	<2	789	6,3	57	259	102	7	<3	152	96	10	<2,5	39	79	44	687	422	66,6	2,3	16,1
3.29.1	13	<2	355	<5	38	259	121	9	<3	77	96	10	<2,5	18	80	19	463	426	74,1	2,3	12,8
3.30.1	11	<2	431	5,0	33	258	109	9	<3	75	106	12	<2,5	20	74	22	417	353	63,7	3,2	18,0
3.31.0	10	<2	795	6,8	111	220	81	15	3,0	118	84	10	<2,5	48	93	32	3999	240	82,2	5,1	19,9
3.32.0	13	<2	2255	7,0	87	219	99	11	<3	59	91	16	<2,5	71	90	31	2077	257	79,2	5,0	17,9
3.33.6	14	<2	612	5,4	91	249	99	12	3,1	137	104	11	<2,5	58	108	33	1408	376	75,3	4,8	13,8
Horizont	Statistik																				
aAh+L	Mit-Wert	13,5	-	796	-	43	261	115	6,8	-	80	102	11,8	-	19,3	80	18,2	595	408	71,2	2,93	13,12
aAh+L	Stdw.	2,1	-	456	-	14	72	14	1,7	-	44	17	1,8	-	12,4	11	10,6	268	78	5,7	0,81	4,34
foss. aAh	Mit-Wert	13,9	-	608	-	49	315	124	7,8	-	78	100	12,8	-	39,3	91	24,6	605	415	74,4	3,48	10,24
foss. aAh	Stdw.	1,3	-	321	-	16	61	15	2,4	-	36	14	2,2	-	30,1	18	10,9	238	74	5,5	2,56	3,65
aM	Mit-Wert	13,7	-	722	-	25	200	125	5,8	-	70	86	13,2	-	5,9	67	6,7	297	522	80,5	1,55	3,49
aM	Stdw.	1,2	-	106	-	4	100	7	2,2	-	13	6	1,7	-	2,0	6	3,7	114	63	3,2	0,75	1,57
aC + aG	Mit-Wert	14,0	-	791	-	32	251	134	6,6	-	82	87	13,0	-	10,6	70	9,3	459	498	80,6	1,59	3,62
aC + aG	Stdw.	1,8	-	320	-	11	82	12	2,8	-	26	7	1,6	-	16,8	12	5,4	198	105	3,7	1,01	2,07
F	Mit-Wert	13,6	-	1067	5,5	84	259	111	11,0	-	98	98	12,3	-	58,7	99	29,8	1855	326	78,3	4,82	14,38
F	Stdw.	2,3	-	751	1,8	23	45	26	3,0	-	30	12	2,2	-	28,4	11	5,5	1309	73	2,6	1,52	4,53

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Fraktion <63µm		SiO_2	AL_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Horizont	Statistik	Gewichts-%										mg/kg											
aAh+L	Median	50,0	11,0	4,1	0,8	0,8	0,6	2,1	0,8	0,4	0,3	6,9	140	812	4,4	12,5	5,1	132	14	90	178	11,2	-
fossiler aAh	Median	50,4	12,6	4,4	0,9	0,8	0,6	2,4	0,9	0,6	0,4	6,7	156	1039	4,8	11,5	5,2	372	16	108	335	11,6	-
aM	Median	59,1	11,9	3,4	1,0	0,5	0,7	2,4	0,8	0,2	0,1	1,0	102	585	3,2	2,0	2,0	-	13	42	77	13,2	792
aC + aG	Median	59,3	12,2	3,7	1,0	0,6	0,8	2,5	0,8	0,2	0,1	2,4	138	743	3,7	2,0	2,0	-	14	52	82	11,5	795
F	Median	52,0	10,3	8,7	0,8	0,9	0,3	1,7	0,7	1,5	0,7	3,6	291	890	5,7	16,9	12,6	181	42	135	185	3,4	-

Fraktion <63µm			Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Horizont	Statistik	mg/kg																			Gewichts-%		
aAh+L	Median		14	-	742	2,5	39	259	116	6,7	-	69	97	12,0	-	14	79	16	559	396	71,3	2,8	12,1
fossiler aAh	Median		14	-	478	2,5	39	303	130	7,7	-	74	99	13,3	-	33	92	25	568	419	76,3	2,3	9,9
aM	Median		14	-	706	2,5	25	185	124	5,4	-	70	83	13,7	-	7	67	5	294	524	80,8	1,3	2,8
aC + aG	Median		14	-	783	2,5	30	241	133	6,1	-	77	85	12,8	-	7	68	5	412	487	81,1	1,3	2,9
F	Median		14	-	795	5,9	87	249	99	11,0	-	92	96	12,3	-	58	93	32	1408	353	78,2	5,0	13,8

Transekt IV: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
4.1.0a	41,4	8,7	13,27	0,77	0,98	0,32	1,55	0,58	0,96	0,54	4,5	339	823	10	18	10,7	211	41	104	149	18	<600
4.1.1	47,9	10,7	8,01	0,82	0,71	0,36	1,80	0,68	1,44	0,48	7,2	232	795	6	17	16,1	107	44	119	215	7	<600
4.1.2	38,2	9,6	10,18	0,62	0,73	0,25	1,40	0,64	2,61	0,74	17,3	269	1076	9	23	21,4	375	26	168	448	8	<600
4.1.3	42,9	12,1	5,77	0,88	0,72	0,43	1,98	0,77	1,65	1,53	12,4	197	1220	6	14	22,1	519	20	221	482	5	<600
4.1.4	43,9	13,1	6,03	1,05	0,73	0,45	2,15	0,91	1,31	2,49	15,2	324	1507	4	11	33,3	394	22	206	715	9	<600
4.2.1	49,9	12,8	4,80	1,06	0,88	0,50	2,27	0,84	0,74	0,47	16,2	183	1182	6	16	12,9	292	20	188	332	9	<600
4.2.2	51,8	14,3	5,17	1,17	0,61	0,52	2,45	0,87	0,49	0,31	8,4	251	1472	7	15	6,6	251	24	221	233	15	<600
4.2.3a	55,6	14,4	4,71	1,11	0,62	0,59	2,49	0,81	0,37	0,17	5,2	246	1107	13	9	8,7	<100	25	228	192	10	<600
4.2.3b	57,2	13,3	4,27	1,08	0,56	0,62	2,53	0,78	0,29	0,12	6,3	318	971	14	7	9,1	<100	16	191	180	9	<600
4.2.4	59,2	12,5	3,96	1,03	0,55	0,70	2,51	0,80	0,25	0,10	2,7	297	756	9	<4	7,3	<100	17	127	131	10	<600
4.2.5	56,2	11,6	3,63	0,96	0,55	0,63	2,35	0,77	0,23	0,09	2,1	257	763	6	<4	10,5	<100	15	102	115	12	<600
4.2.6	56,9	13,3	3,76	1,14	0,60	0,67	2,64	0,83	0,23	0,10	2,4	180	766	7	<4	6,7	<100	12	92	105	11	<600
4.3.1	52,0	12,3	4,15	1,01	0,88	0,54	2,20	0,81	0,34	0,25	7,2	171	953	6	13	10,2	<100	14	117	197	7	<600
4.3.2	59,2	11,5	3,26	0,94	0,53	0,69	2,37	0,81	0,17	0,06	<2	119	612	<3	5	5,3	<100	14	45	82	6	<600
4.3.3	58,1	12,2	3,54	1,03	0,54	0,74	2,58	0,84	0,17	0,05	<2	87	636	<3	<4	6,9	<100	14	32	79	9	<600
4.3.5	58,2	12,1	3,56	1,00	0,64	0,68	2,50	0,83	0,19	0,04	<2	131	780	<3	<4	6,2	<100	13	40	71	9	<600
4.3.6	57,0	12,3	4,56	1,03	0,56	0,70	2,60	0,79	0,28	0,11	3,2	225	848	4	<4	10,8	<100	13	90	107	10	<600
4.4.1	51,0	11,9	4,19	0,96	0,91	0,64	2,15	0,80	0,43	0,34	8,6	161	1031	6	15	8,9	192	22	143	245	13	<600
4.4.2	56,2	11,3	3,63	0,92	0,73	0,74	2,52	0,71	0,26	0,16	3,1	140	728	<3	9	9,0	<100	18	99	112	5	<600
4.4.3	59,0	11,9	3,54	0,96	0,49	0,68	2,42	0,82	0,18	0,04	<2	124	602	4	<4	<4	<100	17	42	84	8	<600
4.4.4	61,0	12,1	3,45	1,01	0,52	0,83	2,50	0,83	0,16	0,04	<2	111	605	3	<4	<4	<100	12	36	77	10	<600
4.4.5	59,3	12,0	3,47	1,00	0,52	0,73	2,52	0,85	0,17	0,03	<2	109	626	<3	<4	6,8	<100	11	32	76	12	<600
4.4.6	60,0	11,3	3,15	0,92	0,53	0,75	2,47	0,79	0,16	0,06	<2	83	619	<3	<4	<4	<100	10	30	72	4	<600
4.5.1	50,6	12,5	4,27	1,02	0,77	0,51	2,33	0,86	0,63	0,37	8,7	144	1118	5	13	8,7	230	15	124	307	12	<600
4.5.2	56,9	10,9	3,30	0,83	0,63	0,74	2,53	0,68	0,29	0,14	<2	105	673	<3	6	8,2	<100	19	85	90	<2	<600
4.5.3	61,2	12,8	3,48	1,02	0,48	0,70	2,57	0,85	0,15	0,04	<2	110	640	<3	<4	4,3	<100	9	36	87	9	<600
4.5.4	58,5	11,1	4,31	0,87	0,51	0,70	2,40	0,83	0,24	0,05	<2	238	573	3	<4	5,8	<100	21	50	73	3	<600
4.6.1	54,0	11,5	3,59	0,92	0,80	0,60	2,25	0,77	0,31	0,23	3,5	103	734	<3	11	6,3	<100	9	67	121	7	<600
4.6.2	59,6	11,2	3,05	0,88	0,51	0,69	2,36	0,79	0,17	0,07	<2	58	554	<3	5	<4	<100	9	28	77	3	<600
4.6.3	61,2	12,7	3,44	1,06	0,53	0,85	2,57	0,88	0,18	0,06	<2	40	555	<3	<4	<4	<100	17	25	82	7	<600

Transekt IV: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	---------- mg/kg ----------																		Gewichts-%		
4.1.0a	9	<2	2292	10,4	66	240	98	11	3,2	109	89	<8	<2,5	60	72	25	1256	361	69,6	4,4	11,8
4.1.1	14	<2	1896	6,5	78	262	109	15	<3	160	90	13	<2,5	48	90	31	1305	388	73,4	4,4	11,8
4.1.2	12	2	719	9,5	82	300	85	13	3,2	368	102	9	<2,5	52	102	48	1439	371	65,6	6,2	16,2
4.1.3	14	<2	366	8,1	95	373	111	13	3,0	236	113	11	<2,5	62	101	86	3151	385	69,4	3,7	15,8
4.1.4	11	<2	404	12,1	100	388	126	20	<3	175	125	12	<2,5	92	111	67	3447	322	72,9	3,6	15,4
4.2.1	16	<2	660	5,2	60	295	128	16	<3	144	106	16	<2,5	48	93	45	803	326	74,7	3,0	14,0
4.2.2	16	<2	793	5,2	55	347	141	14	<3	83	106	14	<2,5	38	98	27	747	333	78,2	2,3	9,2
4.2.3a	17	<2	1232	<5	47	470	142	15	<3	102	98	15	<2,5	11	89	20	708	359	81,3	2,0	6,1
4.2.3b	16	<2	833	<5	37	883	139	16	<3	117	90	15	<2,5	10	72	18	672	399	81,2	1,7	5,2
4.2.4	17	<2	779	<5	30	936	135	13	<3	137	81	18	<2,5	6	74	13	625	551	82,0	1,4	4,1
4.2.5	12	<2	1006	<5	30	866	125	11	<3	133	79	17	<2,5	9	64	14	615	611	77,4	1,4	4,3
4.2.6	16	<2	480	<5	34	575	148	10	<3	117	83	17	<2,5	9	81	16	649	534	80,5	1,2	3,7
4.3.1	13	<2	833	<5	43	328	119	12	<3	83	106	15	<2,5	19	84	24	712	417	74,9	2,4	9,7
4.3.2	14	<2	844	<5	25	235	122	9	<3	83	82	17	<2,5	3	67	15	315	604	79,7	2,4	2,5
4.3.3	11	<2	1047	<5	28	143	134	10	<3	66	85	16	<2,5	7	67	14	357	631	80,1	1,1	2,2
4.3.5	14	<2	1030	<5	30	263	135	10	<3	108	83	15	<2,5	6	67	15	371	621	80,1	1,2	1,9
4.3.6	12	<2	732	<5	32	490	143	12	<3	108	84	14	<2,5	9	71	14	626	515	80,3	1,4	3,8
4.4.1	14	<2	767	<5	47	289	114	8	<3	80	105	12	<2,5	24	86	18	809	398	74,0	2,7	10,1
4.4.2	13	<2	1291	<5	37	333	137	11	<3	67	91	14	<2,5	10	65	15	567	438	77,6	0,0	0,0
4.4.3	14	<2	876	<5	23	199	125	8	<3	75	80	15	<2,5	7	70	17	248	554	80,3	1,2	2,1
4.4.4	13	<2	673	<5	24	168	127	4	<3	83	81	12	<2,5	8	64	<10	264	529	83,0	1,2	2,0
4.4.5	13	<2	893	<5	30	169	131	9	<3	95	80	20	<2,5	8	65	17	262	728	80,8	1,0	1,6
4.4.6	13	<2	806	<5	26	138	125	9	<3	57	81	13	<2,5	5	66	13	273	557	80,4	0,0	0,0
4.5.1	12	<2	427	5,4	49	255	127	11	<3	93	106	10	<2,5	38	85	33	685	382	74,2	2,9	10,8
4.5.2	11	<2	1260	<5	38	291	132	9	<3	60	88	16	<2,5	11	66	16	475	455	77,2	1,3	4,9
4.5.3	14	<2	553	<5	26	209	136	9	<3	77	83	14	<2,5	7	72	16	284	515	83,5	1,2	2,1
4.5.4	12	<2	1143	<5	24	189	127	9	<3	86	79	15	<2,5	6	68	13	294	722	79,8	1,2	2,2
4.6.1	14	<2	670	<5	32	191	122	10	<3	55	103	14	<2,5	12	72	21	438	415	75,2	2,3	11,5
4.6.2	12	<2	565	<5	23	114	125	8	<3	49	88	15	<2,5	<5	64	15	203	518	79,5	1,3	3,5
4.6.3	14	<2	770	<5	25	76	130	3	<3	32	87	18	<2,5	7	71	<10	196	679	84,0	1,2	3,1

Transekt IV: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
4.6.4	63,3	10,2	2,60	0,81	0,49	0,89	2,29	0,92	0,14	0,03	<2	49	464	<3	<4	<4	<100	8	19	82	9	<600
4.7.1	53,4	11,6	3,61	0,94	0,77	0,66	2,26	0,78	0,46	0,26	5,3	90	847	4	11	4,7	<100	12	91	172	9	<600
4.7.2	59,2	13,0	3,40	1,07	0,52	0,67	2,57	0,84	0,20	0,06	<2	76	585	<3	5	4,0	<100	13	42	83	6	<600
4.7.3	61,5	14,0	3,76	1,14	0,49	0,71	2,71	0,88	0,21	0,03	<2	65	551	<3	<4	4,7	<100	9	34	85	7	<600
4.7.4	63,9	14,1	3,78	1,16	0,49	0,76	2,75	0,91	0,21	0,03	<2	70	577	<3	<4	<4	<100	13	31	87	11	<600
4.8.1	54,1	11,9	3,89	0,97	0,85	0,58	2,26	0,79	0,33	0,25	6,3	141	854	4	12	7,8	<100	16	109	162	11	<600
4.8.2	59,7	12,0	3,31	0,99	0,53	0,68	2,41	0,83	0,16	0,07	<2	80	570	<3	5	4,1	<100	14	33	86	9	<600
4.8.3	62,6	12,6	3,36	1,04	0,49	0,76	2,56	0,89	0,15	0,04	<2	68	533	<3	<4	<4	<100	13	31	81	6	<600
4.9.1	53,2	12,3	3,93	1,01	0,81	0,66	2,26	0,83	0,42	0,28	10,1	112	962	3	13	6,6	205	16	116	219	11	<600
4.9.2	60,6	12,0	3,17	0,95	0,50	0,70	2,41	0,87	0,16	0,04	<2	38	520	<3	<4	<4	<100	12	34	84	5	<600
4.9.3	60,8	12,3	3,29	1,00	0,49	0,70	2,44	0,88	0,17	0,03	<2	36	498	<3	<4	5,3	<100	11	23	78	6	<600
4.9.4	59,3	12,2	3,24	1,01	0,49	0,67	2,42	0,86	0,16	0,03	<2	46	483	<3	<4	<4	<100	6	20	74	4	<600
4.9.5	62,0	12,0	3,38	0,97	0,49	0,74	2,50	0,85	0,17	0,03	<2	41	483	<3	<4	<4	<100	8	13	74	9	<600
4.9.6	61,9	12,0	2,98	0,97	0,51	0,85	2,50	0,83	0,15	0,04	2,7	32	497	<3	<4	<4	<100	14	22	82	13	<600
4.10.1	47,2	10,3	4,33	0,78	0,72	0,55	1,93	0,76	0,78	0,57	8,9	125	834	4	11	5,7	265	17	108	399	9	<600
4.10.2	48,9	10,5	3,85	0,77	0,55	0,51	1,99	0,82	0,61	0,52	13,6	117	949	4	11	7,3	264	12	131	308	7	<600
4.10.3	55,0	11,7	4,54	0,94	0,61	0,68	2,31	0,96	0,55	0,38	9,6	198	1215	4	12	6,7	381	16	128	446	11	<600
4.10.4	52,7	12,7	4,25	0,98	0,56	0,55	2,25	0,81	0,35	0,25	3,5	156	1151	3	10	9,4	140	18	151	154	6	<600
4.10.5	56,2	14,8	4,75	1,13	0,66	0,61	2,48	0,85	0,36	0,21	4,2	216	1261	13	9	11,9	<100	20	246	192	11	<600
4.10.6	55,9	13,1	4,20	0,99	0,55	0,65	2,39	0,80	0,30	0,15	3,4	243	947	8	6	7,1	<100	22	204	199	11	<600
4.10.7	55,0	13,7	4,43	1,09	0,60	0,59	2,47	0,81	0,32	0,20	3,2	235	1060	12	8	9,5	<100	17	194	202	6	<600
4.11.0	46,3	11,0	7,33	0,79	0,71	0,36	1,83	0,69	1,52	0,75	5,3	232	1030	5	13	13,1	146	25	145	228	3	<600
4.12.1	52,2	11,3	4,00	0,87	0,68	0,55	2,10	0,81	0,57	0,44	12,2	130	940	5	10	8,8	205	12	131	288	6	<600
4.13.1	45,5	10,2	4,04	0,82	0,94	0,42	1,93	0,74	0,75	0,58	10,9	118	830	<3	13	9,5	313	18	103	300	4	<600
4.14.1	49,2	10,6	3,88	0,78	0,65	0,49	2,06	0,78	0,52	0,41	6,2	129	883	4	10	7,4	226	15	113	225	3	<600
4.15.1	50,7	12,2	4,47	0,96	0,74	0,50	2,23	0,87	0,58	0,41	13,1	174	1111	<3	12	11,8	231	12	144	373	4	<600
4.16.1	48,7	13,0	4,84	1,07	1,00	0,47	2,28	0,87	0,66	0,47	14,6	205	1212	6	16	13,3	296	21	168	359	12	<600
4.17.1	48,7	11,8	4,24	0,91	1,02	0,47	2,11	0,79	0,40	0,36	6,4	159	960	4	14	9,2	125	15	129	212	11	<600
4.18.1	49,6	12,2	4,48	0,98	0,81	0,50	2,19	0,85	0,60	0,43	14,6	169	1139	7	15	10,9	217	17	142	383	6	<600
4.19.1	48,4	10,5	3,47	0,82	0,96	0,49	1,99	0,71	0,45	0,34	3,5	99	746	<3	14	7,0	<100	12	78	159	2	<600

Transekt IV: RFA-Daten der Kornfraktion <63µm (TS 40° C).

Fr. <63 µm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
4.6.4	11	<2	600	<5	21	52	102	<3	<3	58	79	19	<2,5	9	59	<10	128	1072	82,1	0,7	1,3
4.7.1	13	<2	408	<5	39	251	124	6	<3	67	96	12	<2,5	15	77	18	568	418	75,3	2,3	10,2
4.7.2	15	<2	622	<5	23	185	149	9	<3	64	85	16	<2,5	7	74	16	248	486	81,7	1,3	3,4
4.7.3	16	<2	495	<5	22	105	154	9	<3	53	85	14	<2,5	<5	82	13	224	470	85,6	1,3	2,3
4.7.4	17	<2	512	<5	28	92	151	8	<3	48	86	16	<2,5	9	82	13	216	455	88,3	1,3	1,7
4.8.1	13	<2	745	<5	40	249	122	11	<3	69	99	14	<2,5	16	82	20	599	434	76,2	2,3	9,4
4.8.2	13	<2	635	<5	27	148	125	10	<3	58	86	15	<2,5	7	68	14	245	532	80,9	1,4	3,4
4.8.3	16	<2	665	<5	25	83	130	8	<3	47	84	15	<2,5	7	71	16	219	543	84,6	1,1	2,3
4.9.1	13	<2	590	<5	42	208	117	8	<3	63	105	11	<2,5	20	82	17	682	424	76,3	2,3	9,9
4.9.2	15	<2	642	<5	26	72	115	8	<3	31	86	18	<2,5	<5	64	16	213	575	81,6	1,1	2,1
4.9.3	13	<2	702	<5	26	54	120	8	<3	28	82	17	<2,5	<5	68	16	185	561	82,2	1,2	1,6
4.9.4	13	<2	650	<5	25	50	122	8	<3	33	80	15	<2,5	8	67	13	155	559	80,5	1,1	1,4
4.9.5	12	<2	575	<5	22	54	121	8	<3	34	81	14	<2,5	7	70	13	136	527	83,3	1,1	1,6
4.9.6	13	<2	473	<5	22	54	121	5	<3	31	81	13	<2,5	6	58	<10	186	585	83,1	1,0	3,0
4.10.1	13	<2	737	7,2	43	224	103	6	<3	193	86	13	<2,5	23	74	31	535	528	68,5	2,7	11,7
4.10.2	12	<2	432	5,8	42	242	104	7	<3	197	86	12	<2,5	27	72	32	468	595	69,4	2,3	10,1
4.10.3	14	<2	465	7,2	46	256	116	8	<3	98	100	15	<2,5	46	90	26	608	554	78,1	2,0	6,8
4.10.4	15	<2	689	<5	50	270	116	13	<3	83	95	13	<2,5	16	78	25	752	492	75,8	1,9	6,6
4.10.5	16	<2	1022	<5	57	390	135	16	<3	109	105	21	<2,5	11	84	21	962	435	82,6	2,0	6,2
4.10.6	14	<2	1186	<5	40	488	126	11	<3	108	89	15	<2,5	6	70	13	740	452	79,5	1,6	5,4
4.10.7	14	<2	1157	<5	51	463	136	12	<3	89	94	18	<2,5	15	90	22	822	442	79,7	1,5	5,4
4.11.0	13	<2	668	5,3	70	329	106	13	<3	162	99	14	<2,5	44	90	37	1102	424	71,6	4,3	11,6
4.12.1	14	<2	456	5,3	43	238	109	12	<3	155	93	12	<2,5	30	80	37	529	517	73,9	2,4	10,0
4.13.1	12	<2	683	<5	46	225	103	10	<3	158	90	14	<2,5	26	74	41	625	486	66,3	3,0	15,1
4.14.1	12	<2	592	<5	39	234	112	11	<3	115	88	14	<2,5	26	76	33	529	494	69,7	2,4	10,5
4.15.1	13	<2	580	5,1	49	258	123	14	<3	111	98	14	<2,5	37	90	36	636	407	74,1	3,0	11,3
4.16.1	17	<2	653	5,4	65	291	128	13	<3	120	107	12	<2,5	56	98	39	843	330	73,8	3,5	14,3
4.17.1	14	<2	864	<5	48	300	121	13	<3	75	106	14	<2,5	20	79	23	826	384	71,2	3,2	14,2
4.18.1	15	<2	662	5,1	49	267	124	12	<3	110	101	12	<2,5	37	86	36	651	378	73,0	2,9	12,7
4.19.1	13	<2	656	<5	33	209	112	10	<3	59	109	13	<2,5	12	71	20	529	413	68,3	2,8	14,5

Transekt IV: RFA-Daten (Mittelwerte und Standardabweichung).

Fr. <63µm	Fr. <63µm	SiO_2	AL_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	Probe	Gewichts-%										mg/kg											
4.20.1	4.20.1	51,5	10,5	3,43	0,82	1,05	0,55	2,07	0,74	0,38	0,27	4,5	113	744	<3	12	7,1	<100	15	73	148	7	<600
aAh+L	Mit-Wert	50,4	11,6	4,30	0,92	0,84	0,53	2,14	0,79	0,57	0,38	8,8	145	941	4,0	12,9	9,10	169	16,9	119	253	7,9	-
aAh+L	Stdw.	2,4	0,9	0,99	0,09	0,12	0,08	0,15	0,05	0,26	0,11	3,9	38	154	1,9	2,2	2,90	97	7,3	31	87	3,2	-
foss. aAh	Mit-Wert	43,5	11,3	6,46	0,83	0,68	0,41	1,88	0,79	1,54	1,32	14,6	227	1188	5,7	14,5	21,03	388	20,0	182	488	7,2	-
foss. aAh	Stdw.	4,4	1,6	2,67	0,18	0,09	0,11	0,33	0,11	0,83	0,89	2,1	90	240	2,4	5,9	10,65	104	5,9	40	169	1,8	-
aM	Mit-Wert	58,5	12,8	3,81	1,03	0,54	0,67	2,47	0,85	0,25	0,11	2,8	139	775	4,5	5,2	5,56	-	14,8	92	134	8,0	-
aM	Stdw.	3,2	1,1	0,63	0,08	0,05	0,08	0,13	0,05	0,12	0,10	2,7	98	315	4,5	3,9	3,24	-	4,8	80	90	3,0	-
aC + aG	Mit-Wert	58,8	12,0	3,61	0,97	0,55	0,73	2,49	0,82	0,21	0,08	1,7	132	679	3,3	3,2	5,49	-	14,0	66	98	8,1	-
aC + aG	Stdw.	2,4	0,9	0,52	0,09	0,07	0,07	0,09	0,05	0,06	0,06	1,0	69	161	3,1	2,4	3,03	-	4,4	57	40	3,2	-
F	Mit-Wert	43,8	9,8	10,30	0,78	0,85	0,34	1,69	0,64	1,24	0,64	4,9	286	927	7,3	15,5	11,90	179	33,0	125	189	10,8	-
F	Stdw.	3,5	1,6	4,20	0,01	0,19	0,03	0,20	0,08	0,40	0,15	0,6	76	146	3,5	3,1	1,70	46	11,3	29	56	10,7	-

	Fraktion <63µm		Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	Probe		mg/kg																		Gewichts-%		
4.20.1	4.20.1		11	<2	636	<5	33	201	111	10	<3	63	110	12	<2,5	14	71	19	475	449	71,6	2,5	11,0
aAh+L	Mit-Wert		13,5	-	711	-	46	251	117	10,9	-	104	100	13,0	-	27,2	82	28,5	673	420	72,9	2,78	11,72
aAh+L	Stdw.		1,4	-	312	-	11	38	8	2,7	-	42	8	1,5	-	13,1	8	9,0	195	55	2,8	0,51	1,85
foss. aAh	Mit-Wert		12,3	-	480	-	80	326	107	13,2	-	244	107	11,0	-	58,4	97	58,3	2126	418	69,3	3,95	14,38
foss. aAh	Stdw.		1,3	-	161	-	26	68	17	5,4	-	86	17	1,7	-	27,1	17	23,4	1416	121	3,0	1,63	2,87
aM	Mit-Wert		14,8	-	733	-	33	296	131	10,2	-	73	89	15,9	-	10,7	75	16,6	427	511	81,3	1,53	3,99
aM	Stdw.		1,7	-	195	-	12	292	12	3,4	-	35	8	1,7	-	11,6	10	5,3	261	88	3,0	0,41	2,16
aC + aG	Mit-Wert		12,9	-	869	-	30	252	130	8,6	-	77	84	15,2	-	8,1	69	13,5	393	581	80,7	1,18	2,88
aC + aG	Stdw.		1,3	-	282	-	8	165	10	2,8	-	25	4	2,3	-	2,4	8	4,6	214	153	1,8	0,23	1,41
F	Mit-Wert		11,0	-	1480	-	68	285	102	12,0	-	135	94	9,1	-	52,3	81	31,0	1179	393	70,6	4,37	11,70
F	Stdw.		2,8	-	1148	-	3	63	6	1,2	-	38	7	7,1	-	11,2	13	8,5	109	45	1,4	0,10	0,14

Mit-Wert: Mittelwert (arithmetisch), Stdw.: Standardabweichung

Transekt IV: Medianwerte der RFA-Daten.

Fraktion <63µm		SiO_2	AL_2O	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Horizont	Statistik	Gewichts-%										mg/kg											
aAh+L	Median	50,6	11,8	4,2	0,9	0,8	0,5	2,2	0,8	0,5	0,4	8,6	141	940	4,1	12,6	8,8	205	15	117	225	7,4	-
fossiler aAh	Median	43,4	11,3	5,9	0,8	0,7	0,4	2,0	0,8	1,5	1,1	14,4	233	1148	4,9	12,3	21,8	385	21	187	465	7,2	-
aM	Median	59,2	12,6	3,6	1,0	0,5	0,7	2,5	0,9	0,2	0,1	1,0	80	585	1,5	4,7	5,3	-	14	42	86	7,2	-
aC + aG	Median	58,5	12,0	3,5	1,0	0,5	0,7	2,5	0,8	0,2	0,0	1,0	111	636	1,5	2,0	6,2	-	13	40	82	8,9	-
F	Median	43,8	9,8	10,3	0,8	0,8	0,3	1,7	0,6	1,2	0,6	4,9	286	927	7,3	15,5	11,9	179	33	125	189	10,8	-

Fraktion <63µm			Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Horizont	Statistik	mg/kg																			Gewichts-%		
aAh+L	Median		13	-	660	2,5	43	251	119	11,1	-	93	103	13,3	-	24	82	31	636	415	73,9	2,7	11,3
fossiler aAh	Median		12	-	418	8,8	89	337	108	13,2	-	217	108	11,4	-	57	102	58	2295	378	69,4	3,6	15,6
aM	Median		15	-	689	2,5	27	185	130	8,6	-	64	86	15,4	-	7	72	16	248	532	81,3	1,4	3,4
aC + aG	Median		13	-	876	2,5	28	199	131	9,3	-	77	83	14,6	-	7	67	14	294	534	80,3	1,2	2,2
F	Median		11	-	1480	7,9	68	285	102	12,0	-	135	94	9,1	-	52	81	31	1179	393	70,6	4,4	11,7

V.2.2.3 RFA-Bodendaten der Kornfraktion <2 mm

Fr. <2mm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	- Gewichts-% -										- mg/kg -											
1.1.1b	41,1	13,7	4,93	1,10	0,88	0,30	2,03	0,85	0,74	0,66	3,8	236	1366	7	18	27,0	<100	19	302	231	13	<150
1.1.2b	52,1	13,1	3,70	1,10	0,49	0,58	2,46	0,74	0,17	0,27	2,9	179	824	5	<4	8,6	<100	17	75	89	10	<150
1.1.3b	56,4	13,3	3,75	1,15	0,53	0,69	2,61	0,78	0,17	0,15	2,7	161	871	<3	<4	7,6	<100	15	57	78	6	<150
1.1.4b	58,1	12,7	3,21	1,07	0,56	0,79	2,69	0,73	0,16	0,11	<2	111	829	4	<4	<4	<100	11	49	71	11	<150
1.1.5b	65,5	9,2	1,68	0,63	0,36	0,99	2,60	0,39	0,11	0,07	<2	46	530	<3	<4	<4	<100	<4	24	36	<2	<150
2.1.0	28,1	6,5	1,53	0,34	0,53	0,36	1,24	0,32	0,37	2,31	18,6	32	593	<3	9	<4	345	24	201	544	<2	<150
2.1.1	32,3	5,3	2,40	0,36	0,99	0,34	1,29	0,35	0,63	1,77	14,3	19	808	<3	12	<4	1440	8	57	688	<2	<150
2.1.2	34,8	5,7	1,69	0,30	0,47	0,48	1,69	0,38	0,27	1,23	10,1	15	562	<3	7	<4	760	5	29	295	<2	<150
2.1.3	23,5	5,1	3,07	0,29	0,66	0,16	1,07	1,40	0,66	3,34	145,2	42	2306	<3	56	<4	4838	6	89	2606	<2	<150
2.1.4	33,0	7,9	4,83	0,55	0,29	0,26	1,53	0,58	0,71	1,08	21,2	79	1267	<3	25	<4	3668	6	73	526	4	<150
2.1.5	29,3	8,3	3,97	0,46	3,80	0,23	1,13	0,40	0,45	4,84	28,3	85	838	<3	32	<4	995	12	266	670	4	<150
2.1.7	43,6	5,7	1,25	0,30	0,32	0,52	1,66	0,27	0,10	1,51	<2	22	332	<3	<4	<4	<100	7	20	79	2	<150
2.2.1	33,1	7,6	2,76	0,50	0,64	0,35	1,54	0,56	0,53	1,94	50,8	30	683	<3	19	<4	2352	8	85	335	<2	<150
2.2.2	33,5	7,6	3,68	0,46	0,33	0,30	1,63	0,77	0,51	1,65	57,3	57	1150	<3	23	<4	1407	<4	55	464	<2	<150
2.2.3	51,1	8,7	2,69	0,60	0,27	0,66	2,01	0,51	0,24	0,26	14,9	48	489	<3	8	<4	<100	8	84	207	3	<150
2.2.5	56,1	8,8	2,00	0,58	0,26	0,80	2,26	0,48	0,15	0,08	<2	24	423	<3	<4	<4	<100	7	24	58	3	<150
2.3.1	32,3	7,6	4,44	0,52	0,56	0,25	1,34	1,12	0,61	1,94	91,7	69	1660	<3	37	<4	3401	9	105	1147	<2	<150
2.3.2	53,4	9,7	2,61	0,70	0,30	0,67	2,03	0,59	0,17	0,17	4,7	43	526	<3	6	<4	<100	7	32	98	6	<150
2.3.3	55,2	10,5	2,51	0,77	0,33	0,76	2,26	0,62	0,14	0,08	<2	33	473	<3	<4	<4	<100	8	16	66	8	<150
2.3.4	53,1	10,6	2,54	0,83	0,42	0,73	2,25	0,63	0,14	0,05	<2	33	463	<3	<4	<4	<100	9	11	53	6	<150
2.4.7	57,1	6,4	0,94	0,35	0,25	0,77	2,11	0,25	0,05	0,42	<2	<7	311	<3	<4	<4	<100	9	3	28,5	<2	<150
2.5.2	45,8	12,2	4,30	0,91	0,56	0,48	2,04	0,74	0,25	0,22	12,8	76	701	<3	11	4,4	101	12	96	203	8	<150
2.5.3	49,9	12,7	3,48	0,98	0,48	0,53	2,23	0,73	0,12	0,07	2,1	38	524	<3	<4	<4	<100	13	28	84	11	<150
2.5.5	54,9	12,6	2,39	0,93	0,52	0,66	2,32	0,80	0,07	0,10	<2	14	451	<3	<4	<4	<100	7	15	76	6	<150
2.5.7	61,2	6,0	0,80	0,34	0,29	0,74	1,90	0,24	0,05	0,35	2,1	<7	292	<3	<4	<4	<100	6	7	28	<2	<150
2.6.1	35,6	9,6	3,92	0,69	0,91	0,31	1,59	0,76	0,58	0,86	62,2	41	868	<3	26	<4	883	11	113	523	<2	<150
2.6.2	32,0	9,8	5,65	0,64	0,88	0,25	1,38	1,28	0,87	1,22	71,1	111	2480	<3	53	4,9	2777	9	117	1065	6	<150
2.6.3	51,2	10,5	3,56	0,80	0,46	0,55	1,96	0,60	0,16	0,10	5,6	40	494	<3	6	<4	<100	15	52	109	4	<150
2.7.1	50,8	7,4	1,96	0,52	0,68	0,56	1,87	0,38	0,26	0,21	<2	13	390	<3	6	<4	<100	6	14	54	<2	<150
2.7.2	45,9	11,0	3,27	0,80	0,85	0,51	2,01	0,67	0,28	0,18	2,2	30	543	<3	8	<4	<100	9	28	83	4	<150

Fr. <2mm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
1.1.1b	18	<2	367	6,5	81	335	125	18	<3	57	118	15	<2,5	76	104	45	1162	225	66,7	3,9	21,2
1.1.2b	15	<2	465	<5	32	447	140	12	<3	92	81	13	<2,5	8	70	16	497	308	75,0	1,3	4,0
1.1.3b	15	<2	699	<5	34	299	147	12	<3	100	82	13	<2,5	<5	70	18	434	357	79,9	1,0	2,2
1.1.4b	15	<2	509	<5	28	250	154	9	<3	95	76	15	<2,5	5	66	13	363	334	80,4	0,8	2,1
1.1.5b	6	<2	290	<5	14	110	110	7	<3	32	58	<8	<2,5	0	38	12	169	146	81,6	0,3	1,1
2.1.0	3	<2	99	<5	101	151	52	3	<3	22	43	<8	<2,5	<5	41	<10	2960	89	42,1	1,0	4,1
2.1.1	5	<2	333	7,8	21	80	47	5	<3	189	67	<8	<2,5	<5	37	35	208	109	46,3	2,0	11,9
2.1.2	5	<2	138	<5	12	57	61	<3	<3	61	54	<8	<2,5	<5	36	22	58	108	47,3	1,4	7,4
2.1.3	8	<2	100	25,6	23	229	54	4	<3	143	89	<8	<2,5	<5	79	93	96	125	40,5	2,9	19,5
2.1.4	11	<2	198	<5	14	265	69	3	<3	29	63	<8	<2,5	5	87	24	146	149	51,4	3,1	10,0
2.1.5	7	<2	271	<5	38	284	59	4	<3	20	89	<8	<2,5	<5	56	27	655	124	53,3	4,1	11,1
2.1.7	4	<2	81	<5	15	44	55	<3	<3	18	36	<8	<2,5	<5	24	<10	183	106	55,5	0,7	2,6
2.2.1	9	<2	277	6,9	22	114	69	7	<3	152	72	<8	<2,5	7	53	52	155	186	49,9	3,2	21,2
2.2.2	10	<2	172	8,0	17	217	76	8	<3	89	73	<8	<2,5	<5	90	48	90	212	50,8	2,1	13,4
2.2.3	9	<2	454	<5	12	100	86	4	<3	15	58	9	<2,5	6	47	<10	114	229	67,3	1,2	3,9
2.2.5	8	<2	326	<5	12	41	87	<3	<3	13	53	<8	<2,5	<5	44	<10	61	200	71,6	0,5	1,1
2.3.1	11	<2	322	16,4	28	223	71	4	<3	164	99	<8	<2,5	8	106	57	171	211	51,5	3,9	27,5
2.3.2	9	<2	548	<5	17	86	88	<3	<3	16	61	9	<2,5	<5	58	<10	140	276	70,6	2,7	3,8
2.3.3	10	<2	559	<5	19	57	98	4	<3	16	64	10	<2,5	<5	50	<10	121	288	73,4	0,8	1,9
2.3.4	9	<2	571	<5	21	51	99	6	<3	19	69	11	<2,5	<5	55	10	166	292	71,6	1,0	1,6
2.4.7	6	<2	80	<5	14	12	78	6	<3	<10	44	<8	<2,5	<5	23	<10	45	91	68,7	0,2	0,1
2.5.2	14	<2	539	<5	34	197	107	7	<3	26	83	9	<2,5	7	76	18	534	292	67,9	2,1	7,6
2.5.3	12	<2	601	<5	27	101	114	7	<3	19	77	12	<2,5	<5	71	11	275	291	71,5	2,0	4,0
2.5.5	15	<2	164	<5	25	25	106	6	<3	<10	80	13	<2,5	5	69	11	119	377	75,5	2,2	4,1
2.5.7	6	<2	72	<5	12	13	69	7	<3	<10	39	<8	<2,5	<5	24	<10	50	95	72,0	7,2	0,01
2.6.1	13	<2	477	8,6	30	159	85	9	<3	135	94	9	<2,5	10	77	61	260	226	55,2	6,1	24,5
2.6.2	14	<2	296	18,0	38	288	79	11	<3	94	148	12	<2,5	18	140	54	283	242	54,8	5,9	29,3
2.6.3	13	<2	887	<5	25	90	99	8	<3	14	69	11	<2,5	<5	59	12	445	222	70,1	1,7	4,4
2.7.1	7	<2	421	<5	15	34	80	6	<3	13	60	<8	<2,5	<5	44	12	105	130	64,8	1,1	6,1
2.7.2	10	<2	716	<5	28	60	98	6	<3	18	83	9	<2,5	8	66	12	197	241	65,7	1,5	5,9

Fr. <2mm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	- - - - - - - - - - - - - - - - - - Gewichts-% - - - - - - - - - - - - - - - - - -										- mg/kg -											
2.7.3	51,5	11,2	3,26	0,86	0,67	0,54	2,02	0,63	0,15	0,06	<2	20	453	<3	5	<4	<100	11	18	62	6	<150
2.7.4	50,0	12,0	3,74	0,99	0,71	0,51	2,13	0,72	0,10	<0,01	<2	23	479	<3	<4	<4	<100	13	9	77	8	<150
2.9.1	29,3	7,6	5,43	0,59	1,24	0,18	1,25	1,37	1,12	1,76	130,4	100	2160	4	44	4,6	2786	12	152	1999	3	<150
2.9.2	48,4	10,5	3,26	0,75	0,37	0,55	2,00	0,61	0,25	0,22	13,7	59	554	<3	11	<4	133	12	93	175	2	<150
2.9.3	54,0	11,2	3,16	0,89	0,46	0,63	2,24	0,65	0,16	0,05	<2	55	487	<3	<4	<4	<100	12	22	69	3	<150
2.9.4	61,4	6,2	0,81	0,31	0,24	0,77	2,08	0,22	0,06	0,02	<2	8	323	<3	<4	<4	<100	<4	5	30	<2	<150
2.10.3	51,0	7,5	3,39	0,44	0,21	0,78	2,20	0,36	0,37	0,06	<2	49	385	<3	<4	<4	<100	7	9	38	<2	<150
2.10.5	52,5	11,1	2,97	0,82	0,48	0,69	2,29	0,58	0,23	0,13	2,2	112	828	<3	4	6,4	<100	15	142	115	6	<150
2.11.1	26,6	4,8	1,69	0,24	0,77	0,25	1,21	0,33	0,37	2,93	29,0	14	499	<3	11	<4	2324	8	65	260	<2	<150
2.11.2	29,8	5,4	2,18	0,25	0,60	0,22	1,17	1,37	0,37	3,22	138,6	24	2158	<3	40	<4	3656	7	53	2629	<2	<150
2.11.3	49,7	5,1	1,71	0,21	0,17	0,60	1,82	0,31	0,31	0,55	2,3	17	401	<3	4	<4	175	<4	7	97	<2	<150
2.11.4	41,3	5,4	2,11	0,25	0,18	0,49	1,69	0,30	0,27	0,56	4,3	19	442	<3	5	<4	282	<4	13	173	<2	<150
2.11.5	39,6	7,5	2,80	0,46	0,19	0,40	1,67	0,45	0,20	0,38	<2	46	403	<3	7	<4	<100	6	34	209	<2	<150
2.11.6	57,1	9,4	2,41	0,66	0,25	0,74	2,16	0,54	0,15	0,15	<2	37	456	<3	4	<4	<100	<4	36	95	<2	<150
2.11.7	53,9	11,1	3,19	0,83	0,29	0,68	2,21	0,66	0,16	0,12	<2	70	552	<3	4	<4	<100	11	56	84	7	<150
2.11.8	56,8	11,1	2,96	0,85	0,35	0,77	2,34	0,64	0,15	0,16	<2	63	546	<3	<4	<4	<100	9	33	62	4	<150
2.11.9	58,6	9,6	1,83	0,66	0,33	0,82	2,27	0,52	0,12	0,13	<2	17	424	<3	<4	<4	<100	6	12	47	<2	<150
2.11.10	58,4	7,6	1,13	0,43	0,24	0,84	2,24	0,37	0,07	0,04	<2	10	367	<3	<4	<4	<100	5	5	36	<2	<150
2.13.1	41,3	9,8	3,97	0,75	0,71	0,40	1,72	0,87	0,45	0,65	32,8	41	925	<3	19	<4	831	13	56	808	5	<150
2.16.1	35,1	9,2	3,47	0,67	0,94	0,33	1,57	0,95	0,63	1,12	43,4	36	1387	<3	27	<4	1690	12	88	851	<2	<150
2.17.1	19,9	5,2	2,74	0,27	1,07	<0,1	0,79	0,67	0,63	4,64	177,9	32	1085	<3	50	<4	5645	9	179	868	<2	<150
4.1.0a	63,8	6,7	2,04	0,36	0,30	0,87	2,22	0,21	0,20	0,12	<2	39	404	<3	<4	<4	<100	7	15	39	<2	<150
4.1.1	42,9	9,0	3,93	0,65	0,51	0,43	1,84	0,47	0,80	0,36	3	98	570	<3	8	7,5	<100	21	62	110	<2	<150
4.1.2	31,2	7,9	4,84	0,50	0,52	0,29	1,58	0,43	1,29	0,57	11,9	108	738	<3	13	9,5	326	14	91	222	<2	<150
4.1.3	39,7	6,6	1,36	0,36	0,30	0,53	1,94	0,32	0,39	0,41	<2	23	429	<3	<4	<4	<100	6	36	104	<2	<150
4.1.4	53,9	7,1	1,44	0,45	0,42	0,68	2,00	0,33	0,36	0,85	<2	46	514	<3	<4	6,9	<100	6	51	149	<2	<150
4.2.1	40,3	12,1	4,82	0,98	0,88	0,33	2,01	0,76	0,78	0,51	15,1	205	1167	6	17	13,8	273	20	200	305	8	<150
4.2.2	43,2	13,3	4,75	1,08	0,55	0,37	2,21	0,77	0,47	0,32	9,7	243	1368	7	14	7,3	218	22	222	212	15	<150
4.2.3a	46,5	13,0	4,12	1,03	0,53	0,46	2,24	0,69	0,31	0,15	5	206	987	10	7	10,1	<100	25	203	171	7	<150
4.2.3b	49,2	12,6	3,83	1,05	0,49	0,51	2,36	0,69	0,25	0,11	4,9	257	921	9	5	8,6	<100	17	168	153	17	<150

Fr. <2mm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
2.7.3	12	<2	863	<5	22	51	101	6	<3	12	78	11	<2,5	<5	68	11	163	237	71,1	1,4	3,0
2.7.4	15	<2	840	<5	31	26	105	7	<3	10	81	13	<2,5	5	67	<10	98	333	71,2	2,0	1,7
2.9.1	11	2	320	28,3	35	327	76	9	<3	274	131	<8	<2,5	13	136	106	347	199	50,8	6,2	38,5
2.9.2	11	<2	445	<5	24	155	97	7	<3	23	65	9	<2,5	<5	61	16	339	267	67,2	1,5	5,7
2.9.3	12	<2	813	<5	23	91	112	8	<3	23	67	10	<2,5	<5	63	11	249	278	73,8	1,2	2,6
2.9.4	6	<2	92	<5	<10	18	75	6	<3	<10	43	<8	<2,5	<5	24	<10	40	80	72,2	0,1	0,01
2.10.3	8	<2	289	<5	<10	19	83	7	<3	10	48	<8	<2,5	<5	34	<10	39	158	66,5	0,5	0,01
2.10.5	11	<2	700	<5	44	219	112	9	<3	53	74	10	<2,5	<5	59	15	552	235	72,2	1,1	3,6
2.11.1	6	<2	113	<5	13	73	44	6	<3	84	57	<8	<2,5	<5	41	45	90	66	39,6	2,2	15,9
2.11.2	9	<2	96	22,7	21	241	54	7	<3	125	81	<8	<2,5	<5	71	84	82	137	45,5	1,9	16,5
2.11.3	6	<2	115	<5	<10	59	56	5	<3	15	36	<8	<2,5	<5	45	13	19	101	60,7	0,5	2,0
2.11.4	6	<2	138	<5	10	75	59	7	<3	17	39	<8	<2,5	<5	41	13	40	95	52,7	0,9	3,1
2.11.5	8	<2	474	<5	14	109	76	7	<3	18	50	<8	<2,5	<5	44	12	91	159	53,9	1,0	3,8
2.11.6	9	<2	453	<5	13	100	89	8	<3	22	57	<8	<2,5	<5	49	<10	87	236	73,8	0,9	2,5
2.11.7	12	<2	638	<5	17	118	106	7	<3	43	64	12	<2,5	<5	56	<10	147	313	73,3	1,4	3,3
2.11.8	12	<2	595	<5	13	119	110	6	<3	42	65	10	<2,5	<5	56	13	135	293	76,5	0,9	1,6
2.11.9	9	<2	204	<5	15	46	89	6	<3	19	56	<8	<2,5	<5	47	<10	67	204	75,1	0,5	1,0
2.11.10	7	<2	120	<5	<10	25	77	5	<3	16	44	<8	<2,5	<5	29	11	36	154	71,5	0,2	0,01
2.13.1	12	<2	519	8,8	26	138	87	6	<3	65	92	9	<2,5	8	85	32	201	251	61,0	2,7	16,3
2.16.1	11	<2	290	8,1	31	190	79	7	<3	98	106	9	<2,5	11	83	44	301	242	54,6	7,7	19,4
2.17.1	8	<2	131	17,5	27	226	40	7	<3	290	89	<8	<2,5	8	59	125	180	120	36,9	5,4	48,4
4.1.0a	8	<2	320	<5	18	42	84	7	<3	17	48	<8	<2,5	7	26	13	200	71	76,9	0,5	1,5
4.1.1	10	<2	932	<5	44	117	89	9	<3	67	63	<8	<2,5	23	55	19	628	165	61,2	2,1	6,6
4.1.2	8	<2	438	<5	43	138	76	9	<3	148	63	<8	<2,5	24	64	30	674	140	49,4	2,7	9,8
4.1.3	7	<2	163	<5	23	49	70	7	<3	34	43	<8	<2,5	9	33	19	539	101	52,0	0,5	2,1
4.1.4	8	<2	145	<5	24	57	72	8	<3	30	48	<8	<2,5	12	33	20	657	96	67,7	0,6	2,7
4.2.1	15	<2	780	6,7	62	311	122	12	<3	145	98	12	<2,5	53	89	48	813	242	63,9	3,8	18,3
4.2.2	16	<2	752	5,1	52	326	132	13	<3	74	95	13	<2,5	41	91	26	687	256	67,4	2,5	9,5
4.2.3a	15	<2	1120	<5	40	421	131	15	<3	87	83	13	<2,5	9	73	19	626	273	69,4	1,9	6,8
4.2.3b	15	<2	863	<5	33	784	133	16	<3	98	77	13	<2,5	7	71	16	612	295	71,5	1,6	4,4

Fr. <2mm	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe	- - - - - - - - - - - - - - - - - - Gewichts-% - - - - - - - - - - - - - - - - - -										- mg/kg -											
4.2.4	58,3	10,6	2,64	0,84	0,42	0,78	2,42	0,57	0,18	0,06	<2	142	591	<3	<4	4,4	<100	12	70	78	<2	<150
4.2.5	57,8	10,8	2,71	0,88	0,46	0,84	2,51	0,65	0,16	0,06	2,9	150	658	<3	<4	9,2	<100	15	63	85	5	<150
4.2.6	61,4	9,5	1,64	0,68	0,37	1,01	2,59	0,45	0,12	0,03	<2	55	494	<3	<4	<4	<100	7	28	46	<2	<150
4.3.1	47,5	11,6	3,57	0,94	0,77	0,50	2,10	0,69	0,30	0,24	5,6	136	873	<3	13	7,8	<100	17	101	157	6	<150
4.4.2	80,5	4,5	0,74	0,21	0,21	0,81	1,71	0,16	0,08	<0,01	<2	19	289	<3	<4	<4	<100	7	8	31	<2	<150
4.4.3	62,2	10,2	2,41	0,79	0,38	0,86	2,44	0,58	0,12	0,03	<2	66	520	<3	<4	<4	<100	9	19	48	10	<150
4.5.1	41,0	11,5	4,02	0,94	0,73	0,36	2,06	0,73	0,62	0,41	10,8	158	1060	3	13	10,9	211	17	128	258	5	<150
4.5.2	70,0	5,8	0,90	0,27	0,21	0,87	2,11	0,19	0,10	0,02	<2	19	342	<3	<4	<4	<100	4	13	27	<2	<150
4.5.3	58,1	12,1	2,98	0,98	0,41	0,73	2,52	0,71	0,12	0,03	<2	84	582	<3	<4	<4	<100	10	29	68	7	<150
4.5.4	60,5	7,0	1,59	0,41	0,25	0,82	2,15	0,29	0,11	0,01	<2	55	351	<3	<4	<4	<100	7	12	38	<2	<150
4.6.1	49,2	9,8	2,73	0,78	0,67	0,53	1,97	0,58	0,30	0,20	<2	67	603	<3	9	<4	<100	12	48	97	3	<150
4.8.1	45,0	11,1	3,33	0,89	0,76	0,46	2,06	0,66	0,31	0,24	5	110	778	<3	12	7,5	<100	10	90	135	6	<150
4.9.2	56,9	11,8	2,86	0,96	0,45	0,74	2,43	0,76	0,15	0,04	<2	45	501	<3	<4	<4	<100	8	24	73	3	<150
4.9.3	59,3	12,1	3,06	1,01	0,46	0,76	2,49	0,79	0,15	0,02	<2	36	492	<3	<4	<4	<100	10	24	72	6	<150
4.10.1	43,8	9,0	2,75	0,67	0,55	0,54	1,95	0,53	0,56	0,44	4,8	67	627	<3	6	<4	211	10	63	183	4	<150
4.10.2	52,6	8,8	2,08	0,62	0,37	0,74	2,16	0,55	0,32	0,26	4,3	49	588	<3	4	4,3	113	6	52	119	<2	<150
4.10.3	49,3	10,2	3,10	0,79	0,44	0,67	2,30	0,64	0,36	0,29	5,6	118	882	<3	8	4,6	180	12	96	193	4	<150
4.10.4	52,8	10,7	2,77	0,80	0,42	0,69	2,32	0,57	0,24	0,19	<2	84	809	<3	5	5,5	<100	13	85	92	<2	<150
4.10.5	51,0	11,3	2,94	0,85	0,48	0,61	2,26	0,59	0,23	0,13	<2	109	828	4	5	5,6	<100	17	144	116	<2	<150
4.10.6	55,5	10,9	2,82	0,83	0,43	0,75	2,34	0,57	0,20	0,10	2,4	137	723	6	4	4,1	<100	12	119	128	4	<150
4.10.7	65,3	7,9	1,60	0,51	0,34	0,87	2,22	0,32	0,14	0,06	<2	61	471	<3	<4	<4	<100	8	50	57	<2	<150
4.11.0	49,3	8,9	3,16	0,64	0,53	0,56	1,93	0,45	0,65	0,52	3	77	628	<3	6	6,2	<100	15	73	110	3	<150
4.12.1	45,0	10,4	3,06	0,81	0,56	0,52	2,06	0,63	0,47	0,41	6,7	90	777	<3	7	4,7	215	13	104	188	6	<150
4.13.1	43,8	8,9	2,35	0,69	0,63	0,53	2,02	0,47	0,48	0,39	4,2	63	604	<3	6	<4	179	8	59	139	<2	<150
4.14.1	49,6	9,5	2,50	0,74	0,47	0,61	2,12	0,54	0,36	0,31	3,6	74	652	<3	5	4,3	152	8	71	124	<2	<150
4.15.1	40,5	10,8	3,63	0,84	0,65	0,37	1,96	0,68	0,50	0,39	10,3	139	929	3	12	9,2	215	12	125	255	3	<150
4.16.1	40,6	11,9	4,52	1,02	0,96	0,34	2,01	0,76	0,63	0,47	14,7	192	1131	4	16	14,2	265	20	165	295	10	<150
4.17.1	41,8	10,8	3,51	0,86	0,90	0,38	1,93	0,64	0,36	0,33	4	120	867	<3	11	7,0	110	15	104	166	5	<150
4.18.1	41,9	11,2	3,92	0,91	0,76	0,38	1,97	0,71	0,56	0,44	12,8	143	1009	<3	15	10,3	208	16	145	285	5	<150
4.19.1	49,2	7,9	1,89	0,58	0,61	0,48	1,72	0,41	0,31	0,21	<2	48	526	<3	7	<4	<100	10	37	79	<2	<150

Fr. <2mm	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe	WV	GV
Probe	mg/kg																		Gewichts-%		
4.2.4	12	<2	511	<5	18	499	123	11	<3	72	68	12	<2,5	<5	52	13	376	308	77,1	0,8	2,4
4.2.5	10	<2	718	<5	19	505	123	12	<3	81	69	10	<2,5	<5	52	15	417	383	77,1	1,2	3,7
4.2.6	10	<2	224	<5	15	178	104	7	<3	33	56	<8	<2,5	<5	38	14	211	171	77,9	0,4	1,1
4.3.1	14	<2	803	<5	37	286	114	11	<3	62	93	11	<2,5	15	74	21	595	293	68,5	2,0	8,9
4.4.2	4	<2	290	<5	10	51	67	8	<3	15	41	<8	<2,5	<5	16	11	61	88	88,9	0,2	0,4
4.4.3	12	<2	609	<5	18	124	113	9	<3	42	65	10	<2,5	<5	50	13	164	279	80,1	0,7	1,3
4.5.1	13	<2	426	<5	45	263	117	12	<3	78	94	9	<2,5	38	83	33	650	256	62,7	3,4	13,3
4.5.2	6	<2	225	<5	11	44	75	8	<3	14	41	<8	<2,5	<5	16	11	67	83	80,5	0,2	0,0
4.5.3	13	<2	488	<5	22	170	129	8	<3	57	73	12	<2,5	5	58	18	250	334	78,9	1,0	2,1
4.5.4	7	<2	312	<5	<10	48	77	8	<3	16	43	<8	<2,5	<5	28	12	74	115	73,2	0,3	0,1
4.6.1	12	<2	612	<5	24	139	100	7	<3	32	79	12	<2,5	9	54	16	318	245	66,9	1,7	7,7
4.8.1	14	<2	749	<5	37	218	113	11	<3	57	85	11	<2,5	16	68	19	511	270	65,1	2,2	9,2
4.9.2	13	<2	641	<5	19	67	115	8	<3	24	77	14	<2,5	<5	63	15	192	411	77,2	1,0	1,8
4.9.3	14	<2	692	<5	23	52	118	6	<3	23	78	17	<2,5	5	68	13	173	436	80,3	1,1	1,7
4.10.1	8	<2	528	<5	29	117	88	7	<3	86	62	<8	<2,5	13	53	21	318	217	61,1	1,5	7,3
4.10.2	9	<2	274	<5	22	100	91	8	<3	72	59	<8	<2,5	12	47	22	212	248	68,8	0,9	4,3
4.10.3	10	<2	370	<5	33	152	116	8	<3	51	75	10	<2,5	32	62	21	393	223	68,4	1,2	4,3
4.10.4	9	<2	476	<5	33	142	108	10	<3	42	69	10	<2,5	13	57	19	435	229	71,7	1,1	3,6
4.10.5	11	<2	702	<5	37	218	114	10	<3	56	73	8	<2,5	8	56	18	554	227	70,6	1,1	3,2
4.10.6	12	<2	814	<5	28	301	118	10	<3	58	68	11	<2,5	<5	55	11	473	238	74,8	1,0	2,8
4.10.7	9	<2	439	<5	17	120	87	10	<3	25	51	<8	<2,5	<5	30	11	223	134	79,3	0,4	1,2
4.11.0	8	<2	441	<5	36	122	92	8	<3	63	65	10	<2,5	17	49	24	507	190	66,8	2,1	5,5
4.12.1	11	<2	382	<5	34	174	103	9	<3	88	71	<8	<2,5	20	59	30	392	248	64,2	1,8	7,8
4.13.1	10	<2	437	<5	28	109	92	7	<3	61	61	<8	<2,5	12	47	22	331	161	60,4	1,6	8,3
4.14.1	8	<2	398	<5	29	134	102	8	<3	58	67	<8	<2,5	13	52	25	304	219	67,0	1,4	6,3
4.15.1	11	<2	577	<5	45	212	111	10	<3	82	82	10	<2,5	33	77	33	537	247	60,5	3,3	13,3
4.16.1	15	<2	643	6,0	64	277	118	15	<3	108	97	11	<2,5	56	84	41	798	252	63,6	4,0	16,3
4.17.1	13	<2	777	<5	43	241	110	10	<3	56	87	10	<2,5	16	67	19	669	238	61,8	3,1	13,1
4.18.1	13	<2	687	<5	49	229	113	11	<3	87	86	9	<2,5	32	73	34	584	246	63,1	3,1	13,5
4.19.1	8	<2	417	<5	22	104	73	8	<3	25	64	<8	<2,5	6	44	15	264	144	63,4	1,4	7,3

V.2.2.4 Element-Massenanteile einzelner Kornfraktionen (RFA-Daten)

Probe	Kornfraktion	Fraktionsanteil	Elementgehalte der einzelnen Kornfraktionen									Kornfraktion	Fraktionsanteil	Elementgehalte der Kornfraktionen						
			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb
		Gew.-%	mg/kg										Gew.-%	mg/kg						
1.2.1 - 1	<2µm	7,0	594	12,2	238	200	3563	134	684	70	1993	<2µm	7,0	594	12,20	238	200	3563	134	684
1.2.1 - 2	<6µm	18,3	367	22,2	304	194	1467	127	571	73	1907	2 - 6µm	11,3	226	28,42	345	190	164	123	501
1.2.1 - 3	<20µm	43,9	257	17,2	230	166	1142	103	421	66	1474	6 - 20µm	25,7	179	13,64	177	146	911	86	314
1.2.1 - 4	<63µm	75,0	212	10,2	183	140	1062	66	351	66	974	20 - 63µm	31,1	148	0,32	117	103	949	14	252
1.2.1 - 5	63 - 250µm	19,8	207	13,4	162	88	1516	50	267	26	596	63 - 250µm	19,8	207	13,40	162	88	1516	50	267
1.2.1 - 6	250 - 500µm	3,3	298	17,4	173	102	2124	65	330	37	784	250 - 500µm	3,3	298	17,40	173	102	2124	65	330
1.2.1 - 7	500µm - 2mm	1,7	208	5,3	84	85	975	35	395	83	476	500µm - 2mm	1,7	208	5,30	84	85	975	35	395
1.2.1 - 8	>2mm	0,1										> 2mm	0,1							
1.2.2 - 1	<2µm	7,0	531	8,0	176	144	1884	70	895	90	1127	<2µm	6,5	531	8,00	176	144	1884	70	895
1.2.2 - 2	<6µm	19,3	523	9,8	180	152	1774	70	859	108	1079	2 - 6µm	12,8	519	10,72	182	156	1718	70	841
1.2.2 - 3	<20µm	47,6	362	7,2	124	115	1223	50	594	101	796	6 - 20µm	28,3	252	5,43	86	90	847	36	413
1.2.2 - 4	<63µm	73,9	277	7,4	104	101	1240	42	510	95	627	20 - 63µm	26,4	124	7,76	68	76	1271	28	358
1.2.2 - 5	63 - 250µm	23,2	86	-2,9	38	61	922	20	279	21	187	63 - 250µm	23,2	86	-2,90	38	61	922	20	279
1.2.2 - 6	250 - 500µm	2,4	140	10,7	46	37	2998	23	639	25	265	250 - 500µm	2,4	140	10,70	46	37	2998	23	639
1.2.2 - 7	500µm - 2mm	0,5										500µm - 2mm	0,5							
2.11.1 - 1	<6µm	4,3	149	5,0	239	570	407	51	641	702	405	<6µm	4,3	149	5,00	239	570	407	51	641
2.11.1 - 2	<20µm	7,1	134	<4	226	546	364	49	535	660	340	6 - 20µm	2,8	111	-	206	509	298	46	373
2.11.1 - 3	<63µm	11,7	74	<4	157	832	268	30	276	440	195	20 - 63µm	4,6	0	-	51	1271	121	1	0
2.11.1 - 4	63 - 250µm	16,4	16	<4	56	196	127	<10	75	102	44	63 - 250µm	16,4	16	-	56	196	127	-	75
2.11.1 - 5	250 - 500µm	47,3	5	<4	16	127	108	<10	31	30	41	250 - 500µm	47,3	5	-	16	127	108	-	31
2.11.1 - 6	500µm - 2mm	23,4	15	<4	98	267	147	19	88	76	193	500µm - 2mm	23,4	15	-	98	267	147	19	88
2.11.1 - 7	>2mm	1,2	37	<4	243	482	148	34	244	164	270	>2mm	1,2	37	-	243	482	148	34	244
2.11.2 - 1	<6µm	0,5	113	<4	92	1525	164	42	1432	567	216	<6µm	7,2	113	-	92	1525	164	42	1432
2.11.2 - 2	<20µm	12,3	100	<4	96	2605	159	35	1146	475	173	6 - 20µm	5,1	82	-	102	4120	152	25	745
2.11.2 - 3	<63µm	20,0	77	<4	73	9634	208	54	692	301	257	20 - 63µm	7,7	40	-	36	20798	286	84	0
2.11.2 - 4	63 - 250µm	21,8	21	<4	44	925	100	12	152	95	44	63 - 250µm	21,8	21	-	44	925	100	12	152
2.11.2 - 5	250 - 500µm	40,0	<7	<4	18	120	88	<10	51	33	11	250 - 500µm	40,0	-	-	18	120	88	-	51
2.11.2 - 6	500µm - 2mm	17,6	8	<4	74	399	60	10	122	88	46	500µm - 2mm	17,6	8	-	74	399	60	10	122
2.11.2 - 7	>2mm	0,7										>2mm	0,7							

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Gehalte		anhand d. Kornfraktionen errechnete Massenanteile									proz. Verhältnisse d. Element-Massenanteile je Fraktion								
			Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
		Gew.-%	mg/kg		mg/kg									%								
1.2.1 - 1	<2µm	7,0	70	1993	42	0,85	16,7	14	249	9,4	48	4,9	140	0,19	0,08	0,09	0,11	0,21	0,15	0,14	0,08	0,16
1.2.1 - 2	2 - 6µm	11,3	75	1854	25	3,20	38,8	21	18	13,8	56	8,4	209	0,12	0,29	0,22	0,17	0,02	0,22	0,17	0,15	0,24
1.2.1 - 3	6 - 20µm	25,7	61	1166	46	3,50	45,5	37	234	22,1	81	15,6	299	0,21	0,32	0,26	0,29	0,20	0,35	0,24	0,27	0,34
1.2.1 - 4	20 - 63µm	31,1	67	268	46	0,10	36,3	32	295	4,3	78	20,8	83	0,22	0,01	0,21	0,25	0,25	0,07	0,23	0,36	0,09
1.2.1 - 5	63 - 250µm	19,8	26	596	41	2,65	32,1	17	300	9,9	53	5,2	118	0,19	0,24	0,18	0,14	0,25	0,16	0,16	0,09	0,13
1.2.1 - 6	250 - 500µm	3,3	37	784	10	0,58	5,8	3	71	2,2	11	1,2	26	0,05	0,05	0,03	0,03	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03
1.2.1 - 7	500µm - 2mm	1,7	83	476	4	0,09	1,5	1	17	0,6	7	1,4	8	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01
1.2.1 - 8	> 2mm	0,1																				
1.2.2 - 1	<2µm	6,5	90	1127	35	0,52	11,5	9	123	4,6	58	5,9	73	0,15	0,08	0,13	0,10	0,10	0,13	0,13	0,08	0,14
1.2.2 - 2	2 - 6µm	12,8	117	1054	66	1,37	23,2	20	219	8,9	107	14,9	135	0,29	0,21	0,27	0,22	0,18	0,25	0,23	0,20	0,26
1.2.2 - 3	6 - 20µm	28,3	96	603	71	1,54	24,3	25	240	10,3	117	27,1	171	0,31	0,24	0,28	0,28	0,20	0,28	0,26	0,36	0,33
1.2.2 - 4	20 - 63µm	26,4	83	322	33	2,05	17,9	20	335	7,3	94	22,0	85	0,14	0,32	0,21	0,22	0,28	0,20	0,21	0,29	0,17
1.2.2 - 5	63 - 250µm	23,2	21	187	20	-0,67	8,8	14	214	4,6	65	4,8	43	0,09	-0,11	0,10	0,16	0,18	0,13	0,14	0,06	0,08
1.2.2 - 6	250 - 500µm	2,4	25	265	3	0,26	1,1	1	72	0,6	15	0,6	6	0,01	0,04	0,01	0,01	0,06	0,02	0,03	0,01	0,01
1.2.2 - 7	500µm - 2mm	0,5																				
2.11.1 - 1	<6µm	4,3	702	405	6	0,21	10,2	24	17	2,2	27	30,1	17	0,35	0,38	0,17	0,09	0,13	0,17	0,31	0,29	0,18
2.11.1 - 2	6 - 20µm	2,8	597	241	3	-	5,8	14	8	1,3	10	16,8	7	0,17	-	0,09	0,06	0,06	0,10	0,12	0,16	0,07
2.11.1 - 3	20 - 63µm	4,6	101	0	0	-	2,4	59	6	0,0	0	4,7	0	0,00	-	0,04	0,23	0,04	0,00	0,00	0,05	0,00
2.11.1 - 4	63 - 250µm	16,4	102	44	3	-	9,2	32	21	-	12	16,7	7	0,14	-	0,15	0,12	0,15	-	0,14	0,16	0,07
2.11.1 - 5	250 - 500µm	47,3	30	41	2	-	7,6	60	51	-	15	14,3	19	0,13	-	0,12	0,23	0,37	-	0,17	0,14	0,20
2.11.1 - 6	500µm - 2mm	23,4	76	193	4	-	22,9	62	34	4,4	21	17,8	45	0,19	-	0,38	0,24	0,25	0,34	0,23	0,17	0,45
2.11.1 - 7	>2mm	1,2	164	270	0	-	3,0	6	2	0,4	3	2,0	3	0,02	-	0,05	0,02	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03
2.11.2 - 1	<6µm	7,2	567	216	8	-	6,6	109	12	3,0	103	40,6	15	0,35	-	0,15	0,05	0,11	0,18	0,48	0,37	0,21
2.11.2 - 2	6 - 20µm	5,1	346	113	4	-	5,2	210	8	1,3	38	17,7	6	0,18	-	0,12	0,09	0,07	0,07	0,18	0,16	0,08
2.11.2 - 3	20 - 63µm	7,7	24	390	3	-	2,8	1606	22	6,5	0	1,9	30	0,14	-	0,06	0,72	0,20	0,38	0,00	0,02	0,41
2.11.2 - 4	63 - 250µm	21,8	95	44	5	-	9,6	202	22	2,6	33	20,8	10	0,20	-	0,22	0,09	0,20	0,15	0,15	0,19	0,13
2.11.2 - 5	250 - 500µm	40,0	33	11	-	-	7,2	48	35	-	20	13,4	4	-	-	0,16	0,02	0,32	-	0,09	0,12	0,06
2.11.2 - 6	500µm - 2mm	17,6	88	46	1	-	13,0	70	11	1,8	21	15,5	8	0,06	-	0,29	0,03	0,10	0,10	0,10	0,14	0,11
2.11.2 - 7	>2mm	0,7																				

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der einzelnen Kornfraktionen									Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der Kornfraktionen						
			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb
		Gew.-%	mg/kg										Gew.-%	mg/kg						
2.11.3 - 1	<6µm	3,8	318	<4	122	598	518	34	1750	210	319	<6µm	3,8	318	-	122	598	518	34	1750
2.11.3 - 2	<20µm	6,1	281	<4	98	596	468	33	1254	190	292	6 - 20µm	2,3	221	-	59	593	387	31	453
2.11.3 - 3	<63µm	10,1	158	<4	50	485	325	19	558	110	136	20 - 63µm	4,0	0	-	0	314	105	0	0
2.11.3 - 4	63µ-250µ	15,9	19	<4	4	123	260	8	44	49	23	63 - 250µm	15,9	19	-	4	123	260	8	44
2.11.3 - 5	250µ-500µ	51,8	<7	<4	b.d.l.	36	90	<10	15	<10	<10	250 - 500µm	51,8	-	-	-	36	90	-	15
2.11.3 - 6	500µm - 2mm	22,0	18	<4	10	91	51	<10	26	16	<10	500µm - 2mm	22,0	18	-	10	91	51	-	26
2.11.3 - 7	>2mm	0,2										>2mm	0,2							
2.11.4 - 1	<6µm	0,7	192	6,5	121	755	527	42	1345	108	447	<6µm	5,6	192	6,50	121	755	527	42	1345
2.11.4 - 2	<20µm	6,9	171	<4	104	788	479	38	1082	97	370	6 - 20µm	1,3	80	-	30	931	271	21	0
2.11.4 - 3	<63µm	9,0	109	<4	65	539	360	23	519	73	229	20 - 63µm	2,1	0	0,00	0	0	0	0	0
2.11.4 - 4	63 - 250µm	11,7	10	<4	7	121	164	7	35	21	24	63 - 250µm	11,7	10	-	7	121	164	7	35
2.11.4 - 5	250 - 500µm	51,1	<7	<4	<4	63	112	<10	13	<10	<10	250 - 500µm	51,1	-	-	-	63	112	-	13
2.11.4 - 6	500µm - 2mm	27,3	16	<4	18	201	66	<10	29	<10	15	500µm - 2mm	27,3	16	-	18	201	66	-	29
2.11.4 - 7	>2mm	0,9										>2mm	0,9							
2.11.5 - 1	<6µm	10,9	268	4,7	169	510	1580	45	708	180	447	<6µm	10,9	268	4,70	169	510	1580	45	708
2.11.5 - 2	<20µm	19,7	240	4,9	130	486	1497	45	598	66	408	6 - 20µm	8,8	205	5,15	82	456	1394	45	462
2.11.5 - 3	<63µm	31,9	127	<4	62	302	844	22	296	44	212	20 - 63µm	12,2	0	-	0	4	0	0	0
2.11.5 - 4	63 - 250µm	24,2	12	<4	11	100	214	<10	32	12	27	63 - 250µm	24,2	12	-	11	100	214	-	32
2.11.5 - 5	250 - 500µm	34,2	7	<4	4	50	88	<10	16	<10	<10	250 - 500µm	34,2	7	-	4	50	88	-	16
2.11.5 - 6	500µm - 2mm	9,6	18	<4	28	190	176	<10	43	<10	<10	500µm - 2mm	9,6	18	-	28	190	176	-	43
2.11.5 - 7	>2mm	0,1										>2mm	0,1							
2.11.7 - 1	<6µm	0,9	258	4,7	181	178	1860	50	444	64	472	<6µm	15,5	258	4,70	181	178	1860	50	444
2.11.7 - 2	<20µm	30,0	237	<4	168	161	1690	48	410	67	447	6 - 20µm	14,6	215	-	154	143	1509	46	374
2.11.7 - 3	<63µm	60,7	95	<4	67	110	759	24	157	50	189	20 - 63µm	30,7	0	-	0	60	0	0	0
2.11.7 - 4	63 - 250µm	28,3	16	<4	14	45	234	11	41	13	46	63 - 250µm	28,3	16	-	14	45	234	11	41
2.11.7 - 5	250 - 500µm	8,2	15	<4	19	40	201	10	43	<10	26	250 - 500µm	8,2	15	-	19	40	201	10	43
2.11.7 - 6	500µm - 2mm	2,6	32	<4	74	83	332	<10	87	12	56	500µm - 2mm	2,6	32	-	74	83	332	-	87
2.11.7 - 7	>2mm	0,1										>2mm	0,1							

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Gehalte		anhand d. Kornfraktionen errechnete Massenanteile									proz. Verhältnisse der Element-Massenanteile je Fraktion								
			Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
		Gew.-%	mg/kg		mg/kg									%								
2.11.3 - 1	<6µm	3,8	210	319	12	-	4,6	23	20	1,3	66	8,0	12	0,45	-	0,52	0,21	0,15	0,20	0,68	0,31	0,47
2.11.3 - 2	6 - 20µm	6,1	157	248	5	-	1,4	14	9	0,7	11	3,7	6	0,19	-	0,16	0,13	0,07	0,11	0,11	0,14	0,23
2.11.3 - 3	20 - 63µm	10,1	0	0	0	-	0,0	13	4	0,0	0	0,0	0	0,00	-	0,00	0,12	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
2.11.3 - 4	63 - 250µm	15,9	49	23	3	-	0,6	20	41	1,3	7	7,8	4	0,11	-	0,07	0,18	0,31	0,19	0,07	0,31	0,14
2.11.3 - 5	250 - 500µm	51,8	-	-	-	-	-	19	47	-	8	-	-	-	-	-	0,17	0,35	-	0,08	-	-
2.11.3 - 6	500µm - 2mm	22,0	16	-	4	-	2,2	20	11	-	6	3,4	-	0,15	-	0,25	0,19	0,08	-	0,06	0,13	-
2.11.3 - 7	>2mm	0,2																				
2.11.4 - 1	<6µm	0,7	108	447	11	0,36	6,8	42	29	2,3	75	6,1	25	0,60	-	0,47	0,27	0,23	0,30	0,80	0,43	0,75
2.11.4 - 2	6 - 20µm	6,9	46	36	1	-	0,4	12	3	0,3	0	0,6	0	0,06	-	0,03	0,08	0,03	0,03	0,00	0,04	0,01
2.11.4 - 3	20 - 63µm	9,0	0	0	0	-	0,0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.11.4 - 4	63 - 250µm	11,7	21	24	1	-	0,8	14	19	0,8	4	2,5	3	0,07	-	0,06	0,09	0,15	0,10	0,04	0,18	0,08
2.11.4 - 5	250 - 500µm	51,1	-	-	-	-	-	32	57	-	7	-	-	-	-	-	0,21	0,45	-	0,07	-	-
2.11.4 - 6	500µm - 2mm	27,3	-	15	4	-	4,9	55	18	-	8	-	4	0,24	-	0,34	0,35	0,14	-	0,08	-	0,12
2.11.4 - 7	>2mm	0,9																				
2.11.5 - 1	<6µm	10,9	180	447	29	0,51	18,4	56	172	4,9	77	19,7	49	0,54	-	0,57	0,36	0,44	0,38	0,57	0,77	0,54
2.11.5 - 2	6 - 20µm	19,7	0	360	18	0,45	7,2	40	123	4,0	41	0,0	32	0,33	-	0,22	0,26	0,31	0,31	0,30	0,00	0,35
2.11.5 - 3	20 - 63µm	31,9	8	0	0	-	0,0	0	0	0,0	0	1,0	0	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
2.11.5 - 4	63 - 250µm	24,2	12	27	3	-	2,7	24	52	-	8	2,8	7	0,05	-	0,08	0,16	0,13	-	0,06	0,11	0,07
2.11.5 - 5	250 - 500µm	34,2	-	-	2	-	1,4	17	30	-	5	-	-	0,04	-	0,04	0,11	0,08	-	0,04	-	-
2.11.5 - 6	500µm - 2mm	9,6	-	-	2	-	2,7	18	17	-	4	-	-	0,03	-	0,08	0,12	0,04	-	0,03	-	-
2.11.5 - 7	>2mm	0,1																				
2.11.7 - 1	<6µm	0,9	64	472	40	0,73	28,0	28	288	7,7	69	10,0	73	0,51	-	0,48	0,32	0,48	0,41	0,49	0,29	0,48
2.11.7 - 2	6 - 20µm	30,0	70	420	31	-	22,4	21	220	6,7	54	10,2	61	0,40	-	0,39	0,24	0,37	0,36	0,39	0,29	0,41
2.11.7 - 3	20 - 63µm	60,7	33	0	0	-	0,0	18	0	0,2	0	10,0	0	0,00	-	0,00	0,22	0,00	0,01	0,00	0,29	0,00
2.11.7 - 4	63 - 250µm	28,3	13	46	5	-	4,0	13	66	3,1	12	3,6	13	0,06	-	0,07	0,15	0,11	0,17	0,08	0,10	0,09
2.11.7 - 5	250 - 500µm	8,2	-	26	1	-	1,6	3	17	0,8	4	-	2	0,02	-	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	-	0,01
2.11.7 - 6	500µm - 2mm	2,6	12	56	1	-	1,9	2	9	-	2	0,3	1	0,01	-	0,03	0,03	0,01	-	0,02	0,01	0,01
2.11.7 - 7	>2mm	0,1																				

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der einzelnen Kornfraktionen									Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der Kornfraktionen						
			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb
		Gew.-%	mg/kg										Gew.-%	mg/kg						
2.11.8 - 1	<6µm	8,0	244	<4	121	143	1458	54	474	79	503	<6µm	8,0	244	-	121	143	1458	54	474
2.11.8 - 2	<20µm	21,9	165	<4	74	103	1058	36	307	83	330	6 - 20µm	13,9	119	-	47	80	827	26	211
2.11.8 - 3	<63µm	50,1	57	<4	22	79	501	20	109	47	136	20 - 63µm	28,3	0	-	0	60	70	8	0
2.11.8 - 4	63 - 250µm	31,8	32	<4	12	39	346	11	60	<10	56	63 - 250µm	31,8	32	-	12	39	346	11	60
2.11.8 - 5	250 - 500µm	9,1	20	<4	8	24	234	<10	44	<10	25	250 - 500µm	9,1	20	-	8	24	234	-	44
2.11.8 - 6	500µm - 2mm	5,4	21	<4	11	23	108	<10	25	<10	11	500µm - 2mm	5,4	21	-	11	23	108	-	25
2.11.8 - 7	>2mm	3,6										>2mm	3,6							
3.20.1 - 1	<2µm	12,6	427	10,6	218	327	499	82	910	119	1448	<2µm	12,6	427	10,6	218	327	499	82	910
3.20.1 - 2	<6µm	40,4	377	10,3	220	297	543	81	834	114	1329	2 - 6µm	27,8	354	10,1	221	283	563	81	799
3.20.1 - 3	<20µm	58,2	192	5,9	176	241	408	59	591	93	1016	6 - 20µm	17,9	0	0,00	77	115	103	9	42
3.20.1 - 4	<63µm	75,3	217	7,4	125	211	363	48	489	84	740	20 - 63µm	17,0	302	12,5	0	108	209	10	140
3.20.1 - 5	63 - 250µm	18,9	190	4,5	148	153	344	35	421	37	469	63 - 250µm	18,9	190	4,50	148	153	344	35	421
3.20.1 - 6	250 - 500µm	2,7	411	11,2	273	259	665	59	880	81	836	250 - 500µm	2,7	411	11,2	273	259	665	59	880
3.20.1 - 7	500µm - 2mm	2,4	261	10,2	244	236	566	62	645	81	811	500µm - 2mm	2,4	261	10,2	244	236	566	62	645
3.20.1 - 8	>2mm	0,6										>2mm	0,6							
3.20.2 - 1	<2µm	6,0	997	11,3	162	134	741	68	798	102	1170	<2µm	6,0	997	11,3	162	134	741	68	798
3.20.2 - 2	<6µm	17,0	1068	10,9	167	127	875	68	820	113	1208	2 - 6µm	11,0	1106	10,6	170	123	948	68	832
3.20.2 - 3	<20µm	41,4	729	7,2	121	110	645	52	582	101	875	6 - 20µm	24,4	492	4,62	89	98	484	41	416
3.20.2 - 4	<63µm	81,6	555	6,6	75	88	466	35	401	87	562	20 - 63µm	40,2	376	5,98	28	65	282	18	215
3.20.2 - 5	63 - 250µm	12,9	629	4,7	57	45	440	18	361	27	373	63 - 250µm	12,9	629	4,70	57	45	440	18	361
3.20.2 - 6	>250µm	5,5	1709	15,4	137	83	1944	43	1169	76	729	>250µm	5,5	1709	15,4	137	83	1944	43	1169
3.20.3 - 1	<2µm	5,0	405	14,9	155	121	1031	83	812	85	1588	<2µm	5,0	405	14,9	155	121	1031	83	812
3.20.3 - 2	<6µm	17,4	372	12,1	170	120	1012	83	750	111	1589	2 - 6µm	12,4	359	10,9	176	120	1004	83	725
3.20.3 - 3	<20µm	69,0	314	11,6	131	109	824	68	594	117	1213	6 - 20µm	51,6	294	11,4	118	105	761	63	541
3.20.3 - 4	<63µm	84,6	142	5,4	60	83	494	35	304	93	593	20 - 63µm	15,6	0	0,00	0	0	0	0	0
3.20.3 - 5	63 - 250µm	13,3	87	2,7	30	48	407	19	165	17	278	63 - 250µm	13,3	87	2,70	30	48	407	19	165
3.20.3 - 6	>250µm	2,1	1154	16,7	114	37	2835	41	1413	61	728	>250µm	2,1	1154	16,7	114	37	2835	41	1413

Probe	Kornfraktion	Fraktions-	Gehalte		anhand d. Kornfraktionen errechnete Massenanteile									proz. Verhältnisse der Element-Massenanteile je Fraktion								
		anteil	Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
		Gew.-%	mg/kg		mg/kg									%								
2.11.8 - 1	<6µm	8,0	79	503	20	-	9,7	11	117	4,3	38	6,3	40	0,40	-	0,45	0,21	0,30	0,30	0,41	0,23	0,43
2.11.8 - 2	6 - 20µm	13,9	84	230	17	-	6,5	11	115	3,6	29	11,7	32	0,34	-	0,30	0,20	0,30	0,25	0,32	0,43	0,34
2.11.8 - 3	20 - 63µm	28,3	20	0	0	-	0,0	17	20	2,2	0	5,6	0	0,00	-	0,00	0,31	0,05	0,15	0,00	0,21	0,00
2.11.8 - 4	63 - 250µm	31,8	-	56	10	-	3,8	12	110	3,5	19	-	18	0,21	-	0,18	0,22	0,28	0,24	0,21	-	0,19
2.11.8 - 5	250 - 500µm	9,1	-	25	2	-	0,7	2	21	-	4	-	2	0,04	-	0,03	0,04	0,05	-	0,04	-	0,02
2.11.8 - 6	500µm - 2mm	5,4	-	11	1	-	0,6	1	6	-	1	-	1	0,02	-	0,03	0,02	0,02	-	0,01	-	0,01
2.11.8 - 7	>2mm	3,6																				
3.20.1 - 1	<2µm	12,6	119	1448	54	1,34	27,5	41	63	10,3	115	15,0	183	0,21	0,17	0,19	0,21	0,17	0,23	0,24	0,20	0,25
3.20.1 - 2	2 - 6µm	27,8	111	1275	98	2,82	61,3	79	156	22,4	222	30,9	354	0,38	0,37	0,43	0,39	0,42	0,49	0,46	0,42	0,49
3.20.1 - 3	6 - 20µm	17,9	46	309	0	0,00	13,7	20	18	1,7	8	8,3	55	0,00	0,00	0,10	0,10	0,05	0,04	0,02	0,11	0,08
3.20.1 - 4	20 - 63µm	17,0	51	0	52	2,13	0,0	18	36	1,8	24	8,7	0	0,20	0,28	0,00	0,09	0,10	0,04	0,05	0,12	0,00
3.20.1 - 5	63 - 250µm	18,9	37	469	36	0,85	28,0	29	65	6,6	80	7,1	89	0,14	0,11	0,19	0,14	0,18	0,14	0,16	0,10	0,12
3.20.1 - 6	250 - 500µm	2,7	81	836	11	0,31	7,5	7	18	1,6	24	2,2	23	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03
3.20.1 - 7	500µm - 2mm	2,4	81	811	6	0,25	6,0	6	14	1,5	16	2,0	20	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
3.20.1 - 8	>2mm	0,6																				
3.20.2 - 1	<2µm	6,0	102	1170	60	0,68	9,7	8	44	4,1	48	6,1	70	0,09	0,10	0,13	0,10	0,08	0,12	0,11	0,08	0,13
3.20.2 - 2	2 - 6µm	11,0	119	1229	122	1,18	18,7	14	105	7,5	92	13,2	136	0,19	0,17	0,25	0,17	0,19	0,23	0,21	0,17	0,25
3.20.2 - 3	6 - 20µm	24,4	92	643	120	1,12	21,7	24	118	9,9	101	22,5	157	0,19	0,16	0,28	0,29	0,22	0,30	0,23	0,29	0,29
3.20.2 - 4	20 - 63µm	40,2	72	240	151	2,41	11,1	26	113	7,0	86	28,9	97	0,24	0,35	0,15	0,32	0,21	0,21	0,20	0,37	0,18
3.20.2 - 5	63 - 250µm	12,9	27	373	81	0,61	7,4	6	57	2,3	47	3,5	48	0,13	0,09	0,10	0,07	0,10	0,07	0,11	0,04	0,09
3.20.2 - 6	>250µm	5,5	76	729	94	0,85	7,5	5	107	2,4	64	4,2	40	0,15	0,12	0,10	0,06	0,20	0,07	0,15	0,05	0,07
3.20.3 - 1	<2µm	5,0	85	1588	20	0,74	7,7	6	51	4,1	40	4,2	79	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,05	0,09
3.20.3 - 2	2 - 6µm	12,4	121	1589	45	1,37	21,9	15	125	10,3	90	15,1	198	0,18	0,16	0,23	0,18	0,18	0,21	0,20	0,18	0,22
3.20.3 - 3	6 - 20µm	51,6	119	1086	152	5,90	60,8	54	393	32,5	280	61,2	561	0,60	0,68	0,63	0,66	0,58	0,65	0,61	0,73	0,63
3.20.3 - 4	20 - 63µm	15,6	0	0	0	0,00	0,0	0	0	0,0	0	0,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.20.3 - 5	63 - 250µm	13,3	17	278	12	0,36	4,0	6	54	2,5	22	2,3	37	0,05	0,04	0,04	0,08	0,08	0,05	0,05	0,03	0,04
3.20.3 - 6	>250µm	2,1	61	728	24	0,35	2,4	1	59	0,8	29	1,3	15	0,09	0,04	0,02	0,01	0,09	0,02	0,06	0,01	0,02

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der einzelnen Kornfraktionen									
			As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	
		Gew.-%	---------- mg/kg ----------									
3.20.4 - 1	<2µm	6,4	225	9,3	103	113	625	74	593	64	1303	
3.20.4 - 2	<6µm	14,7	247	9,0	112	114	622	72	579	74	1213	
3.20.4 - 3	<20µm	29,0	179	9,5	94	106	590	64	492	83	1042	
3.20.4 - 4	<63µm	52,0	85	<4	36	81	316	26	225	86	411	
3.20.4 - 5	63 - 250µm	28,5	16	<4	11	41	168	11	61	19	136	
3.20.4 - 6	250 - 500µm	14,2	16	<4	7	30	100	<7	46	<10	70	
3.20.4 - 7	500µm - 2mm	2,8										
3.20.4 - 8	>2mm	2,6										

Schritt 1:
Analytisch bestimmte Elementgehalte der untersuchten Kornfraktionen.

Kornfraktion	Fraktions-anteil	Elementgehalte der Kornfraktionen						
		As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb
	Gew.-%	---------- mg/kg ----------						
<2µm	6,4	225	9,30	103	113	625	74	593
2 - 6µm	8,3	264	8,77	119	115	620	70	568
6 - 20µm	14,3	109	10,0	75	98	557	56	402
20 - 63µm	23,0	0	-	0	49	0	0	0
63 - 250µm	28,5	16	-	11	41	168	11	61
250 - 500µm	14,2	16	-	7	30	100	-	46
500µm - 2mm	2,8							
>2mm	2,6							

Schritt 2:
Berechnung der Anteile der einzelnen Kornfraktionen <63µm:
Formelbeispiel: F2‘ = F2 – F1

F1 = prozentualer Anteil der Kornfraktion <2µm
F2 = prozentualer Anteil der Kornfraktion <6µm

F2‘ = prozentualer Anteil der Kornfraktion 2 - 6µm

Schritt 3:
Berechnung der Elementgehalte der einzelnen Kornfraktionen auf der Basis der Kornverteilung.

Formelbeispiel : b‘ = b · (F1 + F2‘) / F2‘ – a · F1 / F2‘

a = analyt. bestimmter Elementgehalt (Schritt 1) der separierten Kornfraktion F1 (<2µ)
b = analyt. bestimmter Elementgehalt (Schritt 1) der separierten Kornfraktion F1 (<6µ)
b‘ = berechnete Elementgehalt bezüglich der Einzelfraktion F2‘ (2 - 6µm)
F1 = <2µm, F2‘ = 2 - 6µm

Probe	Kornfraktion	Fraktions-anteil	Gehalte		anhand d. Kornfraktionen errechnete Massenanteile									Verhältnisse der Element-Massenanteile je Fraktion									
			Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	As	Cd	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
		Gew.-%	mg/kg		mg/kg									%								
3.20.4 - 1	<2µm	6,4	64	1303	14,4	0,6	6,6	7,3	40,1	4,8	38	4,1	84	25	20	21	12	17	21	23	8	24
3.20.4 - 2	2 - 6µm	8,3	81	1144	21,9	0,7	9,9	9,6	51,6	5,9	47	6,7	95	37	25	32	16	22	26	28	13	27
3.20.4 - 3	6 - 20µm	14,3	92	865	15,5	1,4	10,8	13,9	79,4	8,0	57	13,1	123	26	49	34	24	34	35	34	26	35
3.20.4 - 4	20 - 63µm	23,0	91	0	0	-	0	11,4	0	0	0	20,8	0	0	-	0	20	00	0	0	41	0
3.20.4 - 5	63 - 250µm	28,5	19	136	4,56	-	3,1	11,7	47,9	3,1	17	5,3	39	8	-	10	20	21	14	10	10	11
3.20.4 - 6	250 - 500µm	14,2	-	70	2,27	-	1,0	4,3	14,2	-	7	1,2	10	4	-	3	7	6	-	4	-	3
3.20.4 - 7	500µm - 2mm	2,8																				
3.20.4 - 8	>2mm	2,6																				

Schritt 5:
Prozentuale Verhältnisse der Massenanteile.

Schritt 4:
anhand der Kornfraktionsanteile errechneter Massenanteil pro kg je Element:

Formelbeispiel: b‘‘ = b‘ · F2‘

b‘ = berechneter Elementgehalt der Einzelfraktion F2‘ (2 - 6µm)

b‘‘ = anhand des Kornfraktionsanteils von F2‘ errechneter Massenanteil pro kg

F2‘ = prozentualer Anteil der Kornfraktion 2 - 6µm

Schritt 3:
Elemente Sn und Zn (Berechnung siehe vorherige Seite).

V.2.2.5 Hintergrundgehalte (RFA) von Böden der Muldeaue und angrenzender Hochflächen

Kornfrakt. <63µm OB: Oberboden UB: Unterboden	Horizont (m u. GOK)	Boden-anspra-che	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe		4022	---------- Gewichts-% ----------										---------- mg/kg ----------											
OB Kleutsch I	0 - 0,2	U,s,t'	60,5	16,7	6,06	1,26	0,79	0,62	2,42	0,99	0,283	0,135	<2,0	53	654	4,9	10,4	<4,0	<100	22	35	115	24,3	1660
UB Kleutsch I	0,2 - 0,5	U,s,t'	64,9	18,2	6,14	1,34	0,45	0,66	2,58	1,06	0,155	0,051	<2,0	45	688	4,3	<4,0	<4,0	<100	17	27	106	29,8	1820
OB Kleutsch II	0 - 0,2	U,s,t'	59,7	15,7	4,84	1,16	0,66	0,61	2,32	0,96	0,287	0,161	<2,0	40	679	3,3	14,2	<4,0	<100	14	32	102	22,6	1405
UB Kleutsch II	0,2 - 0,5	U,t,s'	65,5	18,1	5,43	1,37	0,45	0,70	2,70	1,05	0,141	0,045	<2,0	40	652	<3,0	<4,0	<4,0	<100	19	25	102	27,9	1711
OB Retzau I	0 - 0,1	U,s,t'	59,7	14,4	4,02	1,10	0,94	0,64	2,57	0,90	0,267	0,203	<2,0	48	647	3,9	12,1	<4,0	<100	12	48	92	12,9	1513
UB Retzau I	0,1 - 0,5	U,t,s'	65,0	17,0	4,83	1,36	0,71	0,72	3,01	1,01	0,154	0,049	<2,0	74	739	7,2	<4,0	<4,0	<100	14	51	100	24,9	1922
OB Retzau II	0 - 0,1	U,s,t'	61,8	14,1	4,20	1,14	0,78	0,70	2,68	0,90	0,241	0,081	2,1	93	676	5,8	8,9	<4,0	272	13	50	91	16,8	1728
UB Retzau II	0,1 - 0,5	U,s,t'	65,1	15,9	4,94	1,32	0,76	0,75	2,95	0,96	0,184	0,042	2,0	98	770	8,9	8,2	<4,0	<100	14	45	100	20,4	2130
OB Retzau III	0 - 0,1	S,g,u'	52,7	11,5	3,51	0,64	1,54	0,56	1,72	0,75	0,943	0,283	<2,0	21	488	<3,0	20	<4,0	<100	7	31	67	8,3	1176
OB Retzau IV	0 - 0,1	S,u,g	52,1	11,7	3,50	0,62	1,47	0,53	1,66	0,78	0,869	0,323	<2,0	29	469	<3,0	20,5	<4,0	<100	12	35	76	2,9	1147
OB Priorau I	0 - 0,2	U,s,fg',t'	55,1	13,9	5,36	0,93	1,43	0,54	1,96	0,90	0,240	0,207	<2,0	42	600	<3,0	18,7	<4,0	<100	17	34	77	17,2	1162
UB Priorau I	0,2 - 0,5	U,s,t	60,1	17,2	6,81	1,21	1,10	0,56	2,25	1,00	0,133	0,060	<2,0	47	686	<3,0	8,8	<4,0	<100	18	25	101	26,7	1673
OB Priorau II	0 - 0,2	U,s,fg',t'	60,2	16,7	5,94	1,23	0,83	0,59	2,44	1,04	0,219	0,111	<2,0	57	674	<3,0	12,2	<4,0	154	15	34	104	24,0	1925
UB Priorau II	0,2 - 0,5	U,s,g,t'	63,2	17,6	6,15	1,30	0,54	0,60	2,53	1,08	0,162	0,051	<2,0	52	663	5,7	7,5	<4,0	117	17	28	105	26,8	1751
OB Pri./Marke I	0 - 0,1	S,u',g'	54,1	11,4	2,90	0,58	0,84	0,54	1,67	0,69	0,969	0,232	<2,0	14	414	<3,0	24,6	<4,0	<100	5	30	72	5,0	1429
OB Pri./Marke II	0 - 0,1	S,u	53,0	10,1	2,99	0,59	1,57	0,50	1,63	0,75	1,052	0,273	<2,0	21	463	<3,0	12,6	<4,0	<100	9	26	60	7,3	1100
OB Rossdorf I	0 - 0,25	S,u,g'	54,7	13,8	5,46	0,81	1,69	0,54	1,94	0,83	0,252	0,264	<2,0	31	1061	3,2	18,2	<4,0	157	13	29	87	17,3	1215
UB Rossdorf I	0,25 - 0,5	U,s,t'	59,6	16,2	5,80	0,95	1,50	0,54	1,90	0,82	0,145	0,125	<2,0	19	726	<3,0	8,9	<4,0	<100	9	34	85	16,4	1666
OB Rossdorf II	0 - 0,25	S,u,g'	49,8	12,5	5,94	0,75	2,41	0,46	1,61	0,76	0,279	0,348	<2,0	28	1678	7,0	24	<4,0	177	13	37	74	11,4	1003
UB Rossdorf II	0,25 - 0,5	U,s,t'	57,0	15,4	7,54	0,86	1,86	0,48	1,62	0,76	0,135	0,124	<2,0	22	673	<3,0	9,2	<4,0	<100	14	20	84	25,2	1520
OB Rossdorf III	0 - 0,2	S,u,g'	56,5	10,3	3,62	0,53	1,29	0,57	1,73	0,79	0,459	0,263	<2,0	21	467	<3,0	17,5	<4,0	<100	7	31	74	3,9	1026
OB Rossdorf IV	0 - 0,2	S,u,g'	54,6	11,7	4,40	0,52	1,38	0,56	1,66	0,81	0,584	0,300	2,8	28	498	<3,0	24	<4,0	<100	11	32	83	7,4	1100
OB Düb. Heide I	0 - 0,1	S,u,g'	54,6	12,2	5,75	1,53	3,11	0,47	2,71	0,78	0,189	0,144	<2,0	24	442	3,2	7,9	<4,0	<100	14	25	93	5,7	1399
OB Düb. Heide II	0 - 0,1	S,u,g'	54,2	12,3	5,04	1,73	4,30	0,46	2,81	0,77	0,152	0,116	2,2	9	419	<3,0	6,2	<4,0	<100	14	26	90	4,2	1332

Kornfrakt. <63µm OB: Oberboden UB: Unterboden	Horizont (m u. GOK)	Boden-anspra-che	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe
Probe		4022	mg/kg																		Gewichts-%
OB Kleutsch I	0 - 0,2	U,s,t'	23	<2,0	979	<5,0	39	95	149	6,7	<3,0	15,6	114	15,9	<2,5	11,9	103	<10	252	288	90,2
UB Kleutsch I	0,2 - 0,5	U,s,t'	25	<2,0	1148	<5,0	34	52	159	3,1	<3,0	<10,0	99	16,8	<2,5	9,4	110	<10	172	308	96,0
OB Kleutsch II	0 - 0,2	U,s,t'	21	<2,0	1321	<5,0	37	61	148	<3,0	<3,0	10,1	107	14,6	<2,5	8,1	91	<10	232	300	86,9
UB Kleutsch II	0,2 - 0,5	U,t,s'	21	<2,0	1297	<5,0	39	35	162	<3,0	<3,0	<10,0	98	15,2	<2,5	8,8	94	<10	161	329	96,0
OB Retzau I	0 - 0,1	U,s,t'	18	<2,0	449	<5,0	37	200	147	3,2	<3,0	45,8	103	13,1	<2,5	<5,0	96	11	305	376	85,1
UB Retzau I	0,1 - 0,5	U,t,s'	23	<2,0	489	<5,0	36	244	176	3,6	<3,0	71,8	105	15,5	<2,5	5,3	91	<10	291	368	94,4
OB Retzau II	0 - 0,1	U,s,t'	19	<2,0	610	<5,0	32	209	152	3,2	<3,0	80,2	109	13,6	<2,5	5,7	84	<10	281	424	87,2
UB Retzau II	0,1 - 0,5	U,s,t'	21	<2,0	705	<5,0	35	221	179	4,9	<3,0	91,6	109	13,9	<2,5	5,8	90	13	300	377	93,4
OB Retzau III	0 - 0,1	S,g,u'	13	<2,0	1161	<5,0	25	89	96	<3,0	<3,0	<10,0	178	11,5	<2,5	<5,0	72	<10	166	547	74,6
OB Retzau IV	0 - 0,1	S,u,g	14	<2,0	955	<5,0	27	90	92	<3,0	<3,0	<10,0	161	15,2	<2,5	<5,0	64	<10	172	597	74,0
OB Priorau I	0 - 0,2	U,s,fg',t'	20	<2,0	1163	<5,0	34	67	117	3,8	<3,0	12,4	142	17,5	<2,5	9,1	106	<10	160	334	80,9
UB Priorau I	0,2 - 0,5	U,s,t	20	<2,0	1359	<5,0	45	60	142	<3,0	<3,0	<10,0	118	18,7	2,6	9,7	105	<10	162	320	90,9
OB Priorau II	0 - 0,2	U,s,fg',t'	22	<2,0	1417	<5,0	36	74	186	<3,0	<3,0	13,2	119	17,8	<2,5	9,0	103	<10	205	311	89,8
UB Priorau II	0,2 - 0,5	U,s,g,t'	22	<2,0	1096	<5,0	38	48	182	4,8	<3,0	14,7	103	17,1	<2,5	7,6	106	<10	166	339	93,7
OB Pri./Marke I	0 - 0,1	S,u',g'	13	<2,0	946	<5,0	17	66	77	<3,0	<3,0	<10,0	118	13,8	<2,5	<5,0	60	<10	116	557	74,3
OB Pri./Marke II	0 - 0,1	S,u	13	<2,0	1006	<5,0	18	72	81	<3,0	<3,0	<10,0	145	12,8	<2,5	<5,0	67	<10	162	623	72,9
OB Rossdorf I	0 - 0,25	S,u,g'	17	<2,0	515	<5,0	24	79	94	3,0	<3,0	12,1	130	12,3	<2,5	6,6	96	<10	140	336	80,7
UB Rossdorf I	0,25 - 0,5	U,s,t'	21	<2,0	483	<5,0	33	66	96	4,4	<3,0	11,1	121	16,8	<2,5	9,2	97	<10	106	285	88,0
OB Rossdorf II	0 - 0,25	S,u,g'	15	<2,0	709	<5,0	34	82	77	<3,0	<3,0	<10,0	168	9,6	<2,5	<5,0	100	<10	137	324	75,3
UB Rossdorf II	0,25 - 0,5	U,s,t'	22	<2,0	390	<5,0	33	64	84	3,3	<3,0	10,9	125	20,1	<2,5	7,6	100	10	93	268	86,2
OB Rossdorf III	0 - 0,2	S,u,g'	13	<2,0	734	<5,0	23	66	93	<3,0	<3,0	<10,0	131	10	<2,5	5,2	76	<10	129	584	76,4
OB Rossdorf IV	0 - 0,2	S,u,g'	13	<2,0	830	<5,0	22	90	96	5,1	<3,0	<10,0	153	14,7	<2,5	<5,0	81	<10	150	473	77,0
OB Düb. Heide I	0 - 0,1	S,u,g'	15	<2,0	710	<5,0	35	34	103	<3,0	<3,0	<10,0	112	10,3	<2,5	<5,0	90	<10	86	388	81,9
OB Düb. Heide II	0 - 0,1	S,u,g'	13	<2,0	590	<5,0	34	26	104	3,9	<3,0	<10,0	115	11,9	<2,5	<5,0	90	<10	75	380	82,2

Kornfrakt. <2mm OB: Oberboden UB: Unterboden	Horizont (m u. GOK)	Boden-anspra-che	SiO_2	AL_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Ag	As	Ba	Bi	Br	Cd	Cl	Co	Cu	Cr	Cs	F
Probe		4022	- - - - - - - - - - - - - - - - - - Gewichts-% - - - - - - - - - - - - - - - -										- mg/kg - - - - - - - - - - - - - - - - - -											
OB Kleutsch I	0 - 0,2	U,s,t'	52,9	15,6	6,15	1,15	0,72	0,50	2,19	0,88	0,279	0,120	<2,0	54	585	<3,0	12,6	<4,0	<100	17	32	98	23,0	1489
UB Kleutsch I	0,2 - 0,5	U,s,t'	58,8	18,2	6,55	1,35	0,42	0,56	2,40	0,98	0,153	0,048	2,2	48	602	5,1	<4,0	<4,0	<100	24	21	100	27,8	1741
OB Kleutsch II	0 - 0,2	U,s,t'	54,5	15,8	6,05	1,17	0,66	0,53	2,20	0,92	0,304	0,162	<2,0	61	664	3,4	14,8	<4,0	<100	25	32	98	21,5	1207
UB Kleutsch II	0,2 - 0,5	U,t,s'	60,0	18,2	7,00	1,42	0,42	0,58	2,56	1,02	0,175	0,056	2,4	47	603	<3,0	6,6	<4,0	<100	30	28	103	29,0	1678
OB Retzau I	0 - 0,1	U,s,t'	55,2	13,0	3,30	0,99	0,82	0,55	2,28	0,75	0,235	0,174	<2,0	37	555	<3,0	7,9	<4,0	<100	16	36	66	18,7	1386
UB Retzau I	0,1 - 0,5	U,t,s'	60,0	16,6	4,44	1,32	0,68	0,63	2,85	0,93	0,140	0,046	<2,0	62	689	6,5	<4,0	<4,0	<100	15	52	91	25,6	1839
OB Retzau II	0 - 0,1	U,s,t'	56,5	13,3	3,63	1,07	0,69	0,61	2,46	0,76	0,226	0,078	<2,0	80	619	4,3	6,9	<4,0	<100	10	45	70	17,1	1688
UB Retzau II	0,1 - 0,5	U,s,t'	59,9	15,8	4,84	1,31	0,74	0,66	2,82	0,90	0,179	0,046	<2,0	111	756	5,4	5,3	<4,0	<100	17	51	86	21,5	2109
OB Retzau III	0 - 0,1	S,g,u'	50,0	6,0	1,09	0,28	0,60	0,38	1,12	0,27	0,436	0,117	<2,0	12	243	<3,0	5,4	<4,0	<100	<4	13	10	2,6	969
OB Retzau IV	0 - 0,1	S,u,g	47,6	6,4	1,23	0,29	0,65	0,35	1,09	0,32	0,451	0,153	<2,0	11	254	<3,0	6,5	<4,0	<100	6	14	17	2,5	1026
OB Priorau I	0 - 0,2	U,s,fg',t'	52,3	11,5	4,06	0,77	1,12	0,45	1,63	0,64	0,210	0,173	<2,0	29	491	<3,0	12,9	<4,0	<100	9	22	56	11,0	1233
UB Priorau I	0,2 - 0,5	U,s,t	53,3	16,4	6,60	1,14	1,01	0,45	2,02	0,89	0,125	0,050	<2,0	45	622	3,6	5,4	<4,0	<100	22	24	86	21,8	1689
OB Priorau II	0 - 0,2	U,s,fg',t'	54,5	16,0	6,48	1,18	0,77	0,50	2,24	0,94	0,219	0,104	2,1	56	648	<3,0	11,5	<4,0	<100	21	29	95	23,3	1529
UB Priorau II	0,2 - 0,5	U,s,g,t'	52,8	15,8	6,45	1,16	0,46	0,46	2,18	0,90	0,167	0,046	<2,0	55	556	<3,0	5,8	<4,0	<100	18	22	91	20,8	1453
OB Pri./Marke I	0 - 0,1	S,u',g'	37,9	6,0	1,06	0,25	0,34	0,35	1,16	0,25	0,417	0,085	<2,0	<7	233	<3,0	4,4	<4,0	<100	<4	12	<10	2,2	1245
OB Pri./Marke II	0 - 0,1	S,u	53,2	5,3	0,83	0,27	0,62	0,35	1,08	0,26	0,484	0,126	<2,0	<7	243	<3,0	<4,0	<4,0	<100	<4	10	<10	<2,0	919
OB Rossdorf I	0 - 0,25	S,u,g'	50,9	11,0	3,23	0,63	1,20	0,43	1,58	0,55	0,192	0,196	<2,0	13	744	<3,0	11,6	<4,0	<100	7	19	40	8,7	1241
UB Rossdorf I	0,25 - 0,5	U,s,t'	53,7	14,0	4,29	0,78	1,25	0,44	1,64	0,66	0,127	0,102	2,5	16	578	<3,0	4,4	<4,0	<100	6	25	61	14,5	1387
OB Rossdorf II	0 - 0,25	S,u,g'	47,2	9,8	3,58	0,56	1,68	0,35	1,30	0,50	0,212	0,261	<2,0	22	1191	<3,0	14	<4,0	<100	7	22	39	2,1	1132
UB Rossdorf II	0,25 - 0,5	U,s,t'	51,1	13,3	5,18	0,73	1,48	0,40	1,36	0,59	0,111	0,093	<2,0	17	522	4,5	5,9	<4,0	<100	9	17	60	18,6	1370
OB Rossdorf III	0 - 0,2	S,u,g'	53,6	6,8	1,65	0,33	0,69	0,40	1,24	0,37	0,307	0,163	<2,0	13	286	<3,0	6,8	<4,0	<100	<4	14	18	3,4	972
OB Rossdorf IV	0 - 0,2	S,u,g'	52,4	6,4	1,37	0,27	0,60	0,41	1,19	0,32	0,319	0,149	<2,0	14	273	<3,0	6,3	<4,0	<100	<4	13	15	<2,0	1000
OB Düb. Heide I	0 - 0,1	S,u,g'	51,4	7,9	2,27	0,98	1,76	0,34	1,73	0,37	0,119	0,079	<2,0	11	260	<3,0	<4,0	<4,0	<100	4	12	24	2,9	1262
OB Düb. Heide II	0 - 0,1	S,u,g'	50,6	8,9	2,54	1,23	2,92	0,36	1,99	0,44	0,112	0,073	<2,0	<7	289	<3,0	<4,0	<4,0	<100	<4	16	41	2,7	1288

Kornfrakt. <2mm OB: Oberboden UB: Unterboden	Horizont (m u. GOK)	Boden-anspra-che	Ga	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Th	Tl	U	V	W	Zn	Zr	Summe
Probe		4022	mg/kg																		Gewichts-%
OB Kleutsch I	0 - 0,2	U,s,t'	21	<2,0	1196	<5,0	42	107	138	<3,0	<3,0	10,3	103	11,3	<2,5	9,8	104	<10	237	228	80,9
UB Kleutsch I	0,2 - 0,5	U,s,t'	25	<2,0	1326	<5,0	36	54	153	3,7	<3,0	11,2	87	16,3	<2,5	9,5	109	<10	167	261	89,9
OB Kleutsch II	0 - 0,2	U,s,t'	22	<2,0	2581	<5,0	42	104	149	4,7	<3,0	13,8	100	20,7	<2,5	9,1	100	<10	245	253	82,9
UB Kleutsch II	0,2 - 0,5	U,t,s'	25	<2,0	2335	<5,0	37	55	157	3,1	<3,0	<10,0	91	21,1	<2,5	10,4	104	<10	175	279	92,0
OB Retzau I	0 - 0,1	U,s,t'	14	<2,0	378	<5,0	33	156	125	<3,0	<3,0	31,9	85	9,2	<2,5	5,3	85	<10	242	250	77,6
UB Retzau I	0,1 - 0,5	U,t,s'	20	<2,0	465	<5,0	34	218	164	5,1	<3,0	62,4	94	16,2	<2,5	6,8	84	12	279	303	88,1
OB Retzau II	0 - 0,1	U,s,t'	16	<2,0	635	<5,0	26	181	130	<3,0	<3,0	56,9	89	10,1	<2,5	<5,0	71	<10	232	291	79,7
UB Retzau II	0,1 - 0,5	U,s,t'	20	<2,0	825	<5,0	30	238	169	3,7	<3,0	79,6	101	11,4	<2,5	7,5	79	<10	300	318	87,7
OB Retzau III	0 - 0,1	S,g,u'	5	<2,0	383	<5,0	10	25	36	<3,0	<3,0	<10,0	49	<8,0	<2,5	<5,0	26	<10	40	122	60,5
OB Retzau IV	0 - 0,1	S,u,g	6	<2,0	366	<5,0	11	25	36	<3,0	<3,0	<10,0	52	<8,0	<2,5	<5,0	28	<10	49	136	58,7
OB Priorau I	0 - 0,2	U,s,fg',t'	13	<2,0	957	<5,0	24	48	87	<3,0	<3,0	<10,0	97	<8,0	<2,5	<5,0	76	<10	106	187	73,2
UB Priorau I	0,2 - 0,5	U,s,t	18	<2,0	1413	<5,0	39	51	119	3,3	<3,0	<10,0	98	17,6	<2,5	7,7	102	<10	137	225	82,4
OB Priorau II	0 - 0,2	U,s,fg',t'	19	<2,0	2176	<5,0	34	90	158	<3,0	<3,0	<10,0	104	17,2	<2,5	11,1	103	<10	180	231	83,4
UB Priorau II	0,2 - 0,5	U,s,g,t'	20	<2,0	2077	<5,0	32	65	152	3,7	<3,0	11,7	81	14,8	<2,5	9,0	97	<10	144	236	80,9
OB Pri./Marke I	0 - 0,1	S,u',g'	5	<2,0	357	<5,0	11	14	29	<3,0	<3,0	<10,0	31	<8,0	<2,5	<5,0	22	<10	28	83	48,0
OB Pri./Marke II	0 - 0,1	S,u	3	<2,0	326	<5,0	<10	16	29	<3,0	<3,0	<10,0	43	<8,0	<2,5	<5,0	23	<10	34	113	62,7
OB Rossdorf I	0 - 0,25	S,u,g'	10	<2,0	327	<5,0	20	40	64	<3,0	<3,0	<10,0	75	8,5	<2,5	<5,0	60	<10	74	162	70,1
UB Rossdorf I	0,25 - 0,5	U,s,t'	17	<2,0	405	<5,0	19	44	72	4,4	<3,0	<10,0	85	14,3	<2,5	6,1	81	<10	70	179	77,3
OB Rossdorf II	0 - 0,25	S,u,g'	11	<2,0	449	<5,0	19	46	53	<3,0	<3,0	<10,0	94	11,9	<2,5	<5,0	74	<10	84	150	65,8
UB Rossdorf II	0,25 - 0,5	U,s,t'	16	<2,0	266	<5,0	25	39	62	<3,0	<3,0	<10,0	83	11,6	<2,5	5,7	82	<10	61	162	74,6
OB Rossdorf III	0 - 0,2	S,u,g'	6	<2,0	364	<5,0	<10	25	50	<3,0	<3,0	<10,0	57	<8,0	<2,5	<5,0	34	<10	50	167	65,8
OB Rossdorf IV	0 - 0,2	S,u,g'	5	<2,0	291	<5,0	10	26	42	<3,0	<3,0	<10,0	48	<8,0	<2,5	<5,0	28	<10	36	112	63,6
OB Düb. Heide I	0 - 0,1	S,u,g'	7	<2,0	330	<5,0	15	11	41	<3,0	<3,0	<10,0	47	<8,0	<2,5	<5,0	44	<10	25	120	67,2
OB Düb. Heide II	0 - 0,1	S,u,g'	9	<2,0	365	<5,0	19	13	55	<3,0	<3,0	<10,0	61	<8,0	<2,5	<5,0	53	<10	34	145	69,5

Statistische Parameter der Hintergrundgehalte (RFA) von Böden der Muldeaue und angrenzender Hochflächen.

Kornfraktion < 63µm										
Elemente	Konzentration	Aue-Oberböden (N=8) (0,0 – 0,2 m u. GOK)			Aue-Unterböden (N=8) (0,2 – 0,5 m u. GOK)			Hochflächen (N=8) (0,0 – 0,1 m u. GOK)		
Statistik		Mit.	Stdw.	Med.	Mit.	Stdw.	Med.	Mit.	Stdw.	Med.
SiO_2	Gew.-%	57,7	4,29	59,7	62,6	3,21	61,6	54,0	1,39	54,1
Al_2O_3	Gew.-%	14,7	1,79	14,3	17,0	1,04	16,6	11,4	0,81	11,6
Fe_2O_3	Gew.-%	5,2	0,80	5,4	6,0	0,92	5,6	4,0	1,01	3,6
MgO	Gew.-%	1,05	0,201	1,12	1,21	0,198	1,26	0,84	0,491	0,61
CaO	Gew.-%	1,19	0,603	0,89	0,92	0,522	0,93	1,94	1,159	1,51
Na_2O	Gew.-%	0,59	0,065	0,60	0,63	0,096	0,58	0,52	0,042	0,54
K_2O	Gew.-%	2,24	0,346	2,37	2,44	0,490	2,39	1,95	0,502	1,70
TiO_2	Gew.-%	0,910	0,106	0,900	0,968	0,117	0,980	0,765	0,036	0,775
P_2O_5	Gew.-%	0,259	0,046	0,260	0,151	0,017	0,155	0,652	0,358	0,727
SO_3	Gew.-%	0,189	0,096	0,182	0,068	0,035	0,056	0,242	0,074	0,268
F	mg/kg	1451	305	1459	1774	186	1692	1214	152	1162
Ag	mg/kg	<2		<2	<2		<2	<2		<2
As	mg/kg	49	18	45	50	26	43	21	7	21
Ba	mg/kg	834	335	675	700	41	707	458	30	465
Bi	mg/kg	3,89	1,88	3,60	4,01	2,98	3,20	1,71	0,60	1,50
Br	mg/kg	14,8	5,44	13,2	6,1	3,41	8,5	16,7	7,03	18,8
Cd	mg/kg	<4,0		<4,0	<4,0		<4,0	<4,0		<4,0
Cl	mg/kg	<100		<100	<100		<100	<100		<100
Co	mg/kg	14,9	3,0	13,5	15,3	3,2	14,0	9,9	3,4	10,0
Cu	mg/kg	37,4	7,75	34,5	31,9	10,8	28,5	29,5	3,5	30,5
Cr	mg/kg	92,8	13	91,5	97,9	9	100,0	76,9	11	75,0
Cs	mg/kg	18,3	5,61	17,3	24,8	4,35	25,1	5,6	1,92	5,4
Ga	mg/kg	19,4	2,60	19,5	21,9	1,55	21,0	13,4	0,74	13,0
Hg	mg/kg	<2,0		<2,0	<2,0		<2,0	<2,0		<2,0
Mn	mg/kg	895	343	844	871	397	610	867	185	888
Mo	mg/kg	<5,0		<5,0	<5,0		<5,0	<5,0		<5,0
Ni	mg/kg	34	4,4	35	37	4,0	35	25	6,7	24
Pb	mg/kg	108	59	81	99	83	65	67	25	69
Rb	mg/kg	134	37	148	148	38	151	93	10	95
Sb	mg/kg	3,05	1,70	3,1	3,39	1,34	3,2	2,25	1,43	1,5
Se	mg/kg	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0
Sn	mg/kg	<10,0		<10,0	<10,0		<10,0	<10,0		<10,0
Sr	mg/kg	124	21	117	110	10	114	139	24	138
Th	mg/kg	14	3	14	17	2	16	13	2	12
Tl	mg/kg	<2,5		<2,5	<2,5		<2,5	<2,5		<2,5
U	mg/kg	6,9	2,9	7,4	7,9	1,7	7,6	2,8	1,0	2,5
V	mg/kg	97	7	98	99	7	97	75	11	74
W	mg/kg	<10		<10	<10		<10	<10		<10
Zn	mg/kg	214	60	219	181	76	162	132	37	140
Zr	mg/kg	337	39	329	324	38	333	519	94	552

<Wert : Meßwert unterhalb der RFA-Kalibrierungsgrenze
Mit. = arithmetischer Mittelwert, Stdw. = Standardabweichung, Med. = Median

Statistische Parameter der Hintergrundgehalte (RFA) von Böden der Muldeaue und randlicher Hochflächen.

Kornfraktion < 2 mm										
Ele-mente	Konzent-ration	Aue-Oberböden (N=8) (0,0 – 0,2 m u. GOK)			Aue-Unterböden (N=8) (0,2 – 0,5 m u. GOK)			Hochflächen (N=8) (0,0 – 0,1 m u. GOK)		
Statistik		Mit.	Stdw.	Med.	Mit.	Stdw.	Med.	Mit.	Stdw.	Med.
SiO_2	Gew.-%	53,0	2,58	53,7	56,2	3,81	53,5	49,6	5,12	51,0
Al_2O_3	Gew.-%	13,2	2,34	13,1	16,0	1,75	15,8	6,7	1,16	6,4
Fe_2O_3	Gew.-%	4,6	1,48	3,8	5,7	1,09	5,0	1,5	0,61	1,3
MgO	Gew.-%	0,94	0,241	1,03	1,15	0,262	1,15	0,49	0,388	0,29
CaO	Gew.-%	0,96	0,376	0,80	0,81	0,402	0,88	1,02	0,877	0,64
Na_2O	Gew.-%	0,49	0,072	0,50	0,52	0,097	0,46	0,37	0,026	0,36
K_2O	Gew.-%	1,99	0,378	2,20	2,23	0,537	2,10	1,33	0,341	1,18
TiO_2	Gew.-%	0,743	0,162	0,755	0,859	0,152	0,895	0,325	0,066	0,320
P_2O_5	Gew.-%	0,235	0,044	0,223	0,147	0,025	0,160	0,331	0,146	0,368
SO_3	Gew.-%	0,159	0,070	0,168	0,061	0,023	0,053	0,118	0,036	0,122
F	mg/kg	1363	174	1314	1658	252	1566	1085	152	1013
Ag	mg/kg	<2		<2	<2		<2	<2		<2
As	mg/kg	44	20	45,5	50	30	46	8,9	5	11
Ba	mg/kg	687	199	634	616	75	613	260	21	257
Bi	mg/kg	2,09	1,01	1,50	3,70	1,99	2,55	1,50	0	1,50
Br	mg/kg	11,5	3,45	12,1	4,7	1,76	5,6	4,4	2,14	4,9
Cd	mg/kg	<4,0		<4,0	<4,0		<4,0	<4,0		<4,0
Cl	mg/kg	<100		<100	<100		<100	<100		<100
Co	mg/kg	14	6,2	13	17,6	7,8	16	2,8	1,5	2,0
Cu	mg/kg	30	8,2	31	30	13,6	23	13	1,77	13
Cr	mg/kg	70	23	68	85	16	86	17	12	16
Cs	mg/kg	16	7,10	18	22	4,8	21	2	0,9	3
Ga	mg/kg	16	4,4	15	20	3,4	19	6	1,8	6
Hg	mg/kg	<2,0		<2,0	<2,0		<2,0	<2,0		<2,0
Mn	mg/kg	1087	863	796	1139	781	645	348	30	361
Mo	mg/kg	<5,0		<5,0	<5,0		<5,0	<5,0		<5,0
Ni	mg/kg	30	8,1	30	32	6,7	31	13	3,6	11
Pb	mg/kg	97	48	97	96	82	53	19	6	21
Rb	mg/kg	113	39	128	131	42	136	40	9	39
Sb	mg/kg	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0
Se	mg/kg	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0	<3,0		<3,0
Sn	mg/kg	<10,0		<10,0	<10,0		<10,0	<10,0		<10,0
Sr	mg/kg	93	10,2	96	90	7,2	86	49	9,1	49
Th	mg/kg	12	4,8	11	15	3,2	15	4	0,0	4
Tl	mg/kg	<2,5		<2,5	<2,5		<2,5	<2,5		<2,5
U	mg/kg	5,7	3,6	3,9	7,8	1,7	7,2	2,5	0,0	2,5
V	mg/kg	84	15,6	81	92	12,0	83	32	10,9	28
W	mg/kg	<10		<10	<10		<10	<10		<10
Zn	mg/kg	175	68	206	167	86	141	37	9	35
Zr	mg/kg	219	43	230	245	56	231	125	25	121

<Wert : Meßwert unterhalb der RFA-Kalibrierungsgrenze
Mit. = arithmetischer Mittelwert, Stdw. = Standardabweichung, Med. = Median

V.2.3 Daten der naßchemischen Extraktions- und Elutionsuntersuchungen

V.2.3.1 Methoden und Nachweisgrenzen zur Analytik

Meßmethoden		Messungen in Anlehnung an folgende DIN
Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	ICP-OES(-AES)	DIN EN ISO 11885 (DIN 38 406-E22)
Atomabsorptions-Spektrometrie	Flammen-AAS	DIN ISO 11047
	Graphitrohr-AAS	
Atomabsorptions-Spektrometrie	Graphitrohr-AAS	DIN ISO 5961 (DIN 38 406-E 19)

Untere Bestimmungsgrenzen der gemessenen Elemente
(in Wertetabellen als: <Wert oder <BSG = unterhalb der Bestimmungsgrenze)

	Sequentielle Extraktion Fraktionen 1 - 6					Pflanzenverfügbarkeit	EDTA	Königswasser
	1. Fr.	2. Fr.	3. Fr.	4. Fr.	5+6. Fr.	PFL	EDTA	KW
	- mg/l -							
As	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,02
Cd	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002	0,00002*	0,1
Cr	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01/0,02	0,04	0,2
Cu	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02/0,06	0,03/0,6	0,1
Fe	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	100
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1
Ni	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,1
Pb	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,8	0,1
Zn	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,05

*Probe 3.2.2 : untere Bestimmungsgrenze = 0,08 mg/l (EDTA).

Mit Methoden-spezifischen Faktoren multiplizierte Bestimmungsgrenzen

Sequentiel. Extrakt. ZEIEN & BRÜMMER (1989, 1991) Fraktionen 1 - 6						Pflanzenverfügbarkeit	EDTA	Königswasser
	1. Fr.	2. Fr.	3. Fr.	4. Fr.	5+6. Fr.	PFL	EDTA	KW
Faktoren >	- mg/l -							
	25,25	37,75	50,25	37,5	37,5	25	10	33,33
As	0,013	0,019	0,025	0,019	0,019	0,0125	0,005	0,66
Cd	0,0005	0,0008	0,0010	0,0008	0,0008	0,0005	0,0002*	3,3
Cr	0,5	0,8	1,0	0,8	1,5	0,5/0,25	0,4	6,6
Cu	0,5	0,8	1,0	0,8	1,1	0,5/1,5	0,3/6,0	3,3
Fe	0,5	0,8	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	3300
Mn	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,25	0,1	33
Ni	1,3	1,9	2,5	1,9	1,1	1,26	0,3	3,3
Pb	0,003	0,004	0,005	0,004	0,004	0,0025	8	3,3
Zn	0,76	1,13	1,51	1,13	1,13	0,75	0,3	1,65

*Probe 3.2.2 : untere Bestimmungsgrenze = 0,8 bei EDTA

7. Fraktion: RFA minus Summe der Fraktionen 1.-6.

PFL : angenähert pflanzenverfügbarer Anteil (NH_4NO_3-Elution)

V.2.3.2 Daten der Extraktionen mit Königswasser (KW) und EDTA

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg				Gew.-%	mg/kg				mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg			
1	1.1.1	207	16,7	97	153	3,17	613	63	261	1078	11,3	11,82	1,3	89	0,148	231	8,2	141	156
1	1.1.2	339	3,3	61	97	2,83	710	33	447	555	11,5	4,66	0,5	46	0,085	428	2,7	301	55
1	1.1.3	143	3,3	21	53	1,99	470	27	297	395	19,4	1,82	<0,4	18	0,154	270	1,3	188	40
1	1.1.1b	189	20,0	140	200	2,62	263	67	271	1078	35,4	14,03	4,9	101	0,187	76	9,6	137	198
1	1.1.2b	198	3,3	35	43	2,15	400	27	467	480	65,6	1,04	1,4	21	0,348	171	1,8	385	49
1	1.1.3b	161	3,3	24	53	1,98	567	27	297	395									
1	1.1.4b	135	3,3	20	53	1,82	417	27	287	379									
1	1.1.5b	137	3,3	24	57	1,91	463	27	297	405									
1	1.2.1	187	10,0	83	133	3,03	850	50	268	849	7,2	7,12	0,9	74	0,107	494	5,5	134	95
1	1.2.2	198	3,3	40	73	2,25	877	27	376	431	7,1	2,55	<0,4	35	0,043	434	2,9	197	46
1	1.2.3	141	3,3	22	43	2,00	770	23	199	356									
1	1.2.4	152	3,3	22	43	2,01	820	27	196	402									
1	1.3.0	175	6,7	81	127	2,53	417	47	287	784	42,4	5,20	2,7	56	0,256	193	8,6	158	199
1	1.3.1	214	16,7	127	197	2,86	853	63	274	1045	30,0	11,36	3,6	108	0,192	380	10,3	128	191
1	1.3.2	207	6,7	97	187	3,07	1080	57	343	849	11,2	4,54	1,2	83	0,134	465	4,4	126	91
1	1.3.3	243	3,3	93	250	2,46	597	47	333	510									
1	1.3.4	178	3,3	84	193	2,43	817	37	330	513									
1	1.3.5	158	3,3	110	157	1,99	320	37	356	529									
1	1.4.0	41	3,3	22	27	1,67	377	27	90	284	3,6	4,04	<0,4	10	0,091	202	5,5	51	60
1	1.4.1	63	3,3	48	50	2,54	823	27	105	268	5,1	2,13	0,7	21	0,117	140	4,5	40	45
1	1.4.2	119	10,0	81	90	2,72	690	50	183	529	7,6	6,81	2,5	47	0,184	115	12,2	78	94
1	1.4.3	172	10,0	87	140	3,05	807	50	255	817	8,1	6,49	1,2	76	0,111	152	4,0	105	96
1	1.4.4	140	3,3	25	47	1,55	683	20	255	301	4,6	1,71	<0,4	20	0,037	143	1,4	128	29

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	1.4.5	100		25	37	1,92	627	20	150	252									
1	1.4.6	92		18	33	1,83	683	20	95	225									
1	1.5.1	151	6,7	67	83	2,55	760	37	258	562	6,1	4,95	0,6	41	0,102	467	5,1	131	72
1	1.5.2	140	3,3	28	53	1,87	763	20	333	314	5,5	1,69	<0,4	22	0,040	415	2,8	178	36
1	1.5.3	128		21	37	1,85	653	20	183	252									
1	1.5.4	100		21	40	2,11	677	23	163	242									
1	1.6.1	198	13,3	92	103	4,27	2933	73	261	1307	5,5	13,20	0,5	68	0,099	1831	12,4	157	273
1	1.6.2	236	3,3	40	67	2,19	483	23	528	333	11,3	2,43	<0,4	29	0,088	336	2,8	368	45
1	1.6.3	367	3,3	30	53	2,59	533	23	392	343									
1	1.6.4	145	3,3	23	50	1,87	310	23	356	333									
1	1.6.5	158	3,3	20	43	2,02	320	20	232	284									
1	1.6.6	142	3,3	17	37	1,87	263	23	225	278									
1	1.6.7	19		21	20	1,54	173	20	49	137									
1	1.6.8	43		21	43	1,35	147	20	43	163									
1	1.7.1	136	6,7	80	83	2,90	757	40	244	524	4,1	3,96	0,7	40	0,088	359	4,1	117	50
1	1.7.2	140		35	50	2,29	613	23	188	297	0,7	1,45	<0,4	17	0,031	143	2,1	94	16
1	1.7.3	69		25	27	2,28	793	23	76	191									
1	1.7.4	18		18	13	1,82	553	20	27	133									
1	1.7.5	23		18	10	1,64	370	20	17	107									
1	1.8.1	172	6,7	87	110	2,97	870	40	409	602	7,3	4,70	1,1	61	0,103	490	4,4	201	88
1	1.8.2	167	3,3	33	60	1,79	650	20	455	410	9,7	1,79	<0,4	28	0,057	312	1,6	334	64
1	1.8.3	138	3,3	26	40	1,92	823	20	228	394									
1	1.8.4	141		29	50	2,32	627	23	280	330									

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	1.8.5	84		29	40	2,55	760	27	106	253									
1	1.9.1	241	33,3	110	93	4,20	233	77	173	1664	18,3	22,92	3,5	42	0,259	58	25,9	79	824
1	1.9.2	365	26,7	128	130	4,70	270	97	372	1632	6,8	20,84	1,9	66	0,105	53	21,7	192	548
1	1.9.3	154	3,3	37	70	1,46	130	20	594	262									
1	1.9.4	100	3,3	29	50	1,82	183	23	385	269									
1	1.9.5	79		29	37	2,12	233	27	203	259									
1	1.10.1	146		109	103	3,19	913	43	291	608	5,9	4,73	1,2	50	0,116	513	4,7	127	67
1	1.10.2	139		32	47	2,50	640	23	206	272	5,6	0,37	<0,4	13	0,028	112	0,8	87	8
1	1.10.3	51		21	20	2,02	687	20	50	154									
1	1.11.1	150	6,7	300	87	3,10	340	40	133	475	12,5	4,12	9,3	36	0,381	107	8,2	44	112
1	1.11.2	305	16,7	1067	177	5,27	743	73	251	1209	7,4	10,66	6,9	97	0,287	301	12,8	87	333
1	1.11.3	359	10,0	85	157	2,63	1117	33	924	915									
1	1.11.4	192	6,7	28	57	2,08	1080	23	333	420									
1	1.11.5	172	3,3	35	53	2,91	843	27	304	346									
1	1.11.6	22		65	20	1,98	460	23	43	178									
1	1.11.7	32		27	13	1,64	333	20	20	117									
1	1.11.8	23		27	10	1,54	377	20	17	93									
1	1.11.9	17		28	13	1,31	180	23	17	103									
1	1.11.10	21		32	17	1,91	274	27	17	117									
1	1.11.11	19		24	17	1,67	307	20	27	120									
1	1.11.0	131		54	17	0,07	67	13	16	131	5,6	0,37	<0,4	13	0,028	112	0,8	87	8
2	2.1.0	156	17,8		507	3,39	125		846	9082	21,7	13,16		213	0,334	44		453	7180
2	2.1.1	55	3,2		138	4,87	585		225	485	2,7	1,24		29	0,309	146		47	106

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
2	2.1.2	48	0,9		114	3,29	196		316	139	7,0	0,62		53	0,423	36		86	38
2	2.2.1	51	0,7		157	2,74	116		319	110	17,8	2,65		241	1,168	17		251	119
2	2.2.2	78	0,2		66	3,54	135		407	109	16,8	0,28		27	0,571	7		31	19
2	2.3.1	91	0,6		101	3,73	243		316	144	7,5	0,65		48	0,525	28		46	30
2	2.3.2	69	0,4		47	2,28	527		162	187	0,2	0,21		17	0,053	43		50	15
2	2.4.1	73	0,7		91	2,35	112		259	178	11,0	0,98		40	0,294	22		57	35
2	2.4.2	67	0,7		80	2,79	119		213	319	1,5	0,33		28	0,121	11		76	18
2	2.5.1	77	0,9		108	2,63	152		310	232	6,4	19,14		50	0,211	44		68	67
2	2.5.2	69	2,9		95	2,74	426		287	457	0,8	2,33		44	0,069	117		93	58
2	2.6.1	50	0,8		96	2,61	269		187	195	2,3	1,58		48	0,157	67		75	47
2	2.6.2	118	1,6		91	3,98	191		248	214	2,4	1,33		36	0,206	23		46	33
2	2.7.1	24	0,7		27	1,96	468		56	150	1,4	1,15		13	0,089	271		30	44
2	2.7.2	72	1,5		34	2,40	571		90	193	1,4	2,03		17	0,065	203		39	19
2	2.8.1c	103	0,8		99	3,75	261		278	185	3,8	1,23		48	0,355	32		52	46
2	2.8.2	42	2,1		57	2,52	652		112	394	0,4	1,16		26	0,031	144		24	72
2	2.9.1	120	0,9		128	3,72	151		414	189	8,2	2,05		60	0,505	26		81	72
2	2.9.2	91	1,6		135	2,62	349		197	415	0,9	1,30		53	0,074	46		84	34
2	2.10.1	175	0,4		73	5,10	138		358	110	14,4	0,38		25	0,773	3		12	11
2	2.10.2	96	1,1		155	2,95	737		205	324	0,5	0,54		44	0,075	43		64	24
2	2.11.1	77	0,1		153	3,04	174		23	140	5,9	0,82		54	0,412	15		81	30
2	2.11.2	43	0,1		73	2,60	57		350	68	4,3	0,11		21	0,222	2		93	10
3	3.1.1	77	3,3	36	33	1,89	558	20	137	235	3,8	2,69	<0,4	7	0,071	70	1,4	32	21
3	3.1.2	68		24	23	1,55	521	17	107	160	1,2	0,38	<0,4	8	0,029	51	1,1	41	10

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
3	3.1.3	74		28	27	1,88	591	20	100	216									
3	3.2.1	88	3,3	56	50	1,81	587	23	176	340	3,3	1,69	1,3	21	0,056	89	3,5	79	51
3	3.2.2	93	3,3	24	33	1,58	541	15	143	229	2,4	<0,80	<0,4	13	0,034	72	1,4	64	26
3	3.3.1	97	3,3	84	50	2,52	515	21	143	255	7,2	1,50	1,7	15	0,142	316	3,5	27	70
3	3.3.2	143		148	97	3,15	188	28	284	274	16,1	0,33	6,9	32	0,262	16	2,9	76	21
3	3.3.4	147		80	97	2,34	353	25	402	431									
3	3.3.5	121	3,3	28	43	2,00	475	18	219	304									
3	3.3.6	86	3,3	24	37	1,93	472	21	170	330									
3	3.3.6b	137	3,3	24	43	1,87	703	21	219	310									
3	3.3.7	119	3,3	24	40	1,95	419	23	199	360									
3	3.3.8	140	3,3	28	47	1,50	254	33	245	561									
3	3.4.1	88	6,7	52	73	3,05	1205	37	170	442	2,9	4,36	1,1	23	0,106	510	8,2	60	147
3	3.4.2	137	6,7	56	63	2,17	983	30	307	498	2,4	3,16	0,9	27	0,058	209	5,3	115	102
3	3.5.1	87		40	33	1,69	657	17	160	190	2,1	1,09	1,5	17	0,070	115	3,0	61	39
3	3.6.1+2	137	10,0	167	133	2,45	454	47	212	577	15,1	4,52	9,5	67	0,201	129	7,7	86	110
3	3.6.3	476	10,0	313	167	3,93	330	47	353	570									
3	3.7.1	150	10,0	147	113	2,91	581	53	209	617	21,6	5,25	9,4	43	0,417	232	10,9	94	173
3	3.7.2	170	13,3	220	150	2,55	461	57	225	900	17,0	8,35	7,2	74	0,185	142	12,8	93	202
3	3.7.3	286	13,3	173	200	2,77	545	60	255	967									
3	3.7.4	260	13,3	140	167	2,88	676	63	238	1133									
3	3.8.1	93	3,3	42	43	1,88	640	20	153	283	2,5	0,82	1,0	9	0,075	80	2,2	62	23
3	3.8.2	78		38	37	1,77	439	20	137	237	2,3	1,18	0,6	15	0,054	143	2,6	64	27
3	3.8.3	87		34	37	1,80	538	17	163	217									

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
3	3.9.1+2	64	3,3	73	63	1,70	157	30	186	412	17,4	2,08	4,0	32	0,154	26	4,5	121	55
3	3.9.3	106	3,3	41	47	2,14	300	23	222	370	2,9	1,32	0,6	20	0,065	82	2,5	117	25
3	3.9.4	93	3,3	26	43	1,63	290	20	193	353									
3	3.10.1	124	3,3	73	70	2,16	304	30	238	480	8,3	1,72	2,2	31	0,117	85	4,1	129	44
3	3.10.2	165	3,3	22	47	2,02	686	27	216	402	4,8	1,69	<0,4	17	0,054	308	4,1	113	60
3	3.10.3	212	3,3	22	43	2,44	983	23	173	405									
3	3.11.1	146	3,3	70	73	1,87	175	27	193	389	60,6	2,75	8,6	38	0,444	57	6,5	120	106
3	3.11.2	156	3,3	147	110	2,56	214	37	310	433	20,0	3,87	10,6	51	0,209	46	4,8	157	53
3	3.11.3	143	3,3	22	40	1,98	535	20	186	333									
3	3.11.5b	142	3,3	107	73	2,20	346	27	203	349									
3	3.11.6b	159	3,3	26	47	2,00	455	20	242	352									
3	3.12.1	152	6,7	97	90	2,33	706	33	287	605	4,2	3,53	1,8	47	0,067	284	4,6	144	106
3	3.12.2	130	3,3	48	57	1,96	653	20	274	310	2,2	1,11	0,7	27	0,039	177	1,7	148	25
3	3.13.1	143	6,7	92	80	2,35	667	33	238	512	5,4	3,21	2,3	42	0,088	139	4,3	109	79
3	3.13.2	137	3,3	40	63	2,15	752	23	271	355	2,3	1,90	0,8	28	0,043	144	2,9	122	35
3	3.14.1	129	6,7	84	83	2,55	799	33	225	454	3,1	3,23	2,9	36	0,082	130	5,0	92	75
3	3.14.2	92	3,3	51	70	2,26	888	30	193	398	2,8	3,54	1,1	34	0,061	206	5,3	83	67
3	3.15.1	153	6,7	88	103	2,61	683	33	376	540	7,0	3,87	3,3	49	0,115	396	6,1	203	85
3	3.15.2	154	6,7	66	97	2,60	528	37	340	588	4,1	3,36	1,7	46	0,074	226	5,0	176	87
3	3.15.3	156	3,3	29	57	2,16	383	27	333	469									
3	3.15.4	91	3,3	26	50	1,61	277	23	232	398									
3	3.16.0	102	3,3	92	90	2,17	261	33	291	490	28,1	2,56	5,8	42	0,209	84	7,0	177	75
3	3.17.1	140	6,7	98	117	2,29	756	33	340	519	6,2	3,63	4,1	52	0,105	126	7,6	137	123

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
3	3.18.1	168	13,3	167	160	3,23	757	53	310	1176	5,4	8,88	6,0	87	0,113	236	8,8	132	303
3	3.18.2	147	3,3	39	73	1,71	1067	23	493	519	9,3	3,01	0,8	37	0,067	625	3,7	347	93
3	3.19.1	166	3,3	93	77	2,20	568	27	232	451	6,7	2,98	4,4	33	0,108	121	5,7	96	84
3	3.19.2	149	3,3	43	60	1,88	729	20	297	428	5,9	2,90	<0,4	30	0,040	193	2,8	147	68
3	3.19.3	103	3,3	28	37	1,71	713	20	160	327									
3	3.20.1	188	6,7	130	113	2,57	283	33	415	575	20,8	3,41	4,8	55	0,215	84	5,9	205	82
3	3.20.2	559	3,3	35	70	4,67	386	23	390	467	4,7	2,73	<0,4	27	0,105	74	3,4	148	70
3	3.21.1	87	3,3	45	40	1,99	544	20	133	268	5,5	1,26	1,0	17	0,068	87	2,9	58	29
3	3.21.2	82		24	27	1,78	531	17	80	163	1,4	0,72	<0,4	10	0,027	62	0,7	28	8
3	3.21.3	102		24	33	1,78	577	17	71	199									
3	3.22.1	128	3,3	70	67	2,19	412	23	262	389	4,9	1,50	2,0	30	0,089	94	3,9	129	46
3	3.22.2	142	3,3	27	43	1,89	610	20	191	291	5,6	1,33	<0,4	17	0,039	136	2,0	89	28
3	3.23.1	194	13,3	147	127	4,60	1564	67	207	1241	12,4	7,26	2,8	59	0,384	936	15,0	86	419
3	3.24.1	114	6,7	60	67	2,32	769	30	255	470	4,6	3,25	1,5	31	0,096	106	5,4	103	101
3	3.25.1	138	8,3	133	92	3,12	646	42	210	621	5,1	4,48	2,6	36	0,122	72	6,5	65	144
3	3.26.1	166	16,7	107	97	3,31	2366	63	188	1111	7,8	11,46	2,5	45	0,275	1378	21,8	90	505
3	3.27.1	132	6,7	97	87	2,20	508	30	294	578	8,0	3,54	2,6	45	0,113	201	5,0	147	95
3	3.28.1	140	13,3	137	123	2,62	594	47	225	575	18,1	7,45	7,5	62	0,273	381	11,5	103	174
3	3.29.1	143	3,3	97	87	2,19	257	27	225	408	21,5	1,90	8,5	38	0,263	59	5,3	103	61
3	3.30.1	107	3,3	97	77	2,18	343	30	235	382	6,6	2,54	4,3	30	0,155	81	5,6	98	86
3	3.31.0	233	33,3	84	97	4,83	533	80	150	2972	38,6	17,99	3,9	22	1,254	426	29,1	83	1990
3	3.32.0	248	16,7	93	100	6,13	1660	63	163	1698	8,2	11,45	1,7	48	0,633	1488	17,8	69	901
3	3.33.6	220	13,3	117	97	5,37	473	77	205	1333									

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
4	4.1.1	268	8,6		91	4,95	1659		68	1254	6,5	>10,00		47	0,300	1037		97	456
4	4.1.2	271	19,9	138	139	7,27	528		255	1584	5,9	11,89		68	0,394	190		74	545
4	4.2.1	247	12,6		147	3,06	472		313	587	12,6	>10,00		92	0,187	210		121	189
4	4.2.2	255	7,8	113	188	3,52	586		351	565	9,8	>10,00		89	0,106	85		110	79
4	4.3.1	192	8,4		97	0,76	628		421	543	8,6	>10,00		57	0,106	301		177	87
4	4.3.2	107	2,4		31	1,97	601		245	256	1,3	1,16		15	0,027	81		46	41
4	4.4.1	165	10,8		121	1,88	585		359	617	6,8	>10,00		68	0,093	159		133	136
4	4.4.3	126	1,3		30	2,36	682		269	226	1,5	0,62		8	0,036	142		90	18
4	4.5.1	139	9,0		102	2,53	298		304	518	10,0	>10,00		52	0,153	98		109	134
4	4.5.2	104	9,6		69	1,95	1114		432	396	5,0	8,37		28	0,072	652		197	120
4	4.6.1	102	3,4		56	2,15	490		216	332	2,4	3,30		32	0,063	107		80	58
4	4.6.2	102	1,3		25	1,77	412		144	169	0,6	0,71		7	0,023	49		51	14
4	4.7.1	79	6,4		73	2,25	265		296	417	11,8	6,67		42	0,182	106		123	92
4	4.7.2	87	1,2		32	1,95	448		168	201	1,8	0,63		<6	0,006	20		87	-3
4	4.8.1	149	2,8		88	2,39	538		210	449	4,8	>10,00		45	0,070	139		108	85
4	4.8.2	86	1,4		26	1,89	443		185	192	0,6	1,67		14	0,025	46		78	18
4	4.9.1	129	6,8		90	2,51	413		210	496	6,2	>10,00		44	0,093	155		81	98
4	4.9.2	42	1,4		26	1,75	479		78	180	0,4	0,85		11	0,022	76		28	21
4	4.10.1	125	6,9		87	2,88	531		253	412	7,3	>10,00		35	0,149	186		76	119
4	4.10.2	179	8,6		120	2,39	311		307	385	6,6	6,11		55	0,129	66		76	105
4	4.12.1	136	9,2		116	2,54	326		303	443	7,5	>10,00		44	0,117	43		81	105
4	4.13.1	128	8,4		99	2,68	517		269	512	13,0	>10,00		10	0,044	51		27	45
4	4.14.1	142	7,7	93	104	2,75	451		275	442	5,7	>10,00		53	0,121	71		79	128

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Analyse der Kornfraktion < 63 µm		As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
Transekt	Probe	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
4	4.15.1	176	8,5	120	117	2,81	417		291	490	10,0	>10,00		59	0,135	82		81	123
4	4.16.1	177	11,7	137	139	3,21	469		341	628	11,9	>10,00		54	0,124	140		91	130
4	4.17.1	165	9,5	82	106	2,83	636		390	614	3,6	>10,00		49	0,071	106		103	126
4	4.18.1	176	12,0	118	118	2,89	458		330	490	9,2	>10,00		58	0,129	84		82	129
4	4.19.1	97	7,5	53	63	2,38	466		277	408	3,2	>10,00		22	0,055	85		67	76
4	4.20.1	115	4,8	51	62	2,30	465		268	373	6,6	>10,00		-6	0,016	28		-20	11

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

V.2.3.3 Daten der NH_4NO_3-Elution (angenähert pflanzenverfügbarer Anteil „PFL“)

Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL	Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL
<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1b	0,95	8,13	<0,25	1,49	3,5	46	4,2	2,1	117	1.7.1	0,06	0,41	<0,5	0,63	3,3	49	<1,26	0,3	5
1.1.2b	3,25	2,65	<0,25	0,98	32,7	133	0,6	21,6	58	1.7.2	0,00	0,83	<0,5	<0,5	1,3	36	<1,26	2,9	11
1.1.3b	2,39	1,20	<0,25	0,56	18,0	252	0,6	5,3	31	1.8.1	0,07	0,24	<0,5	0,94	7,9	25	<1,26	0,3	4
1.1.4b	2,30	1,23	<0,25	0,70	39,8	191	2,9	8,2	34	1.8.2	0,07	0,35	<0,5	<0,5	1,7	15	<1,26	0,8	10
1.1.5b	1,44	1,95	<0,25	0,64	109	251	39,3	11,3	51	1.9.1	0,27	9,73	<0,5	0,90	10,6	30	10,1	0,6	354
1.2.1	0,07	1,02	<0,25	0,91	5,3	119	8,0	0,2	8	1.9.2	0,13	9,21	<0,5	0,63	3,0	28	8,4	2,8	253
1.2.2	0,04	0,57	<0,25	0,25	1,1	26	0,6	0,4	8	1.10.1	0,05	0,60	<0,5	0,77	4,4	45	<1,26	0,5	6
1.2.3	0,43	0,88	<0,25	0,25	1,2	24	0,6	0,3	17	1.10.2	0,01	0,29	<0,5	0,70	2,4	42	<1,26	8,5	8
1.2.4	0,08	0,81	<0,25	0,25	5,2	42	0,6	0,2	19	1.11.1	0,19	3,38	<0,5	0,79	15,1	86	4,6	0,7	89
1.3.1	0,39	2,44	<0,25	1,72	3,8	57	1,5	0,3	38	1.11.2	0,10	1,90	<0,5	0,58	2,6	82	3,1	0,2	84
1.3.2	0,12	1,04	<0,25	0,93	1,6	34	0,6	0,2	14	1.11.0	0,02	1,17	1,2	3,43	2103	40	8,7	17,6	53
1.3.3	0,30	0,80	<0,25	1,58	9,1	31	4,8	0,6	13	2.1.0	0,15	15,83		22,02	242	39		114,1	6868
1.3.4	0,14	0,73	<0,25	1,07	3,3	28	0,6	0,3	15	2.1.1	0,02	0,46		1,79	19,2	65		0,8	307
1.3.5	0,76	1,90	<0,25	3,21	4,7	101	3,0	11,7	73	2.2.1	0,08	0,81		8,42	179	6		25,8	23
1.4.0	0,16	2,23	<0,25	2,78	29,7	221	6,2	15,1	67	2.3.1	0,04	0,47		4,87	131	22		4,9	23
1.4.1	0,04	0,18	<0,5	0,57	9,8	32	<1,26	0,3	9	2.4.1	0,09	0,60		2,53	40,7	16		3,4	26
1.4.2	0,06	1,37	<0,5	1,07	9,2	38	2,1	0,5	26	2.5.1	0,08	0,70		<1,5	15,6	27		1,0	34
1.4.3	0,13	0,51	<0,5	1,02	5,2	14	<1,26	0,3	6	2.6.1	0,03	0,38		<1,5	7,5	28		0,2	20
1.4.4	0,03	0,26	<0,5	0,52	2,3	12	<1,26	0,3	6	2.7.1	0,08	0,22		<1,5	9,4	46		0,8	7
1.5.1	0,06	0,52	<0,5	0,73	5,4	44	<1,26	0,3	8	2.8.1c	0,03	0,52		<1,5	39,3	16		1,0	27
1.5.2	0,02	0,64	<0,5	<0,5	1,3	33	<1,26	1,3	13	2.9.1	0,07	0,60		1,57	28,5	14		0,0	39
1.6.1	0,04	1,50	<0,5	0,63	1,6	56	<1,26	0,0	15	2.10.1	0,25	0,33		5,18	289	4		3,8	11
1.6.2	0,24	0,53	<0,5	<0,5	1,3	50	<1,26	1,8	17	2.11.1	0,05	0,39		8,52	136	15		12,1	30

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „-„

Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL	Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL
<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
3.1.1	0,15	0,91	<0,5	0,51	8,9	72	<1,26	2,8	28	3.11.2	0,27	1,40	<0,25	2,86	20,7	46	3,6	17,8	49
3.2.1	0,11	0,79	<0,5	0,62	10,2	29	<1,26	5,9	17	3.11.3	0,03	1,63	<0,25	0,59	2,0	36	1,7	1,9	43
3.3.1	0,21	0,58	<0,25	0,25	6,0	148	0,6	0,2	25	3.11.5b	0,26	2,37	<0,25	2,06	8,1	99	3,5	13,1	53
3.3.2	0,33	0,34	<0,25	7,22	35,0	19	2,2	3,0	24	3.11.6b	0,06	1,51	<0,25	0,98	1,4	30	1,9	6,8	41
3.3.4	0,10	0,43	<0,25	3,54	8,4	55	1,7	41,4	19	3.12.1	0,11	1,43	<0,5	0,99	6,4	48	<1,26	0,7	39
3.3.5	0,06	2,03	<0,25	4,17	1,9	86	2,8	27,0	26	3.13.1	0,07	0,74	<0,5	1,00	4,4	32	<1,26	0,2	23
3.3.6	0,05	2,11	<0,25	3,29	0,9	102	3,5	15,0	49	3.14.1	0,09	1,25	<0,5	0,83	5,5	47	<1,26	1,0	31
3.3.6b	0,03	1,90	<0,25	1,28	1,6	57	2,4	3,2	58	3.15.1	0,13	2,40	<0,5	0,99	2,8	135	3,0	5,0	59
3.3.7	0,12	1,03	<0,25	0,25	1,4	68	1,7	1,2	39	3.16.0	0,38	2,39	<0,25	0,79	6,0	63	2,5	3,2	40
3.3.8	4,35	1,45	<0,25	0,25	6,1	90	5,6	14,6	140	3.17.1	0,17	4,54	<0,5	1,69	7,7	69	5,8	4,1	119
3.4.1	0,10	1,84	<0,5	<0,5	9,1	145	2,0	0,5	73	3.18.1	0,12	2,67	<0,5	1,48	7,6	79	1,6	0,7	82
3.5.1	0,05	0,22	<0,5	<0,5	4,4	44	<1,26	0,8	10	3.19.1	0,17	2,38	<0,5	1,45	17,1	88	3,0	2,5	70
3.6.1+2	0,20	2,65	<0,5	1,31	8,5	60	2,5	1,1	49	3.20.1	0,26	2,44	<0,5	1,02	3,2	43	2,7	6,3	51
3.7.1	0,26	0,57	<0,25	0,99	19,7	58	1,5	0,4	34	3.21.1	0,18	0,47	<0,5	0,68	5,3	40	<1,26	0,4	19
3.7.2	0,30	3,36	<0,25	1,34	5,7	63	4,3	0,6	98	3.22.1	0,09	1,10	<0,5	1,31	4,7	68	2,3	5,8	47
3.7.3	0,28	4,22	<0,25	2,35	3,6	56	3,0	1,3	66	3.23.1	0,11	0,85	<0,5	0,81	7,0	109	2,4	0,1	55
3.7.4	0,19	4,97	<0,25	1,72	2,6	51	2,7	0,5	73	3.24.1	0,11	0,41	<0,5	0,77	9,2	25	<1,26	0,4	13
3.8.1	0,15	0,61	<0,5	0,67	13,1	69	<1,26	2,2	20	3.25.1	0,11	1,65	<0,5	0,81	8,7	36	2,0	0,6	77
3.9.1+2	0,24	1,37	<0,5	0,75	6,7	18	1,8	5,3	36	3.26.1	0,07	7,47	<0,5	0,98	8,6	269	9,0	0,3	229
3.10.1	0,14	2,75	<0,25	0,81	5,3	50	2,3	5,4	30	3.27.1	0,12	1,33	<0,5	1,19	5,8	61	<1,26	1,8	38
3.10.2	0,05	1,40	<0,25	0,25	1,0	35	1,7	1,2	37	3.28.1	0,28	1,39	<0,5	1,28	10,7	92	1,8	0,6	49
3.10.3	0,04	0,67	<0,25	0,25	1,8	38	0,6	0,1	30	3.29.1	0,26	2,80	<0,5	1,82	21,0	48	3,6	8,5	64
3.11.1	0,66	2,78	<0,25	1,15	28,9	43	2,9	3,2	74	3.30.1	0,21	0,63	<0,5	1,05	21,1	44	<1,26	1,6	36

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL	Probe Fraktion	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL
<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	<63µm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
3.31.0	0,45	0,99	<0,5	1,20	37,7	151	8,8	0,3	317	4.9.1	0,10	1,94		<1,5	2,8	33		0,9	30
3.32.0	0,39	1,23	<0,5	3,41	78,0	178	2,3	0,4	43	4.10.1	0,11			<1,5	12,7	44		0,7	51
3.33.6	0,20	2,95	<0,5	<0,5	4,9	123	11,0	0,2	243	4.12.1	0,09	2,90		2,97	10,7	24		4,8	88
4.1.1	0,06	1,87		<1,5	4,2	157		1,1	103	4.13.1	0,13	1,34		<1,5	7,0	33		0,4	38
4.2.1	0,18	1,39		1,57	6,8	42		1,1	53	4.14.1	0,14	3,26		1,82	20,1	36		3,8	88
4.3.1	0,12	1,37		<1,5	2,7	30		1,0	16	4.15.1	0,11	3,18		1,84	6,5	39		1,8	72
4.4.1	0,08	1,74		<1,5	4,3	25		0,8	33	4.16.1	0,18	1,93		2,14	5,2	47		0,9	48
4.5.1	0,11	1,48		<1,5	3,2	30		1,3	50	4.17.1	0,09	1,37		<1,5	7,7	32		1,4	44
4.6.1	0,07	0,89		<1,5	3,9	22		1,0	16	4.18.1	0,11	2,25		1,97	7,1	38		2,3	80
4.7.1	0,12	1,72		1,57	4,8	27		1,9	35	4.19.1	0,10	1,15		<1,5	4,6	31		0,9	26
4.8.1	0,08	1,41		<1,5	2,7	23		0,9	22	4.20.1	0,14	0,49		<1,5	4,8	17		0,2	7

Werte unter Bestimmungsgrenze mit „<“; Werte über Meßbereich mit „>„
freie Datenplätze: keine Analyse

V.2.3.4 Statistische Zusammenfassung der Ergebnisse von KW, EDTA und PFL

Boden-horizonte	Statistik	As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Transekt I aAh + L	Mittelwert	171	12,73	112	116	3,12	851	52	246	838	12,4	8,75	2,37	61	0,158	429	8,56	120	181
	Standardabw.	46	8,67	64	46	0,57	701	16	79	405	10,4	6,05	2,62	28	0,087	475	6,12	46	214
	Median	179	10,00	94	103	3,00	792	47	261	729	7,3	6,03	1,15	56	0,116	369	6,84	130	104
	Anzahl	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Transekt I fossiler aAh	Mittelwert	253	11,90	234	161	3,41	758	58	380	923	8,2	9,87	2,74	74	0,164	217	11,02	118	232
	Standardabw.	94	7,66	368	50	1,11	290	21	249	393	1,7	6,52	2,38	18	0,075	166	7,28	45	205
	Median	243	10,00	93	157	3,05	743	50	333	849	7,6	6,81	1,92	76	0,134	152	12,22	105	96
	Anzahl	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Transekt I aM	Mittelwert	133	3,63	32	49	2,11	685	23	222	294	6,4	1,71	0,20	23	0,046	271	2,06	198	35
	Standardabw.	76	1,01	15	35	0,33	156	4	140	101	3,5	0,72	0,00	8	0,021	136	0,84	112	19
	Median	139	3,33	28	45	2,05	680	23	203	299	5,6	1,71	0,20	22	0,040	312	2,10	178	36
	Anzahl	24	11	24	24	24	24	24	24	24	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Transekt I aC+a G	Mittelwert	113	3,33	31	46	1,85	354	25	230	289	32,1	2,50	0,68	28	0,195	289	1,93	291	48
	Standardabw.	80	0	20	33	0,33	179	5	173	147	29,2	1,91	0,61	15	0,136	130	0,73	99	7
	Median	137	3,33	24	43	1,87	320	23	232	278	19,4	1,82	0,47	21	0,154	270	1,84	301	49
	Anzahl	21	13	21	21	21	21	21	21	21	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Transekt II aAh + L	Mittelwert	78	0,84	-	104	3,26	227	-	258	182	7,1	2,66	-	56	0,418	56	-	74	51
	Standardabw.	41	0,79	-	37	0,99	155	-	119	105	5,0	5,23	-	60	0,301	78	-	60	34
	Median	75	0,73	-	100	2,89	163	-	294	164	6,2	1,19	-	48	0,332	27	-	62	45
	Anzahl	12	12	0	12	12	12	0	12	12	12	12	0	12	12	12	0	12	12
Transekt II fossiler aAh	Mittelwert	89	1,13	-	64	3,30	299	-	248	172	6,9	1,21	-	27	0,280	78	-	38	24
	Standardabw.	25	0,77	-	29	0,82	237	-	159	56	8,6	0,88	-	10	0,261	109	-	8	8
	Median	78	1,51	-	66	3,54	191	-	248	193	2,4	1,33	-	27	0,206	23	-	39	19
	Anzahl	3	3	0	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	0	3	3
Transekt II aM	Mittelwert	69	1,40	-	98	2,74	429	-	213	319	1,6	0,93	-	38	0,121	63	-	68	37
	Standardabw.	20	0,86	-	40	0,32	228	-	70	118	2,4	0,74	-	14	0,136	48	-	24	21
	Median	69	1,14	-	95	2,74	426	-	205	324	0,8	0,62	-	44	0,074	43	-	76	34
	Anzahl	7	7	0	7	7	7	0	7	7	7	7	0	7	7	7	0	7	7

Bodenhorizonte	Statistik	As KW	Cd KW	Cr KW	Cu KW	Fe KW	Mn KW	Ni KW	Pb KW	Zn KW	As EDTA	Cd EDTA	Cr EDTA	Cu EDTA	Fe EDTA	Mn EDTA	Ni EDTA	Pb EDTA	Zn EDTA
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Gew.-%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Transekt III aAh + L	Mittelwert	130	6,49	94	84	2,44	642	34	232	518	10,6	3,66	3,87	38	0,160	222	6,37	104	116
	Standardabw.	33	3,79	38	31	0,60	435	13	69	253	11,3	2,40	2,94	18	0,107	286	4,10	42	110
	Median	137	6,67	92	82	2,32	584	32	225	462	6,6	3,24	2,74	37	0,114	118	5,35	101	85
	Anzahl	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Transekt III fossiler aAh	Mittelwert	214	9,33	157	121	2,73	458	39	290	570	11,8	3,95	5,01	44	0,168	123	6,96	94	108
	Standardabw.	127	4,35	89	52	0,63	257	15	71	267	8,2	4,07	3,56	26	0,103	98	5,16	20	91
	Median	147	10,00	148	97	2,55	353	30	284	498	16,1	3,16	6,94	32	0,185	142	5,26	93	102
	Anzahl	7	5	7	7	7	7	7	7	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Transekt III aM	Mittelwert	138	3,33	30	41	2,03	537	19	185	279	3,2	1,34	0,30	18	0,046	113	1,96	91	33
	Standardabw.	125	0	8	14	0,77	91	2	92	93	1,9	0,97	0,20	9	0,025	56	0,93	50	24
	Median	98	3,33	27	37	1,88	535	20	167	264	2,4	1,14	0,20	16	0,039	105	1,85	77	26
	Anzahl	13	8	13	13	13	13	13	13	13	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Transekt III aC+ aG	Mittelwert	141	4,16	39	60	2,04	591	27	245	455	4,4	2,47	0,85	30	0,060	265	3,90	159	61
	Standardabw.	45	2,58	30	32	0,38	259	11	84	199	2,6	0,95	0,49	11	0,011	192	1,14	96	27
	Median	138	3,33	28	47	2,00	605	23	220	398	3,5	2,45	0,80	31	0,063	216	3,87	119	63
	Anzahl	16	16	16	16	16	16	16	16	16	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Transekt III F	Mittelwert	201	16,66	96	96	4,63	732	63	202	1624	25,0	10,67	3,79	37	0,699	666	17,97	109	989
	Standardabw.	67	12,47	14	4	1,72	630	21	63	1032	15,5	7,75	2,07	14	0,526	732	11,05	59	960
	Median	227	15,00	92	97	5,10	503	70	184	1516	28,1	11,45	3,86	42	0,633	426	17,80	83	901
	Anzahl	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Transekt IV aAh + L	Mittelwert	153	8,17	94	99	2,62	531	-	284	527	7,8	9,47	-	46	0,116	168	-	91	122
	Standardabw.	48	2,66	34	25	0,77	291	-	77	195	3,2	1,68	-	20	0,064	220	-	36	90
	Median	142	8,43	93	99	2,54	469	-	291	490	7,3	10,00	-	47	0,117	106	-	82	119
	Anzahl	19	19	7	19	19	19	0	19	19	19	19	0	19	19	19	0	19	19
Transekt IV fossiler aAh	Mittelwert	225	14,28	138	129	4,83	419	-	281	984	6,3	9,00	-	61	0,261	128	-	75	325
	Anzahl	2	2	1	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2
Transekt IV aM	Mittelwert	113	2,59	113	55	2,14	495	-	195	260	2,4	2,50	-	23	0,035	59	-	67	29
	Standardabw.	73	2,60	-	65	0,68	80	-	94	152	3,6	3,69	-	32	0,036	25	-	30	27
	Median	95	1,40	113	28	1,92	463	-	177	196	1,0	1,00	-	13	0,024	62	-	64	19
	Anzahl	6	6	1	6	6	6	0	6	6	6	6	0	6	6	6	0	6	6
Transekt IV aC+ aG	Mittelwert	115	5,45	-	50	2,15	898	-	351	311	3,2	4,49	-	18	0,054	397	-	143	69
	Anzahl	2	2	0	2	2	2	0	2	2	2	2	0	2	2	2	0	2	2

Transekt T und Bodenhori-zonte	Statistik	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL	Transekt T und Bo-den-horizonte	As PFL	Cd PFL	Cr PFL	Cu PFL	Fe PFL	Mn PFL	Ni PFL	Pb PFL	Zn PFL
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	horizonte	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
T I	Mittelwert	0,20	2,56	<BSG	0,92	6,4	54	2,93	0,51	59	T III	0,17	1,75	<BSG	1,02	9,95	70	2,05	2,86	52
aAh + L	Standardab.	0,27	3,32	<BSG	0,37	4,0	27	3,40	0,54	105	aAh + L	0,11	1,47	<BSG	0,52	6,46	50	1,81	3,67	41
	Median	0,07	1,02	<BSG	0,79	5,35	46,4	0,63	0,33	8,6		0,14	1,38	-0,51	0,99	8,11	54,3	1,82	1,32	43
	Anzahl	11	11	11	11	11	11	11	11	11		30	30	30	30	30	30	30	30	30
T I	Mittelwert	0,14	2,47	<BSG	0,97	5,1	38	3,27	0,76	66	T III	0,25	2,14	<BSG	3,30	12,18	58	2,95	11,88	52
foss.iler	Standardab.	0,08	3,34	<BSG	0,36	3,4	23	2,96	1,03	96	fossiler	0,09	1,73	<BSG	2,33	12,90	29	1,01	17,23	32
aAh	Median	0,12	1,20	<BSG	0,97	4,07	32,2	2,58	0,41	20	aAh	0,28	2,37	0,25	2,35	8,13	56,1	3,04	3,03	53
	Anzahl	6	6	6	6	6	6	6	6	6		5	5	5	5	5	5	5	5	5
T I	Mittelwert	0,11	0,56	<BSG	0,42	1,8	30	0,63	1,84	11	T III	0,06	1,88	<BSG	2,81	1,41	73	2,71	16,26	38
aM	Standardab.	0,14	0,23	<BSG	0,29	0,7	12	0	2,65	4	aM	0,01	0,32	<BSG	1,64	0,53	38	0,81	10,20	12
	Median	0,04	0,57	<BSG	0,25	1,34	28,0	0,63	0,81	11		0,06	2,03	0,25	3,29	1,44	85,7	2,79	14,97	41
	Anzahl	9	9	9	9	9	9	9	9	9		3	3	3	3	3	3	3	3	3
T I	Mittelwert	1,70	1,62	<BSG	1,06	34,9	162	7,85	9,73	44	T III	0,69	1,87	<BSG	0,66	2,36	53	2,38	3,24	60
aC+a G	Standardab.	1,17	0,67	<BSG	1,08	39,0	85	15,43	7,22	20	aC+ aG	1,62	1,43	<BSG	0,60	1,71	20	1,57	5,11	38
	Median	1,87	1,56	<BSG	0,67	25,35	162,1	1,76	9,79	42		0,05	1,45	0,25	0,25	1,84	51,4	1,74	1,17	43
	Anzahl	6	6	6	6	6	6	6	6	6		7	7	7	7	7	7	7	7	7
	Mittelwert										T III	0,36	1,89	<BSG	1,41	31,67	129	6,13	1,03	161
	Standardab.										F	0,11	0,94	<BSG	1,39	34,42	49	4,45	1,48	141
	Median											0,39	1,81	-0,51	1,00	21,88	136,8	5,62	0,34	143
	Anzahl											4	4	4	4	4	4	4	4	4
T II	Mittelwert	0,08	0,50	-	3,27	81,4	24	-	4,89	50	T IV	0,11	1,76	-	1,21	6,41	38	-	1,44	47
aAh + L	Standardab.	0,06	0,17	-	3,02	91,2	18	-	7,76	86	aAh + L	0,03	0,75	-	0,67	4,25	30	-	1,14	27
	Median	0,07	0,47	-	1,79	39,31	16,5	-	1,02	26		0,11	1,60	-	0,76	4,85	31,8	-	1,02	44
	Anzahl	11	11	0	11	11	11	0	11	11		19	18	0	19	19	19	0	19	19

V.2.3.5 Daten der sequentiellen Extraktion (ZEIEN & BRÜMMER 1989, 1991)

Probe	As -1-Fraktion mg/kg	As -2-Fraktion mg/kg	As -3-Fraktion mg/kg	As -4-Fraktion mg/kg	As -5-Fraktion mg/kg	As -6-Fraktion mg/kg	As -7-Fraktion mg/kg	Probe	As -1-Fraktion mg/kg	As -2-Fraktion mg/kg	As -3-Fraktion mg/kg	As -4-Fraktion mg/kg	As -5-Fraktion mg/kg	As -6-Fraktion mg/kg	As -7-Fraktion mg/kg
1.1.1.b	0,95	1,28	2,11	46	147	16,8	23,7	3.7.1	0,26	0,41	0,69	15,9	117	8,7	6,3
1.1.2.b	3,25	2,93	3,13	76	71	17,3	50,2	3.7.2	0,30	0,63	0,80	22,3	145	8,3	0 (-4)
1.1.3.b	2,39	2,69	1,89	77	53	15,7	33,5	3.7.3	0,28	0,65	1,30	29,0	263	15,2	11,4
1.1.4.b	2,30	2,31	1,92	64	46	12,6	0 (-2)	3.7.4	0,19	0,60	1,17	28,4	243	8,8	2,2
1.1.5.b	1,44	1,53	1,71	63	68	6,3	3,9	3.10.1	0,14	0,29	0,59	12,5	87	11,5	15,9
1.2.1	0,07	0,39	0,62	18	182	22,6	15,5	3.10.2	0,05	0,24	0,54	13,8	179	5,6	0 (-3)
1.2.2	0,04	0,24	0,30	12	171	29,6	12,7	3.10.3	0,04	0,09	0,25	6,2	201	19,7	0 (-3)
1.2.3	0,43	0,14	0,29	11	130	8,0	9,5	3.11.1	0,66	0,79	1,56	50,5	90	5,2	5,1
1.2.4	0,08	0,35	0,62	15	136	19,1	2,0	3.11.2	0,27	0,41	1,13	24,8	140	11,8	13
1.3.1	0,39	1,08	1,56	42	185	16,1	21,4	3.11.3	0,03	0,13	0,33	10,7	56	4,7	77,5
1.3.2	0,12	0,69	0,86	24	185	21,9	21,6	3.11.5	0,26	0,48	0,91	27,4	112	9,3	5,7
1.3.3	0,30	0,88	1,73	37	200	22,4	7,1	3.11.6	0,06	0,13	0,38	15,5	141	9,9	0 (-12)
1.3.4	0,14	0,57	0,86	26	123	15,8	37,8	3.16.0	0,38	0,62	1,54	34,8	59	10,6	18
1.3.5	0,76	1,63	2,55	67	83	17,2	9,7	3.31.0	0,80	0,13	0,21	2,4	55	12,6	232,9
1.4.0	0,16	0,17	0,32	13	24	7,9	4,1	3.32.0	0,11	0,21	0,37	7,7	79	15,4	188,6
3.3.1	0,21	0,38	0,46	6	85	8,4	0 (-6)	3.33.6	1,18	0,14	0,20	4,4	77	10,9	147,7
3.3.2	0,33	0,58	1,12	21	120	9,0	4,4								
3.3.4	0,10	1,23	0,57	23	108	11,9	5,3	1.1.1.c	0,13	0,75	1,53	44,1	123	19,3	14,3
3.3.5	0,06	0,14	0,37	27	91	4,7	5,8	1.1.2.c	4,05	6,82	3,30	94,2	78	18,4	0 (-33)
3.3.6	0,05	0,13	0,33	22	82	8,1	6,3	1.1.3.c	0,05	1,54	1,51	59,4	64	11,0	0 (-22)
3.3.6.b	0,03	0,17	0,64	33	95	5,7	0 (-5)	1.2.1.c	0,06	0,36	0,76	18,7	153	21,5	62,4
3.3.7	0,12	0,36	0,70	19	76	6,1	22,4	1.2.2.c	0,03	0,19	0,36	11,4	161	25,4	0 (-2)
3.3.8	4,35	3,51	0,53	43	156	5,1	0 (-73)	1.2.3.c	0,02	0,31	0,60	23,5	159	38,9	0 (-4)
3.7.0	0,33	1,02	1,34	43	279	12,3	11,6	1.2.4.c	0,39	0,68	0,72	19,0	115	30,5	64,0

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Cd -1- Fraktion	Cd -2- Fraktion	Cd -3- Fraktion	Cd -4- Fraktion	Cd -5- Fraktion	Cd -6- Fraktion	Cd -7- Fraktion	Probe	Cd -1- Fraktion	Cd -2- Fraktion	Cd -3- Fraktion	Cd -4- Fraktion	Cd -5- Fraktion	Cd -6- Fraktion	Cd -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	8,13	10,83	2,36	2,92	1,72	0,26	0 (-2,6)	3.7.1	0,57	3,64	2,14	2,51	1,80	0,13	0 (-1,5)
1.1.2.b	2,65	1,36	1,17	0,47	0,17	0,10	2,28	3.7.2	3,36	5,13	2,27	2,25	2,13	0,19	0 (-5,1)
1.1.3.b	1,20	0,60	0,79	0,42	0,17	0,10	4,81	3.7.3	4,22	5,51	2,24	1,04	2,00	0,81	0 (-4,1)
1.1.4.b	1,23	0,67	0,55	0,20	0,12	0,11	3,23	3.7.4	4,97	6,76	3,44	1,56	1,97	0,59	0 (-6,3)
1.1.5.b	1,95	1,06	1,01	0,41	0,22	0,14	3,31	3.10.1	2,75	1,44	0,39	1,53	0,35	0,08	0 (-4,5)
1.2.1	1,02	1,29	3,16	2,98	1,13	0,26	1,06	3.10.2	1,40	0,99	0,52	0,09	0,17	0,07	0 (-1,2)
1.2.2	0,57	1,79	1,81	1,06	0,35	0,17	0 (-0,5)	3.10.3	0,67	1,79	0,98	0,16	0,34	0,09	0 (-2)
1.2.3	0,88	1,49	1,03	0,24	0,21	0,17	0 (-2)	3.11.1	2,78	2,07	0,66	0,36	0,05	0,06	0 (-1,1)
1.2.4	0,81	2,51	1,65	0,35	0,32	0,16	0 (-0,8)	3.11.2	1,40	0,87	0,35	0,16	0,33	0,15	0 (-1,2)
1.3.1	2,44	8,72	4,87	3,54	1,67	0,30	0 (-4,5)	3.11.3	1,63	0,89	0,50	0,10	0,13	0,10	0 (-1,4)
1.3.2	1,04	3,89	3,15	1,46	1,64	0,23	0 (-0,4)	3.11.5	2,37	0,71	0,22	0,17	0,20	0,09	1,45
1.3.3	0,80	1,36	1,43	0,51	0,58	0,21	2,10	3.11.6	1,51	0,71	0,39	0,11	0,33	0,11	2,74
1.3.4	0,73	1,87	2,02	0,48	0,26	0,18	0,13	3.16.0	2,39	2,09	0,72	0,35	0,22	0,10	0 (-0,3)
1.3.5	1,90	1,86	0,49	0,20	0,22	0,15	0,57	3.31.0	0,71	0,62	0,35	0,21	0,13	0,08	31,19
1.4.0	2,23	0,29	0,18	0,13	0,17	0,23	0 (-1,2)	3.32.0	0,40	1,70	0,84	0,39	0,19	0,13	12,85
3.3.1	0,58	1,28	0,38	0,38	0,28	0,06	0 (-1)	3.33.6	1,05	0,87	0,25	0,07	1,58	0,15	8,64
3.3.2	0,34	0,29	0,12	0,10	0,13	0,18	0,83								
3.3.4	0,43	0,21	0,06	0,05	0,10	0,07	1,08	1.1.1.c	6,72	1,92	2,09	1,45	2,36	0,26	2,30
3.3.5	2,03	0,25	0,09	0,08	0,13	0,38	0 (-1)	1.1.2.c	1,46	2,38	1,09	0,72	0,40	0,09	0 (-0,1)
3.3.6	2,11	0,97	0,15	0,09	0,12	0,36	0,39	1.1.3.c	0,38	1,22	0,32	0,38	0,31	0,09	1,50
3.3.6.b	1,90	0,71	0,70	0,14	0,10	0,07	4,37	1.2.1.c	0,56	3,70	4,26	2,80	1,44	0,25	1,78
3.3.7	1,03	1,03	0,37	0,18	0,32	0,06	1,71	1.2.2.c	0,30	1,19	0,71	0,26	0,33	0,17	0 (-1)
3.3.8	1,45	16,53	0,48	0,37	0,70	0,05	0 (-11)	1.2.3.c	0,31	1,89	1,13	0,40	0,64	0,18	0,95
3.7.0	1,89	5,96	3,19	2,39	3,29	0,22	0 (-7,6)	1.2.4.c	0,56	1,69	0,60	0,58	0,22	0,08	4,48

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Cr -1- Fraktion	Cr -2- Fraktion	Cr -3- Fraktion	Cr -4- Fraktion	Cr -5- Fraktion	Cr -6- Fraktion	Cr -7- Fraktion	Probe	Cr -1- Fraktion	Cr -2- Fraktion	Cr -3- Fraktion	Cr -4- Fraktion	Cr -5- Fraktion	Cr -6- Fraktion	Cr -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	<0,25	<0,8	<0,5	3,78	44,1	21,6	172	3.7.1	<0,25	<0,8	<0,50	4,28	62	8,7	432
1.1.2.b	<0,25	<0,8	<0,5	1,58	4,5	3,7	93	3.7.2	<0,25	1,16	<0,50	5,06	78	10,6	296
1.1.3.b	<0,25	<0,8	<0,5	0,94	6,2	2,7	68	3.7.3	<0,25	1,48	<0,50	4,04	64	7,4	258
1.1.4.b	<0,25	<0,8	<0,5	0,86	2,5	5,1	71	3.7.4	<0,25	0,83	<0,50	2,69	47	6,9	166
1.1.5.b	<0,25	<0,8	<0,5	1,34	26,4	6,8	53	3.10.1	<0,25	<0,8	<0,50	1,99	16	4,2	108
1.2.1	<0,25	1,10	<0,5	1,61	28,0	13,5	94	3.10.2	<0,25	<0,8	<0,50	0,38	2,6	<1,5	74
1.2.2	<0,25	<0,8	<0,5	0,38	7,5	4,1	86	3.10.3	<0,25	<0,8	<0,50	0,38	2,3	<1,5	62
1.2.3	<0,25	<0,8	<0,5	0,38	3,7	<1,5	68	3.11.1	<0,25	0,95	<0,50	5,42	21	4,9	139
1.2.4	<0,25	<0,8	<0,5	1,07	3,5	4,6	70	3.11.2	<0,25	2,73	1,41	6,80	50	8,6	206
1.3.1	<0,25	<0,8	<0,5	3,43	31,2	12,2	140	3.11.3	<0,25	<0,8	<0,50	0,38	0,8	<1,5	79
1.3.2	<0,25	<0,8	<0,5	1,69	21,3	6,5	121	3.11.5	<0,25	1,64	<0,50	6,69	27	5,7	175
1.3.3	<0,25	<0,8	<0,5	2,51	26,5	9,0	106	3.11.6	<0,25	<0,8	<0,50	0,88	4,0	<1,5	75
1.3.4	<0,25	<0,8	<0,5	1,76	4,2	5,0	116	3.16.0	<0,25	0,87	<0,50	4,86	24	10,4	179
1.3.5	<0,25	1,30	<0,5	5,54	22,7	19,4	135	3.31.0	<0,25	<0,8	<0,50	1,40	4,5	5,5	160
1.4.0	<0,25	<0,8	<0,5	0,82	3,1	<1,5	81	3.32.0	<0,25	<0,8	<0,50	1,58	9,1	6,8	106
3.3.1	<0,25	<0,8	<0,5	1,46	26,6	4,5	149	3.33.6	<0,25	<0,8	<0,50	0,38	2,9	<1,5	180
3.3.2	<0,25	0,91	<0,5	5,72	61,4	7,5	429								
3.3.4	<0,25	1,23	<0,5	3,23	18,9	2,8	99	1.1.1.c	<0,25	<0,8	<0,50	4,55	39	19,9	163
3.3.5	<0,25	<0,8	<0,5	1,09	4,1	<1,5	73	1.1.2.c	<0,25	<0,8	<0,50	3,95	14	6,4	103
3.3.6	<0,25	<0,8	<0,5	0,95	2,9	<1,5	79	1.1.3.c	<0,25	<0,8	<0,50	0,99	4,0	<1,5	84
3.3.6.b	<0,25	<0,8	<0,5	0,38	2,1	<1,5	77	1.2.1.c	<0,25	<0,8	<0,50	1,79	17	9,3	139
3.3.7	<0,25	<0,8	<0,5	0,38	1,9	<1,5	73	1.2.2.c	<0,25	<0,8	<0,50	0,68	4,8	1,7	91
3.3.8	<0,25	<0,8	<0,5	0,38	19,7	<1,5	59	1.2.3.c	<0,25	<0,8	<0,50	0,31	3,1	2,6	67
3.7.0	<0,25	<0,8	<0,5	3,27	52,8	6,2	174	1.2.4.c	<0,25	<0,8	<0,50	0,61	2,6	2,1	74

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Cu -1- Fraktion	Cu -2- Fraktion	Cu -3- Fraktion	Cu -4- Fraktion	Cu -5- Fraktion	Cu -6- Fraktion	Cu -7- Fraktion	Probe	Cu -1- Fraktion	Cu -2- Fraktion	Cu -3- Fraktion	Cu -4- Fraktion	Cu -5- Fraktion	Cu -6- Fraktion	Cu -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	1,49	6,13	<1,00	62,9	50,7	1,77	135	3.7.1	0,99	1,99	<1,00	41	30	2,36	53
1.1.2.b	0,98	6,35	<1,00	15,8	11,5	0,56	51	3.7.2	1,34	4,08	<1,00	76	44	3,21	45
1.1.3.b	0,56	5,29	<1,00	9,4	6,8	1,39	36	3.7.3	2,35	10,19	2,52	98	53	4,18	79
1.1.4.b	0,70	5,07	<1,00	11,0	8,4	0,56	29	3.7.4	1,72	8,78	3,18	84	41	3,64	46
1.1.5.b	0,64	3,62	<1,00	14,6	9,0	0,56	40	3.10.1	0,81	1,98	<1,00	30	14	2,72	33
1.2.1	0,91	2,30	<1,00	55,5	37,8	2,13	67	3.10.2	<0,25	2,14	2,12	16	7	3,11	21
1.2.2	<0,5	2,06	<1,00	31,8	11,8	6,15	33	3.10.3	<0,25	1,95	1,95	15	6	2,64	18
1.2.3	<0,5	1,48	<1,00	18,4	7,1	3,12	20	3.11.1	1,15	2,11	<1,00	32	15	2,34	28
1.2.4	<0,5	0,77	<1,00	19,2	6,2	3,06	16	3.11.2	2,86	4,19	1,17	44	28	2,96	53
1.3.1	1,72	4,41	<1,00	104,7	45,6	4,33	97	3.11.3	0,59	2,25	2,29	13	7	3,05	14
1.3.2	0,93	4,95	1,46	95,9	40,5	4,65	106	3.11.5	2,06	2,59	<1,00	30	14	2,53	40
1.3.3	1,58	10,29	4,46	126,0	46,4	14,11	103	3.11.6	0,98	2,45	<1,00	16	6	3,23	21
1.3.4	1,07	9,60	4,87	92,9	7,7	5,64	103	3.16.0	0,79	2,14	<1,00	39	16	2,59	35
1.3.5	3,21	18,09	<1,00	52,4	27,0	2,45	98	3.31.0	0,56	0,94	<1,00	12	5	1,54	129
1.4.0	2,78	1,43	<1,00	8,1	3,3	1,32	16	3.32.0	0,66	0,99	<1,00	24	10	1,89	97
3.3.1	<0,5	0,38	<1,00	14,7	11,8	2,21	24	3.33.6	<0,25	1,11	1,85	11	7	2,65	93
3.3.2	7,22	1,90	<1,00	36,3	26,4	1,87	32								
3.3.4	3,54	4,19	1,14	39,9	22,1	2,43	35	1.1.1.c	1,49	8,47	<1,00	89	43	1,84	108
3.3.5	4,17	2,10	<1,00	12,0	5,1	2,91	18	1.1.2.c	0,54	10,54	<1,00	30	30	0,53	47
3.3.6	3,29	1,94	<1,00	11,1	4,1	2,54	19	1.1.3.c	<0,25	4,37	<1,00	8	9	0,52	24
3.3.6.b	1,28	2,77	2,11	17,4	5,7	2,34	10	1.2.1.c	<0,25	1,90	<1,00	74	28	3,01	98
3.3.7	<0,5	1,31	<1,00	11,3	4,3	1,39	26	1.2.2.c	<0,25	1,43	0,83	29	10	4,70	22
3.3.8	<0,5	1,53	<1,00	11,9	36,9	0,56	4	1.2.3.c	<0,25	1,85	<1,00	22	7	2,32	25
3.7.0	1,18	5,84	2,20	84,3	39,9	3,46	52	1.2.4.c	<0,25	1,27	<1,00	21	7	1,05	38

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Fe -1- Fraktion	Fe -2- Fraktion	Fe -3- Fraktion	Fe -4- Fraktion	Fe -5- Fraktion	Fe -6- Fraktion	Fe -7- Fraktion	Probe	Fe -1- Fraktion	Fe -2- Fraktion	Fe -3- Fraktion	Fe -4- Fraktion	Fe -5- Fraktion	Fe -6- Fraktion	Fe -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	3	6	155	2126	5198	5306	23086	3.7.1	20	18	124	2880	12600	3360	16006
1.1.2.b	33	11	284	3285	2771	3919	19913	3.7.2	6	10	144	2051	9566	2903	16165
1.1.3.b	18	15	267	3919	2565	3555	18198	3.7.3	4	10	189	1523	9495	3311	20440
1.1.4.b	40	10	241	3019	2216	3585	16209	3.7.4	3	5	170	1487	9480	3533	19735
1.1.5.b	109	13	266	3443	2981	2588	17530	3.10.1	5	10	170	1297	4943	2366	19745
1.2.1	5	6	143	1886	9499	6026	23142	3.10.2	1	3	98	825	6113	1778	17413
1.2.2	1	1	70	775	6116	4290	19452	3.10.3	2	3	96	1155	11629	2655	13977
1.2.3	1	1	68	786	5768	2723	18421	3.11.1	29	33	291	3484	4481	1354	15508
1.2.4	5	0	58	1055	5696	3761	16003	3.11.2	21	19	278	2036	6780	2306	23392
1.3.1	4	6	111	2093	7950	4399	24350	3.11.3	2	2	113	1225	1905	1416	21636
1.3.2	2	3	125	1670	8959	4823	26595	3.11.5	8	17	243	1991	5603	1984	19531
1.3.3	9	2	117	1611	6675	4564	20805	3.11.6	1	1	104	1361	6821	1670	17179
1.3.4	3	3	130	1920	7309	3349	19181	3.16.0	6	12	180	2175	3038	2974	18894
1.3.5	5	12	184	2243	3019	4166	18768	3.31.0	11	16	121	1080	4376	4354	54601
1.4.0	30	5	188	1772	3233	1722	16623	3.32.0	6	8	74	1063	4736	4211	66489
3.3.1	6	9	82	1342	9131	3713	15793	3.33.6	121	3	45	297	4298	2100	54197
3.3.2	35	23	291	2839	9390	4466	20446								
3.3.4	8	22	320	2340	5805	2760	18611	1.1.1.c	2	8	205	2480	4900	5339	26234
3.3.5	2	3	219	2741	4575	1631	17477	1.1.2.c	3	22	499	4206	2751	3431	17066
3.3.6	1	2	168	2284	5213	1901	16661	1.1.3.c	2	39	298	4563	4604	2187	15584
3.3.6.b	2	2	180	2678	4534	1220	17125	1.2.1.c	2	5	108	1929	7435	4627	30657
3.3.7	1	2	117	1811	5190	1116	17712	1.2.2.c	1	1	49	1024	5580	3039	19683
3.3.8	6	3	100	926	7384	1113	11591	1.2.3.c	0	1	98	2114	6110	4096	18355
3.7.0	3	6	162	2730	12893	3060	20245	1.2.4.c	2	2	72	1759	5022	3592	25922

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Mn -1- Fraktion	Mn -2- Fraktion	Mn -3- Fraktion	Mn -4- Fraktion	Mn -5- Fraktion	Mn -6- Fraktion	Mn -7- Fraktion	Probe	Mn -1- Fraktion	Mn -2- Fraktion	Mn -3- Fraktion	Mn -4- Fraktion	Mn -5- Fraktion	Mn -6- Fraktion	Mn -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	46	13	30	11	20	21	237	3.7.1	58	43	226	55	102	19	310
1.1.2.b	133	18	7	48	18	31	292	3.7.2	63	28	131	35	83	15	227
1.1.3.b	252	37	12	106	27	34	269	3.7.3	56	25	178	35	122	18	297
1.1.4.b	191	19	5	27	16	31	260	3.7.4	51	28	300	43	129	19	282
1.1.5.b	251	20	6	26	24	22	276	3.10.1	50	15	46	7	47	11	250
1.2.1	119	88	342	103	112	27	396	3.10.2	35	9	323	27	220	8	268
1.2.2	26	24	449	45	235	25	371	3.10.3	38	17	588	34	242	14	314
1.2.3	24	13	350	51	248	16	356	3.11.1	43	8	14	4	5	6	190
1.2.4	42	21	345	63	247	24	328	3.11.2	46	4	4	2	9	10	248
1.3.1	57	45	349	104	123	22	451	3.11.3	36	6	225	17	16	9	403
1.3.2	34	38	547	106	225	23	524	3.11.5	99	11	26	11	70	11	245
1.3.3	31	16	229	62	141	22	360	3.11.6	30	4	154	20	131	11	257
1.3.4	28	23	421	83	154	17	343	3.16.0	63	15	17	4	10	14	237
1.3.5	101	18	25	10	29	23	251	3.31.0	81	13	154	42	146	33	327
1.4.0	221	9	10	5	7	10	250	3.32.0	33	17	228	62	159	29	1728
3.3.1	148	57	120	22	45	14	265	3.33.6	221	5	208	35	202	12	0 (-72)
3.3.2	19	2	5	2	35	17	210								
3.3.4	55	8	106	20	26	15	249	1.1.1.c	7	3	68	20	26	22	265
3.3.5	86	6	221	25	16	11	274	1.1.2.c	110	18	4	10	15	21	211
3.3.6	102	7	188	15	40	16	277	1.1.3.c	12	47	6	258	145	25	336
3.3.6.b	57	10	546	17	16	8	276	1.2.1.c	1	3	455	154	103	23	543
3.3.7	68	17	142	17	22	6	294	1.2.2.c	1	3	269	36	180	18	277
3.3.8	90	8	4	3	170	10	87	1.2.3.c	1	5	304	20	108	23	272
3.7.0	64	62	604	87	131	19	349	1.2.4.c	98	28	29	27	142	29	451

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Ni -1- Fraktion	Ni -2- Fraktion	Ni -3- Fraktion	Ni -4- Fraktion	Ni -5- Fraktion	Ni -6- Fraktion	Ni -7- Fraktion	Probe	Ni -1- Fraktion	Ni -2- Fraktion	Ni -3- Fraktion	Ni -4- Fraktion	Ni -5- Fraktion	Ni -6- Fraktion	Ni -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	4,23	2,17	<2,5	4,99	17,51	10,33	42,5	3.7.1	1,54	<1,9	<2,5	<1,9	12,93	4,11	25,0
1.1.2.b	<1,3	<1,9	<2,5	<1,9	2,70	4,58	28,9	3.7.2	4,29	2,39	<2,5	8,06	15,90	4,79	29,3
1.1.3.b	<1,3	<1,9	<2,5	<1,9	7,07	5,66	18,5	3.7.3	3,04	<1,9	<2,5	3,54	19,91	4,79	42,5
1.1.4.b	2,90	<1,9	<2,5	<1,9	2,64	7,31	15,0	3.7.4	2,74	1,97	<2,5	4,31	21,38	6,20	36,1
1.1.5.b	39,26	6,59	<2,5	3,77	3,90	4,32	0 (-25)	3.10.1	2,26	<1,9	<2,5	2,17	4,54	2,63	25,2
1.2.1	8,03	11,08	4,15	34,54	18,60	8,51	0 (-14)	3.10.2	1,71	<1,9	<2,5	0,94	1,91	2,55	19,7
1.2.2	<1,3	<1,9	<2,5	2,01	3,55	4,53	20,1	3.10.3	<1,3	<1,9	2,76	2,20	3,04	2,14	15,3
1.2.3	<1,3	<1,9	<2,5	<1,9	2,59	2,31	21,3	3.11.1	2,92	<1,9	<2,5	4,07	2,43	2,18	21,2
1.2.4	<1,3	<1,9	<2,5	3,53	3,70	5,39	16,6	3.11.2	3,55	<1,9	<2,5	<1,9	4,44	2,52	35,3
1.3.1	1,52	<1,9	<2,5	9,39	17,19	6,58	48,4	3.11.3	1,74	<1,9	<2,5	<1,9	2,36	2,02	19,7
1.3.2	<1,3	<1,9	<2,5	6,02	12,17	5,47	53,0	3.11.5	3,47	<1,9	<2,5	<1,9	2,11	2,94	23,3
1.3.3	4,84	<1,9	<2,5	4,19	7,97	6,45	35,7	3.11.6	1,86	<1,9	<2,5	<1,9	1,77	1,81	17,4
1.3.4	<1,3	<1,9	<2,5	3,29	2,12	4,53	35,2	3.16.0	2,48	<1,9	<2,5	4,38	4,26	3,84	31,8
1.3.5	3,02	<1,9	<2,5	<1,9	3,89	7,83	32,1	3.31.0	1,74	<1,9	<2,5	2,03	1,60	4,28	99,1
1.4.0	6,15	<1,9	<2,5	<1,9	1,96	2,38	19,4	3.32.0	<1,3	<1,9	<2,5	4,86	3,19	4,66	71,5
3.3.1	<1,3	<1,9	<2,5	3,20	3,42	2,38	19,2	3.33.6	<1,3	<1,9	<2,5	<1,9	1,70	1,64	83,9
3.3.2	2,23	<1,9	<2,5	1,99	4,72	3,33	24,5								
3.3.4	1,73	<1,9	<2,5	<1,9	2,61	2,03	27,5	1.1.1.c	4,60	<1,9	<2,5	4,99	19,50	11,98	47,2
3.3.5	2,79	<1,9	<2,5	<1,9	1,24	1,57	20,3	1.1.2.c	1,63	<1,9	<2,5	1,93	6,24	3,99	28,1
3.3.6	3,48	<1,9	<2,5	<1,9	1,32	2,96	19,1	1.1.3.c	<1,3	<1,9	<2,5	1,79	4,55	3,21	22,8
3.3.6.b	2,44	<1,9	<2,5	<1,9	1,46	1,90	18,1	1.2.1.c	<1,3	<1,9	<2,5	6,61	15,46	8,57	56,8
3.3.7	1,74	<1,9	<2,5	<1,9	1,62	1,78	20,7	1.2.2.c	<1,3	<1,9	<2,5	1,93	2,01	2,28	25,6
3.3.8	5,61	<1,9	<2,5	2,37	5,67	3,74	18,4	1.2.3.c	<1,3	<1,9	<2,5	1,66	1,81	4,10	26,3
3.7.0	1,28	2,46	<2,5	7,87	23,74	5,84	37,6	1.2.4.c	<1,3	<1,9	<2,5	2,45	2,59	3,46	38,6

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Pb -1- Fraktion	Pb -2- Fraktion	Pb -3- Fraktion	Pb -4- Fraktion	Pb -5- Fraktion	Pb -6- Fraktion	Pb -7- Fraktion	Probe	Pb -1- Fraktion	Pb -2- Fraktion	Pb -3- Fraktion	Pb -4- Fraktion	Pb -5- Fraktion	Pb -6- Fraktion	Pb -7- Fraktion
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1.1.1.b	2,06	23,0	15,7	117	62	5,7	95	3.7.1	0,37	5,8	6,0	85	80	5,1	61
1.1.2.b	21,61	115,7	56,4	173	39	9,7	114	3.7.2	0,59	8,5	9,3	97	86	5,8	51
1.1.3.b	5,26	60,8	32,7	131	37	5,6	64	3.7.3	1,35	11,7	13,0	89	89	21,2	73
1.1.4.b	8,23	65,9	32,0	117	20	6,5	65	3.7.4	0,52	9,1	13,7	95	79	17,7	49
1.1.5.b	11,35	56,0	32,1	129	31	8,6	65	3.10.1	5,41	28,2	22,8	88	50	10,1	71
1.2.1	0,21	8,3	10,3	140	74	9,8	83	3.10.2	1,16	12,6	32,1	77	63	8,6	48
1.2.2	0,39	19,2	41,2	161	78	16,8	99	3.10.3	0,11	4,3	14,6	73	64	8,2	32
1.2.3	0,27	6,9	23,2	95	53	6,6	57	3.11.1	3,18	21,9	16,4	92	35	6,6	53
1.2.4	0,22	7,7	17,9	104	50	6,8	44	3.11.2	17,80	36,4	25,1	101	63	12,0	98
1.3.1	0,34	8,6	11,8	140	71	8,7	95	3.11.3	1,90	13,7	23,5	71	17	7,8	82
1.3.2	0,20	10,5	17,2	165	90	14,6	110	3.11.5	13,08	21,4	15,7	74	46	8,9	63
1.3.3	0,57	13,9	19,1	163	76	11,0	85	3.11.6	6,76	20,4	25,2	87	63	11,0	60
1.3.4	0,32	12,7	25,6	165	55	10,5	91	3.16.0	3,24	37,0	24,1	128	38	12,4	81
1.3.5	11,71	85,2	37,1	155	38	16,7	61	3.31.0	2,71	6,7	9,2	60	32	7,0	102
1.4.0	15,12	11,1	7,7	33	15	2,2	29	3.32.0	1,00	8,2	13,8	95	39	5,8	56
3.3.1	0,18	1,0	1,4	25	41	19,1	72	3.33.6	5,65	6,9	28,4	47	41	5,3	115
3.3.2	3,03	10,9	6,6	83	101	15,0	84								
3.3.4	41,36	48,4	38,4	128	62	8,5	94	1.1.1.c	3,14	24,8	16,9	115	57	9,8	75
3.3.5	27,04	16,1	26,5	82	31	11,5	47	1.1.2.c	16,07	191,4	68,3	264	45	13,9	0 (-85)
3.3.6	14,97	11,1	17,2	69	41	8,3	38	1.1.3.c	0,01	88,6	34,0	139	40	5,7	0 (-56)
3.3.6.b	3,23	13,8	43,2	100	36	5,2	40	1.2.1.c	0,12	6,5	9,8	133	62	9,4	147
3.3.7	1,17	15,5	19,9	71	38	3,6	76	1.2.2.c	0,25	13,3	23,2	142	70	13,1	52
3.3.8	14,59	74,9	35,3	65	71	4,4	6	1.2.3.c	0,16	11,9	20,1	127	52	13,5	48
3.7.0	0,08	5,1	7,8	119	87	5,1	59	1.2.4.c	0,33	14,7	12,7	123	47	8,1	135

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

Probe	Zn -1- Fraktion mg/kg	Zn -2- Fraktion mg/kg	Zn -3- Fraktion mg/kg	Zn -4- Fraktion mg/kg	Zn -5- Fraktion mg/kg	Zn -6- Fraktion mg/kg	Zn -7- Fraktion mg/kg	Probe	Zn -1- Fraktion mg/kg	Zn -2- Fraktion mg/kg	Zn -3- Fraktion mg/kg	Zn -4- Fraktion mg/kg	Zn -5- Fraktion mg/kg	Zn -6- Fraktion mg/kg	Zn -7- Fraktion mg/kg
1.1.1.b	117	58	29	69	145	108	646	3.7.1	34	55	42	87	110	55	346
1.1.2.b	58	28	13	17	32	85	342	3.7.2	98	58	38	74	132	66	374
1.1.3.b	31	23	11	19	43	78	255	3.7.3	66	31	26	45	162	82	568
1.1.4.b	34	18	9	15	38	86	210	3.7.4	73	52	42	62	203	113	561
1.1.5.b	51	19	10	17	41	63	262	3.10.1	30	9	10	14	33	42	434
1.2.1	8	21	23	60	135	92	635	3.10.2	37	13	18	12	38	49	272
1.2.2	8	16	18	19	37	86	322	3.10.3	30	22	31	18	52	44	221
1.2.3	17	17	17	19	33	57	249	3.11.1	74	21	15	21	25	20	267
1.2.4	19	25	25	31	37	79	229	3.11.2	49	8	8	11	36	30	395
1.3.1	38	55	45	107	150	94	726	3.11.3	43	9	13	11	35	39	210
1.3.2	14	32	37	60	107	72	663	3.11.5	53	6	7	12	24	30	264
1.3.3	13	16	16	31	63	90	433	3.11.6	41	7	9	9	23	45	257
1.3.4	15	25	25	33	31	72	426	3.16.0	40	23	14	22	36	61	406
1.3.5	73	27	11	20	35	110	397	3.31.0	29	6	6	9	15	42	3892
1.4.0	67	6	6	10	18	29	180	3.32.0	16	17	17	25	31	60	1911
3.3.1	25	14	12	26	30	26	149	3.33.6	27	10	14	13	20	31	1293
3.3.2	24	5	5	10	27	22	223								
3.3.4	19	4	6	8	25	47	384	1.1.1.c	130	51	31	64	167	125	697
3.3.5	26	3	5	7	16	40	230	1.1.2.c	47	48	21	38	76	89	385
3.3.6	49	4	6	9	21	55	217	1.1.3.c	11	36	13	44	80	53	208
3.3.6.b	58	10	17	14	26	32	172	1.2.1.c	8	25	29	70	156	102	835
3.3.7	39	18	13	16	27	33	236	1.2.2.c	6	12	12	21	35	58	322
3.3.8	140	58	21	20	60	58	272	1.2.3.c	6	17	16	18	31	63	309
3.7.0	35	82	77	121	232	100	544	1.2.4.c	9	17	11	29	37	60	431

Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze: „<“;
0-Werte: keine Fraktionsanteile ermittelt, (negativ-Werte): Summe Fraktionen 1-6 > RFA

V.2.4 Daten der Grund-, Boden- und Oberflächengewässer

V.2.4.1 Erläuterungen zu Methoden der Wasseranalytik

Methode		Parameter	Messungen in Anlehnung an folgende Vorschrift oder DIN
ICP-AES	Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma	Cr, Cu, Fe, Mn, Zn, P_{gesamt}, Sn	DIN 38 406-E22 (DIN EN ISO 11885)
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Flamme	Cr, Cu, Ni	DIN ISO 11047
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung d. Hydridtechnik	As	DIN 38405 D18
AAS	Atomabsorptions-Spektrometrie, Atomisierung mittels Graphitrohr	Cd	DIN 38 406-E 19 (DIN ISO 5961)
IC	Anionenchromatographie	F^-, Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-, PO_4^{3-}	DIN 38405-19 (DIN EN ISO 10304-1)
IC	Kationenchromatographie	K^+, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	DIN EN ISO 14911
Photometrie	Photometer Lasaplus Fa. Dr. Lange	NH_4^+	-
Titration	m-Wert und pKs-Wert-Berechnung zur Bestimmung von:	HCO_3^-, CO_3^{2-}, CO_2, pks	Berechnung der Spezies n. QUENTIN (1988), Digital Titrator, Fa. Hach
pH-Wert	Glaselektrode i. Durchflußmeßzelle	pH	DIN 38404 C5
Temperatur	Temperaturmessung in Durchflußmeßzelle	T (°C)	DIN 38404 C4
T (°C)	Temperatur gemessen mit Einstichmeßsonde	T (°C)	--
Lf	Leitfähigkeitsmessung in Durchflußmeßzelle	Lf (25° C)	DIN EN 27888
Redox-Wasser	Messung der Redoxspannung in der Durchflußmeßzelle	E_H -Wasser	DIN 38404 C6
Redox-Boden	Bestimmung der Redoxspannung im Feldverfahren	E_H -Boden	angelehnt an DIN ISO 11271
O_2	Messung mittels Sauerstoffelektrode in einer Durchflußmeßzelle	Sauerstoffgehalt	angelehnt an DIN 38408 G22
DOC	gelöster organischer Kohlenstoff Analyser TOC 5050 (Fa. Shimadzu)	DOC	Bestimmung des DOC nach DIN 38409 durch Infrarot-Detektion (angelehnt an DIN ISO 10694)

Begriffe:

HW	:	Meßstellen unter Hochwassereinfluß (Flächen überstaut)
<Wert	:	unterhalb der Element- bzw. Stoffspezifischen Kalibrierungsgrenze
Mittl.	:	Mittelwert (arithmetisch)
Stdw.	:	Standardabweichung
Med.	:	Medianwert
Min.	:	Minimum
Max.	:	Maximum

V.2.4.2 Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt I

Transekt I: Mulde, Flußwasser (Probe 1)

Probe Nr.1	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	2,1	3,85	3,70	20,8	4,6	10,5	39,0		25,7	91,5	23,4	42,1	0,030	4,84	0,74	0,31			0,101		0,0002
04.07.97	2	7,0	5,88	5,11	35,2	6,7	13,4	55,3	0,40	39,5	121,7	19,4	68,3	0,294	1,32	1,18	0,27			<0,005	<0,02	0,0004
07.08.97	3	2,3	4,16	3,98	22,4	5,7	10,3	43,1	0,30	27,0	93,6	18,0	54,3	1,883	0	1,01		0,24	0,11	0,055	0,11	0,0007
26.09.97	4	5,9	5,82	5,16	34,3	6,7	13,6	59,9	0,37	38,0	122,0	17,6	75,6	0,109	4,40	1,29	0,23	0,13	<0,1	0,065	0,14	0,0081
30.10.97	5	4,9	5,79	5,24	34,6	7,3	13,2	58,4	0,35	39,2	123,8	18,4	75,6	0,067	7,04	1,29	0,63	0,11	<0,1	0,213	0,19	0,0079
27.11.97	6	2,3	6,07	5,80	36,8	7,4	13,9	61,8	0,43	42,2	132,4	22,1	89,1	0,109	5,72	1,51	0,34	0,18	<0,1	0,031	0,04	0,0029
18.12.97	7									38,6												
08.01.98	8	7,3	5,23	4,52	27,1	6,0	11,2	48,7	0,24	36,8	98,2	26,3	60,4	0,067	3,96	1,04	0,44	0,25	0,10	0,101	0,16	0,0049
25.02.98	9	3,4	5,01	4,68	32,5	5,7	11,1	49,7	0,24	41,5	99,5	26,3	60,4	0,069	3,96	1,04	0,85	0,33	0,11	0,089	0,13	0,0039
27.03.98	10	0,8	3,17	3,12	13,8	4,1	8,1	34,9	0,20	21,3	73,7	27,3	32,3	0,028	3,08	0,58	0,15	0,11	<0,1	0,107	0,30	0,0056
24.04.98	11	2,8	4,33	4,09	20,7	4,9	10,8	47,9	0,20	28,3	97,6	25,9	50,6	0,107	1,76	0,88	0,16	0,08	0,13	0,140	0,15	0,0364
08.05.98	12	2,0	4,97	4,78	27,3	5,7	12,1	52,7	0,33	35,0	116,7	23,7	58,0	0,225	1,32	1,01	0,01	0,13	<0,1	0,046	0,15	0,0034
18.06.98	13	3,9	5,34	4,94	35,1	7,1	12,3	52,1	0,32	37,5	112,3	18,4	73,8	0,133	3,52	1,26	0,25	0,47	0,18	0,061	0,08	0,0007
09.07.98	14				35,2	7,1	12,4	53,8	0,32	38,6	117,7	16,5						0,39	0,35		0,88	0,0248
19.08.98	15	3,5	4,90	4,56	33,0	7,0	11,6	46,3	0,28	37,0	101,0	13,6	59,2	6,311	0	1,25	0,01	0,11	0,14	0,041	0,09	0,0080
09.09.98	16	2,9	5,24	4,94	34,6	7,1	12,1	51,0	0,30	38,5	105,0	15,2	83,6	0,795	0,88	1,45	0,03	0,24	0,11	0,045	0,12	0,0512
14.10.98	17	3,4	4,22	3,94	23,7	5,7	10,1	43,7	0,26	27,8	88,0	20,7	59,2	0,076	3,52	1,02	0,11	0,16	0,11	0,166	0,19	0,0512
10.11.98	18	3,9	3,55	3,28	15,7	5,0	9,4	38,8	0,29	19,9	77,9	25,6	40,9	0,035	3,52	0,72	0,15	0,08	0,11	0,081	0,29	0,0484
16.12.98	19	5,2	4,84	4,36	27,8	5,8	11,5	48,8	0,28	37,9	92,6	27,9	54,3	0,055	3,96	0,94	0,74	0,12	0,20	0,146	0,44	0,0034
12.01.99	20	6,4	4,18	3,68	20,9	4,8	10,4	44,2	0,27	28,1	83,2	26,1	43,3	0,029	4,84	0,76	0,46	0,23	<0,2	0,133	0,54	0,0036
18.02.99	21	4,9	4,38	3,97	24,7	4,8	10,6	45,1	0,27	36,8	82,0	29,3	44,5	0,042	3,52	0,78	0,34	0,12	<0,2	0,094	0,25	0,0023
24.03.99	22	10,0	4,42	3,62	20,0	4,5	12,3	47,5	0,28	26,2	84,9	25,9	41,5	0,036	3,96	0,73	0,33	0,09	<0,2	0,134	0,28	0,0028
28.04.99	23	6,4	4,37	3,85	22,5	5,0	11,2	46,2	0,34	28,9	89,8	21,7	48,2	0,053	3,52	0,84	0,01	0,09	<0,2	0,117	0,23	0,0026
-	Mittl.	4,3	4,75	4,35	27,2	5,8	11,5	48,6	0,30	33,3	100,2	22,2	57,9	0,503	3,27	1,02	0,29	0,18	0,11	0,094	0,25	0,0212
-	Stdw.	2,2	0,79	0,71	7,1	1,1	1,4	6,8	0,06	6,7	16,6	4,5	15,3	1,395	1,81	0,26	0,24	0,11	0,07	0,051	0,19	0,0175
	Med.	3,9	4,84	4,36	27,2	5,7	11,4	48,3	0,29	36,8	97,9	22,75	58,0	0,069	3,52	1,01	0,26	0,13	0,11	0,094	0,16	0,0038
-	Min.	0,8	3,17	3,12	13,8	4,1	8,1	34,9	0,20	73,7	73,7	13,6	32,3	0,028	0	0,58	0,01	0,08	<0,1	<0,005	<0,02	0,0002
-	Max.	10,0	6,07	5,80	36,8	7,4	13,9	61,8	0,43	132,4	132,4	28,3	89,1	6,311	7,04	1,51	0,85	0,47	0,35	0,213	0,88	0,0512

Transekt I: Mulde, Flußwasser (Probe 1)

Probe Nr.1	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00074	<0,02	<0,05	<0,05	<0,0001	<0,01	0,07			9,3	341	7,3	418		
04.07.97	2	<0,1	0,00012	<0,02	<0,05		<0,0001	<0,1	<0,02			20,0	204	7,9	562	8,60	8,1
07.08.97	3	<0,01	0,00032	0,0169	<0,05	0,6130	0,0015		0,39			21,1	-180	8,8	421	9,88	6,8
26.09.97	4	<0,1	0,00018	<0,02	<0,05	0,0106	<0,0001	<0,1	0,65			15,9	133	7,5	561	10,84	6,3
30.10.97	5	<0,1	0,00013	<0,02	<0,05	0,0084	0,0001	<0,1	1,32			8,3	166	7,3	519	11,35	3,8
27.11.97	6	<0,1	0,00025	<0,02	<0,05	0,0077	<0,0001	<0,1	<0,02			4,0	313	7,5	544	13,65	3,9
18.12.97	7											2,1					
08.01.98	8	<0,1	0,00043	<0,02	<0,05	0,0240	0,0004	<0,1	0,05			4,6	365	7,5	438	12,86	3,5
25.02.98	9	<0,1	0,00045	<0,02	0,0014	0,0063	<0,0001	<0,1	0,05	74,71	0,33	5,3	267	7,5	458	12,86	3,7
27.03.98	10	0,234	0,00108	0,0011	0,0045	0,0146	0,0079	<0,1	0,06	74,70	0,34	5,3	185	7,4	311	13,25	4,5
24.04.98	11	<0,1	0,00071	<0,0001	0,0043	0,0036	0,0048	<0,1	0,05	74,16	0,88	11,5	323	7,7	441	11,85	3,2
08.05.98	12	<0,1	0,00045	0,0028	0,0013	0,0029	0,0025	0,0052	0,02	74,61	0,43	13,9	255	7,9	386	10,85	2,8
18.06.98	13	<0,1	0,00014	0,0054	<0,0001	0,0039	<0,0001		<0,02	74,39	0,65	18,5	252	7,5	461	9,27	
09.07.98	14	<0,07	0,00462	0,0013	0,0005	0,0244	0,0005		0,13								3,7
19.08.98	15	0,082	<0,00002	0,0058	<0,0001	0,0042	<0,0001		<0,03			22,4	219	9,3	466	11,69	3,8
09.09.98	16	<0,07	0,00041				0,0025		<0,03			17,7	334	8,3	445	9,99	4,0
14.10.98	17	<0,07	0,00018	0,0026	<0,0001	0,0028	0,0022		0,04	74,41	0,63	11,0	345	7,5	421	11,30	2,5
10.11.98	18		0,00055	0,0064	0,0007	0,0052	0,0064		0,06	74,40	0,64	6,9	499	7,4	355	11,74	3,2
16.12.98	19	0,236	0,00119	0,0158	<0,06	<0,03	0,0115		0,10	74,56	0,48	1,8	303	7,5	482	14,98	2,1
12.01.99	20	0,271	0,00145	0,0047	<0,06	<0,03	0,0040		0,11	74,38	0,66	2,9	371	7,3	417	14,50	2,8
18.02.99	21	0,165	0,00111	0,0023	<0,06	<0,03	<0,0001		0,09	74,37	0,67	1,1	331	7,5	448	12,98	3,0
24.03.99	22	0,144	0,00145	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0068		0,09	74,44	0,60	5,9	447	7,4	422	12,55	2,8
28.04.99	23	0,134	0,00049	0,0605	<0,06	<0,03	0,0024		0,06	74,36	0,68	11,8	364	7,4	425	12,47	3,0
-	Mitl.	0,091	0,00075	0,0090		0,0416	0,0024		0,15	74,46	0,58	10,1	278	7,7	448	11,87	3,9
-	Stdw.	0,078	0,00092	0,0157		0,0135	0,0032		0,30	0,16	0,16	6,8	138	0,5	62	1,68	1,5
-	Med.	0,05	0,00045	0,0038		0,0126	0,0010		0,06	74,41	0,64	8,8	313	7,5	441	11,80	3,6
-	Min.	<0,01	<0,00002	<0,0001		0,0028	<0,0001		<0,02	74,16	0,33	1,1	-180	7,3	311	8,60	2,1
-	Max.	0,271	0,00462	0,0045		0,6130	0,0115		1,321	74,71	0,88	22,4	499	9,3	562	14,98	8,1

Transekt I: Meßstelle 1, Pegel 1, Grundwasser (Probe 2)

Probe Nr.2	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-6,1	6,97	7,88	34,4	5,8	18,6	71,5		34,3	119,4	<0,05	268,4	0,080	74,8	4,46	<0,02			3,93		0,0057
04.07.97	2	8,0	6,13	5,23	25,9	4,8	11,6	50,5	2,70	31,3	14,3	<0,05	236,7	0,093	50,2	3,93				2,11	6,85	0,0004
07.08.97	3	-2,4	4,92	5,16	28,3	5,5	10,9	46,1	2,40	36,4	36,2	<0,05	195,2	0,084	38,3	3,25		0,96	2,21	1,81	5,09	0,0009
26.09.97	4	5,1	5,09	4,59	26,6	6,4	9,3	47,5	2,20	33,4	64,6	<0,05	126,9	0,040	34,8	2,13	5,40	2,60	<0,1	1,61	4,09	0,1600
30.10.97	5	4,9	5,22	4,74	28,5	6,0	10,0	48,5	2,30	33,9	78,2	<0,05	119,0	0,039	30,8	2	4,57	1,74	1,68	1,71	4,55	0,1800
27.11.97	6	-3,8	5,05	5,44	28,2	5,6	10,8	50,6	1,80	35,8	86,4	<0,05	151,3	0,063	29,9	2,53	0,89	0,93	0,76	0,62	1,68	0,0941
18.12.97	7																					
08.01.98	8	7,5	6,61	5,68	29,0	4,2	11,8	54,9	2,10	35,4	60,8	<0,05	199,5	0,072	44,9	3,32	4,17	0,31	2,13	2,00	8,11	0,1500
25.02.98	9	4,5	6,46	5,90	32,0	4,6	13,6	60,3	1,80	34,8	42,7	<0,05	236,7	0,081	56,3	3,93	7,77	0,85	1,93	1,91	6,21	0,1250
27.03.98	10	2,1	6,86	6,57	31,8	5,6	15,2	68,0	1,00	34,9	90,9	0,21	214,1	0,102	36,1	3,56	3,18	3,92	1,53	2,24	8,33	0,2850
24.04.98	11	2,4	6,66	6,34	30,9	5,6	14,6	63,3	1,90	33,8	81,4	<0,05	217,2	0,088	44,0	3,62	4,04	0,11	1,93	2,87	9,35	0,2030
08.05.98	12	5,1	6,78	6,12	31,5	5,5	14,8	63,9	2,10	34,1	72,8	<0,05	212,9	0,071	51,0	3,54	5,93	0,60	1,79	2,63	8,42	0,1760
18.06.98	13	3,9	6,60	6,11	31,5	5,3	15,5	64,7	2,10	30,2	22,9	0,08	282,4	0,100	65,1	4,68	2,27	1,23	1,65	2,57	7,30	0,0097
09.07.98	14	0,5	6,10	6,04	30,9	5,2	13,4	59,2	2,20	33,9	49,4	<0,05	238,5	0,076	62,0	3,96	5,59	0,13	1,15	1,51	3,90	0,0570
19.08.98	15	2,0	4,78	4,60	25,6	4,5	10,4	45,5	2,20	30,6	67,4	<0,05	131,8	0,066	22,0	2,21	6,13	0,94	0,34	1,48	0,13	0,0580
09.09.98	16	4,1	7,07	6,51	34,9	4,7	16,4	66,1	3,60	33,9	27,4	<0,05	286,1	0,094	74,4	4,74	8,89	2,25	1,22	1,43	3,86	0,7210
14.10.98	17	6,7	8,45	7,38	34,7	5,6	17,6	74,7	2,60	33,8	76,5	<0,05	284,9	0,077	92,0	4,73	4,79	0,04	1,75	2,64	9,25	14,9000
10.11.98	18	6,4	7,67	6,75	35,3	5,0	16,3	73,2	3,10	34,2	63,0	0,37	262,3	0,084	70,0	4,36	5,65	0,15	1,97	2,63	9,69	2,3400
16.12.98	19	6,4	7,70	6,77	34,5	5,4	17,6	72,7	2,60	34,9	86,7	0,08	234,2	0,071	63,8	3,9	6,79	0,08	1,91	2,79	9,82	0,3090
12.01.99	20	7,8	8,94	7,65	34,7	5,1	19,5	89,8	2,40	32,5	111,8	<0,05	259,3	0,066	84,5	4,31	5,12	0,12	2,01	3,83	15,6	0,3950
18.02.99	21	5,2	8,65	7,80	34,3	5,0	18,5	88,2	2,40	32,9	109,3	<0,05	269,6	0,082	73,5	4,48	5,54	0,68	1,55	3,89	12,9	0,1541
24.03.99	22	-4,7	7,48	8,21	36,3	4,1	22,5	47,6	3,00	32,7	139,4	<0,05	255,0	0,081	66,9	4,24	7,72	0,71	1,81	5,71	18,3	0,1717
28.04.99	23	9,3	9,44	7,83	29,7	5,1	19,4	98,4	2,60	31,0	144,5	<0,05	230,0	0,083	52,4	3,83	4,98	0,44	1,73	5,94	20,0	0,3340
-	Mittl.	3,4	6,80	6,33	31,3	5,2	14,9	63,9	2,34	33,6	74,8		223,3	0,077	55,3	3,71	4,97	0,94	1,55	2,63	8,26	0,9468
-	Stdw.	4,3	1,33	1,12	3,3	0,6	3,6	15,0	0,54	1,7	35,5		51,3	0,016	19,0	0,84	2,19	1,00	0,58	1,33	5,08	3,1545
-	Med.	4,7	6,72	6,23	31,5	5,3	15,0	63,6	2,30	33,9	74,7		235,5	0,081	54,3	3,92	5,26	0,70	1,74	2,405	8,11	0,1659
-	Min.	-6,1	4,78	4,59	25,6	4,1	9,3	45,5	1,00	30,2	14,3		119,0	0,039	22,0	2,00	0,01	0,04	<0,1	0,62	0,13	0,0004
-	Max.	9,3	9,44	8,21	36,3	6,4	22,5	98,4	3,60	36,4	144,5		286,1	0,102	92,0	4,74	8,89	3,92	2,21	5,94	20,0	14,9000

Transekt I: Meßstelle 1, Pegel 1, Grundwasser (Probe 2)

Probe Nr.2	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00600	<0,02	<0,05	<0,05	0,0011	0,0116	0,04	74,52	0,73	7,8	143	6,9	770		
04.07.97	2	0,316	0,00054	<0,02	<0,05		0,0193	<0,1	0,03	74,60	0,65	12,9	75	6,9	526	0,20	10,1
07.08.97	3	<0,01	0,00046	0,0023	<0,05	0,5660	0,0050		0,18	74,57	0,68	16,6	505	6,9	530	0,17	7,8
26.09.97	4	0,138	0,00036	<0,02	<0,05	0,0002	0,0058	<0,1	1,25	74,58	0,67	18,8	32	6,8	495	0,17	10,2
30.10.97	5	<0,1	0,00019	<0,02	<0,05	<0,0001	0,0038	<0,1	0,85	74,55	0,70	16,8	94	6,8	468	0,25	5,6
27.11.97	6	<0,1	0,00013	<0,02	<0,05	<0,0001	0,0003	<0,1	<0,02	74,54	0,71	14,1	93	7,0	461	0,36	5,3
18.12.97	7										0,68	3,0					
08.01.98	8	<0,1	0,00014	<0,02	<0,05	<0,0001	0,0021	<0,1	<0,02	74,67	0,58	12,0	33	6,9	498	0,82	7,6
25.02.98	9	<0,1	0,00012	<0,02	0,0057	<0,0001	0,0024	<0,1	<0,02	74,60	0,65	9,6	77	6,9	522	0,20	5,7
27.03.98	10	<0,1	0,00029	0,0003	0,0018	0,0039	0,0047	<0,1	<0,02	74,75	0,50	8,9	101	7,1	587	0,27	8,8
24.04.98	11	<0,1	0,00025	0,0072	0,0003	<0,0001	0,0058	<0,1	<0,02	74,49	0,76	10,1	84	7,0	632	0,15	6,0
08.05.98	12	<0,1	0,00015	0,0010	0,0081	<0,0001	0,0050	0,0035	<0,02	74,56	0,69	10,3	70	6,9	438	0,19	7,1
18.06.98	13	<0,1	0,00009	0,0003	0,0058	<0,0001	<0,0001		<0,02	74,36	0,89	12,1	33	6,9	467	0,26	
09.07.98	14	<0,07	0,00014	0,0007	0,0023	0,0012	0,0009	<0,3	<0,03	74,41	0,84	13,5	157	6,8	579	0,44	7,3
19.08.98	15	<0,07	0,00012	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0053		<0,03	74,37	0,88	17,0	79	7,0	451	0,13	4,9
09.09.98	16	<0,07	0,00014				0,0033		<0,03	73,78	1,47	17,5	91	6,8	554	0,26	10,9
14.10.98	17	<0,07	0,00016	0,0025	0,0095	<0,0001	0,0037		<0,03	74,41	0,84	16,5	117	6,7	696	0,23	5,4
10.11.98	18		0,00010	0,0011	0,0088	<0,0001	0,0037		<0,03	74,42	0,83	14,5	151	6,8	667	0,31	10,9
16.12.98	19	<0,07	0,00007	0,0009	<0,06	<0,03	0,0022		<0,03	74,56	0,69	11,0	80	6,8	666	0,59	7,5
12.01.99	20	<0,07	0,00032	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0002		<0,03	74,37	0,88	9,0	69	6,8	762	0,43	3,6
18.02.99	21	<0,07	0,00041	0,0012	<0,06	<0,03	0,0008		<0,03	74,35	0,90	7,8	79	6,9	755	0,38	4,4
24.03.99	22	<0,07	0,00023	0,0013	<0,06	<0,03	0,0034		<0,03	74,39	0,86	7,4	156	6,9	835	0,19	5,2
28.04.99	23	<0,07	0,00011	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0028		<0,03	74,35	0,90	8,4	78	6,9	766	0,24	4,9
-	Mittl.		0,00048	0,0014	0,0047		0,0037		0,12	74,46	0,78	12,0	109	6,9	597	0,30	7,0
-	Stdw.		0,00124	0,0019	0,0037		0,0039		0,31	0,19	0,19	4,1	96	0,1	124	0,17	2,2
-	Med.		0,00016	0,0010	0,0057		0,0034		0,01	74,51	0,73	12,0	82	6,9	567	0,25	6,6
-	Min.	<0,01	0,00007	<0,0001	<0,0001		<0,0001		<0,02	73,78	0,50	3,0	32	6,7	438	0,13	3,6
-	Max.	0,316	0,00600	0,0072	0,0095		0,0193		1,25	74,75	1,47	18,8	505	7,1	835	0,82	10,9

Transekt I: Meßstelle 2, Pegel 2, Grundwasser (Probe 3)

Probe Nr.3	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	4,8	5,94	5,39	17,3	1,9	10,4	64,6		22,3	107,1	<0,05	153,1	0,038	49,7	2,56	<0,02			19,1		0,0021
04.07.97	2				16,9	1,7	9,5	64,1	5,90	19,7	113,4	<0,05					0,48			21,7	0,36	0,0012
07.08.97	3	-0,5	6,22	6,29	18,0	1,7	10,2	66,7	5,60	20,9	140,7	<0,05	149,5	0,050	37,4	2,51		0,05	0,80	21,3	0,81	0,0020
26.09.97	4	7,2	9,29	8,04	24,9	1,6	12,9	104,0	5,10	28,9	179,0	<0,05	195,2	0,041	78,3	3,26	0,52	0,05	<0,1	32,1	0,38	0,0181
30.10.97	5	6,8	9,43	8,23	27,3	1,6	14,1	100,9	5,00	31,5	178,3	<0,05	203,7	0,053	66,0	3,40	1,35	0,04	<0,1	33,0	0,45	0,2150
27.11.97	6	0,4	8,82	8,75	27,0	1,5	14,3	100,0	4,90	32,0	177,9	<0,05	235,5	0,064	71,3	3,92	1,00	0,03	<0,1	20,5	0,46	0,0118
18.12.97	7																					
08.01.98	8	3,9	9,10	8,42	25,0	1,7	12,9	93,5	4,50	30,3	160,9	<0,05	241,0	0,077	61,6	4,01	0,91	0,05	<0,1	27,9	2,72	0,0594
25.02.98	9	3,4	9,12	8,53	27,3	1,4	14,1	98,9	4,90	30,6	167,0	<0,05	237,9	0,074	62,5	3,96	1,39	0,03	<0,1	29,8	1,86	0,0456
27.03.98	10	1,9	6,87	6,62	20,7	1,6	10,6	72,4	3,10	29,1	130,5	12,10	165,9	0,059	37,4	2,77	0,80	0,04	0,11	16,1	11,2	0,3240
24.04.98	11	1,1	7,18	7,02	22,5	1,4	9,8	76,4	4,70	26,1	125,3	<0,05	207,4	0,068	50,2	3,45	0,43	0,01	<0,1	25,8	2,13	0,0578
08.05.98	12	3,2	7,40	6,94	22,7	1,4	10,0	79,7	4,60	26,2	127,2	<0,05	200,1	0,059	53,7	3,33	1,01	0,03	<0,1	26,2	1,78	0,0572
18.06.98	13	4,6	7,75	7,07	24,3	1,5	11,2	82,2	5,00	26,8	121,6	0,05	214,1	0,007	54,1	3,56	0,92	0,08	<0,1	27,0	1,79	0,0037
09.07.98	14	-6,7	5,99	6,86	23,8	1,5	9,7	78,0	5,40	27,7	121,8	<0,05	196,4	0,030	108,2	3,28	0,76	0,31	<0,07	0,30	3,61	0,0032
19.08.98	15	4,2	7,99	7,34	23,4	1,4	9,3	91,7	5,40	27,1	137,2	<0,05	207,4	0,166	21,1	3,46	1,03	0,01	<0,07	26,9	0,95	0,0317
09.09.98	16	1,6	7,62	7,38	23,8	1,4	12,2	92,0	5,80	28,2	134,3	<0,05	210,5	0,087	41,8	3,50	1,11	0,05	<0,07	15,7	0,42	0,1319
14.10.98	17	5,2	8,26	7,44	23,9	1,5	12,3	89,9	5,60	28,3	140,3	<0,05	207,4	0,069	52,4	3,46	0,75	0,07	<0,07	27,9	1,14	0,8850
10.11.98	18	7,9	6,83	5,83	19,8	1,8	12,1	73,2	4,50	24,5	111,3	<0,05	156,2	0,049	40,5	2,61	0,49	0,01	<0,07	19,6	2,75	0,8350
16.12.98	19	5,4	7,02	6,29	20,0	1,8	9,2	78,7	4,70	26,0	97,7	<0,05	198,3	0,064	49,7	3,30	1,03	0,04	<0,2	22,1	2,08	0,9800
12.01.99	20	8,1	7,29	6,19	20,2	1,8	13,0	76,4	4,30	24,6	94,3	<0,05	200,1	0,050	65,1	3,34	0,94	0,04	<0,2	23,2	2,67	0,4110
18.02.99	21	4,4	7,15	6,55	20,2	1,8	12,1	77,2	4,40	23,8	105,4	<0,05	208,6	0,061	57,2	3,48	1,22	0,04	<0,2	22,1	2,20	0,0462
24.03.99	22	4,6	7,36	6,71	20,7	2,1	10,8	83,0	4,10	24,8	107,8	<0,05	214,7	0,054	68,6	3,58	1,14	0,04	<0,2	22,9	0,98	0,0263
28.04.99	23	5,5	7,40	6,63	20,3	2,2	9,4	86,0	4,30	24,9	99,6	0,07	220,8	0,058	68,2	3,68	0,96	0,03	<0,2	23,1	1,27	0,0544
-	Mittl.	3,7	7,62	7,07	22,3	1,6	11,4	83,2	4,85	26,6	130,8		201,1	0,061	56,9	3,35	0,87	0,05		22,9	2,00	0,1910
-	Stdw.	3,3	1,05	0,91	3,1	0,2	1,7	11,9	0,66	3,3	27,0		25,9	0,030	18,0	0,43	0,33	0,06		6,83	2,31	0,3082
-	Med.	4,4	7,40	6,94	22,6	1,6	11,0	81,0	4,90	26,5	126,3		207,4	0,059	54,1	3,45	0,94	0,04	0,05	23,0	1,78	0,0503
-	Min.	-6,7	5,94	5,39	16,9	1,4	9,2	64,1	3,10	19,7	94,3		149,5	0,007	21,1	2,51	0,01	0,01		0,30	0,36	0,0012
-	Max.	8,1	9,43	8,75	27,3	2,2	14,3	104,0	5,90	32,0	179,0		241,0	0,166	108,2	4,01	1,39	0,31		33,0	11,2	0,9800

Transekt I: Meßstelle 2, Pegel 2, Grundwasser (Probe 3)

Probe Nr.3	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH - Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00031	<0,02	<0,05	<0,05	0,0105	<0,01	0,27	74,54	0,78	6,9	283	6,8	548		
04.07.97	2	0,126	0,00506	<0,02	<0,05		0,0011	<0,1	0,30	74,58	0,74	9,8	219	7,0	561	0,60	7,8
07.08.97	3	<0,01	0,01070	0,0014	<0,05	0,3600	<0,0001		0,66	74,57	0,75	12,2	-137	6,9	615	0,12	6,7
26.09.97	4	0,134	0,01300	<0,02	<0,05	0,0412	<0,0001	<0,1	3,10	74,55	0,77	12,2	191	6,7	714	0,15	
30.10.97	5	0,129	0,00343	<0,02	<0,05	0,0275	0,0009	<0,1	2,76	74,54	0,78	10,5	184	6,8	731	0,26	7,0
27.11.97	6	0,129	0,00878	<0,02	<0,05	0,0198	0,0010	<0,1	0,34	74,55	0,77	8,5	186	6,8	720	0,25	6,6
18.12.97	7										0,73	8,2					
08.01.98	8	<0,1	0,00805	<0,02	<0,05	0,0342	<0,0001	<0,1	0,28	74,67	0,65	7,7	135	6,9	697	0,19	37,5
25.02.98	9	<0,1	0,01170	<0,02	0,0015	0,0467	0,0002	<0,1	0,31	74,60	0,72	6,7	133	6,9	707	0,14	5,0
27.03.98	10	<0,1	0,00367	0,0037	0,0026	0,0247	0,0019	<0,1	0,10	74,99	0,33	6,5	165	7,0	574	0,15	6,9
24.04.98	11	0,105	0,01350	0,0012	0,0017	0,0233	0,0037	<0,1	0,22	74,62	0,70	8,1	176	6,9	448	0,17	5,8
08.05.98	12	<0,1	0,00683	0,0013	<0,0001	0,0295	0,0025	0,0027	0,22	74,52	0,80	8,5	171	6,9	449	0,20	5,6
18.06.98	13	0,134	0,00616	<0,0001	0,0014	0,0458	<0,0001		0,21	74,36	0,96	10,8	160	6,9	484	0,29	
09.07.98	14	<0,07	0,00011	<0,0001	0,0006	0,0324	0,0016	<0,3	0,21	74,35	0,97	10,7	340	6,5	638	0,27	5,9
19.08.98	15	0,096	0,00840	0,0011	<0,0001	0,0289	<0,0001		0,21	74,32	1,00	12,1	210	7,3	522	0,15	6,6
09.09.98	16	<0,07	0,00457				0,0172		0,13	73,92	1,40	12,4	184	7,0	519	0,27	6,0
14.10.98	17	0,094	0,00816	0,0028	0,0005	0,0329	0,0068		0,24	74,46	0,86	11,6	151	6,9	693	0,18	5,2
10.11.98	18		0,00617	0,0101	<0,0001	0,0208	0,0012		0,16	74,51	0,81	9,7	208	6,9	572	0,24	5,9
16.12.98	19	<0,07	0,00977	0,0008	<0,06	0,0407	<0,0001		0,18	74,62	0,70	7,8	186	6,9	599	0,45	5,3
12.01.99	20	0,108	0,00775	0,0002	<0,06	0,0399	0,0067		0,21	74,39	0,93	6,7	161	6,8	608	0,45	2,8
18.02.99	21	<0,07	0,00726	0,0011	<0,06	0,0353	0,0021		0,21	74,39	0,93	6,1	200	6,9	627	0,24	5,3
24.03.99	22	<0,07	0,01320	0,0020	<0,06	0,0573	0,0018		0,27	74,51	0,81	6,3	254	6,8	660	0,18	6,1
28.04.99	23	0,081	0,00651	<0,0001	<0,06	0,0444	0,0013		0,27	74,37	0,95	7,7	208	6,8	633	0,21	4,5
-	Mittl.	0,076	0,00741	0,0018		0,0505	0,0028		0,49	74,50	0,82	9,0	180	6,9	605	0,25	7,5
-	Stdw.	0,042	0,00373	0,0026		0,0735	0,0042		0,80	0,19	0,19	2,1	85	0,1	87	0,12	7,3
-	Med.	0,065	0,00751	0,0012		0,0336	0,0013		0,23	74,53	0,78	8,5	185	6,9	612	0,21	5,9
-	Min.	<0,01	0,00011	<0,0001		0,0198	<0,0001		0,10	73,92	0,33	6,1	-137	6,5	448	0,12	2,8
-	Max.	0,134	0,01350	0,0101		0,3600	0,0172		3,10	74,99	1,40	12,4	340	7,3	731	0,60	37,5

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 4)

Probe Nr.4	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2												25,0	0,009	5,7	0,46				0,033	0,03	0,0004
07.08.97	3																					
26.09.97	4																					
30.10.97	5				24,0	1,5	13,5	78,3	0,57	49,6	176,8	7,1					0,05		<0,1	<0,005	<0,02	0,0014
27.11.97	6				23,2	2,4	14,4	81,8	0,50	54,2	169,0	28,6						0,05	<0,1	<0,005	<0,02	<0,0001
18.12.97	7																					
08.01.98	8				23,0	2,3	17,7	100,4	0,43	55,3	140,2	131,2					0,03	0,31	<0,1	<0,005	<0,02	0,0004
25.02.98	9				22,7	2,7	17,9	104,1	0,43	50,3	130,5	159,0					0,09	0,03	<0,1	<0,005	<0,02	0,0021
27.03.98	10	3,4	4,72	4,41	14,0	5,3	10,7	61,3	0,41	29,8	85,9	67,8	40,3	0,007	18,9	0,71		0,25	0,33	<0,005	<0,02	0,0021
24.04.98	11	3,4	4,06	3,79	14,6	4,4	8,7	51,0	0,46	25,0	102,3	25,2	31,7	0,008	9,2	0,57	0,28	0,21	0,21	<0,005	<0,02	0,0011
08.05.98	12				15,1	2,9	8,4	51,4	0,59	18,6	119,0	11,5							<0,1	<0,005	<0,02	0,0007
18.06.98	13																		0,21	<0,005	0,06	0,0005
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																		0,36	<0,02	<0,05	0,0145
14.10.98	17	4,9	5,02	4,55	21,7	0,8	10,8	61,6	0,69	10,2	163,6	0,29	49,4	0,022	8,8	0,86		0,04	<0,07	<0,02	<0,05	0,0160
10.11.98	18	5,9	3,77	3,36	15,9	1,1	8,9	45,2	0,73	21,3	86,0	2,30	54,3	0,011	19,8	0,94	0,02		<0,07	0,031	<0,05	0,0144
16.12.98	19	4,1	3,16	2,91	13,7	0,8	7,1	37,3	0,72	15,2	92,0	1,60	30,5	0,004	16,7	0,55	0,03	0,01	<0,2	<0,02	<0,05	0,0009
12.01.99	20																					
18.02.99	21	6,2	2,78	2,46	13,0	0,9	5,9	32,4	0,66	23,2	64,3	1,10	25,0	0,007	6,2	0,46	0,01	0,05	<0,2	<0,02	<0,05	0,0005
24.03.99	22																0,01	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	0,0010
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,7	3,92	3,58	18,3	2,3	11,3	64,1	0,56	32,1	120,9	39,61	36,6	0,010	12,2	0,65	0,07	0,11				0,0037
-	Stdw.	1,2	0,87	0,83	4,5	1,5	4,1	24,2	0,12	16,9	38,2	56,11	11,7	0,006	6,1	0,19	0,09	0,11				0,0059
-	Med.	4,5	3,92	3,57	15,9	2,3	10,7	61,3	0,57	25,0	119,0	11,50	31,7	0,008	9,2	0,57	0,03	0,05				0,0010
-	Min.	3,4	2,78	2,46	13,0	0,8	5,9	32,4	0,41	10,2	64,3	0,29	25,0	0,004	5,7	0,46	0,01	0,01				<0,0001
-	Max.	6,2	5,02	4,55	24,0	5,3	17,9	104,1	0,73	55,3	176,8	159,0	54,3	0,022	19,8	0,94	0,28	0,31				0,0160

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 4)

Probe Nr.4	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,2						0,1		
04.07.97	2	<0,1	0,00022	0,0235	<0,05		0,0018	<0,1	<0,02	19,6	0,2	572		6,8	474	15,0	0,1	459	778
07.08.97	3									20,4	0,2	156	-44				0,1	295	502
26.09.97	4									15,4	0,2	222	377				0,1	430	514
30.10.97	5	<0,1	0,00166	<0,02	<0,05	0,0118	<0,0001	<0,1	1,25		0,2			6,4		8,4	0,1	48	44
27.11.97	6	<0,1	0,00167	<0,02	<0,05	0,0024	<0,0001	<0,1	<0,02		0,2			7,2	576	7,9	0,1	49	48
18.12.97	7																		
08.01.98	8	<0,1	0,00197	<0,02	<0,05	0,0043	0,0003	<0,1	0,03		0,2			6,9	697	9,6	0,1		
25.02.98	9	<0,1	0,00261	<0,02	0,0012	0,0015	<0,0001	<0,1	0,03		0,2			6,9	703	6,3	0,1		
27.03.98	10	<0,1	0,00275	0,0028	0,0114	0,0033	0,0001	<0,1	0,22	5,7	0,2	453		6,7	456	3,8	0,1	-12	-7
24.04.98	11	<0,1	0,00230	0,0019	0,0102	<0,0001	0,0030	<0,1	0,07	8,7	0,2	247	206	6,8	300	8,3	0,1	39	32
08.05.98	12	<0,1	0,00101	0,0142	0,0021	0,0009	0,0013	0,0031	0,23	10,7	0,2	325	405	7,0	289	6,2	0,1	255	194
18.06.98	13	<0,1	0,00035	0,0047	0,0045	0,0153	0,0121		0,06	13,5	0,2	82	79	6,8	255		0,1	60	89
09.07.98	14										0,2						0,1		
19.08.98	15									15,5	0,2	305	272				0,1	429	638
09.09.98	16	<0,07	0,00135				0,0014		0,03	14,5	0,2	255	200	6,8	508	13,0	0,1	48	53
14.10.98	17	<0,07	0,00150	0,0099	<0,0001	0,0329	0,0005		<0,03	11,1	0,2	224	263	7,0	464	12,5	0,1	30	31
10.11.98	18		0,00110	0,0286	0,0013	0,0208	0,0018		<0,03	6,6	0,2	299	190	6,8	354	6,3	0,1	34	35
16.12.98	19	<0,07	0,00073	0,0078	<0,06	0,0407	<0,0001		<0,03	3,8	0,2	321	352	6,6	303	6,2	0,1	20	25
12.01.99	20									4,2	0,2	212	215				0,1	34	34
18.02.99	21	<0,07	0,00074	0,0015	<0,06	<0,03	<0,0001		<0,03	2,3	0,2	369	465	7,0	278	6,5	0,1	78	68
24.03.99	22	<0,07	0,00104	0,0140	<0,06	<0,03	0,0005		<0,03	5,4	0,2	308	355	7,1	303	10,7	0,1	31	22
28.04.99	23																		
-	Mittl.		0,00140	0,0109	0,0044	0,0126	0,0015		0,14	10,5		290	257	6,9	426	8,6		137	182
-	Stdw.		0,00077	0,0093	0,0046	0,0128	0,0031		0,32	5,8		118	139	0,2	153	3,2		165	253
-	Med.		0,00135	0,0089	0,0021	0,0118	0,0005		0,03	10,7		299	263	6,8	405	8,1		48	48
-	Min.		0,00022	0,0015	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,02	2,3		82	-44	6,4	255	3,8		-12	-7
-	Max.		0,00275	0,0286	0,0114	0,0407	0,0121		1,25	20,4		572	465	7,2	703	15,0		459	778

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 5)

Probe Nr.5	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	7,1	6,52	5,65	22,6	1,3	12,5	76,4	0,66	22,0	166	33,6	61,6	0,026	12,32	1,06	0,05			0,022	0,05	0,0001
07.08.97	3				25,3	1,2	12,7	75,9	0,76	21,3	178	24,5							<0,1	0,009	0,74	0,0002
26.09.97	4	7,4	5,80	5,00	22,6	0,9	11,3	75,9	0,89	17,5	162	3,8	62,2	0,041	7,48	1,07	<0,02		<0,1	0,095	<0,02	0,0041
30.10.97	5				23,5	0,9	12,7	77,8	0,81	22,8	180	11,0				0,94	0,01	0,08	<0,1	<0,005	<0,02	0,0022
27.11.97	6	5,2	6,57	5,93	23,8	0,9	13,3	81,4	0,77	25,8	193	21,1	49,4	0,011	17,16	0,86		0,04	<0,1	<0,005	<0,02	0,0011
18.12.97	7																					
08.01.98	8	6,2	9,39	8,29	30,4	0,8	19,4	120,3	0,65	53,9	196	121,2	42,7	0,023	7,04	0,76	0,05	0,27	<0,1	<0,005	<0,02	0,0007
25.02.98	9	4,7	9,83	8,93	33,0	1,0	21,2	132,0	0,61	54,6	205	158,7	32,3	0,016	5,72	0,59		0,01	<0,1	<0,005	<0,02	0,0018
27.03.98	10	4,2	6,54	6,01	22,1	2,9	13,7	87,0	0,55	34,3	130	100,3	42,1	0,01	13,64	0,74		0,21	0,16	<0,005	<0,02	<0,0001
24.04.98	11	3,3	7,38	6,91	26,3	1,6	15,2	98,4	0,58	33,0	151	139,5	34,2	0,007	13,64	0,61	0,01	0,11	<0,1	<0,005	<0,02	0,0015
08.05.98	12	2,7	7,30	6,91	26,4	1,6	14,8	97,3	0,70	33,6	159	116,5	44,5	0,017	9,68	0,78	0,01	0,05	<0,1	<0,005	<0,02	0,0016
18.06.98	13	7,6	5,77	4,95	23,5	0,8	11,7	75,2	0,89	11,4	163	11,80	61,0	0,031	9,68	1,05	0,01	0,01	<0,1	<0,005	0,03	0,0003
09.07.98	14																					
19.08.98	15	4,8	4,80	4,36	22,1	3,2	9,5	57,7	0,98	8,6	121	0,23	94,6	0,036	19,8	1,60	0,03	0,05	<0,07	<0,02	<0,05	0,0017
09.09.98	16	4,5	5,18	4,73	23,4	0,5	10,5	63,9	0,94	6,0	136	<0,05	100,7	0,036	23,32	1,70	0,02	0,08	<0,07	<0,02	<0,05	0,0172
14.10.98	17	5,2	5,87	5,29	26,2	0,4	12,2	72,6	0,94	5,1	185	0,54	75,0	0,034	13,64	1,28		0,08	<0,07	<0,02	<0,05	0,0191
10.11.98	18	4,0	4,89	4,52	21,0	0,5	10,1	61,5	1,00	14,8	135	1,80	73,2	0,017	24,64	1,25	0,01	0,01	<0,07	0,033	<0,05	0,0233
16.12.98	19	6,6	4,81	4,22	20,5	0,4	10,2	59,6	0,97	14,9	138	2,10	51,2	0,006	32,56	0,89	0,03	0,03	<0,2	<0,02	<0,05	0,0011
12.01.99	20																0,07	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	0,0014
18.02.99	21	5,0	4,46	4,03	20,5	0,4	9,4	53,9	1,00	14,7	127	4,30	51,9	0,012	16,72	0,90	0,02	0,03	<0,2	<0,02	<0,05	0,0007
24.03.99	22				19,7	1,3	8,2	55,6	0,95	17,4	109	3,80							<0,2	<0,02	<0,05	0,0012
28.04.99	23																					
-	Mittl.	5,2	6,34	5,72	24,1	1,1	12,7	79,0	0,81	22,9	157	41,9	58,4	0,022	15,14	1,01	0,03	0,07				0,0042
-	Stdw.	1,5	1,61	1,48	3,5	0,8	3,4	21,6	0,16	14,4	28	56,3	20,3	0,012	7,45	0,32	0,02	0,07				0,0071
-	Med.	5,0	5,87	5,29	23,5	0,9	12,4	75,9	0,85	19,4	161	11,40	51,9	0,017	13,6	0,92	0,02	0,05				0,0014
-	Min.	2,7	4,46	4,03	19,7	0,4	8,2	53,9	0,55	5,1	109	<0,05	32,3	0,006	5,72	0,59	0,01	0,01				<0,0001
-	Max.	7,6	9,83	8,93	33,0	3,2	21,2	132,0	1,00	54,6	205	158,7	100,7	0,041	32,56	1,70	0,07	0,27				0,0233

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 5)

Probe Nr.5	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						0,4		
04.07.97	2	<0,1	0,00117	<0,02	<0,05		<0,0001	<0,1	<0,02	12,8	0,4	533		7,0	600	9,9	0,4	41	56
07.08.97	3	<0,1	0,00139	0,0067	<0,05	0,3070	0,0000		0,04	13,7	0,4	242	238		592	9,3	0,4	35	45
26.09.97	4	<0,1	0,00079	<0,02	<0,05	0,0022	<0,0001	<0,1	1,30	12,2	0,4	390	-235	7,2	480	11,5	0,4	40	48
30.10.97	5	<0,1	0,00087	<0,02	<0,05	<0,0001	<0,0001	<0,1	1,33	1,5	0,4	496	338	6,6		5,8	0,4	24	27
27.11.97	6	<0,1	0,00100	<0,02	<0,05	0,0031	<0,0001	<0,1	0,10	1,4	0,4	256	-156	6,8	540	7,9	0,4	31	30
18.12.97	7																		
08.01.98	8	<0,1	0,00134	<0,02	<0,05	0,0028	<0,0001	<0,1	0,03		0,4			7,0	782	6,9	0,4	22	22
25.02.98	9	<0,1	0,00182	<0,02	0,0011	0,0022	0,0010	<0,1	0,04	14,0	0,4	433	309	7,0	850	4,3	0,4	24	24
27.03.98	10	<0,1	0,00204	0,0020	0,0092	0,0048	0,0002	<0,1	0,03	5,6	0,4	507		6,8	587	7,7	0,4	HW	HW
24.04.98	11	<0,1	0,00225	0,0018	0,0039	<0,0001	0,0030	<0,1	0,04	8,1	0,4	159	376	6,7	549	4,4	0,4	44	42
08.05.98	12	<0,1	0,00147	0,0076	0,0015	<0,0001	0,0019	0,0029	0,04	10,2	0,4	205	486	7,0	525	5,1	0,4	49	59
18.06.98	13	<0,1	0,00117	0,0014	0,0006	<0,0001	0,0026		0,04	13,3	0,4	82	76	7,1	412		0,4	60	63
09.07.98	14										0,4						0,4		
19.08.98	15	<0,70	0,00068	0,0201	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,05	15,3	0,4	342	228	6,9	312	6,4	0,4	99	156
09.09.98	16	<0,07	0,00068				0,0007		0,04	14,1	0,4	282	173	6,9	456	4,6	0,4	61	60
14.10.98	17	<0,07	0,00110	0,0064	0,0002	<0,0001	0,0007		0,04	11,2	0,4	202	301	7,0	545	6,9	0,4	22	21
10.11.98	18		0,00093	0,0085	0,0004	<0,0001	0,0021		<0,03	6,9	0,4	198	187	6,8	466	6,0	0,4		15
16.12.98	19	<0,07	0,00099	0,0072	<0,06	<0,03	<0,0001		<0,03	4,2	0,4	133	449	6,5	444	5,1	0,4	12	
12.01.99	20	<0,07	0,00057	0,0046	<0,06	<0,03	<0,0001		<0,03	4,7	0,4	213	215	6,8	492	8,6	0,4	46	40
18.02.99	21	<0,07	0,00088	0,0041	<0,06	<0,03	0,0020		<0,03	2,9	0,4	430	383	6,9	422	5,7	0,4	49	61
24.03.99	22	<0,07	0,00118	0,0077	<0,06	<0,03	0,0041		<0,03	5,5	0,4	345	400	7,2	400	3,5	0,4	39	62
28.04.99	23																		
-	Mittl.		0,00117	0,0065	0,0021	0,0225	0,0010		0,17	8,8		303	236	6,9	525	6,6		41	49
-	Stdw.		0,00046	0,0049	0,0031	0,0736	0,0013		0,41	4,7		137	201	0,2	130	2,2		20	32
-	Med.		0,00110	0,0066	0,0009	0,0022	0,0002		0,04	9,2		269	270	6,9	509	6,2		40	45
-	Min.		0,00057	0,0014	<0,0001	<0,0001	0,0000		<0,02	1,4		82	-235	6,5	312	3,5		12	15
-	Max.		0,00225	0,0201	0,0092	0,3070	0,0041		1,33	15,3		533	486	7,2	850	11,5		99	156

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 6)

Probe Nr.6	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	8,3	6,29	5,32	20,6	3,6	12,5	71,2	1,00	21,3	131,6	<0,05	115,9	0,019	59,0	1,95	0,11			1,06	<0,02	0,0002
07.08.97	3	0,1	5,84	5,82	21,0	3,7	12,4	70,8	1,04	22,0	138,8	<0,05	136,0	0,025	61,6	1,76		0,04	0,18	4,16	0,45	0,0006
26.09.97	4	5,0	6,14	5,55	20,7	3,1	11,7	75,4	1,10	23,3	113,9	<0,05	148,8	0,090	20,2	2,49	0,20		<0,1	6,28	<0,02	0,0045
30.10.97	5				20,3	3,5	11,9	69,5	1,10	22,6	110,0	<0,05				2,64	0,18	0,03	<0,1	6,27	0,39	0,0104
27.11.97	6	1,1	5,82	5,69	19,8	3,4	12,4	71,0	0,95	22,3	111,9	<0,05	161,7	0,030	68,6	2,70	0,01	0,05	<0,1	2,94	0,17	0,0047
18.12.97	7																					
08.01.98	8	5,4	6,40	5,74	20,1	3,2	11,8	72,0	0,97	23,4	133,9	1,60	134,8	0,163	9,2	2,27	0,14	0,03	<0,1	6,52	0,16	0,0038
25.02.98	9	3,0	6,65	6,26	22,8	2,9	14,2	82,7	0,90	26,8	179,9	3,60	100,7	0,117	7,0	1,70	0,03	0,01	<0,1	4,70	<0,02	0,0021
27.03.98	10	2,5	5,67	5,39	20,8	3,2	11,7	69,0	0,96	25,5	143,7	28,00	71,4	0,013	30,4	1,22		0,29	0,16	4,54	<0,02	0,0018
24.04.98	11	4,1	3,79	3,49	15,5	2,0	7,7	47,4	1,10	24,6	86,9	5,60	51,2	0,011	18,5	0,89	0,04	0,03	<0,1	0,737	<0,02	0,0018
08.05.98	12	3,5	3,85	3,58	16,2	3,8	7,8	47,4	1,00	24,7	90,4	4,50	53,7	0,008	26,8	0,93	0,01	0,01	<0,1	0,156	<0,02	0,0020
18.06.98	13	10,5	4,07	3,30	17,2	4,5	8,3	49,9	1,00	22,8	93,1	0,24	40,3	0,007	18,9	0,71	0,01	0,04	<0,1	<0,005	<0,02	0,0004
09.07.98	14																					
19.08.98	15	2,9	4,19	3,95	15,1	3,6	8,2	53,2	0,97	20,6	94,8	0,08	81,7	0,010	53,7	1,39	0,04	0,07	<0,07	<0,02	<0,05	0,0023
09.09.98	16	5,7	4,67	4,17	18,0	4,4	9,9	57,5	0,93	24,3	97,6	0,96	84,8	0,010	59,0	1,44	0,01	0,04	<0,07	<0,02	<0,05	0,0179
14.10.98	17	6,3	4,81	4,24	18,4	4,3	9,7	59,8	0,94	20,0	111,8	0,28	78,7	0,007	73,5	1,34		0,07	<0,07	<0,02	<0,05	0,0312
10.11.98	18	4,1	3,81	3,51	16,4	3,6	7,3	46,2	1,00	20,4	97,7	3,50	48,2	0,005	38,7	0,84	0,01	0,01	<0,07	<0,02	<0,05	0,0233
16.12.98	19	6,6	3,83	3,35	16,3	3,2	7,8	45,8	0,89	22,1	87,1	0,44	52,5	0,005	45,3	0,91	0,03	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	0,0017
12.01.99	20																					
18.02.99	21	6,4	4,04	3,56	17,6	3,6	8,6	47,7	0,80	18,8	94,6	4,70	57,3	0,007	38,3	0,99	0,03	0,03	<0,2	<0,02	<0,05	0,0016
24.03.99	22	6,9	3,68	3,20	16,0	3,4	7,5	43,5	0,92	23,6	77,7	5,30	47,0	0,005	37,0	0,82	0,01	0,52	0,30	17,7	<0,05	0,0015
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,9	4,91	4,48	18,5	3,5	10,1	60,0	0,98	22,7	110,9	3,27	86,2	0,031	39,2	1,50	0,06	0,08		3,1		0,0062
-	Stdw.	2,6	1,10	1,09	2,3	0,6	2,2	12,6	0,08	2,1	25,9	6,52	39,7	0,046	20,8	0,67	0,07	0,13		4,5		0,0089
-	Med.	5,0	4,67	4,17	18,2	3,6	9,8	58,7	0,97	22,7	103,9	0,70	78,7	0,010	38,3	1,37	0,03	0,04		0,896		0,0020
-	Min.	0,1	3,68	3,20	15,1	2,0	7,3	43,5	0,80	18,8	77,7	0,03	40,3	0,005	7,0	0,71	0,01	0,01		<0,005		0,0002
-	Max.	10,5	6,65	6,26	22,8	4,5	14,2	82,7	1,10	26,8	179,9	28,00	161,7	0,163	73,5	2,70	0,20	0,52		17,7		0,0312

Transekt I: Meßstelle 2, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 6)

Probe Nr.6	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,8						0,8		
04.07.97	2	<0,1	0,00612	<0,02	<0,05		<0,0001	<0,1	0,14	11,5	0,8	111		6,6	549		0,8	2	0
07.08.97	3	<0,01	0,01440	0,0100	<0,05	0,5620	0,0032		0,22	12,6	0,8	256	272	6,6	558	10,9	0,8	0	-3
26.09.97	4	<0,1	0,00341	<0,02	<0,05	0,0196	<0,0001	<0,1	1,72	12,2	0,8	390	-247	7,1	507	11,3	0,8	1	5
30.10.97	5	<0,1	0,00636	<0,02	<0,05	0,0247	0,0015	<0,1	1,48		0,8			6,4		6,9	0,8	-3	-7
27.11.97	6	<0,1	0,00635	<0,02	<0,05	0,0112	<0,0001	<0,1	0,08	3,9	0,8	15	-310	6,7	494	6,5	0,8	5	1
18.12.97	7																		
08.01.98	8	<0,1	0,00800	<0,02	<0,05	0,0153	<0,0001	<0,1	0,17		0,8			7,4	501	16,6	0,8	-6	-11
25.02.98	9	<0,1	0,01320	<0,02	0,0009	0,0147	<0,0001	<0,1	0,18	12,9	0,8	-86	147	7,4	565		0,8	-5	-9
27.03.98	10	<0,1	0,01300	0,0130	0,0057	0,0238	0,0023	<0,1	0,16	5,7	0,8	471		6,7	508	8,3	0,8	HW	HW
24.04.98	11	<0,1	0,00021	0,0030	0,0023	<0,0001	0,0028	<0,1	0,08	8,1	0,8	-168	-142	6,8	311	4,3	0,8	9	4
08.05.98	12	<0,1	0,00229	0,0062	0,0004	0,0028	0,0023	0,0012	0,07	10,0	0,8	-117	63	6,6	297	5,4	0,8	9	13
18.06.98	13	<0,1	0,00121	<0,0001	<0,0001	0,0024	0,0001		0,06	12,6	0,8	86	78	6,6	280		0,8	27	22
09.07.98	14										0,8						0,8		
19.08.98	15	0,096	0,00092	0,0016	<0,0001	0,0035	0,0018		0,07	14,7	0,8	175	48	6,4	313	5,0	0,8	27	32
09.09.98	16	<0,07	0,00036				0,0004		0,04	13,6	0,8	153	1	6,4	439	4,7	0,8	35	37
14.10.98	17	0,158	0,00191	0,0045	<0,0001	0,0022	0,0016		0,10	11,4	0,8	49	193	6,3	441	4,8	0,8	21	14
10.11.98	18		0,00100	0,0080	0,0004	<0,0001	<0,0001		0,08	7,4	0,8	188	151	6,4	370	4,8	0,8	-17	-24
16.12.98	19	0,120	0,00200	0,0078	<0,06	<0,03	0,0007		0,08	5,2	0,8	33	70	6,4	358	3,8	0,8	-6	4
12.01.99	20									5,3	0,8	199	199				0,8	15	21
18.02.99	21	<0,07	0,00257	0,0042	<0,06	<0,03	0,0025		0,10	4,4	0,8	-125	70	6,5	387	4,7	0,8	35	37
24.03.99	22	0,094	0,00135	0,0069	<0,06	<0,03	0,0040		0,07	5,5	0,8	-29	86	6,4	352	3,2	0,8	19	12
28.04.99	23																		
-	Mittl.		0,00470	0,0059		0,0455	0,0013		0,27	9,2		94	45	6,7	425	6,7		9	8
-	Stdw.		0,00467	0,0038		0,1380	0,0013		0,49	3,7		178	163	0,3	98	3,6		15	17
-	Med.		0,00243	0,0062		0,0149	0,0011	0,05	0,09	10,0		86	70	6,6	439	5,0		7	5
-	Min.	<0,01	0,00021	<0,0001		<0,0001	<0,0001		0,04	3,9		-168	-310	6,3	280	3,2		-17	-24
-	Max.	0,158	0,01440	0,0130		0,5620	0,0040		1,72	14,7		471	272	7,4	565	16,6		35	37

Transekt I, Meßstelle 3, Pegel 3, Grundwasser (Probe 7)

Probe Nr.7	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-11,3	6,67	8,37	28,2	2,3	12,9	75,0		25,2	92,3	<0,05	348,3	0,198	50,6	5,78	<0,02			10,2		0,1781
04.07.97	2	8,8	10,34	8,68	25,1	2,5	12,3	81,4	5,30	25,3	85,6	<0,05	358,1	0,278	38,7	5,94	1,56			11,5	57,4	0,1530
07.08.97	3	-3,5	8,96	9,62	23,4	2,2	11,9	76,3	4,60	25,3	89,1	<0,05	413,0	0,359	40,0	6,84		0,04	0,56	10,9	55,4	0,3140
26.09.97	4	3,5	9,48	8,84	21,9	1,9	11,0	81,8	4,20	26,1	96,6	<0,05	356,2	0,210	50,6	5,91	3,00	0,03	0,15	11,8	58,5	0,0038
30.10.97	5	9,0	8,79	7,34	21,3	2,0	10,3	73,4	3,90	25,7	95,8	<0,05	267,8	0,138	43,1	4,45	2,03	0,04	0,17	10,9	52,1	4,0600
27.11.97	6	3,1	8,20	7,71	20,4	1,8	9,8	69,4	3,90	26,9	93,9	<0,05	290,4	0,181	38,3	4,83	2,03	0,03	0,25	7,61	48,3	3,0900
18.12.97	7																					
08.01.98	8	2,4	9,22	8,79	20,2	1,7	9,6	72,4	4,20	28,4	86,7	<0,05	361,7	0,282	38,3	6,00	2,36	0,09	0,48	9,57	49,8	3,0100
25.02.98	9	11,0	8,34	6,69	20,4	1,7	9,9	73,2	3,80	28,8	92,0	<0,05	222,7	0,168	24,2	3,72	3,01	2,47	0,44	8,93	47,2	3,3000
27.03.98	10	1,5	4,05	3,93	16,5	6,1	9,2	45,9	0,49	24,8	79,7	16,50	78,1	0,020	23,8	1,33	0,19	0,11	0,11	0,536	1,6	0,0915
24.04.98	11	8,4	10,67	9,01	28,9	2,3	14,6	103,4	4,70	30,5	85,2	<0,05	372,1	0,167	67,3	6,16	2,12	0,01	<0,1	12,97	46,5	1,1840
08.05.98	12	12,3	10,04	7,85	26,0	2,3	13,1	92,7	4,00	28,9	63,6	<0,05	333,7	0,108	83,2	5,52	2,74	0,09	0,16	9,80	53,2	1,5060
18.06.98	13	9,4	8,12	6,72	22,3	2,1	10,2	79,8	5,30	24,9	96,1	0,19	226,9	0,093	44,4	3,77	2,25	0,40	0,15	11,71	33,7	0,0522
09.07.98	14	0,9	6,65	6,52	21,4	2,2	9,6	76,2	5,00	25,7	78,1	<0,05	236,1	0,082	54,6	3,92	2,11	0,31	<0,07	4,16	15,4	0,6310
19.08.98	15	10,7	7,13	5,75	17,5	1,5	6,3	64,0	4,60	21,5	74,3	<0,05	203,1	0,110	30,4	3,38	2,42	0,01	<0,07	9,14	41,4	2,5400
09.09.98	16	7,6	7,43	6,39	21,4	1,9	7,8	71,5	4,90	27,0	76,1	<0,05	228,8	0,124	34,3	3,80	2,46	0,11	<0,07	4,75	21,8	16,4000
14.10.98	17	20,7	9,88	6,50	22,4	2,0	9,8	74,3	5,00	27,4	63,0	<0,05	251,3	0,141	37,4	4,18	1,29	0,05	0,19	10,17	47,8	29,5000
10.11.98	18	4,2	5,46	5,02	21,0	8,8	13,3	61,7	1,20	26,3	88,2	4,20	140,9	0,029	54,1	2,36	0,46	0,07	0,08	0,592	0,9	0,8630
16.12.98	19	13,6	13,42	10,20	30,9	2,9	19,8	120,6	5,60	32,4	44,2	0,22	491,7	0,279	73,9	8,13	4,08	0,01	<0,2	15,5	70,4	2,4400
12.01.99	20	12,1	13,28	10,41	30,7	2,6	18,3	115,7	5,00	31,6	66,5	<0,05	478,2	0,213	91,5	7,91	3,83	0,01	0,32	15,6	75,3	2,9700
18.02.99	21	9,6	11,93	9,85	29,6	2,6	15,6	109,8	6,10	31,5	69,0	<0,05	436,8	0,267	60,3	7,23	3,36	0,21	<0,2	13,4	62,9	1,4490
24.03.99	22	10,3	12,73	10,35	32,6	4,4	20,3	125,9	5,60	35,9	67,2	0,09	465,4	0,171	107,4	7,7	3,03	0,17	<0,2	0,268	46,2	0,7930
28.04.99	23	8,5	12,53	10,57	28,7	2,3	13,3	114,1	5,80	29,6	115,1	<0,05	426,4	0,211	73,5	7,06	2,04	0,36	<0,2	19,1	70,2	2,5300
-	Mittl.	6,9	9,24	7,96	24,1	2,7	12,2	84,5	4,44	27,7	81,7		317,6	0,174	52,7	5,27	2,21	0,23	0,18	9,50	45,5	3,5000
-	Stdw.	6,6	2,53	1,87	4,6	1,7	3,7	21,3	1,37	3,2	15,5		112,0	0,086	22,1	1,84	1,08	0,54	0,15	4,93	20,6	6,7300
-	Med.	8,6	9,09	8,11	22,4	2,3	11,5	76,3	4,70	27,0	85,4		341,0	0,170	47,5	5,65	2,25	0,08	0,13	10,17	48,3	1,4775
-	Min.	-11,3	4,05	3,93	16,5	1,5	6,3	45,9	0,49	21,5	44,2		78,1	0,020	23,8	1,33	0,01	0,01	<0,07	0,268	0,9	0,0040
-	Max.	20,7	13,42	10,57	32,6	8,8	20,3	125,9	6,10	35,9	115,1		491,7	0,359	107,4	8,13	4,08	2,47	0,56	19,1	75,3	29,5000

Transekt I, Meßstelle 3, Pegel 3, Grundwasser (Probe 7)

Probe Nr.7	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00015	<0,02	<0,05	<0,05	0,0016	<0,01	0,058	74,53	0,31	7,0	86	7,1	804		
04.07.97	2	<0,1	0,00007	<0,02	<0,05		0,0017	<0,1	0,050	74,55	0,29	9,0	56	7,3	793	0,60	15,4
07.08.97	3	<0,1	0,00030	0,0000	<0,05	0,2340	0,0039		0,097	74,57	0,27	10,6	36	7,3	791	0,12	12,6
26.09.97	4	0,143	0,00003	<0,02	<0,05	0,0078	0,0006	<0,1	1,443	74,52	0,32	11,3	46	7,1	703	0,10	18,1
30.10.97	5	<0,1	0,00039	<0,02	<0,05	0,0096	0,0035	<0,1	1,519	74,52	0,32	10,0	68	7,1	667	0,25	16,9
27.11.97	6	<0,1	0,00010	<0,02	<0,05	0,0318	0,0017	<0,1	<0,02	74,53	0,31	9,1	58	7,2	612	0,55	14,9
18.12.97	7										0,25	7,7					
08.01.98	8	<0,1	0,00014	<0,02	<0,05	0,0009	0,0042	<0,1	<0,02	74,67	0,17	8,6	46	7,3	640	0,20	52,2
25.02.98	9	<0,1	0,00024	<0,02	0,001	0,0028	0,0052	<0,1	<0,02	74,6	0,24	7,5	31	7,3	625	0,10	12,4
27.03.98	10	0,135	0,00189	0,0019	0,0091	0,0064	0,0051	<0,1	0,053	75,33	-0,49	7,2	353	6,8	356	5,50	5,9
24.04.98	11	0,207	0,00276	0,0007	0,0014	0,0077	0,0107	<0,1	0,081	74,73	0,11	8,4	99	7,0	573	0,22	10,5
08.05.98	12	<0,1	0,00040	0,0006	0,0016	0,0052	0,0029	0,0015	0,041	74,5	0,34	8,4	86	6,9	534	0,15	11,8
18.06.98	13	<0,1	0,00055	0,0019	0,0005	0,0138	0,0027		0,054	74,35	0,49	9,9	91	7,0	491	0,25	
09.07.98	14	<0,07	0,00012	0,0009	0,0004	0,0055	0,0008	<0,3	<0,03	74,34	0,50	9,9	75	6,9	467	0,18	10,4
19.08.98	15	<0,07	<0,00002	0,0058	<0,0001	0,0107	<0,0001		0,050	74,28	0,56	10,9	85	7,1	480	0,10	14,8
09.09.98	16	<0,07	<0,00005				<0,0001		<0,03	73,95	0,89	11,7	71	7,1	491	0,18	13,8
14.10.98	17	<0,07	0,00013	<0,0001	0,0034	0,0021	0,0037		0,037	74,39	0,45	11,3	89	7,1	699	0,17	12,5
10.11.98	18		0,00299	0,0157	0,0015	0,0045	0,0034		0,075	75,16	-0,32	8,7	334	6,7	489	1,10	7,3
16.12.98	19	<0,07	0,00017	<0,0001	<0,06	<0,03	<0,0001		0,064	74,77	0,07	8,9	78	7,1	991	0,41	18,6
12.01.99	20	<0,07	0,00024	0,0150	<0,06	<0,03	0,0017		0,045	74,37	0,47	7,7	70	7,0	985	0,33	9,3
18.02.99	21	<0,07	0,00028	0,0005	<0,06	<0,03	0,0028		0,036	74,35	0,49	7,1	64	7,2	943	0,70	9,0
24.03.99	22	<0,07	0,00886	0,0089	<0,06	<0,03	0,0034		0,147	74,99	-0,15	7,5	116	6,9	1000	1,42	9,6
28.04.99	23	<0,07	0,00084	<0,0001	<0,06	<0,03	<0,0001		0,072	74,43	0,41	8,2	67	7,1	983	0,33	8,5
-	Mittl.		0,00094	0,0037	0,0021	0,0221	0,0027		0,181	74,57	0,27	9,0	96	7,1	687	0,62	14,2
-	Stdw.		0,00196	0,0055	0,0028	0,0505	0,0024		0,422	0,30	0,29	1,5	83	0,1	199	1,17	9,6
-	Med.		0,00024	0,0008	0,0014	0,0102	0,0028	0,05	0,05	74,53	0,31	8,7	73	7,1	654	0,25	12,4
-	Min.	<0,07	<0,00002	0,00003	<0,0001	0,0009	0,0000		<0,02	73,95	-0,49	7,0	31	6,7	356	0,10	5,9
-	Max.	0,207	0,00886	0,0157	0,0091	0,2340	0,0107		1,519	75,33	0,89	11,7	353	7,3	1000	5,50	52,2

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 8)

Probe Nr.8	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	12,0	5,96	4,69	21,2	2,3	10,8	62,4	0,45	11,3	181	0,39	35,4	0,008	13,2	0,63	0,22			0,213	0,97	<0,0001
07.08.97	3				23,5	1,6	11,6	67,6	0,54	10,3	215	0,14						0,03	0,87	0,236	0,38	0,0005
26.09.97	4				27,0	0,5	13,4	85,2	0,55	20,7	237	0,36					0,04		<0,1	0,303	<0,02	0,0110
30.10.97	5				22,3	3,8	9,9	64,9	1,00	24,1	52	9,60					0,02	0,03	<0,1	0,182	0,10	0,0065
27.11.97	6				25,9	1,4	16,3	98,9	0,47	31,3	250	29,80	22,6	11,1	0	0,42		0,08	<0,1	0,056	<0,02	0,0049
18.12.97	7																					
08.01.98	8				22,4	1,8	14,0	82,0	0,47	28,5	197	37,30					0,02	0,07	0,15	0,153	0,05	0,0025
25.02.98	9				20,6	2,0	13,0	76,7	0,47	25,7	180	33,50					0,01	0,01	<0,1	0,096	<0,02	0,0034
27.03.98	10	4,8	3,77	3,43	16,2	6,3	9,1	42,5	0,22	24,1	81	22,50	41,5	0,010	13,2	0,73	0,04	0,09	0,24	0,006	0,15	0,0045
24.04.98	11	2,1	4,28	4,11	16,8	1,8	8,8	54,2	0,47	23,9	115	0,21	61,0	0,007	40,9	1,05	0,01	0,01	<0,1	0,522	0,07	0,0046
08.05.98	12	9,6	4,31	3,55	16,1	15,0	8,1	49,7	0,48	21,9	109	<0,05	37,8	0,004	26,0	0,67	0,02	0,04	<0,1	0,314	<0,02	0,0031
18.06.98	13	3,0	5,19	4,89	20,2	2,2	11,2	65,7	0,35	13,9	204	1,20	13,4	0,002	9,7	0,27	0,01	0,04	<0,1	0,051	0,33	0,0013
09.07.98	14																					
19.08.98	15																0,10	0,03	<0,07	<0,02	<0,05	0,0034
09.09.98	16	3,1	8,69	8,16	28,3	1,4	18,4	115,5	0,65	14,7	360	0,09	13,4	0,001	13,2	0,28		0,11	<0,07	<0,02	<0,05	0,0211
14.10.98	17	5,3	7,94	7,13	25,2	1,5	16,2	106,2	0,61	11,8	314	0,27	13,4	0,001	25,1	0,28	0,02	0,05	<0,07	0,148	<0,05	0,0461
10.11.98	18	4,5	5,64	5,16	19,3	1,7	12,1	74,0	0,62	14,9	205	<0,05	25,6	0,006	8,8	0,47	0,01	0,01	<0,07	0,304	0,08	0,0484
16.12.98	19	6,0	4,16	3,69	15,1	1,4	9,1	51,5	0,57	22,2	116	7,90	29,3	0,002	40,0	0,53	0,06	0,03	<0,2	0,358	<0,05	0,0022
12.01.99	20																					
18.02.99	21	7,4	3,72	3,21	15,5	2,2	8,0	43,7	0,51	17,0	112	14,60	7,9	0,001	7,0	0,18	0,01	0,01	<0,2	<0,02	<0,05	0,0025
24.03.99	22	10,3	3,72	3,03	15,2	3,0	7,3	45,1	0,44	23,6	82	0,34	38,4	0,003	34,8	0,68	0,08	0,01	0,37	0,811	<0,05	0,0038
28.04.99	23																					
-	Mittl.	6,2	5,22	4,64	20,6	2,9	11,6	69,8	0,52	20,0	177	9,31	28,3	0,9	19,3	0,52	0,04	0,04		0,210	0,13	0,0094
-	Stdw.	3,3	1,72	1,66	4,4	3,4	3,2	22,1	0,16	6,3	85	13,24	15,4	3,2	13,7	0,25	0,06	0,03		0,209	0,24	0,0146
-	Med.	5,3	4,31	4,11	20,6	1,8	11,2	65,7	0,48	21,9	180,5	0,39	27,5	0,004	13,2	0,50	0,02	0,03		0,167	0,03	0,0036
-	Min.	2,1	3,72	3,03	15,1	0,5	7,3	42,5	0,22	10,3	52	<0,05	7,9	0,001	0	0,18	0,01	0,01		0,006	<0,02	<0,0001
-	Max.	12,0	8,69	8,16	28,3	15,0	18,4	115,5	1,00	31,3	360	37,30	61,0	11,1	40,9	1,05	0,22	0,11		0,811	0,97	0,0484

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 8)

Probe Nr.8	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,2						0,1		
04.07.97	2	0,187	0,01730	<0,02	<0,05		0,0002	<0,1	0,79	13,1	0,2	-109		6,7	512	28,6	0,1	50	46
07.08.97	3	0,215	0,03080	0,0078	<0,05	0,1630	<0,0001		1,23		0,2			6,5	554	12,0	0,1	51	40
26.09.97	4	<0,1	0,02790	<0,02	<0,05	0,0232	<0,0001	<0,1	8,29		0,2			6,6	561	21,4	0,1	41	57
30.10.97	5	0,349	0,04100	0,0206	<0,05	0,0507	<0,0001	<0,1	10,2		0,2			6,0		7,2	0,1	18	19
27.11.97	6	0,295	0,04940	<0,02	<0,05	0,0209	<0,0001	<0,1	1,54		0,2			6,3	633	7,8	0,1	20	20
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,220	0,03840	<0,02	<0,05	0,0450	<0,0001	<0,1	1,33		0,2			6,3	569	8,1	0,1		
25.02.98	9	0,186	0,04740	<0,02	0,0004	0,0246	<0,0001	<0,1	1,18		0,2			6,3	525	5,1	0,1		
27.03.98	10	0,159	0,00313	0,0031	0,0079	0,0065	0,0029	<0,1	0,21	6,3	0,2	113		6,8	346	7,9	0,1	HW	HW
24.04.98	11	0,134	0,01530	<0,0001	0,0069	0,0124	0,0028	<0,1	0,82	8,8	0,2	-64	-226	6,5	382	9,5	0,1	0	0
08.05.98	12	0,112	0,01940	0,0121	0,0011	0,0146	0,0011	0,0017	0,69	10,4	0,2	-17	-59	6,5	286	7,7	0,1	39	32
18.06.98	13	<0,1	0,00809	<0,0001	0,0007	0,0316	<0,0001		1,21	13,2	0,2	83	99	6,4	409		0,1	32	24
09.07.98	14										0,2						0,1	60	46
19.08.98	15	0,105	0,02460	0,0133	<0,0001	0,0376	<0,0001		2,17	15,3	0,2	156	205			10,4	0,1	366	457
09.09.98	16	0,085	0,03640				0,0364		1,25	14,4	0,2	106	86	6,2	790	8,2	0,1	40	49
14.10.98	17	0,303	0,04550	0,0135	0,0012	0,0239	0,0013		1,99	10,9	0,2	108	158	6,0	702	8,2	0,1	21	23
10.11.98	18		0,03540	0,0158	0,0009	0,0090	0,0177		1,50	7,7	0,2	173		6,8	544	8,4	0,1	HW	HW
16.12.98	19	0,228	0,01910	0,0155	<0,06	<0,03	0,0025		1,06	3,4	0,2	-92	-11	6,2	402	6,6	0,1	0	4
12.01.99	20									4,1	0,2	210	197				0,1		34
18.02.99	21	0,205	0,02930	0,0127	<0,06	0,0301	<0,0001		1,01	2,9	0,2	-119	-93	6,4	366	7,9	0,1		55
24.03.99	22	0,234	0,01150	0,0169	<0,06	0,0341	0,0124		0,84	6,1	0,2	-35	96	6,4	349	4,4	0,1	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mittl.	0,183	0,02777	0,0110	0,0024	0,0339	0,0043		2,08	9,0		39	45	6,4	496	10,0		57	60
-	Stdw.	0,087	0,01389	0,0067	0,0031	0,0366	0,0093		2,68	4,3		116	139	0,2	141	6,1		95	111
-	Med.	0,187	0,02860	0,0130	0,0010	0,0243	0,0001		1,22	8,8		83	91	6,4	519	8,1		39	34
-	Min.	<0,1	0,00313	<0,0001	<0,0001	0,0065	<0,0001		0,21	2,9		-119	-226	6,0	286	4,4		0	0
-	Max.	0,349	0,04940	0,0206	0,0079	0,1630	0,0364		10,2	15,3		210	205	6,8	790	28,6		366	457

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 9)

Probe Nr.9	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	13,6	6,92	5,26	22,0	4,5	11,0	71,0	0,92	24,9	46	<0,05	214,7	0,082	48,0	3,57	1,00			2,67	3,44	0,0008
07.08.97	3												117,1	0,434	2,6	1,98				4,24	6,94	0,0045
26.09.97	4																					
30.10.97	5				26,7	1,2	15,1	90,8	0,61	29,3	252	<0,05				3,17	0,35	0,07	<0,1	2,95	6,33	0,0100
27.11.97	6	6,2	6,29	5,55	22,1	3,4	10,2	70,0	0,89	23,3	81	<0,05	191,5	0,035	79,2	3,19	0,25	0,07	<0,1	2,35	10,5	0,0085
18.12.97	7																					
08.01.98	8	12,6	6,77	5,25	22,0	3,1	9,9	67,5	0,93	24,4	98	<0,05	148,8	0,081	23,3	2,49	0,50	0,03	<0,1	3,30	12,4	0,0186
25.02.98	9	11,3	7,05	5,62	22,8	4,1	12,0	80,2	1,30	26,4	97	0,08	168,4	0,086	27,7	2,81	1,12	0,90	<0,1	3,75	15,4	0,0197
27.03.98	10	9,0	7,86	6,55	22,4	5,1	12,6	84,2	1,50	27,1	108	0,15	210,5	0,058	60,7	3,5	1,23	0,03	0,11	4,39	26,9	0,0235
24.04.98	11	8,2	6,39	5,42	20,2	5,2	10,7	69,5	1,30	25,5	115	1,80	134,2	0,089	15,8	2,25	0,51	0,03	0,31	3,43	18,2	0,0215
08.05.98	12				21,7	6,9	10,9	72,8	1,40	25,7	115	<0,05					0,51	0,03	0,37	3,40	9,15	0,0105
18.06.98	13	10,5	6,11	4,95	26,3	23,1	10,5	68,1	0,88	22,7	170	0,64	43,3	0,012	12,8	0,76	0,26	0,09	<0,1	1,73	0,06	0,0005
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16	1,6	9,21	8,92	31,4	6,6	17,5	123,4	0,86	22,5	377	0,11	23,2	0,002	23,3	0,44	0,05	0,11	<0,07	0,92	0,05	0,0072
14.10.98	17	1,3	10,10	9,84	31,4	6,0	19,7	132,9	0,75	17,9	434	<0,05	14,0	0,001	19,4	0,29	0,02	0,04	<0,07	2,25	3,27	0,0172
10.11.98	18	4,5	4,68	4,28	20,3	8,3	10,5	52,9	0,39	24,9	124	8,10	50,6	0,012	16,3	0,88		0,07	0,22	0,70	0,62	0,0707
16.12.98	19																		<0,2	3,03	2,97	0,0021
12.01.99	20																					
18.02.99	21	3,7	6,17	5,72	21,4	3,7	12,3	79,9	0,57	19,7	232	2,60	15,9	0,002	11,9	0,31	0,03	0,03	<0,2	0,86	1,13	0,0022
24.03.99	22				20,9	3,6	11,0	73,5	0,56	20,8	201	0,69							<0,2	8,05	0,29	0,0005
28.04.99	23																					
-	Mittl.	7,5	7,05	6,12	23,7	6,1	12,4	81,2	0,92	23,9	175	1,02	111,0	0,075	28,4	1,97	0,49	0,12		3,00	7,35	0,0136
-	Stdw.	4,3	1,52	1,71	3,8	5,2	3,0	21,9	0,34	3,0	114	2,18	77,9	0,119	22,6	1,27	0,42	0,24		1,77	7,72	0,0172
-	Med.	8,2	6,77	5,55	22,1	4,8	11,0	73,2	0,89	24,7	120	0,10	125,7	0,047	21,3	2,25	0,43	0,06		2,990	4,88	0,0091
-	Min.	1,3	4,68	4,28	20,2	1,2	9,9	52,9	0,39	17,9	46	<0,05	14,0	0,001	2,6	0,29	0,02	0,03		0,70	0,05	0,0005
-	Max.	13,6	10,10	9,84	31,4	23,1	19,7	132,9	1,50	29,3	434	8,10	214,7	0,434	79,2	3,57	1,23	0,90		8,05	26,9	0,0707

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 9)

Probe Nr.9	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						-	-	-
04.07.97	2	0,105	0,00126	<0,02	<0,05		0,0004	<0,1	0,06	18,4	0,4	-106		6,9	534	16,4	-	-	-
07.08.97	3	0,101	0,00104	0,0025	<0,05	0,2440	<0,0001		0,10	20,7	0,4	20	16	7,8	561	32,5	-	-	-
26.09.97	4									12,1	0,4	16	-190				-	-	-
30.10.97	5	0,132	0,00139	<0,02	<0,05	0,0115	<0,0001	<0,1	1,31	6,4	0,4	132	-32	6,6		16,5	-	-	-
27.11.97	6	0,102	0,00113	<0,02	<0,05	0,0197	0,0004	<0,1	0,07	1,6	0,4	283	287	6,8	451	12,8	-	-	-
18.12.97	7																-	-	-
08.01.98	8	<0,1	0,00241	<0,02	<0,05	0,0161	0,0007	<0,1	0,07		0,4			7,0	476	12,5	-	-	-
25.02.98	9	<0,1	0,00012	<0,02	0,0027	0,0091	<0,0001	<0,1	0,14	16,0	0,4	222	233	7,0	524	10,5	-	-	-
27.03.98	10	<0,1	0,00135	0,0014	0,0033	0,0177	0,0020	<0,1	0,04	6,1	0,4	132		6,9	556	13,2	-	-	-
24.04.98	11	<0,1	0,00129	0,0037	0,0027	0,0063	0,0116	<0,1	0,08	8,3	0,4	-303	20	7,2	489	12,5	-	-	-
08.05.98	12	<0,1	0,00084	0,0021	0,0025	0,0044	0,0038	0,0002	0,08	9,9	0,4	-140	135	7,3	397	13,2	-	-	-
18.06.98	13	<0,1	0,00127	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001		0,07	12,7	0,4	84	90	6,8	423		-	-	-
09.07.98	14										0,4						-	-	-
19.08.98	15									14,3	0,4	212	171				-	-	-
09.09.98	16	0,104	0,00314				0,0031		0,29	14,0	0,4	75	139	6,2	847	4,9	-	-	-
14.10.98	17	0,338	0,01120	0,0097	0,0005	0,0441	0,0019		0,63	11,4	0,4	79	192	6,1	914	4,1	-	-	-
10.11.98	18		0,00210	0,0063	0,0007	0,0415	<0,0001		0,27	8,3	0,4	127		6,8	465	8,1	-	-	-
16.12.98	19	0,110	0,00370	<0,0001	<0,06	0,0311	0,0020		0,23	4,9	0,4	-135	74	6,5	649	5,1	-	-	-
12.01.99	20									5,0	0,4	206	199				-	-	-
18.02.99	21	0,215	0,00921	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0015		0,57	3,9	0,4	-152	276	6,5	599	6,1	-	-	-
24.03.99	22	0,157	0,01220	<0,0001	<0,06	0,0315	0,0007		0,64	6,1	0,4	64	171	6,6	563	2,6	-	-	-
28.04.99	23																-	-	-
-	Mittl.	0,111	0,00335	0,0026	0,0018	0,0352	0,0018		0,29	10,0		45	119	6,8	563	11,4	-	-	-
-	Stdw.	0,079	0,00387	0,0032	0,0013	0,0616	0,0029		0,34	5,3		157	127	0,4	146	7,4	-	-	-
-	Med.	0,102	0,00137	0,0017	0,0025	0,0169	0,0007		0,12	9,1		77	139	6,8	534	12,5	-	-	-
-	Min.	<0,1	0,00012	<0,0001	<0,0001	0,0004	<0,0001		0,04	1,6		-303	-190	6,1	397	2,6	-	-	-
-	Max.	0,338	0,01220	0,0097	0,0033	0,2440	0,0116		1,31	20,7		283	287	7,8	914	32,5	-	-	-

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 10)

Probe Nr.10	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2				29,9	3,9	14,1	90,9	3,10	26,9	23,8	<0,05					4,24			8,21	10,2	0,0074
07.08.97	3				27,1	3,6	13,2	88,6	3,10	27,3	15,7	<0,05						0,04	<0,1	7,58	11,1	0,0550
26.09.97	4				27,6	3,5	13,2	104,9	3,50	28,7	12,1	<0,05					4,40		<0,1	1,08	0,10	0,4480
30.10.97	5				28,8	3,7	13,6	104,2	3,30	28,7	5,0	<0,05					3,05	0,04	<0,1	8,57	43,7	1,1400
27.11.97	6				27,9	3,3	14,0	103,9	3,50	28,6	2,4	<0,05					1,56	0,05	0,13	7,66	25,6	0,6190
18.12.97	7																					
08.01.98	8				26,7	3,0	13,1	98,2	3,30	28,4	10,5	<0,05					3,77	2,03	0,14	7,89	45,6	0,9580
25.02.98	9				28,1	3,1	13,6	98,5	3,00	27,9	18,8	0,22					4,59	0,02	<0,1	6,72	35,3	0,8570
27.03.98	10	4,9	4,59	4,16	17,8	6,0	9,4	50,0	0,70	24,6	74,9	19,0	95,2	0,025	28,6	1,61	0,60	0,15	0,30	1,21	5,15	0,1010
24.04.98	11	10,1	8,32	6,80	24,8	2,7	11,7	81,4	3,10	27,6	95,5	0,46	235,5	0,060	74,4	3,91	2,91	0,04	<0,1	6,84	35,3	0,6640
08.05.98	12	14,2	8,72	6,56	25,9	2,8	12,0	90,6	3,10	27,3	88,5	<0,05	228,8	0,070	60,3	3,8	2,50	0,07	<0,1	6,51	33,2	0,5410
18.06.98	13	16,9	8,52	6,05	26,6	2,9	12,1	86,7	3,60	24,8	71,3	0,06	223,9	0,067	60,7	3,72	2,48	0,21	<0,1	6,63	32,6	0,0445
09.07.98	14																					
19.08.98	15	3,6	6,78	6,30	21,0	2,4	10,6	69,2	3,70	20,3	36,5	0,45	290,4	0,141	49,7	4,81	2,85	0,08	<0,07	6,06	21,4	0,5670
09.09.98	16	11,2	8,52	6,80	27,8	3,2	13,3	90,5	4,00	26,9	34,1	0,48	311,7	0,108	76,1	5,17	2,83	0,08	0,33	4,06	19,6	6,8000
14.10.98	17	19,0	9,58	6,52	27,8	3,0	12,9	90,5	4,00	26,4	37,6	0,56	291,0	0,090	78,8	4,83	2,97	0,08	<0,07	6,89	35,1	11,3300
10.11.98	18	16,7	10,21	7,29	27,7	2,9	11,9	97,1	4,10	26,0	67,5	0,33	300,7	0,033	228,8	4,99	2,98	0,01	0,12	7,70	44,8	9,6500
16.12.98	19	14,7	10,48	7,79	26,9	2,9	16,7	110,6	3,50	22,8	172,6	0,15	205,6	0,045	75,7	3,43	2,61		<0,2	8,62	37,8	0,5930
12.01.99	20																					
18.02.99	21	16,4	11,16	8,02	26,8	3,2	15,7	110,6	2,80	22,1	228,6	0,84	150,7	0,034	54,1	2,53	3,07	0,03	0,72	7,69	55,5	0,3347
24.03.99	22	14,4	11,46	8,58	26,7	3,2	16,3	120,1	3,20	20,6	296,5	0,39	100,7	0,019	44	1,71	3,29	0,05	0,26	0,12	49,9	0,4720
28.04.99	23																					
-	Mittl.	12,9	8,94	6,81	26,4	3,3	13,2	93,7	3,26	25,9	71,8	1,3	221,3	0,063	75,6	3,68	2,98	0,20	0,15	6,11	30,1	1,9500
-	Stdw.	5,0	2,00	1,17	2,8	0,8	1,8	16,2	0,74	2,8	82,2	4,4	77,5	0,038	53,2	1,27	0,98	0,51	0,18	2,67	16,0	3,4700
-	Med.	14,4	8,72	6,80	27,0	3,2	13,2	94,0	3,30	26,9	37,1	0,19	228,8	0,060	60,7	3,80	2,97	0,05	0,05	6,865	34,2	0,5800
-	Min.	3,6	4,59	4,16	17,8	2,4	9,4	50,0	0,70	20,3	2,4	0,0	95,2	0,019	28,6	1,61	0,60	0,01	<0,07	0,12	0,10	0,0074
-	Max.	19,0	11,46	8,58	29,9	6,0	16,7	120,1	4,10	28,7	296,5	19,0	311,7	0,141	228,8	5,17	4,59	2,03	0,72	8,62	55,5	11,3300

Transekt I, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 10)

Probe Nr.10	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Ten-sio-meter	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,8					-	-	-
04.07.97	2	0,118	0,00040	<0,02	<0,05		0,0070	<0,1	0,14		0,8		6,0	694	16,7	-	-	-
07.08.97	3	<0,1	0,00039	0,0020	<0,05	0,3180	<0,0001		0,07		0,8		7,0	691	22,6	-	-	-
26.09.97	4	<0,1	0,00015	<0,02	<0,05	0,0008	<0,0001	<0,1	1,42		0,8		7,2	634		-	-	-
30.10.97	5	<0,1	0,00019	<0,02	<0,05	<0,0001	0,0011	<0,1	1,35		0,8		6,6		14,4	-	-	-
27.11.97	6	<0,1	0,00008	<0,02	<0,05	0,0024	0,0005	<0,1	<0,02		0,8		7,0	623	17,6	-	-	-
18.12.97	7															-	-	-
08.01.98	8	<0,1	0,00011	<0,02	<0,05	0,0337	0,0004	<0,1	<0,02		0,8		7,0	638	21,0	-	-	-
25.02.98	9	<0,1	0,00019	<0,02	0,012	0,0051	0,0030	<0,1	<0,02		0,8		7,0	604	16,1	-	-	-
27.03.98	10	0,474	0,00185	0,0019	0,0108	0,0068	0,0135	<0,1	0,20	6,1	0,8	43	6,9	381	8,8	-	-	-
24.04.98	11	<0,1	0,00036	0,0009	0,0001	<0,0001	0,0035	<0,1	<0,02	8,0	0,8	-365	6,8	577	13,4	-	-	-
08.05.98	12	<0,1	0,00022	0,0028	0,0023	<0,0001	0,0025	0,0025	0,10	9,0	0,8	-231	6,9	501	12,6	-	-	-
18.06.98	13	<0,1	0,00025	<0,0001	0,0051	0,0034	0,0029		<0,02	11,9	0,8	88	6,8	497		-	-	-
09.07.98	14										0,8					-	-	-
19.08.98	15	<0,07	<0,00002	0,0036	<0,0001	0,0037	0,0011		<0,03	13,9	0,8	-35	7,0	532	18,0	-	-	-
09.09.98	16	<0,07	0,00007				0,0001		<0,03	13,4	0,8	-190	6,9	633	16,0	-	-	-
14.10.98	17	<0,07	0,00018	0,0046	0,0038	0,0192	0,0010		<0,03	11,6	0,8	-199	6,8	635	13,5	-	-	-
10.11.98	18		0,00013	0,0017	0,0021	0,0039	0,0012		<0,03	8,5	0,8	-8	6,4	681	18,9	-	-	-
16.12.98	19	<0,07	<0,00005	<0,0001	<0,06	<0,03	<0,0001		<0,03	5,8	0,8	-174	6,8	755	14,0	-	-	-
12.01.99	20									5,6	0,8	209				-	-	-
18.02.99	21	<0,07	0,00057	0,0023	<0,06	<0,03	0,0030		0,27	4,9	0,8	-163	6,8	816	8,7	-	-	-
24.03.99	22	<0,07	0,00023	0,0018	<0,06	<0,03	0,0028		<0,03	6,1	0,8	1	6,7	849	5,2	-	-	-
28.04.99	23															-	-	-
-	Mittl.	0,074	0,00030	0,0020	0,0045	0,0276	0,0024		0,21	8,7		-85	6,8	632	14,8	-	-	-
-	Stdw.	0,105	0,00041	0,0014	0,0046	0,0780	0,0033		0,44	3,2		161	0,3	117	4,6	-	-	-
-	Med.	0,05	0,00019	0,0019	0,0031	0,0045	0,0012		0,02	8,3		-99	6,8	634	15,2	-	-	-
-	Min.	<0,07	<0,00002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,02	4,9		-365	6,0	381	5,2	-	-	-
-	Max.	0,474	0,00185	0,0046	0,0120	0,3180	0,0135		1,42	13,9		209	7,2	849	22,6	-	-	-

V.2.4.3 Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt II

Transekt II, Fluß, Spittelwasser (Probe 28)

Probe Nr.28	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-1,2	21,27	21,76	146,0	30,1	33,9	225,8		273,4	532	23,6	157,4	0,113	21,1	2,64	0,67			0,986		0,0002
07.08.97	3																					
26.09.97	4	5,2	14,98	13,50	84,0	16,5	22,4	178,1	0,49	141,7	329	14,9	144,6	0,016	121,4	2,43	1,30	0,01	<0,1	0,491	1,17	0,0043
27.11.97	6	4,2	19,69	18,11	108,2	30,1	28,5	228,9	0,43	218,9	439	15,0	153,7	0,086	25,1	2,58	2,44	0,03	0,13	0,451	1,50	0,0023
25.02.98	9	3,2	21,86	20,51	113,2	25,2	32,0	268,1	0,31	204,2	557	14,2	176,3	0,115	25,1	2,95	2,95	0,04	0,21	0,907	1,41	0,0024
27.03.98	10	4,0	14,78	13,65	72,8	12,3	23,0	185,1	0,27	117,9	400	14,3	106,1	0,033	29,5	1,80	0,20	0,03	0,10	0,813	1,78	0,0025
21.04.98	11	3,9	17,15	15,86	82,2	15,8	26,6	216,4	0,27	142,3	439	9,10	154,9	0,088	24,2	2,60	1,58	0,03	0,11	0,820	1,14	0,0010
08.05.98	12	5,2	18,65	16,80	100,6	18,9	27,8	226,2	0,29	169,5	448	9,20	153,7	0,095	22,4	2,58	2,18	0,03	0,12	0,956	0,95	0,0020
-	Mitl.	3,5	18,34	17,17	101,0	21,3	27,7	218,4	0,34	181,1	449	14,3	149,5	0,078	38,4	2,51	1,62	0,03	0,12	0,775	1,32	0,0021
-	Stdw.	2,2	2,83	3,18	24,7	7,2	4,3	30,1	0,09	54,3	77	4,84	21,4	0,039	36,7	0,35	0,98	0,01	0,05	0,218	0,30	0,0013
-	Med.	4,0	18,65	16,80	100,6	18,9	27,8	225,8	0,30	169,5	439	14,30	153,7	0,088	25,1	2,58	1,58	0,03	0,11	0,820	1,29	0,0023
-	Min.	-1,2	14,78	13,50	72,8	12,3	22,4	178,1	0,27	117,9	329	9,10	106,1	0,016	21,1	1,80	0,20	0,01	<0,1	0,451	0,95	0,0003
-	Max.	5,2	21,86	21,76	146,0	30,1	33,9	268,1	0,49	273,4	557	23,6	176,3	0,115	121,4	2,95	2,95	0,04	0,21	0,986	1,78	0,0043

Transekt II, Fluß, Spittelwasser (Probe 28)

Probe Nr.28	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00015	<0,02	<0,05	<0,05	0,0016	<0,01	0,04			14,1	327	7,1	2140		
07.08.97	3																
26.09.97	4	<0,1	0,00019	<0,02	<0,05	0,0047	0,0014	<0,1	0,67			15,5	187	6,3	1226	7,04	9,3
27.11.97	6	0,101	0,00025	<0,02	<0,05	0,0083	0,0011	<0,1	0,03			9,3	171	7,1	1632	8,29	7,8
25.02.98	9	<0,1	0,00026	<0,02	0,005	0,0047	0,0029	<0,1	0,03			11,3	184	7,1	1750	6,96	30,8
27.03.98	10	0,260	0,00304	0,016	0,008	0,0210	0,0041	<0,1	0,18	68,60		8,1	241	6,8	1202	7,05	5,7
21.04.98	11	<0,1	0,00066	0,005	0,003	<0,0001	0,0036	<0,1	0,03			12,4	296	7,1	1136	7,76	5,9
08.05.98	12	<0,1	0,00036	0,003	0,004	<0,0001	0,0037	0,0022	0,03			14,0	285	7,1	1271	7,10	5,7
-	Mitl.		0,00070	0,009	0,014	0,0091	0,0026		0,14			12,1	242	6,9	1480	7,37	10,9
-	Stdw.		0,00104	0,004	0,011	0,0100	0,0012		0,24			2,7	62	0,3	373	0,54	9,9
-	Med.		0,00026	0,0049	0,0046	0,0047	0,0029		0,03			12,4	241	7,1	1271	7,08	6,9
-	Min.	<0,1	0,00015	0,003	0,003	<0,0001	0,0011		0,03			8,1	171	6,3	1136	6,96	5,7
-	Max.	0,260	0,00304	0,016	0,025	0,0250	0,0041		0,67			15,5	327	7,1	2140	8,29	30,8

Transekt II, Meßstelle 2, Grundwasser (Probe 29)

Probe Nr.29	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-1,3	14,36	14,73	57,0	6,4	21,5	198,7		76,1	518	0,53	109,8	0,012	85,8	1,86	<0,02	0,07	<0,1	0,284		0,0007
07.08.97	3	0,9	14,70	14,44	43,8	4,3	17,2	220,3	0,17	56,6	514	<0,05	128,7	0,018	82,3	2,17		0,07	0,17	0,280	4,45	0,0003
26.09.97	4	8,7	17,96	15,08	57,3	5,8	21,6	267,5	0,28	76,5	524	0,35	120,8	0,012	110,9	2,04	0,17	0,53	<0,1	0,250	2,96	0,0064
27.11.97	6	3,6	17,02	15,83	58,4	6,8	21,9	246,3	0,22	78,5	538	<0,05	145,2	0,012	148,7	2,44		0,06	<0,1	0,086	1,28	0,0027
25.02.98	9	4,1	17,09	15,74	59,9	5,9	22,9	246,6	0,21	80,2	553	0,19	118,3	0,015	81,0	2,00	0,14	0,13	<0,1	0,223	2,70	0,0038
27.03.98	10	-1,9	19,18	19,93	71,3	4,5	27,3	256,0	1,00	102,5	801	10,5	7,9	0	68,6	0,18	0,07	0,03	<0,1	0,853	0,75	0,0013
21.04.98	11																					
08.05.98	12																					
-	Mitl.	2,4	16,72	15,96	58,0	5,6	22,1	239,2	0,38	78,4	575	1,9	105,1	0,012	96,2	1,78	0,10	0,15	0,07	0,329	2,43	0,0026
-	Stdw.	4,0	1,87	2,02	8,8	1,0	3,2	25,2	0,35	14,6	112	4,2	49,1	0,006	29,2	0,81	0,07	0,19	0,05	0,267	1,47	0,0023
-	Med.	2,2	17,05	15,41	57,9	5,9	21,8	246,5	0,22	77,5	531	0,27	119,6	0,012	84,0	2,02	0,11	0,07	0,05	0,265	2,70	0,0020
-	Min.	-1,9	14,36	14,44	43,8	4,3	17,2	198,7	0,17	56,6	514	<0,05	7,9	0	68,6	0,18	<0,02	0,03	<0,1	0,086	0,75	0,0003
-	Max.	8,7	19,18	19,93	71,3	6,8	27,3	267,5	1,00	102,5	801	10,5	145,2	0,018	148,7	2,44	0,17	0,53	0,17	0,853	4,45	0,0064

Bodenwasser (Probe 30/31).

Probe-nahme	Probe	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
Nr. 10	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Saugkerze : Bodenwasserentnahme in 0,3 m U. GOK (Meßstelle 2, Transekt II)																						
27.03.98	30																		<0,1	0,908	0,22	0,0038

Saugkerze : Bodenwasserentnahme in 0,8 m U. GOK (Meßstelle 2, Transekt II)																						
27.03.98	31																0,24		0,10	0,832	<0,02	0,0003

Transekt II, Meßstelle 2, Grundwasser (Probe 29)

Probe Nr.28	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	WS (m üb. NN)	WS (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00116	<0,02	<0,05	<0,05	0,0021	<0,01	0,11	67,30	2,40	8,6	290	6,4	1384		
07.08.97	3	0,391	0,00096	0,0036	<0,05	0,2990	0,0490		0,12	67,26	2,44	9,4	223	6,5	1414	0,51	4,3
26.09.97	4	<0,1	0,00041	<0,02	<0,05	0,0074	<0,0001	<0,1	1,34	67,23	2,47	10,9	192	6,3	1277	0,40	
27.11.97	6	<0,1	0,00009	<0,02	<0,05	0,0019	0,0003	<0,1	<0,02	67,25	2,45	9,5	153	6,3	1112	0,72	2,2
25.02.98	9	<0,1	0,00054	<0,02	0,0014	0,0071	0,0014	<0,1	<0,02	67,28	2,42	9,7	180	6,4	1292	0,57	2,7
27.03.98	10	6,870	0,06780	0,0055	0,131	0,1660	0,0060	<0,1	2,80	68,28	1,42	8,5	374	5,3	1524	5,10	8,4
21.04.98	11																
08.05.98	12																
-	Mitl.		0,01183	0,0072	0,0205	0,0844	0,0098		0,73	67,43	2,27	9,4	235	6,2	1334	1,46	4,4
-	Stdw.		0,02742	0,0052	0,0394	0,1224	0,0193		1,14	0,42	0,42	0,9	83	0,4	141	2,04	2,8
-	Med.		0,00075	0,0046	0,0662	0,0162	0,0018		0,12	67,26	2,42	9,5	207	6,3	1338	0,57	3,5
-	Min.	<0,1	0,00009	0,0029	0,0014	0,0019	<0,0001		<0,02	67,23	1,42	8,5	153	5,3	1112	0,40	2,2
-	Max.	6,870	0,06780	0,0158	0,131	0,2990	0,0490		2,80	67,28	2,47	10,9	374	6,5	1524	5,10	8,4

Bodenwasser (Probe 30/31)

Probe-nahme	Probe	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	WS (m üb. NN)	WS (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
Nr. 10	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
Saugkerze : Bodenwasserentnahme in 0,3 m U. GOK (Meßstelle 2, Transekt II)																	
27.03.98	30	8,640	0,01870	0,0367	0,443	0,1290	0,0261	<0,1	2,05								
Saugkerze : Bodenwasserentnahme in 0,8 m U. GOK (Meßstelle 2, Transekt II)																	
27.03.98	31	4,055	0,01360	0,0117	0,173	0,0834	0,0017	<0,1	1,73	68,6				4,6			6,9

	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Probe Nr. 33																						
29.04.97	1	19,8	15,05	10,08	56,0	4,6	21,2	215		81,0	244	<0,05	164,1	0,028	84,9	2,75		0,05	<0,1	0,580		0,0001
07.08.97	3	-6,8	15,49	17,74	41,2	3,2	17,1	236	0,16	61,8	536	<0,05	292,2	0,06	130,2	4,85		0,05	0,19	0,669	9,23	0,0011
26.09.97	4	7,0	18,35	15,94	57,4	4,0	21,1	271	0,26	82,3	520	<0,05	167,8	0,022	113,1	2,81	0,33	0,08	<0,1	0,613	8,34	0,0059
27.11.97	6	3,8	18,17	16,84	56,7	4,6	22,9	268	0,20	87,4	569	<0,05	151,9	0,018	111,8	2,55	0,03	0,04	<0,1	0,305	5,93	0,0014
25.02.98	9	4,3	18,06	16,56	55,9	4,8	22,4	265	0,26	83,1	552	<0,05	163,5	0,024	95,9	2,74	0,37	0,03	0,16	0,709	8,73	0,0019
27.03.98	10	3,4	7,32	6,83	26,7	8,6	13,3	95	0,18	41,3	222	13,8	49,4	0,006	31,7	0,86	0,07	0,01	0,12	0,357	1,21	0,0057
21.04.98	11	5,6	16,60	14,86	51,3	4,9	20,1	245	0,22	79,5	487	<0,05	148,2	0,026	71,7	2,49	0,24	0,01	0,12	0,618	6,61	0,0074
08.05.98	12	4,5	17,36	15,88	54,5	5,3	21,3	255	0,19	82,9	526	<0,05	156,2	0,021	99,0	2,62	0,26	0,03	0,15	0,556	6,83	0,0049
-	Mitl.	5,2	15,80	14,34	50,0	5,0	19,9	231	0,21	74,9	457	1,75	161,7	0,026	92,3	2,71	0,22	0,04	0,11	0,551	6,70	0,0035
-	Stdw.	7,2	3,64	3,83	10,8	1,6	3,2	58	0,04	15,6	140	4,87	65,5	0,015	30,4	1,08	0,14	0,02	0,05	0,145	2,71	0,0027
-	Med.	4,4	16,98	15,91	55,2	4,7	21,1	250,2	0,20	81,7	523	0,03	159,8	0,023	97,5	2,68	0,25	0,04	0,12	0,597	6,83	0,0034
-	Min.	-6,8	7,32	6,83	26,7	3,2	13,3	95	0,16	41,3	222	<0,05	49,4	0,006	31,7	0,86	0,03	0,01	<0,1	0,305	1,21	0,0001
-	Max.	19,8	18,35	17,74	57,4	8,6	22,9	271	0,26	87,4	569	13,8	292,2	0,060	130,2	4,85	0,37	0,08	0,19	0,709	9,23	0,0074
Probe Nr. 34																						
25.02.98	9																		<0,1	0,425	0,70	0,0017
27.03.98	10																0,02		0,25	0,350	0,51	0,0293

Transekt II, Meßstelle 4, GW u. BW (Probe 33 u. 34)

Probe Nr.32	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	Eh-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
Probe Nr. 33																	
29.04.97	1		0,00017	<0,02	<0,05	<0,05	<0,0001	<0,01	0,10	67,58	1,02	7,4	270	6,6	1440		
07.08.97	3	<0,1	0,00027	0,0017	<0,05	0,0090	0,0011		0,20	67,56	1,04	11,9	561	6,6	1492	0,26	4,0
26.09.97	4	0,159	0,00013	<0,02	<0,05	0,0330	<0,0001	<0,1	2,38	67,51	1,09	11,4	178	6,4	1309	0,14	
27.11.97	6	<0,1	0,00011	<0,02	<0,05	0,0262	<0,0001	<0,1	0,15	67,55	1,05	8,4	220	6,4	1320	0,77	3,6
25.02.98	9	<0,1	0,00011	<0,02	0,0004	0,0349	<0,0001	<0,1	0,30	67,59	1,01	7,2	179	6,5	1331	0,16	2,7
27.03.98	10	0,220	0,00141	0,0042	0,0063	0,0308	0,0075	<0,1	0,18		0,12	7,5	394	6,5	596	3,91	5,2
21.04.98	11	<0,1	0,00042	0,0034	0,0012	0,0418	0,0076	<0,1	0,49	67,73	0,87	8,5	184	6,6	927	0,19	3,0
08.05.98	12	<0,1	0,00033	0,0014	0,0026	0,0479	0,0022	0,0018	0,37	67,64	0,96	8,7	123	6,5	960	0,32	3,3
-	Mitl.		0,00037	0,0027	0,0014	0,0311	0,0023		0,52			8,9	264	6,5	1172	0,82	3,6
-	Stdw.		0,00044	0,0063	0,0012	0,0112	0,0033		0,76			1,8	145	0,1	311	1,38	0,9
-	Med.		0,00022	0,0040	0,0016	0,0319	0,0006		0,12			9,5	207	6,3	1338	0,57	3,5
-	Min.	<0,1	0,00011	0,0071	0,0004	0,0090	<0,0001		0,10			7,2	123	6,4	596	0,14	2,7
-	Max.	0,220	0,00141	0,0042	0,0063	0,0479	0,0076		2,38			11,9	561	6,6	1492	3,91	5,2
Probe Nr. 34																	
25.02.98	9	<0,1	0,01980	<0,02	0,0053	0,0491	0,0810	<0,1	1,42								
27.03.98	10	0,956	0,01490	0,0016	0,0202	0,1010	0,0020	<0,1	1,41					5,5	516		7,8

V.2.4.4 Fluß-, Boden- und Grundwasseranalysen – Transekt III

Transekt III, Altarm (Probe 11)

Probe Nr.11	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-11,7	5,14	6,51	18,6	9,5	14,7	57,2		35,1	192,1	0,54	91,5	0,232	3,08	1,56	<0,02			0,248		
04.07.97	2	4,0	5,79	5,35	21,0	9,0	15,6	66,0	0,50	34,6	107,2	0,32	128,1	0,264	5,72	2,16	0,04			0,384	0,25	0,0024
07.08.97	3	2,4	5,74	5,47	21,6	8,9	16,0	63,4	3,10	27,3	126,2	<0,05	94,6	9,463	0	1,93		0,57	0,19	0,837	0,32	0,0045
26.09.97	4	2,6	6,68	6,34	22,1	10,1	18,1	76,7	0,47	36,4	128,4	<0,05	141,5	8,160	0	2,65		0,03	0,32	0,348	0,20	0,0434
30.10.97	5	7,3	6,63	5,72	23,5	9,9	18,3	75,8	0,44	36,5	113,4	<0,05	138,5	0,146	10,1	2,32	0,07	0,36	<0,1	0,425	0,15	0,0245
27.11.97	6	0,9	6,40	6,28	21,5	9,5	17,3	72,8	0,41	36,4	99,3	<0,05	189,7	0,207	13,6	3,17	2,06	0,85	0,32	0,392	0,17	0,0210
18.12.97	7																					
08.01.98	8	2,9	6,11	5,76	18,2	8,0	16,9	71,8	0,29	31,0	122,9	0,37	137,3	1,422	0,88	2,35	1,76	0,30	0,17	0,373	0,30	0,0174
25.02.98	9	2,6	6,12	5,81	19,1	8,0	17,0	72,3	0,30	31,4	133,0	0,58	129,3	0,283	4,84	2,18	0,95	0,12		0,230	0,25	0,0154
27.03.98	10	3,7	3,76	3,49	17,4	5,9	9,4	40,4	0,19	26,7	80,7	26,40	37,8	0,018	6,16	0,67	0,19	0,13	0,10	0,072	0,43	0,0042
24.04.98	11	3,0	4,00	3,77	17,3	6,7	9,8	45,1	0,22	27,6	92,1	6,90	56,1	0,804	0,44	1,00	0,02	0,09	<0,1	0,072	0,30	0,0066
08.05.98	12	-0,2	4,17	4,18	17,9	7,3	10,2	46,4	0,27	28,0	84,7	0,91	97,0	0,157	4,84	1,65	0,01	0,21	0,14	0,186	0,75	0,0124
18.06.98	13	13,7	4,05	3,07	18,7	7,8	10,2	43,0	0,36	27,6	61,8	<0,05	57,3	0,300	0,88	1,00	0,01	0,40	0,23	0,201	0,52	0,0035
09.07.98	14	4,4	4,06	3,72	19,8	8,0	10,3	42,8	0,42	28,0	49,0	<0,05	111,0	1,011	0,88	1,90	0,07	0,21	0,13	0,023	0,09	0,0206
19.08.98	15	4,2	4,40	4,05	20,5	9,5	12,0	44,3	0,43	33,2	49,2	0,21	123,8	0,329	4,4	2,09	0,24	0,55	0,38	0,265	0,34	0,0512
09.09.98	16	4,3	4,43	4,06	19,6	9,0	11,6	47,6	0,43	31,6	53,4	<0,05	121,4	0,400	3,08	2,05	0,02	0,32	0,13	0,107	0,15	0,1428
14.10.98	17	3,6	4,91	4,56	22,5	8,6	12,6	52,0	0,35	32,5	90,6	0,50	105,5	0,055	16,3	1,78	0,43	0,08	0,14	0,250	0,35	0,1715
10.11.98	18	3,9	3,71	3,44	18,6	6,7	9,3	38,8	0,31	23,8	79,1	18,60	48,8	0,013	14,5	0,85	0,19	0,08	0,11	0,051	0,32	0,0616
16.12.98	19	18,4	0,68	0,47	2,4	1,9	1,3	7,1	0,10	3,9	10,7	1,50	6,1	0,001	4,84	0,16	0,28	0,13	<0,2	0,053	0,37	0,0034
12.01.99	20	6,7	3,97	3,47	19,9	6,9	10,0	40,9	0,27	26,9	74,0	6,20	64,1	0,011	28,16	1,10	0,63	0,11	<0,2	0,159	0,26	0,0041
18.02.99	21	5,6	4,40	3,94	25,7	6,4	10,7	44,6	0,28	35,2	83,6	14,00	58,6	0,017	15,4	1,01	0,02	0,05	<0,2	0,051	0,16	0,0033
24.03.99	22	4,2	3,79	3,48	20,5	5,7	8,9	39,9	0,33	32,1	77,7	12,90	44,5	0,101	1,32	0,78	0,02	0,08	<0,2	0,055	0,22	0,0038
28.04.99	23	5,4	4,00	3,59	20,2	6,2	10,1	42,3	0,34	32,1	73,6	1,60	67,7	0,017	22,0	1,16	0,02	0,09	<0,2	0,164	0,29	0,0068
-	Mittl.	4,2	4,68	4,39	19,4	7,7	12,3	51,4	0,47	29,9	90,1	4,20	93,2	1,064	7,34	1,61	0,35	0,24	0,16	0,225	0,30	0,0297
-	Stdw.	5,4	1,36	1,42	4,3	1,9	4,1	16,7	0,61	6,9	37,7	7,30	44,0	2,541	7,80	0,75	0,59	0,22	0,09	0,188	0,15	0,0458
-	Med.	3,9	4,40	4,06	19,9	8,0	11,2	45,8	0,34	31,5	84,2	0,52	95,8	0,220	4,84	1,72	0,07	0,13	0,13	0,193	0,29	0,0124
-	Min.	-11,7	0,68	0,47	2,4	1,9	1,3	7,1	0,10	3,9	10,7	<0,05	6,1	0,001	0	0,16	0,01	0,03	<0,1	0,023	0,09	0,0024
-	Max.	18,4	6,68	6,51	25,7	10,1	18,3	76,7	3,10	36,5	192,1	26,40	189,7	9,463	28,2	3,17	2,06	0,85	0,38	0,837	0,75	0,1715

Transekt III, Altarm (Probe 11)

Probe Nr.11	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	WS (m üb. NN)	WS (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00021	<0,02	<0,05	<0,05	0,0071	<0,01	0,02			14,0	303	7,7	506		
04.07.97	2	0,126	0,00021	<0,02	<0,05		0,0057	<0,1	<0,02			22,1	237	7,6	555	6,90	15,9
07.08.97	3	0,209	0,00058	0,0030	<0,05	0,1380	0,0119		0,09			25,3	292	9,2	544	13,90	14,9
26.09.97	4	0,143	0,00032	<0,02	<0,05	0,0093	0,0109	<0,1	3,11			18,5	224	9,0	586	18,75	32,5
30.10.97	5	<0,1	0,00019	<0,02	<0,05	0,0104	0,0043	<0,1	1,03			3,4	144	7,5	552	8,91	20,5
27.11.97	6	<0,1	0,00007	<0,02	<0,05	0,0025	0,0007	<0,1	<0,02			2,2	293	7,5	566	3,37	12,3
18.12.97	7																
08.01.98	8	<0,1	0,00114	<0,02	<0,05	0,0162	0,0036	<0,1	0,07			6,0	213	8,4	513	14,95	10,6
25.02.98	9	<0,1	0,00067	<0,02	0,0017	0,0113	0,0077	<0,1	<0,02	63,84	0,35	8,7	282	7,7	512	10,09	8,3
27.03.98	10	0,253	0,00091	0,0056	0,0047	0,0068	0,0066	<0,1	0,05			6,2	337	7,1	351	13,71	6,2
24.04.98	11	<0,1	0,00050	0,0016	0,0039	0,0017	0,0067	<0,1	<0,02			12,6	306	8,5	400	14,60	6,1
08.05.98	12	<0,1	0,00006	0,0045	0,0026	0,0044	0,0081	0,0016	<0,02			14,6	310	7,6	317	11,83	7,5
18.06.98	13	0,157	0,00019	<0,0001	0,0014	0,0033	0,0071		<0,02	63,86	0,33	19,3	282	8,3	344	10,69	
09.07.98	14	<0,07	0,00022	0,0016	0,0008	0,0117	0,0021	<0,3	<0,03			19,3	203	8,3	339	11,80	9,3
19.08.98	15	0,199	<0,00002	0,0069	<0,0001	0,0025	0,0066		<0,03	63,69	0,50	25,8	310	7,6	444	8,63	12,0
09.09.98	16	<0,07	0,00018				0,0039		<0,03	63,64	0,55	21,3	311	7,8	404	11,56	11,2
14.10.98	17	0,130	0,00021	0,0037	0,0018	0,0052	0,0074		<0,03	63,93	0,26	10,2	310	7,1	471	7,11	8,2
10.11.98	18		0,00051	0,0066	0,0013	0,0060	0,0018		0,05	65,24	-1,05	6,6	524	6,9	373	9,20	4,6
16.12.98	19	0,239	0,00056	0,0055	<0,06	<0,03	0,0111		<0,03			0,8	436	6,5	620	10,70	0,8
12.01.99	20	0,042	0,00044	0,0026	<0,06	<0,03	0,0012		0,04			1,8	192	6,7	393	8,70	5,1
18.02.99	21	<0,07	0,00050	0,0020	<0,06	<0,03	0,0026		0,04			2,8	397	6,9	440	12,22	4,6
24.03.99	22	0,114	0,00077	0,0061	<0,06	<0,03	0,0045		0,05			7,2	360	7,8	387	15,31	4,9
28.04.99	23	<0,07	0,00036	0,0004	<0,06	<0,03	0,0022		0,03			13,9	362	6,7	395	7,70	6,0
-	Mittl.	0,103	0,00040	0,0036	0,0020	0,0165	0,0056		0,21	64,03	0,16	11,9	301	7,7	455	10,98	10,1
-	Stdw.	0,075	0,00029	0,0023	0,0015	0,0292	0,0032		0,68	0,60	0,60	8,0	85	0,7	91	3,51	7,0
-	Med.	<0,1	0,00034	0,0034	0,0017	0,0109	0,0062		0,02	63,85	0,34	11,4	304	7,6	442	10,70	8,2
-	Min.	0,035	<0,00002	<0,0001	<0,0001	0,0017	0,0007		<0,02	63,64	-1,05	0,8	144	6,5	317	3,37	0,8
-	Max.	0,253	0,00114	0,0069	0,0047	0,1380	0,0119		3,1	65,24	0,55	25,8	524	9,2	620	18,75	32,5

Transekt III, Mulde, Flußwasser (Probe 12)

Probe Nr.12	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1				20,0	4,3	9,4	40,0		31,0	100	25,2										
04.07.97	2				44,1	7,2	13,2	61,0	0,31	48,1	140	19,0					0,25			0,094	0,55	0,0005
07.08.97	3	3,7	4,64	4,31	26,8	6,1	10,8	47,3	0,32	37,8	112	18,3	36,6	0,089	1,32	0,65		0,05	<0,1	0,081	0,93	0,0008
26.09.97	4	7,0	7,41	6,44	45,1	7,6	14,6	78,9	0,40	53,9	160	17,5	78,1	0,103	5,28	1,34		0,05	<0,1	0,094	0,79	0,0043
30.10.97	5	5,9	7,47	6,64	48,1	8,7	14,0	77,4	0,33	61,4	164	18,8	70,8	0,045	9,24	1,22	0,57	0,09	<0,1	0,243	1,00	0,0042
27.11.97	6	-5,7	7,63	8,55	48,4	8,8	14,6	77,8	0,34	65,2	165	21,7	177,5	0,186	13,6	2,98	0,14	0,04	0,13	0,201	1,07	0,0034
18.12.97	7																					
08.01.98	8	10,5	6,29	5,09	34,9	6,2	11,6	55,8	0,24	45,3	114	26,7	60,4	0,05	5,72	1,04	0,74	0,10	0,62	0,444	3,93	0,0179
25.02.98	9	3,5	5,60	5,22	37,8	6,2	11,7	55,2	0,24	49,2	115	26,9	59,8	0,038	7,48	1,03	0,83	0,10		0,102	0,64	0,0036
27.03.98	10	3,6	3,66	3,41	16,0	4,3	9,0	40,7	0,19	24,7	82	27,2	33,6	0,017	5,28	0,60	0,28	0,04	<0,1	0,129	0,65	0,0053
24.04.98	11	2,5	4,74	4,51	24,3	5,5	11,0	52,0	0,22	35,2	112	25,3	45,8	0,057	3,08	0,80	0,12	0,03	<0,1	0,141	0,49	0,0026
08.05.98	12	2,1	5,40	5,18	30,7	6,1	12,3	57,2	0,25	40,4	129	23,2	59,2	0,077	3,52	1,02	0,02	0,08	<0,1	0,067	0,59	0,0034
18.06.98	13	6,5	6,01	5,27	40,5	7,4	12,9	59,2	0,31	47,1	134	17,9	51,9	0,025	8,36	0,90	0,06	0,31	0,18	0,071	0,51	0,0008
09.07.98	14	5,9	6,73	5,98	41,4	7,9	12,9	63,2	0,32	50,3	142	17,2	79,3	0,062	8,80	1,35	9,08	0,11	0,08	0,085	0,10	0,0046
19.08.98	15	2,7	5,98	5,66	42,1	8,0	12,5	57,5	0,28	52,5	131	13,6	59,8	7,033	0	1,28	0,01	0,08	0,13	0,078	0,41	0,0040
09.09.98	16	-4,5	5,92	6,48	41,1	7,7	12,5	57,7	0,30	48,8	122	15,0	139,7	0,633	2,64	2,36	0,05	0,12	0,09	0,037	0,27	0,0358
14.10.98	17	5,2	4,68	4,22	26,8	6,0	10,8	48,1	0,24	32,6	97	20,9	56,7	0,032	7,92	0,98	0,10	0,07	0,14	0,179	0,81	0,0594
10.11.98	18	4,5	3,77	3,45	16,7	5,1	9,6	41,8	0,29	22,2	82	25,7	42,1	0,022	6,16	0,74	0,14	0,05	0,10	0,085	0,48	0,0481
16.12.98	19	5,2	5,02	4,52	28,7	5,9	12,0	50,7	0,28	39,3	99	27,5	54,9	0,026	8,80	0,95	0,77	0,08	0,40	0,158	0,58	0,0034
12.01.99	20	5,9	4,50	3,99	23,3	5,1	10,9	47,5	0,26	32,2	95	25,9	41,5	0,011	11,00	0,73	0,48	0,04	<0,2	0,142	0,79	0,0027
18.02.99	21	4,9	4,71	4,28	27,6	5,2	11,3	47,7	0,26	40,7	92	29,1	44,5	0,014	11,00	0,78	0,37	0,04	<0,2	0,101	0,51	0,0025
24.03.99	22	7,3	4,48	3,87	22,0	4,7	11,1	48,6	0,27	30,2	93	25,9	39,7	0,019	6,60	0,70	0,31	0,17	<0,2	0,135	0,38	0,0027
28.04.99	23	4,5	4,76	4,35	26,4	5,4	11,5	49,6	0,31	35,4	106	21,3	48,2	0,037	5,28	0,84	0,01	0,03	<0,2	0,129	0,57	0,0025
-	Mittl.	4,1	5,47	5,07	32,4	6,3	11,8	55,2	0,28	42,0	118	22,3	64,0	0,430	6,60	1,10	0,75	0,08	0,14	0,133	0,76	0,0101
-	Stdw.	3,7	1,18	1,27	10,3	1,4	1,5	11,2	0,05	11,3	25	4,5	35,3	1,560	3,40	0,60	2,03	0,06	0,14	0,086	0,76	0,0166
-	Med.	4,7	5,21	4,81	29,7	6,1	11,7	53,6	0,28	40,6	113	22,45	55,8	0,042	6,38	0,97	0,25	0,08	0,10	0,102	0,58	0,0034
-	Min.	-5,7	3,66	3,41	16,0	4,3	9,0	40,0	0,19	22,2	82	13,6	33,6	0,011	0	0,60	0,01	0,03	<0,1	0,037	0,10	0,0005
-	Max.	10,5	7,63	8,55	48,4	8,8	14,6	78,9	0,40	65,2	165	29,1	177,5	7,030	13,6	3,00	9,08	0,31	0,62	0,444	3,93	0,0594

Transekt III, Mulde, Flußwasser (Probe 12)

Probe Nr.12	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	WS (m üb. NN)	WS (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Wasser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1																
04.07.97	2	0,118	0,00034	<0,02	<0,05		0,0012	<0,1	<0,02			9,6	174	7,5	652	6,30	5,2
07.08.97	3	0,198	0,00030	0,0027	<0,05	0,0787	0,0002		0,09			20,2	275	7,7	484	9,66	4,9
26.09.97	4	0,153	0,00009	<0,02	<0,05	0,0100	<0,0001	<0,1	1,89			17,0	253	7,4	671	11,30	5,4
30.10.97	5	0,154	0,00023	<0,02	<0,05	0,0112	<0,0001	<0,1	1,14			7,9	251	7,2	656	12,98	4,5
27.11.97	6	0,116	0,00020	<0,02	<0,05	0,0065	<0,0001	<0,1	0,03			4,4	283	7,5	684	13,30	4,0
18.12.97	7																
08.01.98	8	0,694	0,00193	<0,02	<0,05	0,0214	0,0192	<0,1	0,20			4,8	265	7,4	500	13,02	14,6
25.02.98	9	<0,1	0,00064	<0,02	0,0004	0,0047	0,0024	<0,1	0,05			5,3	297	7,2	509	13,42	2,8
27.03.98	10	0,283	0,00107	0,0020	0,0056	0,0117	0,0077	<0,1	0,07			6,2	332	7,1	340	12,67	4,8
24.04.98	11	<0,1	0,00081	<0,0001	0,0019	0,0015	0,0031	<0,1	0,04			11,5	308	7,5	494	12,05	2,5
08.05.98	12	0,123	0,00040	0,0033	<0,0001	0,0027	0,0020	0,0018	0,02			14,0	287	7,5	425	12,97	2,9
18.06.98	13	0,101	0,00042	0,0066	0,0009	0,0068	0,0019		<0,02			19,1	276	7,2	525	9,22	
09.07.98	14	<0,07	0,00024	0,0031	0,0005	0,0098	0,0017	<0,3	<0,03			17,4	272	7,2	530	11,44	3,6
19.08.98	15	0,159	<0,00002	0,0045	<0,0001	0,0020	<0,0001		<0,03			22,8	288	9,3	576	10,55	3,9
09.09.98	16	0,084	0,00012				0,0015		<0,03			18,0	310	7,9	496	11,70	3,7
14.10.98	17	0,161	0,00036	0,0028	0,0003	0,0036	0,0044		0,03			11,2	294	7,1	464	11,20	3,1
10.11.98	18		0,00056	0,0044	0,0003	0,0044	0,0064		0,06			7,1	534	7,2	377	11,06	3,2
16.12.98	19	0,233	0,00121	0,0042	<0,06	<0,03	0,0033		0,10			7,1	331	7,2	504	15,12	2,1
12.01.99	20	0,109	0,00128	0,0009	<0,06	<0,03	0,0011		0,109			2,0	311	6,9	183	13,44	2,8
18.02.99	21	0,175	0,00112	0,0025	<0,06	<0,03	0,0032		0,08			1,3	307	7,0	484	12,56	3,0
24.03.99	22	0,152	0,00117	0,0042	<0,06	<0,03	0,0043		0,09			6,3	461	7,1	452	11,89	3,0
28.04.99	23	0,145	0,00049	0,0005	<0,06	<0,03	0,0015		0,05			12,1	335	7,2	475	12,01	3,1
-	Mitl.	0,165	0,00062	0,0030	0,0011	0,0132	0,0031		0,20			10,7	307	7,4	499	11,80	4,2
-	Stdw.	0,138	0,00050	0,0018	0,0018	0,0168	0,0042		0,46			6,3	73	0,5	116	1,85	2,6
-	Med.	0,149	0,00042	0,0030	0,0004	0,0100	0,0019		0,05			9,6	294	7,2	496	12,01	3,4
-	Min.	<0,07	<0,00002	<0,0001	<0,0001	0,0015	<0,0001		<0,02			1,3	174	6,9	183	6,30	2,1
-	Max.	0,694	0,00193	0,0066	0,0056	0,0787	0,0192		1,89			22,8	534	9,3	684	15,12	14,6

Transekt III, Meßstelle 1, Grundwasser (Probe 13)

Probe Nr.13	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-3,2	4,55	4,85	28,4	6,6	10,5	45,1		38,5	129	7,63	58,6	0,008	32,6	1,01	0,12			0,092		0,0008
04.07.97	2	5,3	5,93	5,34	31,4	5,6	12,2	56,1	0,40	43,4	147	2,10	61,0	0,009	34,3	1,05				0,108	0,67	0,0005
07.08.97	3	0,7	5,67	5,60	36,5	6,8	12,4	56,3	0,45	42,5	158	3,70	62,2	0,011	30,8	1,07		0,08	<0,1	0,133	0,87	0,0015
26.09.97	4	-0,8	6,13	6,22	37,8	7,1	12,9	62,8	0,42	44,0	153	0,30	107,4	0,011	88,0	1,81		0,07	<0,1	0,032	<0,02	0,0126
30.10.97	5	5,5	6,47	5,80	40,8	7,0	13,7	64,9	0,43	50,0	165	0,84	55,5	0,005	47,1	0,96	0,10	0,09	<0,1	0,128	0,41	0,0124
27.11.97	6	-3,8	6,59	7,11	40,5	6,8	13,6	64,2	0,41	49,7	161	0,12	142,1	0,024	68,2	2,38	0,10	0,04	<0,1	0,082	0,19	0,0085
18.12.97	7																					
08.01.98	8	6,5	6,43	5,65	40,1	6,4	13,4	59,7	0,33	47,6	146	16,9	59,2	0,014	20,7	1,02	0,01	0,20	<0,1	0,022	0,04	0,0058
25.02.98	9	3,5	5,79	5,39	39,7	6,2	12,6	56,3	0,30	50,4	130	25,6	51,2	0,008	25,1	0,89		0,12		<0,005	<0,02	0,0055
27.03.98	10	3,8	4,44	4,11	26,1	5,4	9,9	46,6	0,27	33,6	98	22,0	45,8	0,011	15,0	0,80	0,02	0,07	<0,1	0,012	0,04	0,0055
24.04.98	11	2,4	5,27	5,02	32,8	5,6	11,5	54,1	0,28	42,3	137	5,80	53,1	0,012	18,9	0,92	0,13	0,03	<0,1	0,091	0,57	0,0074
08.05.98	12	3,1	5,38	5,06	33,1	5,7	12,0	55,6	0,29	42,1	142	4,90	50,0	0,006	32,6	0,87	0,03	0,08	<0,1	0,061	0,25	0,0056
18.06.98	13	-0,3	5,67	5,70	38,2	6,4	12,5	55,9	0,36	43,2	159	10,00	60,4	0,006	46,6	1,04	<0,01	0,16	<0,1	0,016	0,13	0,0011
09.07.98	14	2,4	5,75	5,48	36,2	6,2	12,8	58,5	0,34	43,7	158	1,40	56,1	0,006	44,4	0,97	0,09	0,04	<0,07	0,312	0,13	0,0028
19.08.98	15	2,2	5,76	5,51	38,2	7,0	12,6	57,0	0,41	47,5	147	2,00	64,7	0,010	34,3	1,11	0,06	0,11	0,08	0,052	0,39	0,0056
09.09.98	16	2,9	5,74	5,42	39,0	7,3	12,2	55,5	0,47	50,0	138	1,60	65,3	0,008	42,7	1,12	0,04	0,16	<0,07	0,022	<0,05	0,0450
14.10.98	17	3,6	5,06	4,71	35,3	6,8	10,9	48,5	0,44	40,8	114	6,70	63,4	0,010	32,6	1,09	0,01	0,09	0,09	0,040	0,19	0,1035
10.11.98	18	4,8	3,97	3,61	22,0	5,1	9,1	40,6	0,46	25,7	85	20,1	46,4	0,011	16,3	0,81	0,03	0,08	<0,07	<0,02	<0,05	0,0668
16.12.98	19	4,3	4,73	4,34	26,0	5,5	11,1	49,6	0,39	34,8	105	28,0	42,1	0,009	15,8	0,74	0,08	0,12	<0,2	<0,02	0,16	0,0043
12.01.99	20	6,0	4,78	4,24	28,2	5,4	10,7	48,8	0,39	33,7	112	8,70	48,2	0,007	26,0	0,84	0,12	0,08	<0,2	0,047	0,19	0,0043
18.02.99	21	4,7	4,64	4,22	29,5	5,2	10,8	46,1	0,37	39,3	98	23,0	41,5	0,006	24,2	0,73	0,02	0,05	<0,2	0,025	0,30	0,0032
24.03.99	22	6,3	4,87	4,29	29,5	5,2	10,8	50,7	0,39	39,1	108	9,80	45,8	0,008	20,2	0,80	0,04	0,09	<0,2	0,035	0,20	0,0037
28.04.99	23	3,9	5,11	4,73	30,0	5,4	11,7	53,1	0,40	38,5	129	0,71	56,7	0,008	31,7	0,98	0,02	0,07	<0,2	0,081	0,78	0,0058
-	Mittl.	2,9	5,40	5,11	33,6	6,1	11,8	53,9	0,38	41,8	133	9,18	60,8	0,009	34,0	1,05	0,06	0,09		0,064	0,26	0,0142
-	Stdw.	2,8	0,71	0,80	5,5	0,7	1,2	6,4	0,06	6,3	24	9,13	22,6	0,004	17,5	0,37	0,04	0,04		0,068	0,26	0,0253
-	Med.	3,6	5,53	5,20	34,2	6,2	12,1	55,6	0,39	42,4	138	6,25	56,4	0,009	32,1	0,98	0,04	0,08		0,043	0,19	0,0056
-	Min.	-3,8	3,97	3,61	22,0	5,1	9,1	40,6	0,27	25,7	85	0,12	41,5	0,005	15,0	0,73	<0,01	0,03		<0,005	<0,02	0,0005
-	Max.	6,5	6,59	7,11	40,8	7,3	13,7	64,9	0,47	50,4	165	28,00	142,1	0,024	88,0	2,38	0,13	0,20		0,312	0,87	0,1035

Transekt III, Meßstelle 1, Grundwasser (Probe 13)

Probe Nr.13	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Was-ser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00183	<0,02	<0,05	<0,05	0,0028	<0,01	0,87	64,33	1,67	7,4	257	6,6	530		
04.07.97	2	<0,1	0,00575	<0,02	<0,05		0,0031	<0,1	0,81	63,67	2,33	8,2	183	6,6	565	0,40	6,1
07.08.97	3	<0,1	0,00277	0,0040	<0,05	0,1060	0,0012		0,95	64,08	1,92	14,6	252	6,5	596	0,33	3,9
26.09.97	4	<0,1	0,00266	<0,02	<0,05	0,0154	<0,0001	<0,1	2,55	63,53	2,47	13,8	168	6,3	583	0,29	6,5
30.10.97	5	<0,1	0,00402	<0,02	<0,05	0,0192	<0,0001	<0,1	3,92	63,53	2,47	12,2	236	6,3	571	0,41	3,7
27.11.97	6	<0,1	0,00362	<0,02	<0,05	0,0367	<0,0001	<0,1	0,51	63,56	2,44	11,8	270	6,6	576	0,29	2,8
18.12.97	7									64,69	1,31						
08.01.98	8	<0,1	0,00872	<0,02	<0,05	0,0340	0,0007	<0,1	0,85	64,08	1,92	7,0	296	6,8	542	1,89	4,3
25.02.98	9	<0,1	0,01320	<0,02	0,0006	0,0173	0,0028	<0,1	0,75	64,19	1,81	5,5	286	6,6	531	2,36	2,4
27.03.98	10	<0,1	0,01050	0,0011	0,0048	0,0273	0,0011	<0,1	0,62	65,79	0,21	6,6	335	6,8	404	1,32	2,8
24.04.98	11	<0,1	0,00980	0,0005	0,0021	0,0087	0,0056	<0,1	0,58	64,16	1,84	7,6	263	6,8	550	0,75	2,1
08.05.98	12	<0,1	0,00602	0,0052	0,0012	0,0120	0,0024	0,0026	0,60	63,8	2,20	8,6	320	6,5	371	0,76	2,2
18.06.98	13	<0,1	0,01190	0,0076	0,0006	0,0181	0,0026		0,69	64,13	1,87	10,7	300	6,5	411	1,58	
09.07.98	14	<0,07	0,00540	0,0032	0,0007	0,0101	0,0010	<0,3	0,38			9,9	248	6,4	402	0,64	2,2
19.08.98	15	0,139	<0,00002	0,0041	0,0023	0,0094	<0,0001		0,06	63,57	2,43	12,9	303	6,5	441	0,34	2,6
09.09.98	16	<0,07	0,00613				0,0010		0,41	63,82	2,18	14,0	295	6,4	466	1,70	2,5
14.10.98	17	<0,07	0,00600	0,0078	0,0023	0,0159	0,0059		0,53	63,96	2,04	13,7	279	6,5	508	0,35	2,9
10.11.98	18		0,00686	0,0071	<0,0001	0,0121	0,0022		0,47	65,21	0,79	9,4	502	6,8	393	1,97	2,5
16.12.98	19	0,089	0,00703	0,0049	<0,06	<0,03	0,0011		0,59	65,54	0,46	4,5	338	6,8	479	9,21	1,8
12.01.99	20	0,609	0,00991	0,0031	<0,06	<0,03	0,0014		0,61	64,49	1,51	6,4	304	6,6	210	0,49	2,4
18.02.99	21	<0,07	0,00742	0,0031	<0,06	<0,03	0,0027		0,65	64,42	1,58	5,1	365	6,6	476	3,85	2,4
24.03.99	22	<0,07	0,00754	0,0054	<0,06	<0,03	0,0021		0,78	64,79	1,21	5,8	372	6,7	494	1,35	2,5
28.04.99	23	<0,07	0,00237	0,0024	<0,06	<0,03	0,0019		0,56	64,13	1,87	7,6	260	6,6	504	0,42	2,4
-	Mitl.		0,00634	0,0042	0,0016	0,0221	0,0019		0,85	64,25	1,75	9,2	292	6,6	482	1,46	3,0
-	Stdw.		0,00342	0,0023	0,0015	0,0211	0,0016		0,82	0,63	0,63	3,2	69	0,1	91	1,99	1,3
-	Med.		0,00608	0,0041	0,0012	0,0152	0,0017		0,62	64,13	1,87	8,4	290	6,6	499	0,75	2,5
-	Min.	<0,07	<0,00002	0,0005	<0,0001	0,0087	<0,0001		0,06	63,53	0,21	4,5	168	6,3	210	0,29	1,8
-	Max.	0,609	0,01320	0,0078	0,0048	0,1060	0,0059		3,92	65,79	2,47	14,6	502	6,8	596	9,21	6,5

Transekt III, Meßstelle 1, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 14)

Probe Nr.14	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3				13,5	13,0	7,4	44,8	0,33	22,6	105,1	6,30						0,27	0,39	0,010	0,14	0,0009
26.09.97	4																					
30.10.97	5																			<0,005	0,23	0,0040
27.11.97	6				8,9	37,0	8,6	38,6	0,33	57,3	77,2	1,10						0,04	<0,1	<0,005	0,19	0,0036
18.12.97	7																					
08.01.98	8	17,2	3,33	2,35	5,8	24,0	5,9	27,1	0,30	26,4	64,5	1,10	13,4	0,001	16,3	0,27	0,03	0,36	0,10	<0,005	0,25	0,0053
25.02.98	9	9,5	3,09	2,55	7,7	20,9	7,0	31,7	0,27	21,0	81,9	1,60	12,8	0,001	11,9	0,26		0,17		<0,005	0,18	0,0055
27.03.98	10	3,7	3,42	3,18	16,3	9,1	8,4	35,4	0,25	24,8	76,9	7,10	45,1	0,010	15,8	0,79		0,44	0,26	0,036	0,04	0,0051
24.04.98	11	6,5	2,72	2,39	16,2	7,7	5,9	25,7	0,26	8,5	86,2	0,22	20,1	0,002	12,8	0,38	0,01	0,13	<0,1	<0,005	0,11	0,0047
08.05.98	12	-4,3	2,60	2,83	15,6	4,4	5,7	25,9	0,27	0,9	93,9	0,20	50,6	0,008	25,5	0,88	0,03	0,13	<0,1	<0,005	0,10	0,0039
18.06.98	13																					
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16				21,7	19,0	14,9	63,8	0,26	59,7	168,1	<0,05							0,09	<0,02	0,14	0,0350
14.10.98	17	4,3	6,35	5,82	31,1	11,0	16,0	66,4	0,26	40,3	217,9	0,95	7,32	0,001	7,5	0,18	0,01	0,05	<0,07	<0,02	0,09	0,0470
10.11.98	18	4,8	3,09	2,81	17,8	7,2	7,2	30,0	0,35	21,0	76,5	8,20	28,7	0,003	18,9	0,52	0,03	0,08	0,15	<0,02	0,07	0,0527
16.12.98	19	6,9	2,71	2,36	15,4	6,3	6,1	26,0	0,32	14,9	80,6	4,70	9,76	0,001	11,4	0,21	0,10	0,17	<0,2	<0,02	0,12	0,0032
12.01.99	20	9,5	2,63	2,17	16,3	5,6	5,8	24,6	0,33	16,9	72,0	5,50	5,49	0	6,6	0,14	0,07	0,09	<0,2	<0,02	0,14	0,0036
18.02.99	21	6,9	2,65	2,31	16,3	4,6	6,1	25,0	0,30	23,6	62,0	12,60	7,93	0	11,0	0,18	0,03	0,09	<0,2	<0,02	0,14	0,0032
24.03.99	22	5,6	2,91	2,60	19,1	3,2	6,6	28,1	0,39	27,7	75,9	0,26	12,8	0,003	4,4	0,26	0,01	0,09	0,66	<0,02	0,07	0,0025
28.04.99	23																					
-	Mittl.	6,4	3,23	2,85	15,8	12,4	8,0	35,2	0,30	26,1	95,6	3,60	19,5	0,003	12,9	0,37	0,04	0,16		0,009	0,13	0,0120
-	Stdw.	5,2	1,07	1,03	6,2	9,7	3,3	13,9	0,04	16,5	43,8	3,90	15,5	0,003	6,0	0,25	0,03	0,12		0,008	0,06	0,0173
-	Med.	6,5	2,91	2,55	16,3	8,4	6,8	29,1	0,30	23,1	78,9	1,35	12,8	0,001	11,9	0,26	0,03	0,13	0,10	0,010	0,14	0,0043
-	Min.	-4,3	2,60	2,17	5,8	3,2	5,7	24,6	0,25	0,9	62,0	<0,05	5,5	0	4,4	0,14	0,01	0,04		<0,005	0,04	0,0009
-	Max.	17,2	6,35	5,82	31,1	37,0	16,0	66,4	0,39	59,7	217,9	12,60	50,6	0,010	25,5	0,88	0,10	0,44		0,036	0,25	0,0527

Transekt III, Meßstelle 1, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 14)

Probe Nr.14	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden Eh (Tiefe)	Boden Eh 1	Boden Eh 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,2						0,1		
04.07.97	2										0,2						0,1	929	944
07.08.97	3	0,238	0,00409	0,1140	<0,05	0,0099	<0,0001		0,17		0,2			6,7	349	38,7	0,1	145	-25
26.09.97	4										0,2						0,1	1	3
30.10.97	5	<0,1	0,00646	<0,02	<0,05	0,0424	0,0022	<0,1	2,53		0,2			6,3	405	22,6	0,1	56	55
27.11.97	6	0,331	0,00544	0,0682	<0,05	0,0165	0,0006	<0,1	0,29		0,2			6,7	382	36,2	0,1	24	21
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,371	0,00418	0,0804	<0,05	0,0316	0,0012	<0,1	0,22		0,2			6,3	257	32,9	0,1		
25.02.98	9	0,302	0,00632	0,0656	0,0111	0,0203	0,0054	<0,1	0,23	15,3	0,2	113	241	6,3	285	26,9	0,1		
27.03.98	10	0,105	0,00619	0,0037	0,0292	0,0160	0,0008	<0,1	0,21	4,5	0,2	422		6,8	323	11,2	0,1	HW	HW
24.04.98	11	0,247	0,00705	0,0084	0,0472	0,0058	0,0033	<0,1	0,18	8,5	0,2	314	353	6,5	260	19,6	0,1	45	71
08.05.98	12	0,223	0,00377	0,0453	0,0159	0,0169	0,0020	0,0031	0,16	10,5	0,2	277	311	6,6	181	21,9	0,1	25	46
18.06.98	13									13,7	0,2	234	186				0,1	-9	0
09.07.98	14										0,2						0,1	-8	0
19.08.98	15									19,9	0,2	262	227				0,1		
09.09.98	16	0,332	0,01190				0,0010		0,47	15,0	0,2	178	164		575	38,4	0,1	48	39
14.10.98	17	0,264	0,01220	0,0457	0,0101	0,0299	0,0093		0,49	11,7	0,2	181	167	6,3	635	28,7	0,1	34	35
10.11.98	18		0,00492	0,0343	0,0055	0,0128	0,0011		0,21	7,1	0,2	266	243	6,5	317	10,9	0,1	47	52
16.12.98	19	0,236	0,00403	0,0383	<0,06	<0,03	<0,0001		0,23	3,6	0,2	299	403	6,3	274	11,6	0,1	35	37
12.01.99	20	0,233	0,00682	0,0629	<0,06	<0,03	0,0090		0,23	3,6	0,2	148	152	6,3	267	8,4	0,1	50	63
18.02.99	21	0,263	0,00477	0,0375	<0,06	<0,03	0,0029		0,23	1,1	0,2	320	438	6,3	275	9,2	0,1	66	68
24.03.99	22	0,104	0,00408	0,0251	<0,06	<0,03	0,0032		0,18	4,8	0,2	316	434	6,8	295	7,6	0,1	45	53
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,236	0,00615	0,0484	0,0198	0,0187	0,0028		0,40	9,2		256	277	6,5	339	21,6		96	91
-	Stdw.	0,093	0,00264	0,0300	0,0157	0,0096	0,0029		0,60	5,7		84	108	0,2	121	11,5		225	229
-	Med.	0,242	0,00544	0,0453	0,0135	0,0155	0,0020		0,23	8,5		266	242	6,4	295	21,9		45	43
-	Min.	<0,1	0,00377	0,0037	0,0055	0,0058	<0,0001		0,16	1,1		113	152	6,3	181	7,6		-9	-25
-	Max.	0,371	0,01220	0,1140	0,0472	0,0424	0,0093		2,53	19,9		422	438	6,8	635	38,7		929	944

Transekt III, Meßstelle 1, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 15)

Probe Nr.15	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3				12,3	5,2	8,2	37,3	0,36	10,4	83,9	18,0						0,35	0,51	0,022	0,09	0,0009
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6																					
18.12.97	7																					
08.01.98	8	16,5	3,15	2,26	7,0	4,8	7,3	31,7	0,34	14,7	73,5	7,30	10,4	0,002	5,28	0,22	0,02	0,19	<0,1	<0,005	0,18	0,0042
25.02.98	9	6,6	3,17	2,78	10,5	3,9	8,9	37,3	0,29	17,3	83,0	12,8	20,7	0,003	10,1	0,39	0,13	0,14		<0,005	0,06	0,0065
27.03.98	10	1,7	3,53	3,41	16,4	5,0	9,1	38,6	0,25	25,0	80,1	20,1	42,1	0,005	26,4	0,74		0,44	0,23	<0,005	0,03	0,0064
24.04.98	11				15,2	3,4	6,9	30,5	0,31	12,3	83,6	1,70					0,02	0,17	<0,1	<0,005	0,03	0,0067
08.05.98	12																		<0,1	<0,005	0,26	0,0046
18.06.98	13																					
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17	6,0	5,53	4,90	29,1	3,7	13,4	59,1	0,32	18,8	194,3	1,20	17,7	0,002	11,4	0,34	0,02	0,08	0,08	<0,02	<0,05	0,076
10.11.98	18	4,9	3,50	3,17	17,5	4,7	8,7	36,1	0,40	21,1	74,1	2,1	59,8	0,011	24,6	1,03	0,03	0,05	0,14	<0,02	<0,05	0,065
16.12.98	19	5,0	3,54	3,20	18,1	4,2	8,9	36,3	0,35	23,2	88,1	16,8	25,6	0,003	15,0	0,47	0,07	0,12	<0,2	<0,02	<0,05	0,0036
12.01.99	20																					
18.02.99	21	7,1	2,57	2,23	14,9	3,2	6,2	25,7	0,40	20,7	59,8	9,3	14,0	0,002	7,04	0,28	0,04	0,09	<0,2	<0,02	0,07	0,004
24.03.99	22																		<0,2	0,024	0,10	0,0029
28.04.99	23																					
-	Mittl.	6,8	3,57	3,14	15,7	4,2	8,6	37,0	0,34	18,2	91,2	9,9	27,2	0,004	14,3	0,50	0,05	0,18		0,009	0,08	0,0165
-	Stdw.	4,6	0,93	0,91	6,2	0,7	2,1	9,3	0,05	4,9	39,6	7,4	17,7	0,003	8,3	0,29	0,04	0,13		0,008	0,07	0,0270
-	Med.	6,0	3,50	3,17	15,2	4,2	8,7	36,3	0,34	18,8	83,0	9,30	20,7	0,003	11,4	0,39	0,03	0,14		0,010	0,06	0,0046
-	Min.	1,7	2,57	2,23	7,0	3,2	6,2	25,7	0,25	10,4	59,8	1,2	10,4	0,002	5,3	0,22	0,02	0,05		<0,005	0,03	0,0009
-	Max.	16,5	5,53	4,90	29,1	5,2	13,4	59,1	0,40	25,0	194,3	20,1	59,8	0,011	26,4	1,03	0,13	0,44		0,024	0,26	0,0763

Transekt III, Meßstelle 1, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 15)

Probe Nr.15	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden Eh (Tiefe)	Boden Eh 1	Boden Eh 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						0,4		
04.07.97	2										0,4						0,4	960	952
07.08.97	3	0,207	0,00409	0,0878	<0,05	0,0466	0,0021		0,20		0,4			6,6	326	31,1	0,4	-45	-38
26.09.97	4									13,4	0,4	167	245				0,4	0	20
30.10.97	5									8,4	0,4						0,4	83	44
27.11.97	6									2,3	0,4	480	484				0,4	15	20
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,203	0,00326	0,0731	<0,05	0,0285	0,0082	<0,1	0,21	15,0	0,4	436	447	6,5	242	23,4	0,4	24	12
25.02.98	9	<0,1	0,00324	0,0358	0,0048	0,0111	0,0034	<0,1	0,10	15,7	0,4	209	247	6,6	292	19,8	0,4	30	33
27.03.98	10	<0,1	0,00495	0,0021	0,0194	0,0198	<0,0001	<0,1	0,13	5,5	0,4	390		6,5	338	26,2	0,4	HW	HW
24.04.98	11	<0,1	0,00482	0,0039	0,0284	0,0042	0,0034	<0,1	0,10	8,7	0,4	317	247	6,9	268	11,9	0,4	-7	16
08.05.98	12	0,264	0,00211	0,0607	0,0136	0,0172	0,0097	0,005	0,15	10,6	0,4	339	257				0,4	-25	-4
18.06.98	13									12,9	0,4	176	187				0,4	-23	-3
09.07.98	14										0,4						0,4	-28	-9
19.08.98	15									17,9	0,4	265	273				0,4		
09.09.98	16									15,0	0,4	153	157				0,4	806	864
14.10.98	17	0,116	0,00571	0,0330	0,0051	0,0197	0,0016		0,18	12,1	0,4	156	160	6,5	530	23,5	0,4	32	29
10.11.98	18		0,00278	0,0248	0,0013	0,0048	0,0013		0,10	7,2	0,4	246	271	6,7	336	7,0	0,4	38	35
16.12.98	19	<0,07	0,00256	0,0147	<0,06	<0,03	<0,0001		0,13	3,8	0,4	321	421	6,6	352	5,4	0,4	17	14
12.01.99	20									3,8	0,4	147	151				0,4	41	37
18.02.99	21	0,093	0,00200	0,0281	<0,06	<0,03	0,0023		0,08	1,6	0,4	367	247	6,7	262	12,9	0,4	44	40
24.03.99	22	0,210	0,00440	0,0401	<0,06	<0,03	0,0037		0,35	4,8	0,4	364	244	5,8	330	15,1	0,4	44	40
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,128	0,00363	0,0367	0,0121	0,0179	0,0033		0,18	9,3		283	269	6,5	328	17,6		111	117
-	Stdw.	0,085	0,00124	0,0274	0,0104	0,0117	0,0031		0,08	5,2		108	103	0,3	80	8,5		284	289
-	Med.	0,104	0,00326	0,0330	0,0094	0,0150	0,0023		0,13	8,7		291	247	6,6	328	17,5		27	25
-	Min.	<0,07	0,00200	0,0021	0,0013	0,0042	<0,0001		0,08	1,6		147	151	5,8	242	5,4		-45	-38
-	Max.	0,264	0,00571	0,0878	0,0284	0,0466	0,0097		0,35	17,9		480	484	6,9	530	31,1		960	952

Transekt III, Meßstelle 2, Grundwasser (Probe 17)

Probe Nr.17	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	4,1	4,71	4,34	23,1	6,5	8,4	56,7		29,9	109	0,53	74,4	0,005	84,9	1,27				0,323		0,0024
04.07.97	2	6,9	6,83	5,94	25,5	3,4	10,6	75,8	0,60	35,1	185	<0,05	63,4	0,005	67,3	1,10	0,09			0,368	2,17	0,0023
07.08.97	3	0,8	4,92	4,84	22,2	2,1	8,6	62,9	0,52	26,3	135	<0,05	75,0	0,008	57,6	1,28		0,04	<0,1	0,124	0,89	0,0023
26.09.97	4	5,8	6,47	5,76	26,7	3,1	10,9	85,2	0,59	34,7	185	<0,05	51,9	0,003	71,3	0,91		0,52	<0,1	0,214	<0,02	0,0722
30.10.97	5	2,9	6,23	5,88	26,6	2,2	11,1	80,0	0,45	34,7	190	<0,05	54,3	0,004	54,1	0,94	0,03	0,01	<0,1	0,135	1,11	0,0167
27.11.97	6	3,0	5,99	5,64	25,7	4,2	10,3	76,8	0,41	34,4	171	<0,05	65,3	0,006	53,7	1,12		0,05	<0,1	0,083	0,83	0,0193
18.12.97	7																					
08.01.98	8	11,3	5,23	4,17	20,9	1,8	8,0	57,9	0,51	22,2	101	<0,05	84,8	0,004	139,5	1,44	0,01	0,04	<0,1	0,048	0,73	0,0139
25.02.98	9	3,2	5,88	5,52	25,2	2,0	10,7	76,6	0,39	32,1	167	<0,05	66,5	0,005	66,4	1,14		0,05		0,064	0,55	0,0087
27.03.98	10	2,6	5,28	5,01	22,5	2,5	9,5	68,3	0,61	29,3	143	<0,05	69,5	0,007	58,1	1,19	0,01	0,07	<0,1	0,066	0,49	0,0254
24.04.98	11	6,6	5,17	4,53	22,1	3,4	9,1	67,2	0,49	29,9	151	3,40	28,1	0,006	10,1	0,51	0,03	0,01	<0,1	0,104	0,14	0,0070
08.05.98	12	3,0	5,37	5,06	22,8	4,6	9,4	68,9	0,57	31,0	159	1,90	50,0	0,003	67,3	0,87	0,02	0,03	<0,1	0,122	0,35	0,0472
18.06.98	13	6,5	5,52	4,85	25,3	2,6	9,8	69,9	0,42	28,3	159	<0,05	41,5	0,004	37,4	0,73	0,01	0,08	<0,1	0,138	1,07	0,0023
09.07.98	14	0,2	5,97	5,94	25,9	3,5	10,8	76,4	0,55	30,3	195	<0,05	59,2	0,003	80,5	1,02	0,09	0,01	<0,07	0,126	0,57	0,0463
19.08.98	15	1,3	5,28	5,14	20,3	2,4	8,6	70,7	0,52	24,1	166	<0,05	57,3	0,005	51,9	0,99	0,04	0,04	<0,07	0,163	1,60	0,0932
09.09.98	16	2,3	5,38	5,14	24,8	2,2	9,9	68,2	0,43	28,4	156	0,09	65,3	0,006	56,8	1,12	0,03	0,03	<0,07	0,041	0,36	0,0478
14.10.98	17	4,0	4,77	4,41	21,7	2,0	8,7	60,6	0,57	23,5	118	<0,05	75,6	0,008	61,6	1,29	0,01	0,01	<0,07	0,082	0,43	0,1766
10.11.98	18	5,2	4,63	4,17	20,0	2,2	8,4	59,6	0,65	26,1	102	<0,05	76,3	0,011	40,9	1,30	0,02	0,04	<0,07	0,094	0,49	0,1460
16.12.98	19	3,8	4,86	4,50	20,7	2,1	8,8	62,9	0,63	24,9	121	<0,05	74,4	0,008	56,8	1,27	0,05	0,05	<0,2	0,096	0,60	0,0097
12.01.99	20	4,2	5,11	4,70	22,5	2,6	9,7	64,1	0,70	26,5	136	<0,05	64,7	0,005	72,2	1,11	0,04	0,05	<0,2	0,113	0,66	0,0133
18.02.99	21	3,6	4,94	4,59	22,9	2,1	9,3	62,0	0,59	25,7	126	<0,05	72,0	0,006	65,1	1,23	0,03	0,01	<0,2	0,088	0,37	0,0089
24.03.99	22	4,7	4,95	4,51	21,4	2,2	9,3	63,5	0,66	26,2	125	0,34	68,9	0,006	63,4	1,18	0,02	0,05	<0,2	0,107	0,33	0,0069
28.04.99	23	4,5	5,17	4,72	22,6	2,9	9,5	65,5	0,69	27,9	139	0,59	60,4	0,382	0,9	1,05	0,01	0,04	<0,2	0,141	0,61	0,0076
-	Mittl.	4,1	5,39	4,97	23,2	2,8	9,5	68,2	0,55	28,7	147	0,33	63,6	0,023	59,9	1,09	0,03	0,06		0,129	0,68	0,0353
-	Stdw.	2,4	0,60	0,58	2,1	1,1	0,9	7,6	0,09	3,8	29	0,80	12,9	0,080	26,6	0,21	0,03	0,11		0,080	0,49	0,0477
-	Med.	3,9	5,26	4,84	22,7	2,5	9,5	67,7	0,57	28,4	147	0,03	65,3	0,006	59,8	1,12	0,03	0,04		0,110	0,57	0,0136
-	Min.	0,2	4,63	4,17	20,0	1,8	8,0	56,7	0,39	22,2	101	<0,05	28,1	0,003	0,9	0,51	0,01	0,01		0,041	<0,02	0,0023
-	Max.	11,3	6,83	5,94	26,7	6,5	11,1	85,2	0,70	35,1	195	3,40	84,8	0,382	139,5	1,44	0,09	0,52		0,368	2,17	0,1766

Transekt III, Meßstelle 2, Grundwasser (Probe 17)

Probe Nr.17	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Was-ser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00038	<0,02	<0,05	<0,05	0,0034	<0,01	0,12	64,43	1,27	8,2	263	6,2	550		
04.07.97	2	0,167	0,00047	<0,02	<0,05		0,0033	<0,1	0,20	63,68	2,02	10,1	144	6,3	625	0,70	4,8
07.08.97	3	<0,1	0,00050	0,0005	<0,05	0,1330	0,0014		0,05	64,15	1,55	10,8	276	6,4	506	0,16	2,4
26.09.97	4	<0,1	0,00039	<0,02	<0,05	0,0197	0,0076	<0,1	1,39	63,50	2,20	11,2	189	6,1	610	1,50	4,8
30.10.97	5	<0,1	0,00006	<0,02	<0,05	0,0183	<0,0001	<0,1	1,81	63,62	2,08	10,1	231	6,3	553	0,61	2,0
27.11.97	6	<0,1	0,00006	<0,02	<0,05	0,0037	<0,0001	<0,1	0,06	63,48	2,22	9,5	284	6,4	524	0,18	2,2
18.12.97	7									64,00	1,70						
08.01.98	8	0,258	0,00094	<0,02	<0,05	0,0201	0,0096	<0,1	0,11	64,16	1,54	9,0	236	6,1	381	0,37	6,3
25.02.98	9	<0,1	0,00034	<0,02	0,0001	0,0098	<0,0001	<0,1	0,12	64,04	1,66	8,1	237	6,3	516	0,17	2,8
27.03.98	10	0,115	0,00104	0,0012	0,0005	0,0160	0,0039	<0,1	0,14	66,04	-0,34	6,4	309	6,4	456	0,44	13,6
24.04.98	11	<0,1	0,00142	0,0005	0,0002	0,0057	0,0039	<0,1	0,18	64,16	1,54	7,6	263	6,8	550	0,75	1,9
08.05.98	12	0,111	0,00084	0,0004	<0,0001	0,0112	0,0022	<0,0002	0,27	63,86	1,84	8,9	319	6,2	360	0,33	1,8
18.06.98	13	<0,1	0,00022	<0,0001	0,0039	0,0225	<0,0001		0,17	63,80	1,90	10,3	245	6,3	383	0,46	
09.07.98	14	<0,07	0,00016	0,0044	0,0005	0,0210	0,0017	<0,3	0,24			10,1	242	6,2	408	0,46	2,0
19.08.98	15	<0,07	<0,00002	0,0002	<0,0001	0,0141	<0,0001		0,28	63,54	2,16	11,9	282	6,3	441	0,18	1,5
09.09.98	16	<0,07	0,00011				0,0014		0,04	63,57	2,13	11,9	231	6,3	408	0,33	1,3
14.10.98	17	<0,07	0,00015	<0,0001	<0,0001	0,0038	0,0022		0,14	64,01	1,69	11,3	267	6,4	462	0,31	1,3
10.11.98	18		0,00020	0,0009	<0,0001	0,0064	0,0018		0,09	65,29	0,41	10,2	398	6,6	443	0,35	1,5
16.12.98	19	<0,07	0,00034	0,0007	<0,06	<0,03	0,0012		0,13	64,27	1,43	9,2	297	6,4	470	0,40	1,1
12.01.99	20	0,222	0,00081	<0,0001	<0,06	0,0320	0,0002		0,22	64,42	1,28	7,5	292	6,3	492	0,39	1,8
18.02.99	21	<0,07	0,00034	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0034		0,14	64,76	0,94	7,6	279	6,4	477	0,27	1,9
24.03.99	22	<0,07	0,00048	0,0007	<0,06	<0,03	0,0027		0,17	64,95	0,75	7,8	361	6,3	482	0,25	2,1
28.04.99	23	0,127	0,00066	0,0007	<0,06	<0,03	0,0005		0,27	64,26	1,44	8,2	320	8,2	494	0,32	2,1
-	Mittl.		0,00045	0,0007		0,0211	0,0023		0,29	64,19	1,52	9,4	271	6,4	481	0,43	3,0
-	Stdw.		0,00037	0,0011		0,0273	0,0025		0,44	0,65	0,63	1,6	54	0,4	71	0,29	2,8
-	Med.		0,00036	0,0005	0,0001	0,0150	0,0018		0,16	64,10	1,61	9,4	272	6,3	480	0,35	2,0
-	Min.	<0,07	<0,00002	<0,0001		0,0037	<0,0001		0,04	63,48	-0,34	6,4	144	6,1	360	0,16	1,1
-	Max.	0,258	0,00142	0,0044		0,1330	0,0096		1,81	66,04	2,22	11,9	398	8,2	625	1,50	13,6

Transekt III, Meßstelle 2, Bodenwasser 0,3 m u. GOK (Probe 18)

Probe Nr.18	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3				4,1	36,3	2,6	33,9	0,31	6,7	26,4	11,30								0,132	1,18	0,0023
26.09.97	4																					
30.10.97	5												64,1	0,026	12,3	1,11				0,024	0,99	0,0211
27.11.97	6	13,4	6,63	5,06	5,5	90,9	6,9	65,3	0,39	104,2	47,5	0,36	63,4	0,026	12,3	1,09		2,02	0,79	<0,005	1,18	0,0143
18.12.97	7																					
08.01.98	8	23,0	4,37	2,74	2,9	59,3	3,8	28,8	0,25	33,8	42,1	0,12	50,0	0,026	7,92	0,87	0,03	2,26	1,16	<0,005	1,06	0,0172
25.02.98	9	15,3	3,63	2,66	3,5	54,0	4,4	32,3	0,18	29,4	46,7	0,37	47,0	0,018	9,68	0,82	0,01	2,40		<0,005	1,08	0,0172
27.03.98	10	5,6	3,77	3,37	11,9	40,1	5,9	33,8	0,11	27,5	80,4	6,90	45,8	0,002	66,9	0,80	0,10	1,79	0,67	<0,005	0,23	0,0154
24.04.98	11	7,4	3,14	2,71	11,4	34,4	4,5	26,9	0,18	9,1	87,0	<0,05	34,8	0,012	7,48	0,62	0,02	1,26	0,55	<0,005	0,38	0,0090
08.05.98	12																					
18.06.98	13																0,01	2,70	0,63	<0,005	0,47	0,0015
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17	16,1	5,44	3,93	17,9	36,6	9,9	52,9	0,22	49,5	89,0	0,38	36,0	0,005	20,2	0,64	0,04	2,33	0,91	<0,02	1,71	0,1682
10.11.98	18	9,4	3,40	2,81	12,6	29,8	6,3	30,1	0,15	21,4	93,0	0,21	15,3	0	37,4	0,30	0,02	0,36	0,48	<0,02	0,48	0,1230
16.12.98	19	20,6	3,14	2,07	8,6	26,4	5,6	26,9	0,23	17,3	54,3	1,90	21,4	0,001	29,0	0,40	0,11	1,77	0,93	<0,02	1,55	0,0092
12.01.99	20																0,11	2,93	1,54	<0,02	0,89	0,0288
18.02.99	21																0,37	2,30	1,14	<0,02	0,83	0,0124
24.03.99	22	8,9	2,98	2,49	9,6	28,6	6,5	24,7	0,22	24,2	64,2	8,60	17,1	0,002	12,8	0,33	0,02	1,42	0,56	0,141	0,42	0,0089
28.04.99	23																					
-	Mittl.	13,3	4,06	3,09	8,8	43,6	5,6	35,6	0,22	32,3	63,1	3,02	39,5	0,012	21,6	0,70	0,08	1,96	0,85	0,026	0,89	0,0320
-	Stdw.	6,0	1,23	0,91	4,8	19,7	2,0	13,1	0,08	28,1	23,1	4,25	17,8	0,011	18,7	0,29	0,11	0,70	0,33	0,047	0,45	0,0494
-	Med.	13,4	3,63	2,74	9,1	36,5	5,8	31,2	0,22	25,9	59,3	0,38	40,9	0,009	12,5	0,72	0,03	2,14	0,79	0,010	0,94	0,0149
-	Min.	5,6	2,98	2,07	2,9	26,4	2,6	24,7	0,11	6,7	26,4	<0,05	15,3	0	7,48	0,30	0,01	0,36	0,48	<0,005	0,23	0,0015
-	Max.	23,0	6,63	5,06	17,9	90,9	9,9	65,3	0,39	104,2	93,0	11,3	64,1	0,026	66,9	1,11	0,37	2,93	1,54	0,141	1,71	0,1682

Transekt III, Meßstelle 2, Bodenwasser 0,3 m u. GOK (Probe 18)

Probe Nr.18	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						0,3		
04.07.97	2									14,5	0,4	190		8,0	378	30,9	0,3	227	632
07.08.97	3	0,157	0,00049	0,0692	<0,05	0,1970	0,0034		0,08	16,1	0,4	485	395		277	72,9	0,3	50	55
26.09.97	4									12,3	0,4	415	298				0,3	482	850
30.10.97	5	0,182	0,00089	0,1188	<0,05	0,0522	0,0048	<0,1	1,24	4,2	0,4			7,1	619	64,3	0,3	50	131
27.11.97	6	0,229	0,00069	0,0958	<0,05	0,0367	0,0065	<0,1	0,04	6,8	0,4	572	569	7,0	575	26,3	0,3	36	41
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,518	0,01120	0,0835	<0,05	0,0465	0,0006	<0,1	0,09	16,2	0,4	367	281	7,0	305	90,8	0,3	22	25
25.02.98	9	0,510	0,00085	0,0858	0,0115	0,0350	0,0114	<0,1	0,09	14,5	0,4	240	254	6,9	305	101,4	0,3	24	24
27.03.98	10	0,249	0,00087	0,0042	0,0339	0,0120	0,0028	<0,1	0,08	7,2	0,4	136		6,2	358	20,8	0,3	HW	HW
24.04.98	11	0,240	0,00084	0,0073	0,0302	0,0083	0,0050	<0,1	0,04	9,9	0,4	284	371	7,0	265	34,1	0,3	-201	40
08.05.98	12									11,4	0,4	185	62				0,3	421	202
18.06.98	13	0,313	0,00046	0,0609	0,0055	0,0334	0,0014		0,04	14,6	0,4	201	232	7,6	167		0,3	-6	1
09.07.98	14										0,4						0,3	9	0
19.08.98	15									20,1	0,4	225	255				0,3		
09.09.98	16									15,0	0,4	177	177				0,3	57	74
14.10.98	17	1,324	0,00206	0,0022	0,0004	0,0349	0,0108		0,24	10,7	0,4	181	181	6,5	463		0,3	21	17
10.11.98	18		0,00078	0,0115	0,0042	0,0105	0,0048		0,16	8,1	0,4	214	167	5,9	352	31,8	0,3	10	8
16.12.98	19	1,552	0,00190	0,1300	<0,06	0,0355	0,0108		0,22	2,7	0,4	362	360	6,2	263		0,3	27	22
12.01.99	20	0,098	0,00082	0,0478	<0,06	0,0310	0,0035		0,10	2,7	0,4	161	246	6,7	154	48,3	0,3	26	23
18.02.99	21	0,691	0,00100	0,0402	<0,06	<0,03	0,0052		0,12	1,5	0,4	311	340	6,6	220	68,6	0,3	31	34
24.03.99	22	0,306	0,00100	0,0324	<0,06	<0,03	0,0033		0,14	5,5	0,4	308	337	6,5	305	52,1	0,3	34	36
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,490	0,00170	0,0564	0,0143	0,0402	0,0053		0,19	10,2		279	283	6,8	334	53,5		73	123
-	Stdw.	0,454	0,00277	0,0427	0,0143	0,0472	0,0034		0,31	5,4		121	117	0,6	133	26,3		157	233
-	Med.	0,306	0,00086	0,0544	0,0085	0,0342	0,0048		0,09	10,7		233	268	6,8	305	50,2		29	35
-	Min.	0,098	0,00046	0,0022	0,0004	0,0083	0,0006		0,04	1,5		136	62	5,9	154	20,8		-201	0
-	Max.	1,552	0,01120	0,1300	0,0339	0,1970	0,0114		1,24	20,1		572	569	8,0	619	101,4		482	850

Transekt III, Meßstelle 2, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 19)

Probe Nr.19	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3																			0,109	0,027	0,0001
26.09.97	4																			0,109	<0,02	0,0014
30.10.97	5																					
27.11.97	6																		<0,1	0,163	<0,02	0,0012
18.12.97	7																					
08.01.98	8																			0,074	<0,02	<0,0001
25.02.98	9																					
27.03.98	10	1,4	3,16	3,07	13,5	46,7	3,1	18,9	1,60	20,7	104	8,70	5,49	0	62,9	0,13	0,05	0,05	<0,1	0,073	<0,02	0,0015
24.04.98	11																					
08.05.98	12																					
18.06.98	13																					
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17																					
10.11.98	18	2,0	2,83	2,72	12,3	46,0	2,9	15,2	1,30	18,8	99	0,27	3,66	0	40,5	0,10	0,03	0,04	0,20	0,146	<0,05	0,0113
16.12.98	19																		<0,2	0,117	<0,05	0,0006
12.01.99	20																		<0,2	0,139	<0,05	0,0005
18.02.99	21	4,1	2,59	2,38	11,2	42,9	2,2	12,6	1,20	19,1	82	1,10	3,05	0	29,9	0,10	0,04	0,05	<0,2	0,092	<0,05	0,0007
24.03.99	22	-12,6	2,54	3,28	10,4	38,0	2,4	14,5	1,10	19,5	79	4,90	57,3	0	743,2	0,98	0,01		0,42	0,091	<0,05	<0,0005
28.04.99	23																					
-	Mittl.	-1,3	2,78	2,86	11,9	43,4	2,7	15,3	1,30	19,5	91	3,7					0,03	0,05		0,111		0,0018
-	Stdw.	7,6	0,28	0,39	1,3	4,0	0,4	2,6	0,22	0,8	12	3,9					0,02	0,01		0,031		0,0034
-	Med.	1,7	2,71	2,89	11,8	44,5	2,7	14,9	1,25	19,3	90	3,00					0,04	0,05		0,109		0,0007
-	Min.	-12,6	2,54	2,38					1,10											0,073		<0,0001
-	Max.	4,1	3,16	3,28					1,60											0,163		0,0113

Transekt III, Meßstelle 2, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 19)

Probe Nr.19	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,8						0,8		
04.07.97	2										0,8			6,7	240	19,8	0,8	132	134
07.08.97	3	<0,1	0,00214	0,0114	<0,05	0,2890	<0,0001		0,19		0,8				238	13,8	0,8	64	65
26.09.97	4	<0,1	0,00138	<0,02	<0,05	0,0094	<0,0001	<0,1	3,76		0,8						0,8	134	137
30.10.97	5										0,8			6,1	344	9,5	0,8	96	97
27.11.97	6	0,293	0,01370	<0,02	<0,05	0,0340	0,0007	<0,1	0,89		0,8			5,3			0,8	91	90
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,277	0,00022	<0,02	<0,05	0,0589	<0,0001	<0,1	0,57		0,8					10,7	0,8	40	42
25.02.98	9										0,8						0,8	59	59
27.03.98	10	1,045	0,00523	0,0023	0,0189	0,0601	0,0015	<0,1	0,90	7,2	0,8	35	533	5,2	339	6,6	0,8	HW	HW
24.04.98	11										0,8						0,8	55	53
08.05.98	12										0,8						0,8	66	64
18.06.98	13										0,8						0,8	74	75
09.07.98	14										0,8						0,8	108	108
19.08.98	15										0,8						0,8	161	168
09.09.98	16									14,6	0,8	205	178				0,8	97	
14.10.98	17									11,2	0,8	208	181				0,8	63	
10.11.98	18		0,02360	0,0179	0,0015	0,0582	0,0020		1,33	8,6	0,8	259	181	5,2	345	4,6	0,8	-30	
16.12.98	19	0,361	0,00100	0,0157	<0,06	0,0412	<0,0001		0,54	3,5	0,8	416	332	5,6			0,8	41	
12.01.99	20	0,652	0,01220	0,0231	<0,06	0,0490	<0,0001		0,65	3,5	0,8	185	247	6,6	244		0,8	47	
18.02.99	21	0,863	0,02030	0,0089	<0,06	0,0556	0,0022		0,80	3,0	0,8	468	450	5,4	313	1,9	0,8	19	
24.03.99	22	0,911	0,01610	0,0210	<0,06	0,0583	0,0016		0,81	5,7	0,8	466	448	5,2	311	3,1	0,8	1	
28.04.99	23																		
-	Mittl.	0,500	0,00959	0,0143		0,0714	0,0008		1,04	7,2		280	319	5,7	297	8,7		69	91
-	Stdw.	0,377	0,00870	0,0073		0,0781	0,0009		1,00	4,1		155	143	0,6	48	6,0		47	39
-	Med.	0,361	0,00872	0,0157		0,0569	0,0004		0,80	6,5		234	289	5,4	312	8,1		64	83
-	Min.	<0,1	0,00022	0,0023		0,0094	<0,0001		0,19	3,0		35	178	5,2	238	1,9		-30	42
-	Max.	1,045	0,02360	0,0231		0,2890	0,0022		3,76	14,6		468	533	6,7	345	19,8		161	168

Transekt III, Meßstelle 3, Grundwasser (Probe 20)

Probe Nr.20	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-7,5	6,65	7,73	22,0	3,6	17,1	82,9		43,3	254	0,57	74,4	0,007	69,5	1,28	<0,02			0,871		0,0005
04.07.97	2	7,6	7,68	6,60	20,3	3,4	15,1	82,0	0,50	38,9	206	<0,05	71,4	0,007	59,4	1,23	0,30			0,828	6,15	0,0005
07.08.97	3	2,7	6,39	6,05	21,0	3,4	14,4	78,3	0,40	36,4	191	<0,05	60,4	0,006	53,7	1,05		0,04	<0,1	0,744	5,39	0,0010
26.09.97	4	2,0	7,33	7,05	21,3	3,4	15,0	95,3	0,46	38,8	206	<0,05	98,8	0,007	112,6	1,68		0,01	<0,1	0,769	5,65	0,0128
30.10.97	5	4,7	6,77	6,16	21,3	3,2	14,5	84,7	0,46	36,3	191	<0,05	66,5	0,005	73,9	1,14	0,20	0,75	<0,1	0,763	5,52	0,0100
27.11.97	6	4,4	6,68	6,12	29,8	3,3	14,1	79,0	0,42	35,2	181	<0,05	80,5	0,008	63,8	1,37		0,02	<0,1	0,241	1,89	0,0036
18.12.97	7																					
08.01.98	8	9,2	7,30	6,07	20,6	3,1	14,1	78,5	0,40	36,0	179	<0,05	78,7	0,008	60,7	1,34	0,20	0,08	<0,1	0,625	4,77	0,0065
25.02.98	9	2,8	6,95	6,57	23,0	3,2	15,5	86,5	0,36	39,9	198	<0,05	78,1	0,007	73,5	1,33	0,24	0,04		0,669	5,15	0,0072
27.03.98	10	2,6	6,77	6,43	22,2	3,1	14,9	84,6	0,33	38,0	192	<0,05	80,5	0,008	67,8	1,37	0,21	0,03	0,20	0,648	5,14	0,0069
24.04.98	11	3,9	5,60	5,18	20,5	3,0	12,1	69,8	0,35	30,8	165	1,30	51,2	0,002	92,0	0,89	0,08	0,05	<0,1	0,490	2,71	0,0037
08.05.98	12	2,6	6,14	5,83	20,9	3,0	13,7	77,9	0,41	32,4	188	0,40	59,2	0,004	67,3	1,02	0,11	0,01	0,16	0,513	2,36	0,0030
18.06.98	13	5,3	6,33	5,69	21,1	3,4	14,5	77,8	0,40	30,8	186	<0,05	54,9	0,005	45,3	0,95	0,14	0,16	0,11	0,658	4,59	0,0005
09.07.98	14	-0,8	5,89	5,98	19,8	3,3	13,5	74,3	0,42	29,3	185	<0,05	76,3	0,006	78,8	1,30	0,18	0,08	0,08	0,334	2,11	0,0025
19.08.98	15	3,4	6,25	5,83	21,3	3,5	14,3	76,5	0,45	33,4	173	<0,05	75,6	0,008	55,9	1,29	0,28	0,09	0,15	0,650	4,20	0,0044
09.09.98	16	3,6	6,38	5,94	21,4	3,7	14,8	78,8	0,49	34,4	181	0,06	71,4	0,007	59,4	1,22	0,16	0,21	0,13	0,555	3,73	0,0501
14.10.98	17	3,1	6,47	6,09	21,4	3,9	14,8	79,4	0,44	35,8	182	<0,05	75,6	0,007	69,5	1,30	0,14	0,05	0,17	0,701	4,78	0,0650
10.11.98	18	5,5	6,74	6,04	21,3	3,6	14,8	84,3	0,48	34,8	182	<0,05	73,8	0,008	59,4	1,27	0,24	0,01	0,17	0,778	5,30	0,0783
16.12.98	19	5,0	4,75	4,30	19,0	2,7	10,4	57,6	0,51	28,9	118	1,50	59,8	0,005	57,2	1,03	0,22	0,09	<0,2	0,475	1,84	0,0019
12.01.99	20	5,2	4,80	4,33	19,8	2,6	10,5	58,0	0,59	29,2	123	2,50	53,1	0,003	79,2	0,92	0,15	0,07	<0,2	0,379	1,79	0,0022
18.02.99	21	4,3	5,33	4,89	20,7	2,9	12,1	65,1	0,58	31,4	141	0,48	62,8	0,004	70,8	1,08	0,14	0,08	<0,2	0,420	1,90	0,0017
24.03.99	22	7,2	5,05	4,37	19,6	2,7	11,3	61,9	0,65	28,1	117	0,07	67,7	0,005	76,1	1,16	0,09	0,05	<0,2	0,397	1,76	<0,0005
28.04.99	23	6,6	4,24	3,72	18,4	3,5	9,5	49,2	0,98	29,6	78	0,06	72,0	0,447	0,88	1,25	0,03	0,11	<0,2	0,308	2,19	0,0022
-	Mittl.	3,8	6,21	5,77	21,2	3,3	13,7	75,6	0,48	34,2	173	0,33	70,1	0,026	65,8	1,20	0,16	0,10	0,10	0,583	3,76	0,0120
-	Stdw.	3,3	0,91	0,96	2,2	0,3	1,9	11,1	0,14	4,1	38	0,64	11,1	0,094	20,3	0,18	0,08	0,16	0,05	0,182	1,60	0,0220
-	Med.	4,1	6,39	6,01	21,1	3,3	14,4	78,4	0,45	34,6	182	0,03	71,7	0,007	67,5	1,24	0,16	0,06	0,10	0,637	4,20	0,0033
-	Min.	-7,5	4,24	3,72	18,4	2,6	9,5	49,2	0,33	28,1	78	<0,05	51,2	0,002	0,9	0,89	<0,02	0,01	<0,1	0,241	1,76	0,0003
-	Max.	9,2	7,68	7,73	29,8	3,9	17,1	95,3	0,98	43,3	254	2,50	98,8	0,447	112,6	1,68	0,30	0,75	0,20	0,871	6,15	0,0783

Transekt III, Meßstelle 3, Grundwasser (Probe 20)

Probe Nr.20	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m üb. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Was-ser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00054	<0,02	<0,05	<0,05	0,0014	<0,01	0,11	64,45	0,84	7,6	288	6,3	697		
04.07.97	2	<0,1	0,00049	<0,02	<0,05		0,0010	<0,1	0,05	63,74	1,55	10,6	176	6,4	677	1,20	2,7
07.08.97	3	<0,1	0,00032	<0,0001	<0,05	0,3650	<0,0001		<0,027	64,04	1,25	11,9	201	6,3	639	0,25	4,2
26.09.97	4	<0,1	0,00027	<0,02	<0,05	0,0024	<0,0001	<0,1	1,11	63,58	1,71	12,1	195	6,2	652	0,17	7,5
30.10.97	5	<0,1	0,00081	<0,02	<0,05	<0,0001	<0,0001	<0,1	1,45	63,62	1,67	10,3	178	6,2	571	0,41	3,3
27.11.97	6	<0,1	0,00028	<0,02	<0,05	0,0009	<0,0001	<0,1	<0,02	63,52	1,77	9,1	179	6,4	563	0,47	2,4
18.12.97	7									63,71	1,58						
08.01.98	8	<0,1	0,00700	<0,02	<0,05	0,0007	<0,0001	<0,1	<0,02	63,90	1,39	8,4	203	6,4	552	0,34	2,1
25.02.98	9	<0,1	0,00029	<0,02	0,0005	<0,0001	0,0044	<0,1	<0,02	63,91	1,38	7,5	187	6,3	591	0,14	2,0
27.03.98	10	<0,1	0,00035	0,0028	0,0007	0,0001	0,0015	<0,1	<0,02	65,65	-0,36	6,4	230	6,4	574	0,17	3,1
24.04.98	11	<0,1	0,00098	0,0004	0,0006	<0,0001	0,0032	<0,1	0,02	64,51	0,78	8,5	260	6,4	562	1,75	2,3
08.05.98	12	<0,1	0,00055	0,0029	0,0004	<0,0001	<0,0001	0,0016	0,03	64,05	1,24	9,0	255	6,2	413	0,70	1,7
18.06.98	13	<0,1	0,00020	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,02	63,75	1,54	10,7	192	6,4	436	0,40	
09.07.98	14	<0,07	0,00036	0,0003	0,0003	0,0011	0,0006	<0,3	<0,03	63,65	1,64	11,2	194	6,3	430	0,33	1,9
19.08.98	15	<0,07	<0,00002	0,0016	<0,0001	<0,0001	<0,0001		<0,03	63,59	1,70	12,7	229	6,4	448	0,27	1,7
09.09.98	16	<0,07	0,00025				0,0013		<0,03	63,59	1,70	12,5	199	6,3	478	0,30	1,4
14.10.98	17	<0,07	0,00035	0,0225	0,0008	0,0043	0,0017		<0,03	63,94	1,35	11,5	216	6,3	619	0,21	1,5
10.11.98	18		0,00024	0,0014	<0,0001	<0,0001	0,0064		<0,03	65,29	0	10,4	366	6,4	616	0,47	2,1
16.12.98	19	<0,07	0,00037	0,0109	<0,06	<0,03	0,0016		<0,03	64,40	0,89	7,3	294	6,3	463	1,82	2,3
12.01.99	20	0,050	0,00055	<0,0001	<0,06	<0,03	0,0004		0,05	64,52	0,77	6,0	262	6,2	468	3,59	2,6
18.02.99	21	<0,07	0,00061	0,0013	<0,06	<0,03	0,0026		<0,03	64,67	0,62	6,0	289	6,3	520	0,78	2,7
24.03.99	22	<0,07	0,00038	0,0014	<0,06	<0,03	0,0002		<0,03	65,20	0,09	6,3	273	6,3	480	0,35	3,3
28.04.99	23	<0,07	0,00051	0,0005	<0,06	<0,03	0,0008		0,03	64,66	0,69	8,2	254	8,2	405	0,23	4,3
-	Mitl.		0,00071	0,0033		0,0237	0,0013		0,14	64,17	1,13	9,3	233	6,4	539	0,68	2,8
-	Stdw.		0,00142	0,0062		0,0807	0,0016		0,37	0,61	0,59	2,2	49	0,4	90	0,82	1,4
-	Med.		0,00037	0,0014	0,0004	0,0010	0,0007		0,02	63,94	1,35	9,1	223	6,3	557	0,35	2,4
-	Min.	0,050	<0,00002	<0,0001		<0,0001	<0,0001		<0,02	63,52	-0,16	6,0	176	6,2	405	0,14	1,4
-	Max.	<0,1	0,00700	0,0225		0,3650	0,0064		1,45	65,65	1,77	12,7	366	8,2	697	3,59	7,5

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 21)

Probe Nr.21	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3																					
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6																					
18.12.97	7																					
08.01.98	8	11,7	4,50	3,55	15,8	0,2	7,0	52,5	0,40	51,0	94	0,32	7,32	0,001	5,72	0,17	0,05	0,31	0,17	<0,005	<0,02	<0,0001
25.02.98	9	2,4	4,86	4,63	19,4	0,2	8,8	65,0	0,50	54,2	139	1,70	9,15	0	15,8	0,2	0,06	0,03		<0,005	0,02	0,0009
27.03.98	10				20,9	1,5	9,3	67,4	0,55	40,6	165	3,50					0,05	0,31	0,31	<0,005	<0,02	0,0006
24.04.98	11	3,3	4,56	4,26	18,4	0,2	7,7	60,6	0,59	38,0	141	1,50	12,8	0,001	18,0	0,26	0,02	0,03	<0,1	0,118	<0,02	<0,0001
08.05.98	12	1,4	4,47	4,34	18,3	1,1	7,6	59,3	0,53	40,2	145	0,87	8,54	0,001	3,96	0,19	0,02	0,03	<0,1	0,009	<0,02	0,0012
18.06.98	13																		<0,1	0,008	0,21	0,0002
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17																		0,23	<0,02	0,08	0,0100
10.11.98	18	6,1	6,43	5,70	26,6	0,3	10,7	85,6	0,68	46,0	197	2,00	14,0	0	36,5	0,29	0,04	0,04	0,12	<0,02	<0,05	0,0074
16.12.98	19	5,5	4,55	4,08	19,4	0,2	7,6	58,7	0,57	31,3	141	7,60	6,71	0	11,4	0,16	0,05	0,05	<0,2	<0,02	<0,05	0,0004
12.01.99	20																		<0,2	<0,02	<0,05	0,0014
18.02.99	21	5,6	3,73	3,33	17,6	0,3	6,3	46,1	0,59	22,9	110	13,10	9,76	0,001	14,1	0,21	0,02	0,01	<0,2	<0,02	<0,05	0,0003
24.03.99	22	5,8	3,98	3,54	18,7	0,3	6,7	49,7	0,60	25,5	114	2,40	22,6	0,001	57,2	0,42	0,01	0,04	<0,2	0,103	<0,05	0,0019
28.04.99	23																					
-	Mittl.	5,2	4,63	4,18	19,5	0,5	8,0	60,5	0,56	38,9	138	3,67	11,4		20,4	0,24	0,04	0,09	0,13	0,025	0,04	0,0024
-	Stdw.	3,2	0,81	0,76	3,0	0,5	1,4	11,7	0,08	10,8	31	4,13	5,19		17,9	0,09	0,02	0,12	0,08	0,040	0,06	0,0034
-	Med.	5,5	4,53	4,17	18,7	0,3	7,6	59,3	0,57	40,2	141	2,00	9,5		15,0	0,21	0,04	0,04	0,10	0,010	0,03	0,0007
-	Min.	1,4	3,73	3,33	15,8	0,2	6,3	46,1	0,40	22,9	94	0,32	6,71		3,96	0,16	0,01	0,01	<0,1	<0,005	<0,02	<0,0001
-	Max.	11,7	6,43	5,70	26,6	1,5	10,7	85,6	0,68	54,2	197	13,10	22,6		57,2	0,42	0,06	0,31	0,31	0,118	0,21	0,0100

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 21)

Probe Nr.21	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,2						0,1		
04.07.97	2										0,2						0,1	924	929
07.08.97	3									16,7	0,2	440					0,1	560	540
26.09.97	4									12,9	0,2	533					0,1	1	4
30.10.97	5									4,7	0,2	433	305				0,1	61	60
27.11.97	6									3,0	0,2	460	449				0,1	27	30
18.12.97	7																		
08.01.98	8	<0,1	0,00723	<0,02	<0,05	0,0273	<0,0001	<0,1	0,33	12,2	0,2	232	235	6,4	372	11,3	0,1		
25.02.98	9	0,135	0,00979	<0,02	0,0007	0,0221	0,0024	<0,1	0,46	16,4	0,2	246	264	6,0	458	7,8	0,1		
27.03.98	10	0,320	0,00248	0,0025	0,0161	0,0331	0,0016	<0,1	0,48	6,2	0,2	488		6,3	470	9,0	0,1	HW	HW
24.04.98	11	0,380	0,00318	0,0016	0,0105	0,0166	0,0027	<0,1	0,51	9,2	0,2	253	413	6,1	344	6,8	0,1	7	16
08.05.98	12	0,145	0,00426	0,0167	0,001	0,0245	0,0036	0,0013	0,48	11,4	0,2	383	401	6,6	338	7,6	0,1	-11	9
18.06.98	13	0,366	0,03360	0,0348	0,0008	0,0311	0,0075		2,24	14,3	0,2	243	206	4,9			0,1	-15	0
09.07.98	14										0,2						0,1	-20	-10
19.08.98	15									16,7	0,2	285	217				0,1		
09.09.98	16									14,8	0,2	263	185				0,1	540	411
14.10.98	17	0,247	0,01850	0,0105	0,0006	0,0003	0,0017		0,67	10,6	0,2	267	189				0,1	36	63
10.11.98	18		0,01240	0,0159	0,0016	0,0262	0,0067		0,66	7,7	0,2	213	169	5,9	620	8,5	0,1	HW	HW
16.12.98	19	0,343	0,00796	0,0148	<0,06	<0,03	<0,0001		0,49	2,6	0,2	337	452	6,1	452	7,4	0,1	33	40
12.01.99	20	0,483	0,01400	0,0148	<0,06	0,0303	<0,0001		0,48	2,6	0,2	524	453	6,3	356	6,9	0,1	50	54
18.02.99	21	0,305	0,00887	0,0120	<0,06	<0,03	0,0023		0,35	1,4	0,2	662	557	6,2	375	3,8	0,1	68	64
24.03.99	22	0,377	0,01120	0,0216	<0,06	<0,03	0,0035		0,41	5,5	0,2	658	553	5,9	402	7,6	0,1	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,286	0,01112	0,0145	0,0045	0,0214	0,0027		0,63	9,4		385	337	6,1	419	7,7		162	158
-	Stdw.	0,129	0,00846	0,0094	0,0063	0,0094	0,0024		0,52	5,3		146	138	0,4	86	1,9		292	276
-	Med.	0,320	0,00933	0,0148	0,0010	0,0233	0,0024		0,48	9,9		360	305	6,1	389	7,6		35	47
-	Min.	<0,1	0,00248	0,0016	0,0006	0,0003	<0,0001		0,33	1,4		213	169	4,9	338	3,8		-20	-10
-	Max.	0,483	0,03360	0,0348	0,0161	0,0331	0,0075		2,24	16,7		662	557	6,6	620	11,3		924	929

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 22)

Probe Nr.22	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3																			0,018	0,61	0,0001
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6																					
18.12.97	7																					
08.01.98	8	6,5	6,70	5,88	25,2	0,4	11,8	82,6	0,92	44,9	212	0,06	9,15	0,001	7,04	0,20	0,01	0,04	<0,1	<0,005	<0,02	<0,0001
25.02.98	9																0,02			<0,005	<0,02	0,0004
27.03.98	10	2,1	5,65	5,42	24,8	2,1	11,0	71,0	0,91	40,9	183	2,70	22,0	0,002	17,2	0,41	0,02	0,17	0,26	<0,005	0,15	0,0019
24.04.98	11	2,0	5,70	5,48	25,0	0,3	10,4	73,3	1,10	38,0	188	0,52	26,8	0,004	14,1	0,49	0,03	0,03	<0,1	0,010	<0,02	<0,0001
08.05.98	12	1,2	5,94	5,80	26,7	0,3	11,0	75,8	1,20	38,0	207	0,45	22,0	0,001	28,2	0,41			<0,1	<0,005	<0,02	0,0005
18.06.98	13																					
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17																		0,14	<0,02	0,07	0,0105
10.11.98	18	6,7	6,80	5,95	29,4	0,4	12,6	87,3	1,30	48,0	201	0,67	19,5	0,001	30,4	0,38	0,03	0,01	<0,07	<0,02	<0,05	0,0105
16.12.98	19	4,5	5,08	4,64	22,1	0,1	9,1	64,2	1,20	37,0	159	1,10	12,8	0,001	14,1	0,26	0,04	0,03	<0,2	<0,02	<0,05	0,0005
12.01.99	20																		<0,2	<0,02	<0,05	0,0005
18.02.99	21	5,6	4,87	4,35	22,6	0,1	9,1	59,7	1,10	32,7	150	4,00	11,0	0	20,7	0,23	0,02	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	<0,0005
24.03.99	22	6,3	4,96	4,38	22,3	0,2	9,9	60,5	1,30	29,5	143	4,00	26,2	0,001	50,2	0,48	0,02	0,23	0,26	<0,02	<0,05	0,0007
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,4	5,71	5,24	24,8	0,5	10,6	71,8	1,13	38,6	180	1,69	18,7	0,001	22,7	0,36	0,02	0,08				0,0022
-	Stdw.	2,3	0,74	0,68	2,5	0,7	1,2	10,1	0,15	6,0	27	1,63	6,87	0,001	13,5	0,11	0,01	0,09				0,0039
-	Med.	5,1	5,68	5,45	24,9	0,3	10,7	72,2	1,15	38,0	185	0,89	20,7	0,001	18,9	0,40	0,02	0,04				0,0005
-	Min.	1,2	4,87	4,35	22,1	0,1	9,1	59,7	0,91	29,5	143	0,06	9,15	0	7,0	0,20	0,01	0,01				<0,0001
-	Max.	6,7	6,80	5,95	29,4	2,1	12,6	87,3	1,30	48,0	212	4,00	26,8	0,004	50,2	0,49	0,04	0,23				0,0105

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 22)

Probe Nr.22	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						0,4		
04.07.97	2										0,4						0,4	433	477
07.08.97	3	<0,1	0,00564	0,0074	<0,05	0,1610	0,0024		0,38	33,1	0,4	399			680	15,7	0,4	234	242
26.09.97	4									12,9	0,4	469					0,4	746	685
30.10.97	5									4,5	0,4	396	255				0,4	546	601
27.11.97	6									2,2	0,4	451	450				0,4	476	426
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,352	0,00140	<0,02	<0,05	0,0319	<0,0001	<0,1	0,62	12,1	0,4	235	235	6,4	568	189,3	0,4	86	86
25.02.98	9	<0,1	0,00644	<0,02	0,0004	0,0158	0,0017	<0,1	0,48	16,4	0,4	251	267	6,5	504		0,4	70	67
27.03.98	10	0,342	0,00890	0,0019	0,0071	0,0179	0,0036	<0,1	0,41	6,8	0,4	503		6,4	509	6,6	0,4	HW	HW
24.04.98	11	0,435	0,00775	0,0003	0,0056	0,0083	0,0026	<0,1	0,58	10,0	0,4	256	179	6,2	423	4,6	0,4	39	36
08.05.98	12	0,361	0,00370	0,0068	0,0001	0,0145	0,0013	0,0032	0,51	11,0	0,4	324	195	6,2	433	4,5	0,4	88	85
18.06.98	13									14,3	0,4	171	196				0,4	310	245
09.07.98	14										0,4						0,4	245	303
19.08.98	15									16,0	0,4	211	217				0,4	235	194
09.09.98	16									14,9	0,4	164	191				0,4	800	684
14.10.98	17	0,465	0,00678	0,0066	0,0007	0,0026	0,0027		0,76	10,9	0,4	168	195				0,4	170	196
10.11.98	18		0,00652	0,0036	<0,0001	0,0097	0,0063		0,65	7,9	0,4	168	168	6,1	638	4,6	0,4	HW	HW
16.12.98	19	0,451	0,00741	0,0053	<0,06	<0,03	<0,0001		0,69	2,9	0,4	400	188	6,3	506	4,5	0,4	33	39
12.01.99	20	0,647	0,01280	0,0086	<0,06	<0,03	<0,0001		0,65	2,9	0,4	346	447	6,6	558		0,4	49	44
18.02.99	21	0,390	0,00735	0,0048	<0,06	<0,03	0,0025		0,49	2,5	0,4	666	503	6,1	482	4,6	0,4	34	31
24.03.99	22	0,412	0,00650	0,0063	<0,06	<0,03	0,0023		0,50	5,5	0,4	664	501	6,1	482	4,1	0,4	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,360	0,00677	0,0052	0,0023	0,0268	0,0021		0,56	10,4		347	279	6,3	526	26,5		270	261
-	Stdw.	0,174	0,00274	0,0026	0,0032	0,0428	0,0018		0,12	7,5		160	126	0,2	80	61,2		249	232
-	Med.	0,390	0,00665	0,0058	0,0006	0,0150	0,0024		0,55	10,5		335	217	6,2	506	4,6		234	196
-	Min.	<0,1	0,00140	0,0003	<0,0001	0,0026	<0,0001		0,38	2,2		164	168	6,1	423	4,1		33	31
-	Max.	0,647	0,01280	0,0086	0,0071	0,1610	0,0063		0,76	33,1		666	503	6,6	680	189,3		800	685

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,8m u. GOK (Probe 23)

Probe Nr.23	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3				21,6	4,3	12,1	57,6	0,62	16,7	163	3,40								0,006	<0,02	0,0002
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6																					
18.12.97	7																					
08.01.98	8	9,9	5,39	4,42	19,6	3,0	11,6	58,1	0,79	15,1	169	1,20	24,4	0,006	7,48	0,45	0,04	0,16	<0,1	<0,005	<0,02	0,0005
25.02.98	9	2,8	5,27	4,99	21,2	2,5	12,8	64,1	0,82	13,1	198	0,59	27,5	0,005	12,3	0,5		0,04		<0,005	<0,02	0,0014
27.03.98	10	1,5	5,30	5,14	21,0	4,0	12,8	63,7	0,75	24,7	181	4,60	33,6	0,005	19,8	0,6	0,03	0,45	0,26	<0,005	<0,02	0,0013
24.04.98	11	3,5	4,60	4,29	19,7	2,7	10,6	55,2	0,91	26,9	132	0,74	43,9	0,018	8,80	0,77	0,02	0,03	<0,1	<0,005	<0,02	0,0016
08.05.98	12	3,3	4,74	4,44	20,3	3,2	11,1	56,6	0,83	27,2	126	0,85	60,4	0,015	18,9	1,04	0,03	0,04	<0,1	<0,005	<0,02	0,0032
18.06.98	13																					
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17	5,3	4,79	4,31	21,3	3,9	11,1	55,1	0,85	25,4	144	1,30	31,7	0,005	15,4	0,57	0,01	0,17	0,17	<0,02	<0,05	0,017
10.11.98	18	6,1	4,62	4,08	20,3	3,9	10,7	52,9	0,96	28,3	121	1,90	41,5	0,014	10,1	0,73	0,04	<0,01	0,30	<0,02	<0,05	0,019
16.12.98	19	1,7	4,46	4,31	18,7	2,3	10,4	52,3	0,96	27,2	109	1,60	73,2	0,006	65,6	1,25	0,08	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	0,0012
12.01.99	20	6,1	4,61	4,08	20,2	2,2	10,6	53,8	0,93	27,3	109	1,30	59,2	0,006	42,7	1,02	0,03	0,04	<0,2	<0,02	<0,05	0,0013
18.02.99	21	5,2	4,64	4,18	20,4	2,1	10,9	53,8	0,98	28,1	118	0,85	52,5	0,006	33,9	0,91	0,02	0,01	<0,2	<0,02	<0,05	0,0013
24.03.99	22	7,7	4,67	4,00	19,6	2,2	10,9	55,1	0,95	27,7	104	1,00	61,0	0,006	48,8	1,05	0,02	0,01	0,44	<0,02	<0,05	0,0013
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,8	4,83	4,38	20,3	3,0	11,3	56,5	0,86	24,0	139	1,61	46,2	0,008	25,8	0,81	0,03	0,09	0,16			0,0041
-	Stdw.	2,6	0,33	0,36	0,8	0,8	0,8	3,9	0,11	5,6	31	1,20	16,1	0,005	19,2	0,26	0,02	0,13	0,13			0,0065
-	Med.	5,2	4,67	4,31	20,3	2,9	11,0	55,2	0,88	27,1	129	1,25	43,9	0,006	18,9	0,77	0,03	0,04	0,10			0,0013
-	Min.	1,5	4,46	4,00	18,7	2,1	10,4	52,3	0,62	13,1	104	0,59	24,4	0,005	7,48	0,45	0,01	<0,01	<0,1			0,0002
-	Max.	9,9	5,39	5,14	21,6	4,3	12,8	64,1	0,98	28,3	198	4,60	73,2	0,018	65,6	1,25	0,08	0,45	0,44			0,0190

Transekt III, Meßstelle 3, Bodenwasser 0,8m u. GOK (Probe 23)

Probe Nr.23	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,8						0,8		
04.07.97	2										0,8			7,8	520	23,5	0,8	185	210
07.08.97	3	<0,1	0,00149	<0,0001	<0,05	0,2600	<0,0001		0,08	30,7	0,8	471			506		0,8	69	86
26.09.97	4										0,8						0,8	409	425
30.10.97	5										0,8						0,8	573	633
27.11.97	6									0,7	0,8	452	450				0,8	570	641
18.12.97	7																		
08.01.98	8	<0,1	0,00174	<0,02	<0,05	0,0081	0,0010	<0,1	0,09	11,1	0,8	236	235	6,8	431	3,7	0,8	58	72
25.02.98	9	<0,1	0,00154	<0,02	0,0005	0,0037	0,0001	<0,1	0,12	16,3	0,8	255	265	6,6	469	17,6	0,8	34	44
27.03.98	10	0,111	0,00278	0,0015	0,0048	0,0078	0,0014	<0,1	0,12	6,6	0,8	563		6,6	468	4,0	0,8	HW	HW
24.04.98	11	0,112	0,00309	0,0002	0,0034	<0,0001	0,0031	<0,1	0,12	8,5	0,8	-187	347	6,6	421	2,9	0,8	-7	1
08.05.98	12	<0,1	0,00101	0,0017	0,0006	0,0004	0,0016	0,0030	0,11	11,7	0,8	274	438	6,8	376	2,8	0,8	33	42
18.06.98	13									13,4	0,8	252	187				0,8	200	180
09.07.98	14										0,8						0,8	249	259
19.08.98	15									16,0	0,8	296	207				0,8	439	376
09.09.98	16									14,5	0,8	281	161				0,8	648	608
14.10.98	17	<0,07	0,00150	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0013		0,10	11,2	0,8	284	164	6,6	461	3,8	0,8	97	128
10.11.98	18		0,00482	0,0079	0,0004	0,0032	0,0014		0,57	8,8	0,8	259	183	6,9	445		0,8	HW	HW
16.12.98	19	0,143	0,00226	0,0048	<0,06	<0,03	<0,0001		0,22	3,8	0,8	339	-9	6,4	425	3,5	0,8	20	14
12.01.99	20	0,154	0,00254	0,0043	<0,06	<0,03	<0,0001		0,15	3,8	0,8	-87	421	6,5	440	2,8	0,8	7	14
18.02.99	21	0,114	0,00200	0,0039	<0,06	<0,03	0,0010		0,35	3,6	0,8	619	143	6,5	449	2,6	0,8	-9	-3
24.03.99	22	0,122	0,00174	0,0083	<0,06	<0,03	0,0013		0,15	5,3	0,8	618	142	6,4	445	3,7	0,8	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mittl.	0,090	0,00221	0,0033	0,0016	0,0286	0,0010		0,18	10,4		308	238	6,7	450	6,4		210	219
-	Stdw.	0,043	0,00102	0,0031	0,0020	0,0731	0,0009		0,14	7,2		220	132	0,4	37	7,1		229	232
-	Med.	0,111	0,00187	0,0028	0,0006	0,0080	0,0012		0,12	10,0		283	197	6,6	445	3,7		97	128
-	Min.	<0,07	0,00101	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001		0,08	0,7		-187	-9	6,4	376	2,6		-9	-3
-	Max.	0,154	0,00482	0,0083	0,0048	0,2600	0,0031		0,57	30,7		619	450	7,8	520	23,5		648	641

Transekt III, Meßstelle 4, Grundwasser (Probe 24)

Probe Nr.24	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1	-1,9	6,69	6,95	20,0	2,7	18,7	83,1		35,2	244	<0,05	52,5	0,004	58,5	0,92	0,02			1,046		0,0006
04.07.97	2	-3,0	6,69	7,10	19,2	2,7	18,6	85,1	0,33	34,7	255	<0,05	47,6	0,002	79,2	0,84	0,19					
07.08.97	3	-0,1	7,07	7,09	19,4	2,7	18,4	87,3	0,40	34,7	257	<0,05	43,3	0,002	77,4	0,77		0,04	<0,1	0,150	5,45	0,0011
26.09.97	4	6,6	7,71	6,75	19,6	2,7	18,3	98,1	0,41	33,9	249	<0,05	34,8	0,001	78,8	0,63		0,05	<0,1	0,868	5,36	0,017
30.10.97	5	3,7	7,88	7,31	19,6	2,7	19,3	99,2	0,40	34,7	267	<0,05	43,3	0,002	86,7	0,77	0,15	0,52	<0,1	0,848	5,39	0,012
27.11.97	6	6,2	7,68	6,79	18,7	2,6	18,4	95,1	0,32	33,4	248	<0,05	38,4	0,001	78,8	0,69		0,03	<0,1	0,352	2,16	0,0044
18.12.97	7																					
08.01.98	8	8,9	9,30	7,77	20,6	2,7	22,0	104,4	0,31	38,9	287	0,34	41,5	0,002	63,4	0,74	0,13	0,16	<0,1	0,843	4,16	0,0055
25.02.98	9	3,6	7,88	7,34	20,5	2,5	21,3	99,1	0,29	35,5	272	0,19	39,7	0,002	76,6	0,71	0,11	0,02		0,766	3,75	0,0056
27.03.98	10	1,0	6,51	6,37	20,2	2,9	17,0	81,0	0,33	33,1	239	4,80	22,6	0,001	43,1	0,42	0,11		<0,1	0,554	1,41	0,0012
24.04.98	11	3,1	5,46	5,14	18,9	2,4	13,7	66,8	0,36	30,9	184	2,70	23,2	0,009	4,8	0,43	0,07	0,01	<0,1	0,532	1,63	0,0044
08.05.98	12	2,8	5,78	5,47	19,4	2,5	15,0	70,7	0,30	31,4	201	0,22	23,2	0,001	65,1	0,43	0,04	0,07	<0,1	0,567	1,49	0,0029
18.06.98	13	3,3	6,01	5,62	19,4	2,7	15,2	74,5	0,32	28,1	209	0,06	27,5	0,003	23,3	0,50	0,06	0,24	<0,1	0,678	1,67	0,0004
09.07.98	14	0,1	6,26	6,27	19,7	2,9	15,2	79,9	0,36	29,5	218	0,39	26,8	0,001	70,4	0,49	0,09	0,11	<0,07	0,341	0,88	0,0036
19.08.98	15	3,4	6,68	6,24	19,8	2,9	16,9	83,5	0,37	33,1	233	0,05	26,2	0,001	47,5	0,48	0,21	0,08	<0,07	0,748	2,51	0,0037
09.09.98	16	1,7	6,44	6,23	19,4	3,0	17,3	80,2	0,37	32,5	229	<0,05	29,9	0,003	29,0	0,54	0,09	0,05	<0,07	0,323	1,42	0,0286
14.10.98	17	4,0	7,53	6,96	20,9	2,9	20,0	94,1	0,34	35,6	261	0,07	30,5	0,001	71,3	0,56	0,06	0,03	0,08	0,786	3,28	0,0713
10.11.98	18	3,9	4,72	4,37	18,0	2,7	11,7	56,3	0,50	29,0	149	2,50	23,2	0,001	44,0	0,43	0,08	0,01	<0,07	0,425	1,18	0,0208
16.12.98	19	5,5	5,08	4,56	19,3	2,3	12,8	60,5	0,51	30,8	149	0,60	33,6	0,001	85,8	0,60	0,10	0,05	<0,2	0,414	1,15	0,0026
12.01.99	20	5,6	5,34	4,77	20,1	2,5	13,2	63,0	0,44	31,6	158	0,08	34,2	0,001	98,1	0,61	0,12	0,05	<0,2	0,505	1,71	0,0033
18.02.99	21	5,8	5,60	4,99	20,7	2,5	14,5	66,2	0,43	31,0	165	0,20	39,7	0,001	89,8	0,70	0,10	0,04	<0,2	0,501	1,76	0,0031
24.03.99	22	5,8	4,74	4,21	18,8	2,4	11,7	56,1	0,45	27,1	131	0,62	41,5	0,002	70,8	0,73	0,05	0,05	<0,2	0,466	1,20	0,0020
28.04.99	23	4,3	4,31	3,95	18,4	2,2	10,7	48,9	0,56	27,2	119	0,14	40,9	0,100	1,3	0,72	0,02	0,03	<0,2	0,517	1,82	0,0047
-	Mittl.	4,6	6,49	5,96	19,6	2,6	16,4	78,8	0,39	32,4	215	0,60	34,7	0,006	61,1	0,62	0,09	0,09		0,582	2,47	0,0095
-	Stdw.	2,6	1,31	1,16	0,8	0,2	3,2	16,0	0,07	3,0	50	1,19	8,7	0,021	26,9	0,15	0,05	0,12		0,224	1,53	0,0159
-	Med.	4,3	6,50	6,22	19,5	2,7	17,0	80,6	0,37	32,8	231	0,11	34,5	0,002	70,6	0,62	0,09	0,05		0,532	1,74	0,0037
-	Min.	-3,0	4,31	3,95	18,0	2,2	10,7	48,9	0,29	27,1	119	0,03	22,6	0,001	1,3	0,42	0,02	0,01		0,150	0,88	0,0004
-	Max.	8,9	9,30	7,77	20,9	3,0	22,0	104,4	0,56	38,9	287	4,80	52,5	0,009	98,1	0,92	0,21	0,52		1,046	5,45	0,0713

Transekt III, Meßstelle 4, Grundwasser (Probe 24)

Probe Nr.24	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m ü. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	Eh-Was-ser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
29.04.97	1		0,00110	<0,02	<0,05	0,0515	0,0119	<0,01	0,41	64,41	0,45	7,8	253	6,3	690		
04.07.97	2									63,72	1,14	10,5	254	6,1	713	1,10	5,4
07.08.97	3	<0,1	0,00156	0,0012	<0,05	0,1260	0,0009		0,93	63,98	0,88	12,4	278	6,0	714	0,22	3,5
26.09.97	4	<0,1	0,00100	<0,02	<0,05	0,0491	<0,0001	<0,1	3,22	63,58	1,28	12,3	239	5,9	673	0,28	6,5
30.10.97	5	0,175	0,00018	<0,02	<0,05	0,0490	0,0024	<0,1	3,33	63,60	1,26	10,7	210	6,0	643	0,36	3,4
27.11.97	6	<0,1	0,00031	<0,02	<0,05	0,0125	<0,0001	<0,1	0,16	63,52	1,34	9,3	247	6,1	618	0,40	2,4
18.12.97	7									63,60	1,26						
08.01.98	8	<0,1	0,05250	<0,02	<0,05	0,0419	0,0026	<0,1	0,33	63,84	1,02	8,4	254	6,1	685	0,59	4,1
25.02.98	9	<0,1	0,00109	<0,02	0,0009	0,0241	0,0013	<0,1	0,31	63,86	1,00	7,2	258	6,0	662	0,35	1,8
27.03.98	10	<0,1	0,00764	0,0013	0,0048	0,0325	0,0024	<0,1	0,43	65,62	-0,76	6,0	376	6,0	576	0,41	
24.04.98	11	<0,1	0,00722	0,0017	0,0175	0,0126	0,0052	<0,1	0,41	64,52	0,34	8,5	300	7,0	562	0,98	3,3
08.05.98	12	<0,1	0,00305	0,0073	0,0004	0,0186	0,0034	0,0017	0,34	64,06	0,80	8,9	302	5,9	391	0,68	2,9
18.06.98	13	<0,1	0,00216	0,0087	0,0013	0,0247	0,0005		0,44	63,85	1,01	11,3	262	6,3	431	0,37	
09.07.98	14	<0,07	0,00331	0,0023	0,0006	0,0159	0,0034	<0,3	0,25	63,66	1,20	11,7	271	5,9	448	0,42	2,6
19.08.98	15	<0,07	0,00659	0,0060	0,0004	0,0338	<0,0001		0,60	63,59	1,27	12,7	284	6,0	484	0,18	2,2
09.09.98	16	<0,07	0,00071				0,0002		0,20	63,53	1,33	12,8	251	6,3	500	0,27	1,9
14.10.98	17	<0,07	0,00190	0,0019	0,0009	0,0098	0,0025		0,42	63,94	0,92	11,8	267	5,9	698	0,27	1,3
10.11.98	18		0,00317	<0,0001	0,0012	0,0196	0,0024		0,37	65,24	-0,38	9,7	407	6,0	475	0,60	3,8
16.12.98	19	0,120	0,00503	0,0158	<0,06	0,0322	0,0025		0,52	64,43	0,43	7,6	357	5,9	492	1,20	3,8
12.01.99	20	0,403	0,00535	0,0110	<0,06	0,0356	0,0029		0,40	64,48	0,38	6,5	293	5,9	520	0,70	3,7
18.02.99	21	0,148	0,00358	0,0055	<0,06	0,0345	0,0031		0,37	64,62	0,24	5,9	353	6,0	533	0,41	4,1
24.03.99	22	<0,07	0,00343	0,0070	<0,06	0,0322	0,0014		0,35	65,16	-0,30	6,2	195	6,1	466	0,29	2,4
28.04.99	23	0,081	0,00355	0,0036	<0,06	0,0313	0,0046		0,30	64,60	0,26	7,8	317	7,8	434	0,20	5,6
-	Mitl.		0,00545	0,0052	0,0031	0,0344	0,0026		0,67	64,15	0,71	9,4	283	6,1	564	0,49	3,4
-	Stdw.		0,01101	0,0045	0,0056	0,0249	0,0026		0,88	0,60	0,61	2,3	52	0,4	106	0,29	1,4
-	Med.		0,00317	0,0045	0,0009	0,0322	0,0024		0,40	63,94	0,92	9,1	269	6,0	548	0,40	3,4
-	Min.	<0,07	0,00018	<0,0001	0,0004	0,0098	<0,0001		0,16	63,52	-0,80	5,9	195	5,9	391	0,18	1,3
-	Max.	0,403	0,05250	0,0158	0,0175	0,1260	0,0119		3,33	65,62	1,34	12,8	407	7,8	714	1,20	6,5

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 25)

Probe Nr.25	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2																					
07.08.97	3																			0,301	0,04	0,0001
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6	4,1	13,57	12,49	42,7	0,4	23,9	182,5	1,70	62,9	507	<0,05	2,44	0	12,3	0,09		<0,01	<0,1	0,032	<0,02	0,0004
18.12.97	7																					
08.01.98	8	4,6	12,51	11,41	38,0	0,2	21,6	165,5	2,00	61,3	457	<0,05	1,83	0	4,84	0,09	0,01	0,03	<0,1	0,007	<0,02	<0,0001
25.02.98	9	2,2	11,28	10,79	36,6	0,3	20,8	155,6	2,20	49,9	440	<0,05	4,88	0	28,6	0,14		0,06		0,012	0,04	0,0018
27.03.98	10	3,7	6,88	6,39	24,5	1,4	12,2	92,2	1,10	34,0	248	2,00	10,37	0	34,3	0,22	0,02	0,11	0,21	0,088	<0,02	0,0009
24.04.98	11	2,5	6,24	5,94	22,6	0,5	11,5	82,3	0,98	29,5	234	0,59	10,37	0	18,0	0,22	0,02	0,03	<0,1	1,073	0,09	0,0019
08.05.98	12	1,9	6,65	6,40	25,3	0,6	11,7	88,4	1,30	28,1	261	<0,05	4,27	0	10,6	0,12			<0,1	0,064	<0,02	0,0005
18.06.98	13																		<0,1	0,031	0,03	<0,0001
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17				26,6	0,2	9,1	65,8	0,93	45,2	176	<0,05							<0,07	<0,02	<0,05	0,0076
10.11.98	18	3,7	3,59	3,34	18,3	6,5	8,6	38,1	0,35	23,0	82	15,3	43,3	0,010	14,5	0,76	0,01	0,08	0,26	0,045	0,23	0,0523
16.12.98	19																					
12.01.99	20	7,7	2,98	2,56	17,3	0,8	4,5	33,2	0,57	24,1	84	0,65	4,88	0	5,72	0,13	0,14	0,03	<0,2	0,117	<0,05	0,0008
18.02.99	21	5,0	2,90	2,62	17,4	0,2	4,5	32,5	0,82	22,9	90	1,20	2,44	0	4,84	0,09	0,03	0,03	<0,2	0,037	<0,05	0,0006
24.03.99	22	6,7	3,48	3,04	19,2	0,2	5,9	40,0	0,90	29,6	96	0,27	9,76	0	29,0	0,21	0,02	0,03	<0,2	0,534	0,33	0,0022
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,2	7,01	6,50	26,2	1,0	12,2	88,7	1,17	37,3	243	1,8	9,56		16,3	0,21	0,04	0,04		0,181	0,07	0,0053
-	Stdw.	1,9	4,08	3,82	9,0	1,9	6,9	55,6	0,58	15,0	160	4,5	12,35		10,9	0,20	0,05	0,03		0,307	0,10	0,0143
-	Med.	3,9	6,44	6,16	24,5	0,4	11,5	82,3	0,98	29,6	234	0,27	4,9		13,4	0,14	0,02	0,03		0,045	0,03	0,0008
-	Min.	1,9	2,90	2,56	17,3	0,2	4,5	32,5	0,35	22,9	82	<0,05	1,83		4,8	0,09	0,01	<0,01		0,007	<0,02	<0,0001
-	Max.	7,7	13,57	12,49	42,7	6,5	23,9	182,5	2,20	62,9	507	15,3	43,31		34,3	0,76	0,14	0,11		1,073	0,33	0,0523

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,2 m u. GOK (Probe 25)

Probe Nr.25	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,2						0,1		
04.07.97	2										0,2						0,1	863	904
07.08.97	3	0,399	0,06780	0,0027	<0,05	0,1720	<0,0001		4,76		0,2			5,9	940	12,9	0,1	554	540
26.09.97	4									12,0	0,2	464	-245				0,1	520	496
30.10.97	5										0,2	380	423				0,1	388	337
27.11.97	6	0,999	0,06500	<0,02	<0,05	0,1410	<0,0001	<0,1	4,53	3,2	0,2	233	239	5,7	469		0,1	89	92
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,953	0,02280	<0,02	<0,05	0,0964	<0,0001	<0,1	3,72	10,0	0,2	-21	237	5,9	964	6,7	0,1		
25.02.98	9	0,883	0,06210	<0,02	0,0004	0,0615	0,0458	<0,1	3,18	16,0	0,2	250	228	5,5	919	7,0	0,1		
27.03.98	10	0,730	0,03080	0,0013	0,0161	0,0670	0,0011	<0,1	1,87	6,5	0,2	369		5,8	591	5,9	0,1	HW	HW
24.04.98	11	0,588	0,01960	0,0012	0,0106	0,0356	0,0038	<0,1	1,87	8,9	0,2	173	20	6,1	506	5,2	0,1	-9	26
08.05.98	12	0,646	0,02140	0,0118	0,0006	0,0455	0,0005	0,0004	1,75	11,0	0,2	149	340	5,9	532	4,9	0,1	90	77
18.06.98	13	0,809	0,01830	0,0471	0,0020	0,0500	0,0197		2,29	13,5	0,2	147	437	5,8	540		0,1	122	133
09.07.98	14										0,2						0,1	136	218
19.08.98	15									14,5	0,2	196	266				0,1	285	257
09.09.98	16									14,4	0,2	182	255				0,1	51	80
14.10.98	17	0,599	0,02220	0,0004	0,0006	<0,0001	0,0017		1,55	10,9	0,2	186	259	6,2		5,9	0,1	25	19
10.11.98	18		0,00316	0,0034	0,0048	0,0057	0,0017		0,21	7,7	0,2			6,8	363	4,9	0,1	HW	HW
16.12.98	19									2,9	0,2	62	135				0,1	120	
12.01.99	20	0,750	0,00878	0,0164	<0,06	<0,03	0,0023		0,75	2,9	0,2	92	72	6,3	305	5,6	0,1	27	
18.02.99	21	0,510	0,01190	0,0110	<0,06	<0,03	0,0030		0,74	2,0	0,2	116	298	6,1	308	2,5	0,1	-8	
24.03.99	22	0,685	0,01250	0,0170	<0,06	0,0415	0,0022		0,99	6,1	0,2	112	294	5,9	359	2,9	0,1	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mittl.	0,713	0,02818	0,0112	0,0050	0,0574	0,0063		2,17	8,9		193	217	6,0	566	5,9		217	265
-	Stdw.	0,179	0,02213	0,0141	0,0061	0,0518	0,0129		1,47	4,6		125	170	0,3	244	2,7		256	266
-	Med.	0,708	0,02140	0,0072	0,0020	0,0455	0,0017		1,87	9,5		177	255	5,9	519	5,6		120	176
-	Min.	0,399	0,00316	0,0004	0,0004	<0,0001	<0,0001		0,21	2,0		-21	-245	5,5	305	2,5		-9	19
-	Max.	0,999	0,06780	0,0471	0,0161	0,1720	0,0458		4,76	16,0		464	437	6,8	964	12,9		863	904

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 26)

Probe Nr.26	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	8,4	8,34	7,04	22,0	1,2	15,1	96,7	1,20	34,6	241	48,80	12,8	0,002	7,04	0,27	0,08			0,016	<0,02	<0,0001
07.08.97	3	1,7	7,85	7,58	22,9	0,3	14,5	108,6	1,10	17,6	324	0,14	16,5	0	50,6	0,33		0,03	<0,1	0,014	<0,02	<0,0001
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6	3,3	8,69	8,13	25,5	0,4	16,6	116,2	1,50	20,3	355	<0,05	4,27	0	12,8	0,12		0,03	<0,1	<0,005	<0,02	0,0003
18.12.97	7																					
08.01.98	8	5,1	8,21	7,42	21,9	0,2	14,9	103,1	1,60	25,4	312	0,99	6,10	0	11,0	0,16		0,04	<0,1	<0,005	<0,02	<0,0001
25.02.98	9	2,1	6,57	6,30	19,7	0,2	12,7	90,4	1,80	24,7	259	1,40	4,88	0	11,0	0,13		0,02		<0,005	<0,02	0,0002
27.03.98	10	2,1	4,42	4,24	14,1	0,7	8,0	59,1	1,70	22,6	161	3,00	7,32	0	24,2	0,17	0,03	0,07	<0,1	<0,005	<0,02	0,0007
24.04.98	11	0,7	5,49	5,42	17,7	0,3	10,3	74,0	1,70	27,4	208	0,65	12,8	0	26,8	0,26	0,02	0,05	<0,1	0,100	<0,02	0,0008
08.05.98	12	2,6	5,67	5,39	18,9	0,2	10,4	76,9	1,30	27,3	209	0,55	11,6	0	36,1	0,24	0,03	0,04	<0,1	0,008	<0,02	0,0014
18.06.98	13	2,6	5,90	5,61	21,5	0,1	11,1	78,2	1,10	23,5	231	<0,05	3,66	0	5,28	0,11			<0,1	<0,005	<0,02	<0,0001
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16				25,4	0,4	13,7	98,2	1,10	35,0	274	<0,05					<0,01	<0,01	<0,07	<0,02	<0,05	0,0078
14.10.98	17	4,4	6,73	6,15	21,4	0,2	12,2	91,2	1,30	36,9	239	0,49	3,05	0	5,28	0,11	0,01	0,09	<0,07	<0,02	<0,05	0,0097
10.11.98	18	3,9	5,03	4,66	15,4	0,2	9,6	67,9	1,80	29,0	172	2,40	7,32	0	28,2	0,17	0,04	0,03	-0,02	<0,02	<0,05	0,0076
16.12.98	19	6,2	4,78	4,22	14,3	0,2	9,2	63,8	1,30	21,2	158	1,90	14,6	0,001	32,1	0,29	0,06	0,04	<0,2	0,024	<0,05	0,0009
12.01.99	20	7,3	4,79	4,13	15,9	0,2	9,2	62,1	0,90	20,2	153	0,19	20,1	0,001	35,6	0,38	0,03	0,04	<0,2	0,101	<0,05	0,0010
18.02.99	21	5,3	3,76	3,38	12,3	0,1	7,4	49,5	0,87	12,4	133	0,28	12,8	0,001	24,2	0,26	0,03	0,03	<0,2	<0,02	<0,05	0,0006
24.03.99	22	4,6	3,86	3,52	19,5	6,2	9,4	41,0	0,37	31,7	79	9,30	48,8	0,016	11,4	0,85	0,01	0,09	0,34	0,081	0,24	0,0120
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,0	6,01	5,55	19,3	0,7	11,5	79,8	1,29	25,6	219	4,39	12,4	0,001	21,4	0,26	0,03	0,04				0,0027
-	Stdw.	2,2	1,65	1,53	4,0	1,5	2,8	21,9	0,39	6,7	75	12,06	11,3	0,004	13,6	0,18	0,02	0,03				0,0041
-	Med.	3,9	5,67	5,42	19,6	0,2	10,8	77,6	1,30	25,1	220	0,60	11,6	0	24,2	0,24	0,03	0,04				0,0007
-	Min.	0,7	3,76	3,38	12,3	0,1	7,4	41,0	0,37	12,4	79	<0,05	3,05	0	5,3	0,11	<0,01	<0,01				<0,0001
-	Max.	8,4	8,69	8,13	25,5	6,2	16,6	116,2	1,80	36,9	355	48,80	48,8	0,016	50,6	0,85	0,08	0,09				0,0120

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,4 m u. GOK (Probe 26)

Probe Nr.26	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,4						0,4		
04.07.97	2	0,625	0,01250	<0,02	<0,05		0,0003	<0,1	3,43	12,9	0,4	368		6,5	749	8,1	0,4	158	156
07.08.97	3	0,637	0,03550	0,0053	<0,05	0,3030	<0,0001		4,15	14,5	0,4	254		5,8	723	7,7	0,4	101	101
26.09.97	4									11,7	0,4	561	-251				0,4	650	799
30.10.97	5									7,0	0,4	486	-15				0,4	305	426
27.11.97	6	0,563	0,02460	<0,02	<0,05	0,0664	<0,0001	<0,1	2,73	2,6	0,4	229	244	5,9	234	4,0	0,4	201	275
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,567	0,01310	<0,02	<0,05	0,0532	<0,0001	<0,1	2,25	8,9	0,4	220	249	6,0	646	8,1	0,4	32	38
25.02.98	9	0,522	0,02300	<0,02	0,0001	0,0362	0,0030	<0,1	1,87	11,6	0,4	249	141	5,9	573	2,9	0,4	54	46
27.03.98	10	0,751	0,02410	0,0010	0,0079	0,0738	0,0025	<0,1	1,92	6,7	0,4	615		5,8	401	3,5	0,4	HW	HW
24.04.98	11	0,707	0,01940	0,0012	0,0059	0,0247	0,0042	<0,1	2,02	8,9	0,4	-198	37	6,0	368	3,5	0,4	8	1
08.05.98	12	0,622	0,02810	0,0090	<0,0001	0,0292	0,0012	0,0019	1,79	10,4	0,4	185	332	5,8	457	3,0	0,4	47	38
18.06.98	13	0,532	0,01130	0,0065	<0,0001	0,0348	<0,0001		1,79	13,0	0,4	164	518	6,1	426		0,4	122	135
09.07.98	14										0,4						0,4	192	185
19.08.98	15									14,3	0,4	207	267			6,0	0,4	537	428
09.09.98	16	0,308	0,02030				0,0020		1,77	14,3	0,4	199	225		500	4,4	0,4	295	268
14.10.98	17	0,677	0,02570	0,0037	<0,0001	0,0033	0,0021		2,20	11,2	0,4	202	228	6,1	638	3,1	0,4	36	34
10.11.98	18		0,02500	0,0008	<0,0001	0,0536	0,0012		2,60	8,2	0,4	177		5,7	498	3,1	0,4	HW	HW
16.12.98	19	0,717	0,01610	0,0208	<0,06	0,0560	0,0210		1,87	3,2	0,4	-146	115	6,0	457	2,8	0,4	10	21
12.01.99	20	1,175	0,01060	0,0054	<0,06	0,0311	0,0005		1,18	3,2	0,4	-202	101	6,1	458	2,5	0,4	6	10
18.02.99	21	0,271	0,00964	0,0041	<0,06	<0,03	0,0014		0,76	2,5	0,4	182	211	6,1	369	2,2	0,4	-4	-7
24.03.99	22	0,104	0,00222	0,0135	<0,06	<0,03	0,0055		0,15	6,1	0,4	179	208	7,0	311	5,5	0,4	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mitl.	0,585	0,01882	0,0065	0,0020	0,0568	0,0028		2,03	9,0		207	174	6,0	488	4,4		162	174
-	Stdw.	0,244	0,00854	0,0061	0,0034	0,0738	0,0051		0,95	4,1		219	172	0,3	145	2,0		191	214
-	Med.	0,622	0,01985	0,0053	0,0001	0,0355	0,0013		1,90	8,9		202	211	6,0	458	3,5		101	101
-	Min.	0,104	0,00222	0,0008	<0,0001	0,0033	<0,0001		0,15	2,5		-202	-251	5,7	234	2,2		-4	-7
-	Max.	1,175	0,03550	0,0208	0,0079	0,3030	0,0210		4,15	14,5		615	518	7,0	749	8,1		650	799

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 27)

Probe Nr.27	Probe-nahme	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
PN - Datum	Nr.	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
29.04.97	1																					
04.07.97	2	8,3	6,18	5,23	19,2	2,1	11,1	66,9	0,50	26,5	186	8,30	28,1	0,011	5,72	0,51	0,09			0,013	<0,02	0,0001
07.08.97	3	-0,8	5,34	5,43	20,0	1,7	11,3	67,9	0,62	25,3	196	6,40	30,5	0,001	101,6	0,55		0,04	0,27	0,023	<0,02	0,0009
26.09.97	4																					
30.10.97	5																					
27.11.97	6																					
18.12.97	7																					
08.01.98	8	8,1	6,79	5,77	20,7	0,5	13,4	82,1	0,54	14,5	249	0,11	7,93	0,001	6,16	0,18		0,10	<0,1	<0,005	<0,02	0,0013
25.02.98	9	1,4	6,38	6,21	21,0	0,9	14,1	84,2	0,56	20,4	263	0,64	7,32	0	9,68	0,17		0,01		<0,005	<0,02	0,0017
27.03.98	10	2,0	4,67	4,49	18,4	4,5	9,9	57,2	0,60	26,7	158	7,00	17,7	0,001	43,6	0,34	0,01	0,16	0,13	0,011	<0,02	0,0041
24.04.98	11	2,3	5,27	5,03	19,4	2,4	11,2	65,6	0,66	28,0	173	0,29	37,2	0,003	33,4	0,66	0,03	0,05	<0,1	1,538	0,43	0,0346
08.05.98	12	4,6	5,47	4,98	19,7	2,1	11,2	67,4	0,65	29,8	166	<0,05	38,4	0,004	28,2	0,68	0,02	0,03	<0,1	1,785	2,71	0,0541
18.06.98	13	3,6	4,65	4,33	16,7	0,8	9,3	61,8	0,45	21,0	168	3,90	9,15	0,001	4,84	0,20	0,01	0,07	0,10	0,007	0,04	0,0003
09.07.98	14																					
19.08.98	15																					
09.09.98	16																					
14.10.98	17	2,8	5,19	4,91	20,8	2,0	10,9	63,6	0,63	28,5	184	0,89	14,0	0,001	27,3	0,28	<0,01	0,04	<0,07	<0,02	<0,05	0,0537
10.11.98	18	5,6	4,28	3,83	19,2	3,1	9,5	50,8	0,74	25,3	128	0,98	24,4	0,001	51,0	0,45	0,03	0,01	0,22	0,218	0,20	0,1520
16.12.98	19	6,2	4,87	4,30	18,3	1,7	10,1	56,0	0,74	25,7	137	0,30	42,1	0,002	61,2	0,74	0,03	0,01	<0,2	1,355	6,15	0,0498
12.01.99	20	6,7	5,00	4,37	19,1	1,7	10,2	56,6	0,69	27,0	128	0,09	54,9	0,002	112,6	0,95	0,05	0,01	<0,2	1,374	7,50	0,0749
18.02.99	21	5,7	4,93	4,39	19,7	1,6	10,2	55,2	0,73	28,0	123	0,21	61,6	0,004	72,6	1,06	0,11	0,03	<0,2	1,106	7,63	0,0209
24.03.99	22	3,5	3,79	3,53	19,9	6,4	8,7	40,1	0,31	32,7	78	9,10	50,0	0,007	26,0	0,87	0,01	0,15	0,49	0,113	0,43	0,0064
28.04.99	23																					
-	Mittl.	4,3	5,20	4,77	19,4	2,3	10,8	62,5	0,60	25,7	167	2,73	30,2	0,003	41,7	0,55	0,04	0,05		0,540	1,80	0,0325
-	Stdw.	2,6	0,81	0,74	1,1	1,6	1,5	11,6	0,12	4,5	49	3,45	17,9	0,003	34,8	0,29	0,04	0,05		0,706	2,97	0,0429
-	Med.	4,1	5,10	4,70	19,6	1,9	10,6	62,7	0,63	26,6	167	0,77	29,3	0,002	30,8	0,53	0,03	0,04		0,068	0,12	0,0137
-	Min.	-0,8	3,79	3,53	16,7	0,5	8,7	40,1	0,31	14,5	78	<0,05	7,32	0	4,84	0,17	<0,01	0,01		<0,005	<0,02	0,0001
-	Max.	8,3	6,79	6,21	21,0	6,4	14,1	84,2	0,74	32,7	263	9,10	61,6	0,011	112,6	1,06	0,11	0,16		1,785	7,63	0,1520

Transekt III, Meßstelle 4, Bodenwasser 0,8 m u. GOK (Probe 27)

Probe Nr.27	Probe-nahme	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	Tem-pe-ratur	Boden EH (Tiefe)	Boden EH 1	Boden EH 2	pH	Leit-fähig-keit	DOC	Tensio-meter (Tiefe)	T1	T2
PN - Datum	Nr.	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	° C	m	mV	mV	pH	µS/cm	mg/l	m	hPa	hPa
29.04.97	1										0,8						0,8		
04.07.97	2	0,184	0,02760	<0,02	<0,05		0,0006	<0,1	1,05	11,4	0,8	53		7,0	555	12,5	0,8	40	40
07.08.97	3	0,372	0,02400	0,0200	<0,05	0,3260	0,0102		0,96	13,1	0,8	281		5,7	555	8,2	0,8	13	14
26.09.97	4										0,8						0,8	273	299
30.10.97	5									9,0	0,8	600	283				0,8	265	309
27.11.97	6									1,0	0,8	184	247				0,8	210	240
18.12.97	7																		
08.01.98	8	0,191	<0,00002	<0,02	<0,05	0,0687	<0,0001	<0,1	0,91	8,5	0,8	240	256	6,4	536	13,4	0,8	40	29
25.02.98	9	0,199	0,01740	<0,02	0,0008	0,0331	0,0023	<0,1	1,00	15,7	0,8	238	211	6,1	562	4,1	0,8	30	28
27.03.98	10	0,287	0,01400	0,0021	0,0161	0,0390	0,0013	<0,1	0,82	6,7	0,8	551		5,9	432	4,8	0,8	HW	HW
24.04.98	11	0,286	0,01030	0,0026	0,0164	0,0186	0,0060	<0,1	0,99	8,2	0,8	113	34	6,4	358	6,2	0,8	47	-36
08.05.98	12	0,207	0,00530	0,0144	0,0026	0,0371	0,0036	0,0027	0,74	9,7	0,8	16	113	6,4	432	6,5	0,8	92	1
18.06.98	13	0,189	0,00085	0,0606	0,0010	0,0354	<0,0001		0,97	11,8	0,8	149	524	6,5	378		0,8	95	40
09.07.98	14										0,8						0,8	169	106
19.08.98	15									13,9	0,8	205	314				0,8	310	284
09.09.98	16									13,4	0,8	199	203				0,8	310	436
14.10.98	17	0,376	0,01310	0,0035	0,0012	0,0036	0,0015		1,00	11,5	0,8	201	205	6,0	516	4,2	0,8	22	64
10.11.98	18		0,00761	0,0027	0,0010	0,0129	0,0020		0,69	8,6	0,8			6,0	426	4,3	0,8	HW	HW
16.12.98	19	0,271	0,00413	<0,0001	<0,06	0,0374	0,1070		0,56	5,3	0,8	161	153	6,2	456	3,7	0,8	6	42
12.01.99	20	0,304	0,00120	0,0042	<0,06	0,0365	0,0004		0,30	5,3	0,8	-146	164	6,0	468	4,3	0,8	-26	
18.02.99	21	0,169	0,00098	0,0033	<0,06	0,0353	0,0030		0,16	4,4	0,8	-70	171	6,3	470	4,3	0,8	-39	
24.03.99	22	0,087	0,00236	0,0070	<0,06	<0,03	0,0046		0,21	6,2	0,8	-72	169	6,6	393	5,5	0,8	HW	HW
28.04.99	23																		
-	Mittl.	0,240	0,00920	0,0110	0,0056	0,0537	0,0102		0,74	9,1		171	218	6,2	467	6,3		109	126
-	Stdw.	0,084	0,00895	0,0175	0,0073	0,0834	0,0280		0,31	3,8		196	113	0,3	69	3,2		121	146
-	Med.	0,207	0,00646	0,0035	0,0012	0,0354	0,0022		0,87	8,8		184	204	6,2	462	4,8		47	42
-	Min.	0,087	<0,00002	<0,0001	0,0008	0,0036	<0,0001		0,16	1,0		-146	34	5,7	358	3,7		-39	-36
-	Max.	0,376	0,02760	0,0606	0,0164	0,3260	0,1070		1,05	15,7		600	524	7,0	562	13,4		310	436

V.2.4.5 Analysen von Oberflächenwasser und Niederschlag (Schnee) – T I, II u. III

Wasserchemie der überfluteten Senkenbereiche nach dem Hochwasser vom 24.03.98

Probe	Ionen-bilanz (K/A)	Summe Kat-ionen	Summe An-ionen	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO_4	NO_3	HCO_3	CO_3	CO_2	pKs	GW (m u. GOK)	NH_4	PO_4	P	Mn	Fe	As
	(%)	meq/l	meq/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
T I/3 OW	2,0	3,56	3,42	15,5	6,3	8,8	39,4	0,21	24,4	80	20,3	43,9	0,029	5,28	0,77	75,33	0,04	0,03	-0,1	-0,005	0,14	0,0053
TII/OW	5,4	4,66	4,18	19,3	9,2	9,6	55,2	0,22	32,4	106	19,9	43,9	0,015	10,56	0,77	69,49	0,00	0,05	-0,1	0,119	0,29	0,0023
T III/2 OW	4,7	3,85	3,51	17,5	7,3	10,0	41,0	0,19	27,4	86	21,9	35,38	0,015	6,60	0,63	66,16	0,01	0,05	-0,1	-0,005	0,22	0,0032
15.12.98																						
TI/Schnee	-	-	-	0,6	0,4	0,07	1,7	<0,02	1,5	3,4	3,4	-	-	-	-	-	1,67	0,16	<0,2	<0,02	0,06	0,0007
TIII/Schnee	-	-	-	1,1	0,8	0,05	1,2	0,26	2,6	2,9	3,6	-	-	-	-	-	1,62	0,05	<0,2	<0,02	<0,05	0,0005

Probe	Al	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Sn	Zn	GW (m ü. NN)	GW (m u. GOK)	Tem-pe-ratur	EH-Was-ser	pH	Leit-fähig-keit	O_2	DOC
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m	m	° C	mV	pH	µS/cm	mg/l	mg/l
T I/3 OW	0,142	0,00070	0,0018	0,0057	0,0076	0,0034	-0,1	0,031	-0,49	75,33	10,2	521	7,2	355	9,0	5,9
TII/OW	0,174	0,00042	0,0042	0,0037	0,0025	0,0031	-0,1	0,045	-0,89	69,49	10,1	350	6,9	413	7,9	10,9
T III/2 OW	0,159	0,00041	0,0014	0,0038	0,0021	0,0018	-0,1	0,029	-0,46	66,16	7,05	306	7,1	365	8,0	12,1
15.12.98																
TI/Schnee		0,0001	0,0036	-	-	-	-	<0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
TIII/Schnee		0,0002	0,0079	-	-	-	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-

OW : Oberflächenwasser
Niederschlagswasser als Schnee am 15.12.98 im Auegebiet des Transekts I (TI/Schnee) und des Transekts III (TIII/Schnee)

V.2.4.6 Vergleich ungefilterter mit gefilterten Wasserproben („b“ gefiltert: <0,45 µm)

PN	Probe	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	Br	SO_4	NO_3	PO_4	Pges	NH_4	DOC	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Nr.	Nr.	---------- mg/l ----------																					
13	7	22,3	2,1	10,2	79,8	5,30	24,9	0,09	96	0,19	0,40	0,15	2,25	n.b.	11,71	33,65	0,0522	0,00055	0,0005	0,0019	0,0138	0,0027	0,05
13	7b	22,5	2,1	10,2	79,9	5,40	25,8	0,11	97	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
13	11	18,7	7,8	10,2	43,0	0,36	27,6	<0,05	62	n.b.	0,40	0,23	0,01	n.b.	0,20	0,52	0,0035	0,00019	0,0014	<0,0001	0,0033	0,0071	<0,02
13	11b	19,1	7,7	10,3	43,2	0,38	28,2	<0,05	60	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
15	1	33,0	7,0	11,6	46,3	0,28	37,0	<0,05	101	13,6	0,11	0,14	0,01	3,82	0,04	0,09	0,0080	<0,00002	<0,0001	0,0058	0,0042	<0,0001	<0,03
15	1b	32,3	6,8	11,5	45,8	0,26	36,3	<0,05	101	13,5	0,07	0,08	0,01	n.b.	<0,02	0,03	0,0052	0,00009	<0,0001	0,0052	0,0004	0,0015	<0,03
15	7	17,5	1,5	6,3	64,0	4,60	21,5	<0,05	74	<0,05	0,01	<0,07	2,42	14,75	9,14	41,4	2,5400	<0,00002	<0,0001	0,0058	0,0107	<0,0001	0,05
15	7b	20,0	2,1	7,2	68,8	4,60	25,4	0,08	81	<0,05	0,05	<0,07	2,60	15,33	9,26	36,6	2,0700	<0,00002	<0,0001	0,0015	0,0072	<0,0001	0,05
15	3	23,4	1,4	9,3	91,7	5,40	27,1	0,12	137	<0,05	0,01	<0,07	1,03	6,56	26,93	0,95	0,0317	0,00840	<0,0001	0,0011	0,0289	<0,0001	0,21
15	3b	15,6	1,1	8,8	76,4	5,20	17,2	0,06	120	<0,05	0,01	1,37	1,09	n.b.	27,32	0,94	0,0299	0,00670	<0,0001	0,0019	0,0287	0,0023	0,26
15	11	20,5	9,5	12,0	44,3	0,43	33,2	0,06	49	0,21	0,55	0,39	0,24	11,96	0,27	0,34	0,0512	<0,00002	<0,0001	0,0069	0,0025	0,0066	<0,03
15	11b	20,1	9,1	11,6	47,7	0,44	32,5	<0,05	47	0,21	0,48	<0,07	0,14	15,63	0,18	0,08	0,0476	<0,00002	<0,0001	0,0026	0,0016	0,0042	<0,03
15	17	20,3	2,4	8,6	70,7	0,52	24,1	<0,05	166	<0,05	0,04	<0,07	0,04	1,47	0,16	1,60	0,0932	<0,00002	<0,0001	0,0002	0,0141	<0,0001	0,28
15	17b	18,2	2,3	8,0	68,7	0,48	21,5	0,06	160	0,18	0,05	0,33	0,10	n.b.	0,17	1,15	0,0563	0,00016	<0,0001	0,0004	0,0140	<0,0001	0,29
15	24	19,8	2,9	16,9	83,5	0,37	33,1	0,06	233	<0,05	0,08	<0,07	0,21	2,24	0,75	2,51	0,0037	0,00659	0,0004	0,0060	0,0338	<0,0001	0,60
15	24b	19,2	3,0	16,3	84,0	0,37	32,0	0,11	230	<0,05	0,04	<0,07	0,21	2,45	0,75	2,47	0,0037	0,00463	<0,0001	0,0040	0,0165	<0,0001	0,62
16	1	34,6	7,1	12,1	51,0	0,30	38,5	0,28	105	15,2	0,24	0,11	0,03	3,96	0,05	0,12	0,0500	0,00041	n.b.	n.b.	n.b.	0,0025	<0,03
16	1b	34,3	7,0	12,0	51,3	0,30	38,0	0,17	104	15,1	0,19	0,08	0,22	4,12	<0,02	0,03	4,6000	0,00005	n.b.	n.b.	n.b.	<0,0001	<0,03
16	7	21,4	1,9	7,8	71,5	4,90	27,0	0,12	76	<0,05	0,11	<0,07	2,46	13,79	4,75	21,8	16,3800	<0,00005	n.b.	n.b.	n.b.	<0,0001	<0,03
16	7b	21,2	1,9	7,7	71,4	4,90	26,9	0,09	76	<0,05	0,05	<0,07	2,82	14,16	4,56	20,8	7,7600	<0,00005	n.b.	n.b.	n.b.	<0,0001	<0,03
16	11	19,6	9,0	11,6	47,6	0,43	31,6	0,07	53	<0,05	0,32	0,13	0,02	11,20	0,11	0,16	0,1428	0,00018	n.b.	n.b.	n.b.	0,0039	<0,03
16	11b	19,8	8,9	11,5	47,9	0,42	31,4	<0,05	54	<0,05	0,71	<0,07	0,55	11,54	<0,02	0,03	0,1213	0,00016	n.b.	n.b.	n.b.	0,0013	<0,03
16	12	41,1	7,7	12,5	57,7	0,30	48,8	0,06	122	15,0	0,12	0,09	0,05	3,71	0,04	0,27	0,0358	0,00012	n.b.	n.b.	n.b.	0,0015	<0,03
16	12b	40,8	7,7	12,4	57,0	0,31	48,8	0,06	121	15,5	0,08	<0,07	0,01	3,34	<0,02	0,03	0,0257	0,00016	n.b.	n.b.	n.b.	0,0012	<0,03
16	17	24,8	2,2	9,9	68,2	0,43	28,4	0,13	156	0,09	0,03	<0,07	0,03	1,29	0,04	0,36	0,0478	0,00011	n.b.	n.b.	n.b.	0,0014	0,04
16	17b	24,6	2,1	9,9	68,5	0,42	28,4	0,07	156	<0,05	0,04	<0,07	0,02	1,41	0,06	0,51	0,0529	0,00012	n.b.	n.b.	n.b.	0,0011	0,07
16	24	19,4	3,0	17,3	80,2	0,37	32,5	0,09	229	<0,05	0,05	<0,07	0,09	1,86	0,32	1,42	0,0286	0,00071	n.b.	n.b.	n.b.	0,0002	0,20
16	24b	19,4	2,8	17,3	80,6	0,36	32,5	0,07	229	<0,05	0,07	<0,07	0,17	1,83	0,42	1,80	0,0384	0,00101	n.b.	n.b.	n.b.	0,0003	0,26

PN	Probe	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	Br	SO_4	NO_3	PO_4	Pges	NH_4	DOC	Mn	Fe	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Nr.	Nr.	mg/l																					
17	1	23,7	5,7	10,1	43,7	0,26	27,8	<0,05	88	20,70	0,16	0,11	0,11	2,54	0,17	0,19	0,0512	0,00018	<0,0001	0,0026	0,0028	0,0022	0,04
17	1b	23,5	5,6	10,0	43,9	0,23	27,5	<0,05	87	20,50	0,08	0,10	0,16	3,95	0,15	0,03	0,0455	0,00017	<0,0001	0,0027	0,0033	0,0013	<0,03
17	11	22,5	8,6	12,6	52,0	0,35	32,5	<0,05	91	0,50	0,08	0,14	0,43	8,17	0,25	0,35	0,1715	0,00021	0,0018	0,0037	0,0052	0,0074	<0,03
17	11b	22,4	8,6	12,7	52,1	0,34	32,5	<0,05	91	0,53	0,15	0,14	0,53	8,03	0,23	0,10	0,1422	<0,00005	0,0003	0,0019	0,0044	0,0026	<0,03
17	12	26,8	6,0	10,8	48,1	0,24	32,6	<0,05	97	20,90	0,07	0,14	0,1	3,11	0,18	0,81	0,0594	0,00036	0,0003	0,0028	0,0036	0,0044	0,03
17	12b	26,9	5,9	10,8	48,1	0,25	32,5	<0,05	98	21,00	0,05	<0,07	0,1	3,07	0,15	0,03	0,0278	0,00017	<0,0001	0,0014	0,0046	0,0018	<0,03
17	17	21,7	2,0	8,7	60,6	0,57	23,5	<0,05	118	<0,05	0,01	<0,07	0,01	1,34	0,08	0,43	0,1766	0,00015	<0,0001	<0,0001	0,0038	0,0022	0,14
17	17b	21,7	2,0	8,6	60,2	0,55	23,4	<0,05	117	<0,05	0,04	<0,07	0,1	1,44	0,08	0,40	0,2117	0,00020	0,0060	<0,0001	0,0042	0,0016	0,14
17	24	20,9	2,9	20,0	94,1	0,34	35,6	<0,05	261	0,07	0,03	0,08	0,06	1,34	0,79	3,28	0,0713	0,00190	0,0009	0,0019	0,0098	0,0025	0,42
17	24b	20,8	2,9	19,9	93,7	0,35	35,8	<0,05	261	0,18	0,03	0,08	0,06	1,78	0,78	3,23	0,0711	0,00176	<0,0001	0,0016	0,0218	0,0015	0,43
18	18	12,6	29,8	6,3	30,1	0,15	21,4	<0,05	93	0,21	0,36	0,48	0,02	31,82	<0,02	0,48	0,1230	0,00078	0,0042	0,012	0,0105	0,0048	0,16
18	18b	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,70	n.b.	n.b.	<0,02	0,49	0,1180	0,00082	0,0043	0,008	0,0133	0,0031	0,16
22	1	20,0	4,5	12,3	47,5	0,28	26,2	<0,05	85	25,90	0,09	<0,2	0,33	2,75	0,13	0,28	0,0028	0,00145	<0,03	<0,0001	<0,03	0,0068	0,09
22	1b	19,8	4,7	12,3	47,6	0,28	32,1	<0,05	78	12,90	n.b.	n.b.	n.b.	2,81	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
22	11	20,5	5,7	8,9	39,9	0,33	32,1	<0,05	78	12,90	0,08	<0,2	0,02	4,89	0,06	0,22	0,0038	0,00077	<0,03	0,0061	<0,03	0,0045	0,05
22	11b	20,5	5,6	8,9	39,8	0,28	32,1	<0,05	78	12,90	n.b.	<0,2	n.b.	4,91	<0,02	0,08	0,0023	0,00053	<0,03	0,0081	<0,03	0,0020	0,04
22	12	22,0	4,7	11,1	48,6	0,27	30,2	<0,05	93	25,90	0,17	<0,2	0,31	3,01	0,14	0,38	0,0027	0,00117	<0,03	0,0042	<0,03	0,0043	0,09
22	12b	20,8	4,8	10,7	48,4	0,25	29,8	<0,05	92	25,50	0,04	0,46	0,4	1,94	0,13	0,03	0,0013	0,00106	<0,03	0,0038	<0,03	0,0030	0,08
22	26	19,5	6,2	9,4	41,0	0,37	31,7	<0,05	79	9,30	0,09	0,34	0,01	5,45	0,08	0,24	0,0120	0,00222	<0,03	0,0135	<0,03	0,0055	0,15
22	26b	19,8	6,1	9,3	40,9	0,35	31,4	<0,05	80	9,30	0,04	<0,2	0,01	3,59	0,07	0,08	0,0042	0,00200	<0,03	0,0059	<0,03	0,0007	0,14
22	27	19,9	6,4	8,7	40,1	0,31	32,7	<0,05	78	9,10	0,15	0,49	0,01	5,50	0,11	0,43	0,0064	0,00236	<0,03	0,007	<0,03	0,0046	0,21
22	27b	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,17	0,66	0,01	n.b.	0,11	0,22	0,0077	0,00201	<0,03	0,0022	<0,03	0,0039	0,21
23	11	20,2	6,2	10,1	42,3	0,34	32,1	<0,05	74	1,60	0,09	<0,2	0,02	6,00	0,16	0,29	0,0068	0,00036	<0,03	0,0004	<0,03	0,0022	0,03
23	11b	20,4	6,4	9,7	42,3	0,33	32,1	<0,05	73	1,70	0,08	<0,2	0,02	5,40	0,12	0,15	0,0043	0,00029	<0,03	<0,0001	<0,03	0,0035	0,03
23	23	26,4	5,4	11,5	49,6	0,31	35,4	<0,05	106	21,30	0,03	<0,2	0,01	3,13	0,13	0,57	0,0025	0,00049	<0,03	0,0005	<0,03	0,0015	0,05
23	23b	26,4	5,4	11,7	49,7	0,30	35,5	<0,05	107	21,40	0,03	0,34	0,01	2,85	0,11	0,08	0,0010	0,00059	<0,03	0,0030	<0,03	0,0024	0,04

V.2.4.7 Daten der hydrochemischen Speziesberechnung mit Hilfe von PHREEQC

Transekt I : Eingangsdatensatz für die Berechnung der hydrochemischen Spezies

Datum der PN		24.03.98	24.03.98	24.03.98	24.03.98	24.03.98	22.04.98	25.02.98	10.11.98	15.02.99	22.04.98	22.04.98	24.03.98	13.10.98
Probe		Mulde	GW1	GW2	BW2-20	BW2-80	BW2-80	GW3	GW3	GW3	BW3-20	BW3-40	BW3-80	BW3-80
Nummer		1	3	7	11	15	16	18	22	23	25	28	30	32
pH		7,39	7,06	6,96	6,66	6,70	6,75	7,27	6,71	7,16	6,47	7,22	6,85	6,83
pε		3,28	1,74	2,91	8,12	8,44	-2,84	0,49	5,92	1,09	-2,66	-2,60	0,71	-3,57
Aktivität v. W.		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ionenstärke	mol/l	5,60E-03	9,40E-03	9,99E-03	8,85E-03	9,21E-03	5,79E-03	9,43E-03	7,84E-03	1,43E-02	6,53E-03	8,76E-03	6,98E-03	1,02E-02
Masse d. W.	kg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tot. Alkalinität	eq/kg	5,79E-04	3,61E-03	2,80E-03	6,78E-04	1,20E-03	8,54E-04	1,68E-03	2,36E-03	7,44E-03	1,02E-03	2,26E-03	1,62E-03	3,53E-03
Total CO2	mol/kg	6,09E-04	4,39E-03	3,62E-03	1,10E-03	1,88E-03	1,27E-03	1,84E-03	3,58E-03	8,66E-03	1,95E-03	2,60E-03	2,24E-03	4,76E-03
Temperatur	°C	5,3	8,9	6,5	5,7	5,7	8,1	7,5	8,7	7,1	8,8	8,3	6,1	11,6
El. Ladungsbal.	eq	-1,51E-03	1,69E+02	-8,94E+02	-3,49E+03	-1,40E+03	-5,78E+01	2,96E+03	3,20E+01	9,92E+02	1,26E+02	5,79E+02	-7,56E+02	3,27E+03
Ionenbalance	%	-20,2	1,34	-7,0	-28,1	-12,0	-0,8	26,2	0,3	5,1	1,6	5,3	-8,1	24,9
Iterationen		8	11	16	10	10	12	11	10	10	11	13	12	12
Total H	mol/l	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02
Total O	mol/l	5,55E+01	5,55E+00	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01
Al	mol/l	8,67E-06	1,85E-06	1,85E-06	1,85E-06	1,85E-06	1,85E-06	1,85E-06	0,00E+00	1,30E-06	4,96E-06	1,85E-06	1,76E-05	1,30E-06
C (TIC)	mol/l	6,09E-04	4,39E-03	3,62E-03	1,10E-03	1,88E-03	1,27E+00	1,84E-03	3,58E-03	8,66E-03	1,95E-03	2,60E-03	2,24E-03	6,64E-03
As	mol/l	7,52E-08	3,81E-06	4,33E-06	2,78E-08	2,35E-08	2,35E-08	4,41E-05	1,15E-05	1,94E-05	6,10E-08	2,87E-07	1,35E-06	1,51E-04
Ca	mol/l	8,71E-04	1,70E-03	1,81E-03	1,53E-03	1,72E-03	1,18E-03	1,83E-03	1,54E-03	2,74E-03	1,35E-03	1,74E-03	1,25E-03	2,26E-03
Cd	mol/l	9,61E-09	2,58E-09	3,27E-08	2,45E-08	1,16E-07	1,87E-09	2,14E-09	2,66E-08	2,49E-09	1,36E-07	1,15E-08	1,65E-08	1,60E-09
Cl	mol/l	6,01E-04	9,85E-04	8,21E-04	8,41E-04	7,20E-04	6,94E-04	8,13E-04	7,42E-04	8,89E-04	6,74E-04	7,20E-04	6,94E-04	7,45E-04
Cu	mol/l	1,70E-08	4,57E-09	5,78E-08	4,33E-08	2,05E-07	4,72E-08	1,57E-07	2,47E-07	7,87E-09	7,87E-10	5,83E-08	2,93E-08	7,24E-08
F	mol/l	1,05E-05	5,27E-05	1,63E-04	2,16E-05	5,06E-05	5,79E-05	2,00E-04	1,16E-04	3,21E-04	2,48E-05	6,85E-05	3,69E-05	2,11E-04
Fe	mol/l	5,44E-06	1,49E-04	2,01E-04	1,79E-07	1,79E-07	1,79E-07	8,45E-04	1,65E-05	1,13E-03	1,24E-06	3,25E-04	9,22E-05	6,29E-04
Fulvate	mol/l	2,24E-06	2,71E-06	2,12E-06	1,67E-06	3,65E-06	1,89E-06	3,82E-06	2,25E-06	2,77E-06	4,18E-06	5,50E-06	3,87E-06	5,93E-06
Humate	mol/l	2,25E-07	2,20E-07	1,73E-07	1,41E-07	3,07E-07	1,59E-07	3,10E-07	1,83E-07	2,25E-07	3,52E-07	4,63E-07	3,26E-07	4,99E-07
K	mol/l	1,05E-04	1,43E-04	4,09E-05	1,36E-04	8,19E-05	5,12E-05	4,35E-05	2,25E-04	6,65E-05	4,61E-05	1,33E-04	1,54E-04	7,68E-05
Mg	mol/l	3,33E-04	6,26E-04	4,36E-04	4,40E-04	4,81E-04	3,17E-04	4,07E-04	5,47E-04	6,42E-04	3,62E-04	4,40E-04	3,87E-04	5,31E-04
Mn	mol/l	1,95E-06	4,09E-05	2,93E-04	4,55E-08	8,27E-05	1,34E-05	1,63E-04	1,08E-05	2,44E-04	9,50E-06	6,24E-05	2,21E-05	1,26E-04
N (-3) [NH4+]	mol/l	1,07E-05	2,27E-04	5,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,86E-06	2,15E-04	3,29E-05	2,40E-04	7,14E-07	3,64E-05	4,29E-05	2,12E-04
N (-5) [Nitrat]	mol/l	1,95E-03	1,50E-05	8,64E-04	4,84E-03	2,00E-03	4,00E-04	1,79E-06	3,00E-04	1,79E-06	1,50E-05	1,29E-04	1,36E-03	4,00E-05
Na	mol/l	6,00E-04	1,38E-03	9,01E-04	6,09E-04	9,05E-04	6,74E-04	8,88E-04	9,14E-04	1,29E-03	7,31E-04	8,79E-04	7,75E-04	1,21E-03
Ni	mol/l	2,49E-07	6,65E-08	4,21E-07	5,62E-08	4,06E-07	8,52E-10	4,77E-08	7,67E-08	0,00E+00	2,11E-07	1,07E-07	1,16E-07	3,27E-07
P	mol/l	1,62E-06	4,94E-05	3,55E-06	1,05E-05	5,10E-06	1,62E-06	1,41E-05	2,74E-06	6,46E-06	1,62E-06	9,86E-06	9,70E-06	1,13E-06
Pb	mol/l	3,81E-08	2,27E-08	9,18E-09	4,83E-10	1,11E-08	1,35E-08	2,51E-08	1,64E-08	1,35E-08	1,35E-08	5,60E-08	6,52E-08	4,83E-09
S (6)	mol/l	7,67E-04	9,47E-04	1,36E-03	8,95E-04	1,50E-03	9,05E-04	9,58E-04	9,19E-04	7,19E-04	1,20E-03	1,20E-03	7,80E-04	3,92E-04
Zn	mol/l	9,00E-07	1,53E-07	1,56E-06	3,39E-06	2,39E-06	1,27E-06	1,53E-07	1,15E-06	5,48E-07	1,26E-05	1,26E-06	3,00E-06	2,30E-07

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III : Eingangsdatensatz für die Berechnung der hydrochemischen Spezies

Datum der Probenahme		24.03.98	13.10.98	22.04.98	24.03.98	24.03.98	10.11.98	24.03.98	13.10.98	24.03.98	15.02.99	22.04.98
Probe		Mulde	GW 1	BW1-20	BW1-40	GW 2	BW2-30	BW2-80	GW 3	BW3-40	GW 4	BW4-80
Nummer		3	7	10	12	15	17	19	21	23	30	37
pH		7,14	6,54	6,50	6,54	6,40	5,92	5,24	6,30	6,42	5,97	6,35
pε [Eh·F/2,303 · RT]		5,93	4,86	5,91	6,99	5,51	3,36	5,05	3,78	9,01	6,32	1,26
Aktivität von Wasser		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ionenstärke	mol/l	0,00E+00	7,34E-03	4,20E-03	5,89E-03	7,92E-03	4,79E-03	4,76E-03	9,59E-03	8,70E-03	8,35E-03	8,11E-03
Masse des Wassers	kg	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Totale Alkalinität	eq/kg	6,03E-04	1,06E-03	6,01E-04	7,03E-04	1,16E-03	2,52E-04	8,00E-05	1,26E-03	3,67E-04	6,61E-04	6,24E-04
Total CO_2	mol/kg	6,79E-04	1,80E-03	1,11E-03	1,30E-03	2,48E-03	1,10E-03	1,52E-03	2,84E-03	7,56E-04	2,70E-03	1,38E-03
Temperatur	°C	6,2	13,7	8,5	5,5	6,4	8,1	7,2	11,5	6,8	5,9	8,2
Elektrische Ladungsbalance	eq	-1,32E+03	-4,23E-05	2,27E-05	-1,03E-03	2,56E-04	4,93E-03	-4,17E-04	3,28E-04	5,39E-05	5,62E-04	1,67E-04
Ionenbalance	%	-16.08	0	0,5	-13,3	2,7	8,4	-6,6	2,9	0,5	5,8	1,8
Iterationen		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Total H	mol/l	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02
Total O	mol/l	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01
Al	mol/l	1,05E-05	1,30E-06	9,15E-06	1,85E-06	4,28E-06	0,00E+00	3,87E-05	1,30E-06	1,27E-05	5,49E-06	1,06E-05
C (HCO_3^- + CO_3^{2-} + CO_2)	mol/l	6,79E-04	1,80E-03	1,11E-03	1,30E-03	2,48E-03	1,10E-03	1,52E-03	2,84E-03	7,56E-04	2,70E-03	1,38E-03
As	mol/l	7,16E-08	1,38E-06	6,25E-08	8,50E-08	3,39E-07	1,64E-06	1,99E-08	8,68E-07	2,51E-08	4,10E-08	4,62E-07
Ca	mol/l	1,02E-03	1,21E-03	6,41E-04	9,63E-04	1,71E-03	7,51E-04	4,72E-04	1,98E-03	1,77E-03	1,65E-03	1,64E-03
Cd	mol/l	9,52E-09	5,34E-08	6,27E-08	4,41E-08	9,26E-09	6,94E-09	4,65E-08	3,12E-09	7,92E-08	3,19E-08	9,17E-08
Cl	mol/l	6,97E-04	1,15E-03	2,40E-04	7,05E-04	8,27E-04	6,04E-04	5,84E-04	1,01E-03	1,15E-03	8,75E-04	7,90E-04
Cu	mol/l	3,15E-08	1,23E-07	1,32E-07	3,31E-08	1,89E-08	1,81E-07	3,62E-08	3,54E-07	2,99E-08	8,66E-08	4,09E-08
F	mol/l	1,00E-05	2,32E-05	1,37E-05	1,32E-05	3,21E-05	7,90E-06	8,42E-05	2,32E-05	4,79E-05	2,26E-05	3,48E-05
Fe	mol/l	1,16E-05	3,47E-06	1,93E-06	4,82E-07	8,85E-06	8,55E-06	1,79E-07	8,56E-05	2,72E-06	3,15E-05	7,68E-06
Fulvate	mol/l	2,39E-06	9,05E-07	8,63E-06	1,15E-05	4,19E-06	1,40E-05	2,91E-06	4,53E-07	2,91E-06	1,26E-06	2,73E-06
Humate	mol/l	2,40E-07	7,35E-08	7,25E-07	9,70E-07	3,40E-07	1,18E-06	2,44E-07	3,68E-08	2,44E-07	1,02E-07	2,30E-07
K	mol/l	1,10E-04	1,74E-04	1,97E-04	1,28E-04	6,40E-05	7,62E-04	1,20E-03	9,98E-05	5,37E-05	6,40E-05	6,14E-05
Mg	mol/l	3,70E-04	4,49E-04	2,43E-04	3,74E-04	3,91E-04	2,59E-04	1,28E-04	6,09E-04	4,53E-04	5,97E-04	4,61E-04
Mn	mol/l	2,35E-06	7,25E-07	4,55E-08	4,55E-08	1,21E-06	1,82E-07	1,33E-06	1,28E-05	4,55E-08	9,12E-06	2,80E-05
N (-3) [Ammonium]	mol/l	2,00E-05	7,14E-07	7,14E-07	0,00E+00	7,14E-07	1,43E-06	3,57E-06	1,00E-05	1,43E-06	7,14E-06	2,14E-06
N (-5) [Nitrat]	mol/l	1,94E-03	4,79E-04	1,57E-05	1,44E-03	1,79E-06	1,50E-05	6,21E-04	1,79E-06	1,93E-04	1,43E-05	2,07E-05
Na	mol/l	6,96E-04	1,54E-03	7,05E-04	7,14E-04	9,79E-04	5,48E-04	5,87E-04	9,31E-04	1,08E-03	9,01E-04	8,44E-04
Ni	mol/l	1,99E-07	2,71E-07	9,88E-08	3,37E-07	2,73E-07	1,79E-07	1,02E-06	7,33E-08	3,05E-07	5,88E-07	3,17E-07
P	mol/l	1,62E-06	2,82E-06	1,62E-06	7,42E-06	1,62E-06	1,56E-05	1,62E-06	5,61E-06	8,35E-06	6,46E-06	1,62E-06
Pb	mol/l	3,72E-08	2,85E-08	1,59E-08	2,41E-10	1,88E-08	2,32E-08	7,24E-09	8,21E-09	1,74E-08	1,50E-08	2,90E-08
S (6) [6-wertige S-Spezies]	mol/l	8,56E-04	1,19E-03	8,98E-04	8,34E-04	1,49E-03	9,68E-04	1,09E-03	1,90E-03	1,90E-03	1,72E-03	1,80E-03
Zn	mol/l	1,04E-06	8,10E-06	2,71E-06	2,02E-06	2,16E-06	2,37E-06	1,38E-05	2,30E-07	6,25E-06	5,61E-06	1,52E-05

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt II : Eingangsdatensatz für die Berechnung der hydrochemischen Spezies

Datum der Probenahme		24.03.98	24.03.98	24.03.98
Probe		Spittelw.	GW 2	GW 4
Nummer		39	40	41
pH		6,84	5,32	6,50
pε [Eh·F/2,303 · RT]		4,27	6,64	7,02
Aktivität von Wasser		1,0	1,0	1,0
Ionenstärke	mol/l	2,08E-02	2,81E-02	1,12E-02
Masse des Wassers	kg	1,0	1,0	1,0
Totale Alkalinität	mol/kg	1,81E-03	1,46E-04	8,41E-04
Total CO_2	mol/kg	2,44E-03	1,69E-03	1,54E-03
Temperatur	°C	8,1	8,5	7,5
Elektrische Ladungsbalance	eq	2,42E-04	-1,37E-03	-3,42E-04
Ionenbalance	%	1,0	-4,3	-2,6
Iterationen		10	10	10
Total H	mol/l	1,11E+02	1,11E+02	1,11E+02
Total O	mol/l	5,55E+01	5,55E+01	5,55E+01
Al	mol/l	9,64E-06	2,55E-04	8,15E-06
C (HCO_3^- + CO_3^{2-} + CO_2)	mol/l	2,44E-03	1,69E-03	1,54E-03
As	mol/l	3,39E-08	1,78E-08	7,55E-08
Ca	mol/l	4,62E-03	6,40E-03	2,37E-03
Cd	mol/l	2,71E-08	6,04E-07	1,26E-08
Cl	mol/l	3,33E-03	2,90E-03	1,17E-03
Cu	mol/l	2,49E-07	8,67E-08	6,61E-08
F	mol/l	1,42E-05	5,27E-05	9,48E-06
Fe	mol/l	3,20E-05	1,34E-05	2,17E-05
Fulvate	mol/l	2,84E-06	2,59E-06	1,60E-06
Humate	mol/l	2,85E-07	2,10E-07	1,30E-07
K	mol/l	3,15E-04	1,15E-04	2,20E-04
Mg	mol/l	9,47E-04	1,12E-03	5,47E-04
Mn	mol/l	1,48E-05	1,56E-05	6,51E-06
N (-3) [Ammonium]	mol/l	1,43E-05	5,00E-06	5,00E-06
N (-5) [Nitrat]	mol/l	1,02E-03	7,51E-04	9,86E-04
Na	mol/l	3,17E-03	3,11E-03	1,16E-03
Ni	mol/l	3,58E-07	2,83E-06	5,25E-07
P	mol/l	3,32E-06	1,62E-06	3,78E-06
Pb	mol/l	1,98E-08	2,90E-08	3,62E-08
S (6) [6-wertige S-Spezies]	mol/l	4,17E-03	8,35E-03	2,31E-03
Zn	mol/l	2,70E-06	4,29E-05	2,77E-06

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / Mulde (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteilen > 0,1 %):

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
OH-	5,05E-08		4,68E-08	-3,40E-02	Cu(1)	2,34E-10	1,4			H(0)	7,97E-25	0,0		
H+	4,37E-08		4,07E-08	-3,00E-02	Cu+	2,13E-10	91,9	1,97E-10	-3,40E-02	H2	3,99E-25	0,0	3,99E-25	1,00E-03
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CuCl2-	2,18E-11	9,4			Humate	2,25E-07	9,1	0,00E+00	0,00E+00
Al	8,67E-06	100,0			Cu(2)	1,68E-08	98,6			Humate-2	2,25E-07	99,9	1,65E-07	-1,34E-01
Al(OH)4-	8,09E-06	93,3	7,49E-06	-3,40E-02	Cu(OH)2	1,09E-08	65,2	1,10E-08	1,00E-03	CuHumate	2,27E-10	0,1		
Al(OH)2+	2,95E-07	3,4	2,73E-07	-3,40E-02	CuFulvate	2,26E-09	13,5	2,27E-09	1,00E-03	HHumate-	1,35E-10	0,1	1,25E-10	-3,40E-02
Al(OH)3	1,87E-07	2,2	1,87E-07	1,00E-03	CuCO3	1,61E-09	9,6			K	1,05E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF2+	5,92E-08	0,7	5,48E-08	-3,40E-02	Cu+2	1,19E-09	7,1	8,70E-10	-1,34E-01	K+	1,05E-04	99,7	9,67E-05	-3,40E-02
AlF+2	1,76E-08	0,2	1,29E-08	-1,34E-01	CuHCO3+	2,35E-10	1,4	2,17E-10	-3,40E-02	KSO4-	2,62E-07	0,2		
AlOH+2	1,35E-08	0,2	9,88E-09	-1,34E-01	CuOH+	2,31E-10	1,4	2,14E-10	-3,40E-02	Mg	3,33E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF3	6,38E-09	0,1	6,39E-09	1,00E-03	CuHumate	2,27E-10	1,4	2,27E-10	1,00E-03	Mg+2	3,15E-04	94,6	2,34E-04	-1,29E-01
As(3)	8,93E-15	0,0			CuSO4	7,90E-11	0,5	7,91E-11	1,00E-03	MgSO4	1,64E-05	4,9		
H3AsO3	8,87E-15	99,4			F	1,05E-05	99,3	0,00E+00	0,00E+00	MgHCO3+	1,41E-06	0,4	1,31E-06	-3,40E-02
H2AsO3-	6,36E-17	0,7	5,89E-17	-3,40E-02	F-	1,02E-05	97,2	9,47E-06	-3,40E-02	Mn(2)	1,95E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
As(5)	7,52E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MgF+	1,08E-07	1,0	9,99E-08	-3,40E-02	Mn+2	1,77E-06	90,7	1,30E-06	-1,34E-01
HAsO4-2	6,25E-08	83,1	4,59E-08	-1,34E-01	AlF2+	5,92E-08	0,6			MnSO4	7,94E-08	4,1		
H2AsO4-	1,27E-08	16,9	1,17E-08	-3,40E-02	CaF+	3,29E-08	0,3	3,05E-08	-3,40E-02	MnHCO3+	6,23E-08	3,2	5,77E-08	-3,40E-02
C(4)	6,09E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	AlF+2	1,76E-08	0,2	1,29E-08	-1,34E-01	MnCO3	3,55E-08	1,8	3,56E-08	1,00E-03
HCO3-	5,38E-04	88,2			AlF3	6,38E-09	0,1	6,39E-09	1,00E-03	MnCl+	3,18E-09	0,2	2,94E-09	-3,40E-02
CO2	6,61E-05	10,8	6,62E-05	1,00E-03	Fe(2)	5,36E-06	98,5	0,00E+00	0,00E+00	Mn(3)	7,04E-30	0,0	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	2,62E-06	0,4	2,42E-06	-3,40E-02	Fe+2	4,90E-06	91,3	3,59E-06	-1,34E-01	Mn+3	7,04E-30	0,0	3,51E-30	-3,02E-01
MgHCO3+	1,41E-06	0,2	1,31E-06	-3,40E-02	FeSO4	2,24E-07	4,2	2,24E-07	1,00E-03	N(-3)	1,07E-05	0,5		
CO3-2	4,66E-07	0,1	3,45E-07	-1,31E-01	FeHCO3+	1,94E-07	3,6			NH4+	1,06E-05	99,1		
Ca	8,71E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeCO3	2,97E-08	0,6			NH4SO4-	7,04E-08	0,7	6,52E-08	-3,40E-02
Ca+2	8,17E-04	93,8			FeHPO4	9,07E-09	0,2	9,08E-09	1,00E-03	NH3	3,08E-08	0,3	3,08E-08	1,00E-03
CaSO4	5,09E-05	5,8	5,10E-05	1,00E-03	FeOH+	6,23E-09	0,1	5,77E-09	-3,40E-02	N(5)	1,95E-03	99,5	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	2,62E-06	0,3	2,42E-06	-3,40E-02	FeCl+	2,98E-09	0,1	2,76E-09	-3,40E-02	NO3-	1,95E-03	100,1		
Cd	9,61E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(3)	8,10E-08	1,5	0,00E+00	0,00E+00	Na	6,00E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd+2	8,29E-09	86,2			Fe(OH)3	4,33E-08	53,8	4,34E-08	1,00E-03	Na+	5,99E-04	99,8		
CdSO4	7,93E-10	8,2	7,94E-10	1,00E-03	Fe(OH)2+	3,72E-08	46,2	3,44E-08	-3,40E-02	NaSO4-	1,35E-06	0,2	1,25E-06	-3,40E-02
CdCl+	3,25E-10	3,4	3,01E-10	-3,40E-02	Fe(OH)4-	4,49E-10	0,6	4,16E-10	-3,40E-02	Ni	2,49E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CdHCO3+	1,04E-10	1,1	9,59E-11	-3,40E-02	Fulvate	2,24E-06	90,9			NiCO3	1,56E-07	62,6		
CdNO3+	5,54E-11	0,6	5,13E-11	-3,40E-02	Fulvate-2	2,24E-06	99,8	1,64E-06	-1,34E-01	Ni+2	8,31E-08	33,4	6,10E-08	-1,34E-01
CdFulvate	3,16E-11	0,3	3,16E-11	1,00E-03	CuFulvate	2,26E-09	0,1	2,27E-09	1,00E-03	NiHCO3+	5,10E-09	2,1	5,11E-09	1,00E-03
Cd(SO4)2-2	6,95E-12	0,1	5,10E-12	-1,34E-01	HFulvate-	1,35E-09	0,1	1,25E-09	-3,40E-02	NiSO4	4,54E-09	1,8	4,20E-09	-3,40E-02
Cl	6,01E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00						Ni(CO3)2-2	1,27E-10	0,1	9,34E-11	-1,34E-01

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / Mulde (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
P	1,62E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HPO4-2	8,65E-07	53,5		
H2PO4-	5,06E-07	31,4	4,69E-07	-3,40E-02
CaHPO4	1,42E-07	8,8	1,42E-07	1,00E-03
MgHPO4	7,42E-08	4,6	7,42E-08	1,00E-03
FeHPO4	9,07E-09	0,6	9,08E-09	1,00E-03
CaPO4-	5,98E-09	0,4	5,53E-09	-3,40E-02
CaH2PO4+	5,22E-09	0,3	4,83E-09	-3,40E-02
MgPO4-	3,12E-09	0,2	2,89E-09	-3,40E-02
MgH2PO4+	2,57E-09	0,2	2,38E-09	-3,40E-02
FeH2PO4+	9,12E-10	0,1	8,44E-10	-3,40E-02
Pb	3,81E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
PbCO3	2,64E-08	69,3		
Pb+2	6,02E-09	15,8	4,42E-09	-1,34E-01
PbOH+	2,28E-09	6,0	2,11E-09	-3,40E-02
PbHCO3+	1,89E-09	5,0	1,75E-09	-3,40E-02
PbSO4	1,28E-09	3,3	1,28E-09	1,00E-03
PbNO3+	1,27E-10	0,3	1,18E-10	-3,40E-02
PbCl+	6,26E-11	0,2	5,79E-11	-3,40E-02
Pb(CO3)2-2	3,12E-11	0,1	2,29E-11	-1,34E-01
Pb(OH)2	2,02E-11	0,1	2,02E-11	1,00E-03
S(6)	7,67E-04	100,0		
SO4-2	6,98E-04	91,0	5,15E-04	-1,32E-01
CaSO4	5,09E-05	6,6	5,10E-05	1,00E-03
MgSO4	1,64E-05	2,1	1,64E-05	1,00E-03
NaSO4-	1,35E-06	0,2	1,25E-06	-3,40E-02
Zn	9,00E-07	100,0		
Zn+2	7,58E-07	84,2	5,56E-07	-1,34E-01
ZnSO4	5,70E-08	6,3	5,71E-08	1,00E-03
ZnCO3	3,82E-08	4,2	3,83E-08	1,00E-03
ZnHCO3+	3,77E-08	4,2	3,49E-08	-3,40E-02
Zn(OH)2	4,21E-09	0,5	4,22E-09	1,00E-03
ZnOH+	3,27E-09	0,4	3,02E-09	-3,40E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 1 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	9,50E-08		8,71E-08	-3,70E-02	Cd	2,58E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00
OH-	3,36E-08		3,04E-08	-4,20E-02	Cd+2	2,09E-09	80,8		
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	2,00E-10	7,8	2,01E-10	1,00E-03
Al	1,85E-06	100,0			CdHCO3+	1,56E-10	6,0	1,41E-10	-4,20E-02
AlF2+	7,48E-07	40,4	6,79E-07	-4,20E-02	CdCl+	1,25E-10	4,8	1,14E-10	-4,20E-02
Al(OH)4-	5,78E-07	31,2	5,24E-07	-4,20E-02	CdFulvate	8,14E-12	0,3	8,16E-12	1,00E-03
AlF3	3,70E-07	19,9	3,71E-07	1,00E-03	Cd(SO4)2-2	1,97E-12	0,1	1,34E-12	-1,70E-01
Al(OH)2+	6,83E-08	3,7	6,19E-08	-4,20E-02	Cl	9,85E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF+2	4,96E-08	2,7	3,35E-08	-1,70E-01	Cl-	9,85E-04	100,0	8,92E-04	-4,30E-02
Al(OH)3	2,78E-08	1,5	2,79E-08	1,00E-03	Cu(1)	1,93E-09	40,1		
AlF4-	7,15E-09	0,4	6,48E-09	-4,20E-02	Cu+	1,53E-09	83,5	1,39E-09	-4,20E-02
AlOH+2	4,80E-09	0,3	3,24E-09	-1,70E-01	CuCl2-	4,00E-10	21,9		
As(3)		0,1			Cu(2)	2,64E-09	59,9		
H3AsO3	4,55E-09	100,0			CuCO3	1,04E-09	38,2	1,05E-09	1,00E-03
H2AsO3-	1,82E-11	0,4	1,65E-11	-4,20E-02	CuFulvate	4,93E-10	18,0	4,94E-10	1,00E-03
As(5)	3,80E-06	99,9	0,00E+00	0,00E+00	Cu(OH)2	4,68E-10	17,1		
HasO4-2	2,71E-06	71,4			CuHCO3+	2,98E-10	10,9	2,70E-10	-4,20E-02
H2AsO4-	1,09E-06	28,6	9,86E-07	-4,20E-02	Cu+2	2,52E-10	9,2	1,70E-10	-1,70E-01
C(4)	4,39E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuHumate	4,00E-11	1,5	4,01E-11	1,00E-03
HCO3-	3,48E-03	79,2			CuOH+	2,16E-11	0,8	1,96E-11	-4,20E-02
CO2	8,20E-04	18,7	8,22E-04	1,00E-03	CuSO4	1,69E-11	0,6	1,69E-11	1,00E-03
CaHCO3+	3,35E-05	0,8	3,04E-05	-4,20E-02	Cu(CO3)2-2	2,23E-12	0,1	1,51E-12	-1,70E-01
FeHCO3+	2,62E-05	0,6	2,38E-05	-4,20E-02	F	5,27E-05	97,1	0,00E+00	0,00E+00
MgHCO3+	1,54E-05	0,4	1,40E-05	-4,20E-02	F-	4,87E-05	92,4	4,41E-05	-4,20E-02
MnHCO3+	6,50E-06	0,1	5,89E-06	-4,20E-02	MgF+	9,33E-07	1,8	8,46E-07	-4,20E-02
NaHCO3	2,22E-06	0,1	2,23E-06	1,00E-03	AlF2+	7,48E-07	1,4		
Ca	1,70E-03	100,1	0,00E+00	0,00E+00	AlF3	3,70E-07	0,7	3,71E-07	1,00E-03
Ca+2	1,56E-03	91,8			CaF+	3,04E-07	0,6	2,75E-07	-4,20E-02
CaSO4	9,90E-05	5,8	9,92E-05	1,00E-03	AlF+2	4,96E-08	0,1	3,35E-08	-1,70E-01
CaHCO3+	3,35E-05	2,0	3,04E-05	-4,20E-02	FeF+	3,66E-08	0,1	3,32E-08	-4,20E-02
CaHPO4	4,94E-06	0,3	4,95E-06	1,00E-03	NaF	3,17E-08	0,1	3,18E-08	1,00E-03
CaCO3	1,65E-06	0,1	1,65E-06	1,00E-03					

Transekt I / GW 1 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Fe(2)	1,49E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MnCl+	8,37E-08	0,2	7,59E-08	-4,20E-02	Pb	2,27E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe+2	1,11E-04	74,5	7,52E-05	-1,70E-01	Mn(3)	7,13E-30	0,0	0,00E+00	0,00E+00	PbCO3	1,82E-08	80,1	1,82E-08	1,00E-03
FeHCO3+	2,62E-05	17,6	2,38E-05	-4,20E-02	Mn+3	7,13E-30	0,0			PbHCO3+	2,54E-09	11,2	2,31E-09	-4,20E-02
FeSO4	5,34E-06	3,6			N(-3)	2,27E-04	93,8	0,00E+00	0,00E+00	Pb+2	1,36E-09	6,0	9,17E-10	-1,70E-01
FeHPO4	3,48E-06	2,3			NH4+	2,25E-04	99,2	2,04E-04	-4,20E-02	PbSO4	2,81E-10	1,2	2,82E-10	1,00E-03
FeCO3	2,06E-06	1,4	2,06E-06	1,00E-03	NH4SO4-	1,59E-06	0,7	1,44E-06	-4,20E-02	PbOH+	2,26E-10	1,0	2,05E-10	-4,20E-02
FeH2PO4+	7,46E-07	0,5	6,77E-07	-4,20E-02	NH3	4,00E-07	0,2	4,01E-07	1,00E-03	Pb(CO3)2-2	7,75E-11	0,3		
FeCl+	1,02E-07	0,1	9,25E-08	-4,20E-02	N(5)	1,50E-05	6,2	0,00E+00	0,00E+00	PbCl+	2,35E-11	0,1	2,13E-11	-4,20E-02
FeOH+	8,43E-08	0,1	7,65E-08	-4,20E-02	NO3-	1,50E-05	100,0			S(6)	9,47E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe(3)	1,52E-08	0,0	0,00E+00	0,00E+00	Na	1,38E-03	100,0			SO4-2	8,03E-04	84,8	5,47E-04	-1,67E-01
Fe(OH)2+	9,29E-09	63,3	8,42E-09	-4,20E-02	Na+	1,38E-03	99,6	1,25E-03	-4,20E-02	CaSO4	9,90E-05	10,5	9,92E-05	1,00E-03
Fe(OH)3	5,92E-09	40,3	5,93E-09	1,00E-03	NaSO4-	3,40E-06	0,2	3,08E-06	-4,20E-02	MgSO4	3,26E-05	3,4	3,27E-05	1,00E-03
Fe(OH)4-	3,46E-11	0,2	3,13E-11	-4,20E-02	NaHCO3	2,22E-06	0,2	2,23E-06	1,00E-03	FeSO4	5,34E-06	0,6	5,36E-06	1,00E-03
Fulvate	2,71E-06	92,5			Ni	6,65E-08	100,0			NaSO4-	3,40E-06	0,4	3,08E-06	-4,20E-02
Fulvate-2	2,71E-06	99,9	1,83E-06	-1,70E-01	NiCO3	5,33E-08	80,3	5,35E-08	1,00E-03	NH4SO4-	1,59E-06	0,2		
HFulvate-	3,27E-09	0,1	2,97E-09	-4,20E-02	Ni+2	9,32E-09	14,0			MnSO4	1,47E-06	0,2	1,47E-06	1,00E-03
H(0)	4,20E-21	0,0	0,00E+00	0,00E+00	NiHCO3+	3,04E-09	4,6	2,75E-09	-4,20E-02	Zn	1,53E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
H2	2,10E-21	0,0	2,11E-21	1,00E-03	NiSO4	5,80E-10	0,9	5,81E-10	1,00E-03	Zn+2	9,95E-08	65,0	6,73E-08	-1,70E-01
Humate	2,20E-07	7,5	0,00E+00	0,00E+00	Ni(CO3)2-2	1,57E-10	0,2	1,06E-10	-1,70E-01	ZnHCO3+	2,96E-08	19,3	2,68E-08	-4,20E-02
Humate-2	2,20E-07	99,9	1,49E-07	-1,70E-01	P	4,94E-05	100,0			ZnCO3	1,53E-08	10,0	1,54E-08	1,00E-03
HHumate-	2,66E-10	0,1	2,41E-10	-4,20E-02	H2PO4-	1,98E-05	40,1	1,80E-05	-4,20E-02	ZnSO4	7,55E-09	4,9	7,57E-09	1,00E-03
K	1,43E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	HPO4-2	1,72E-05	34,8	1,16E-05	-1,70E-01	Zn(CO3)2-2	5,56E-10	0,4	3,76E-10	-1,70E-01
K+	1,43E-04	99,7	1,29E-04	-4,30E-02	CaHPO4	4,94E-06	10,0	4,95E-06	1,00E-03	ZnOH+	2,57E-10	0,2		
KSO4-	4,07E-07	0,3			FeHPO4	3,48E-06	7,0	3,48E-06	1,00E-03	Zn(OH)2	1,11E-10	0,1	1,12E-10	1,00E-03
Mg	6,26E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	2,47E-06	5,0	2,48E-06	1,00E-03	ZnCl+	8,40E-11	0,1	7,62E-11	-4,20E-02
Mg+2	5,74E-04	91,7			FeH2PO4+	7,46E-07	1,5							
MgSO4	3,26E-05	5,2	3,27E-05	1,00E-03	CaH2PO4+	3,89E-07	0,8	3,53E-07	-4,20E-02					
MgHCO3+	1,54E-05	2,5	1,40E-05	-4,20E-02	MgH2PO4+	1,84E-07	0,4	1,67E-07	-4,20E-02					
MgHPO4	2,47E-06	0,4			CaPO4-	1,08E-07	0,2	9,75E-08	-4,20E-02					
MgF+	9,33E-07	0,1	8,46E-07	-4,20E-02	MgPO4-	5,38E-08	0,1	4,87E-08	-4,20E-02					
MgCO3	3,36E-07	0,1	3,37E-07	1,00E-03	NaHPO4-	3,13E-08	0,1	2,84E-08	-4,20E-02					
Mn(2)	4,09E-05	100,0												
Mn+2	3,09E-05	75,6	2,09E-05	-1,70E-01										
MnHCO3+	6,50E-06	15,9	5,89E-06	-4,20E-02										
MnCO3	1,89E-06	4,6	1,90E-06	1,00E-03										
MnSO4	1,47E-06	3,6	1,47E-06	1,00E-03										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 2 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteol	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,20E-07		1,10E-07	-3,80E-02	Cd	3,27E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(2)	2,01E-04	99,9	0,00E+00	0,00E+00
OH-	2,15E-08		1,94E-08	-4,40E-02	Cd+2	2,62E-08	80,1	1,75E-08	-1,74E-01	Fe+2	1,59E-04	79,5	1,07E-04	-1,74E-01
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	3,49E-09	10,7	3,50E-09	1,00E-03	FeHCO3+	2,86E-05	14,2	2,58E-05	-4,40E-02
Al	1,85E-06	100,0			CdHCO3+	1,48E-09	4,5			FeSO4	1,03E-05	5,1	1,03E-05	1,00E-03
AlF3	1,07E-06	57,8	1,08E-06	1,00E-03	CdCl+	1,28E-09	3,9	1,16E-09	-4,40E-02	FeCO3	1,65E-06	0,8	1,65E-06	1,00E-03
AlF2+	6,86E-07	37,0	6,21E-07	-4,40E-02	CdFulvate	7,81E-11	0,2	7,83E-11	1,00E-03	FeHPO4	3,11E-07	0,2		
AlF4-	6,61E-08	3,6	5,98E-08	-4,40E-02	CdNO3+	6,80E-11	0,2	6,15E-11	-4,40E-02	FeF+	1,66E-07	0,1		
AlF+2	1,46E-08	0,8	9,78E-09	-1,74E-01	Cd(SO4)2-2	5,05E-11	0,2	3,38E-11	-1,74E-01	FeCl+	1,21E-07	0,1	1,09E-07	-4,40E-02
Al(OH)4-	1,12E-08	0,6	1,01E-08	-4,40E-02	CdF+	3,42E-11	0,1	3,10E-11	-4,40E-02	Fe(3)	1,19E-07	0,1	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)2+	2,63E-09	0,1	2,38E-09	-4,40E-02	Cl	8,21E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(OH)2+	8,18E-08	71,0	7,40E-08	-4,40E-02
As(3)		0,0			Cl-	8,21E-04	99,9	7,41E-04	-4,40E-02	Fe(OH)3	3,67E-08	31,8	3,68E-08	1,00E-03
H3AsO3	8,55E-11	100,0			MnCl+	5,19E-07	0,1	4,69E-07	-4,40E-02	Fe(OH)4-	1,53E-10	0,1	1,39E-10	-4,40E-02
H2AsO3-	2,46E-13	0,3	2,22E-13	-4,40E-02	Cu(1)	3,56E-09	5,7			FeOH+2	7,73E-11	0,1	5,18E-11	-1,74E-01
As(5)	4,33E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Cu+	3,01E-09	91,2	2,72E-09	-4,40E-02	Fulvate	2,12E-06	92,5	0,00E+00	0,00E+00
HAsO4-2	2,87E-06	66,4	1,92E-06	-1,74E-01	CuCl2-	5,48E-10	16,6	4,96E-10	-4,40E-02	Fulvate-2	2,11E-06	99,3		
H2AsO4-	1,46E-06	33,6	1,32E-06	-4,40E-02	Cu(2)	5,42E-08	94,3			CuFulvate	1,13E-08	0,5	1,14E-08	1,00E-03
C(4)	3,62E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuCO3	1,76E-08	32,2			HFulvate-	3,19E-09	0,2	2,89E-09	-4,40E-02
HCO3-	2,67E-03	73,8			CuFulvate	1,13E-08	20,8	1,14E-08	1,00E-03	H(0)	3,13E-23	0,0	0,00E+00	0,00E+00
CO2	8,37E-04	23,1	8,39E-04	1,00E-03	Cu(OH)2	8,79E-09	16,1	8,81E-09	1,00E-03	H2	1,56E-23	0,0	1,57E-23	1,00E-03
MnHCO3+	3,71E-05	1,0	3,35E-05	-4,40E-02	CuHCO3+	7,57E-09	13,9			Humate	1,73E-07	7,5		
FeHCO3+	2,86E-05	0,8	2,58E-05	-4,40E-02	Cu+2	6,80E-09	12,5	6,15E-09	-4,40E-02	Humate-2	1,71E-07	99,3	1,15E-07	-1,74E-01
CaHCO3+	2,48E-05	0,7	2,25E-05	-4,40E-02	CuHumate	9,21E-10	1,7	9,23E-10	1,00E-03	CuHumate	9,21E-10	0,5	9,23E-10	1,00E-03
MgHCO3+	8,11E-06	0,2	7,33E-06	-4,40E-02	CuSO4	7,04E-10	1,3	7,06E-10	1,00E-03	HHumate-	2,59E-10	0,2	2,34E-10	-4,40E-02
MnCO3	7,96E-06	0,2	7,98E-06	1,00E-03	CuOH+	5,11E-10	0,9	4,62E-10	-4,40E-02	K	4,09E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca	1,81E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	F	1,63E-04	98,2	0,00E+00	0,00E+00	K+	4,08E-05	99,6	3,68E-05	-4,40E-02
Ca+2	1,64E-03	90,6			F-	1,55E-04	95,0	1,40E-04	-4,40E-02	KSO4-	1,58E-07	0,4		
CaSO4	1,44E-04	7,9	1,44E-04	1,00E-03	MgF+	1,94E-06	1,2	1,75E-06	-4,40E-02	Mg	4,36E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	2,48E-05	1,4	2,25E-05	-4,40E-02	AlF3	1,07E-06	0,7	1,08E-06	1,00E-03	Mg+2	3,96E-04	90,8		
					CaF+	9,47E-07	0,6	8,56E-07	-4,40E-02	MgSO4	2,97E-05	6,8	2,98E-05	1,00E-03
					AlF2+	6,86E-07	0,4			MgHCO3+	8,11E-06	1,9	7,33E-06	-4,40E-02
					MnF+	1,67E-07	0,1	1,51E-07	-4,40E-02	MgF+	1,94E-06	0,4	1,75E-06	-4,40E-02
					FeF+	1,66E-07	0,1	1,50E-07	-4,40E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 2 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Mn(2)	2,93E-04	100,0			Pb	9,18E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Mn+2	2,32E-04	79,3	1,55E-04	-1,74E-01	PbCO3	6,62E-09	72,2	6,64E-09	1,00E-03
MnHCO3+	3,71E-05	12,7	3,35E-05	-4,40E-02	PbHCO3+	1,26E-09	13,7	1,14E-09	-4,40E-02
MnSO4	1,48E-05	5,1			Pb+2	8,82E-10	9,6	5,91E-10	-1,74E-01
MnCO3	7,96E-06	2,7	7,98E-06	1,00E-03	PbSO4	2,59E-10	2,8	2,60E-10	1,00E-03
MnCl+	5,19E-07	0,2	4,69E-07	-4,40E-02	PbOH+	1,16E-10	1,3	1,05E-10	-4,40E-02
Mn(3)	5,39E-28	0,0	0,00E+00	0,00E+00	Pb(CO3)2-2	1,61E-11	0,2	1,08E-11	-1,74E-01
Mn+3	5,39E-28	0,0	2,19E-28	-3,92E-01	PbCl+	1,18E-11	0,1	1,07E-11	-4,40E-02
N(-3)	5,72E-05	6,2			PbNO3+	7,56E-12	0,1		
NH4+	5,65E-05	98,9	5,11E-05	-4,40E-02	S(6)	1,36E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
NH4SO4-	5,69E-07	1,0	5,14E-07	-4,40E-02	SO4-2	1,16E-03	85,1	7,81E-04	-1,71E-01
NH3	6,56E-08	0,1	6,58E-08	1,00E-03	CaSO4	1,44E-04	10,6	1,44E-04	1,00E-03
N(5)	8,64E-04	93,8	0,00E+00	0,00E+00	MgSO4	2,97E-05	2,2	2,98E-05	1,00E-03
NO3-	8,64E-04	100,0	7,82E-04	-4,40E-02	MnSO4	1,48E-05	1,1	1,48E-05	1,00E-03
Na	9,01E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeSO4	1,03E-05	0,8	1,03E-05	1,00E-03
Na+	8,97E-04	99,5			NaSO4-	3,10E-06	0,2	2,81E-06	-4,40E-02
NaSO4-	3,10E-06	0,3			Zn	1,56E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
NaHCO3	1,10E-06	0,1	1,11E-06	1,00E-03	Zn+2	1,09E-06	70,2		
Ni	4,21E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnHCO3+	2,46E-07	15,8	2,23E-07	-4,40E-02
NiCO3	2,97E-07	70,5	2,97E-07	1,00E-03	ZnSO4	1,15E-07	7,4	1,15E-07	1,00E-03
Ni+2	9,26E-08	22,0			ZnCO3	9,41E-08	6,1	9,43E-08	1,00E-03
NiHCO3+	2,29E-08	5,4	2,07E-08	-4,40E-02	Zn(CO3)2-2	1,95E-09	0,1	1,30E-09	-1,74E-01
NiSO4	7,96E-09	1,9			ZnOH+	1,81E-09	0,1	1,64E-09	-4,40E-02
Ni(CO3)2-2	4,98E-10	0,1	3,34E-10	-1,74E-01	Zn(SO4)2-2	1,27E-09	0,1	8,50E-10	-1,74E-01
P	3,55E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnF+	1,25E-09	0,1		
H2PO4-	1,60E-06	45,1	1,45E-06	-4,40E-02					
HPO4-2	1,10E-06	30,8							
CaHPO4	3,11E-07	8,8	3,12E-07	1,00E-03					
FeHPO4	3,08E-07	8,7	3,09E-07	1,00E-03					
MgHPO4	1,02E-07	2,9	1,02E-07	1,00E-03					
FeH2PO4+	8,55E-08	2,4	7,74E-08	-4,40E-02					
CaH2PO4+	3,11E-08	0,9	2,81E-08	-4,40E-02					
MgH2PO4+	9,64E-09	0,3							
CaPO4-	5,08E-09	0,1	4,60E-09	-4,40E-02					

Transekt I / BW2-20 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	2,38E-07		2,19E-07	-3,60E-02
OH-	9,94E-09		9,04E-09	-4,10E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	1,85E-06	100,0		
AlF2+	1,22E-06	66,0	1,11E-06	-4,10E-02
AlF3	2,23E-07	12,0	2,23E-07	1,00E-03
AlF+2	2,22E-07	12,0	1,52E-07	-1,65E-01
Al(OH)2+	7,65E-08	4,1	6,96E-08	-4,10E-02
Al(OH)4-	7,56E-08	4,1	6,87E-08	-4,10E-02
AlOH+2	1,89E-08	1,0	1,29E-08	-1,65E-01
Al(OH)3	9,22E-09	0,5	9,24E-09	1,00E-03
Al+3	2,48E-09	0,1	1,06E-09	-3,71E-01
AlF4-	1,58E-09	0,1	1,44E-09	-4,10E-02
AlSO4+	1,52E-09	0,1	1,38E-09	-4,10E-02
As(3)		0,0		
H3AsO3	2,91E-22	99,9		
H2AsO3-	4,03E-25	0,1	3,67E-25	-4,10E-02
As(5)	2,78E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
H2AsO4-	1,41E-08	50,8		
HAsO4-2	1,37E-08	49,2	9,35E-09	-1,65E-01
C(4)	1,10E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HCO3-	6,66E-04	60,4		
CO2	4,27E-04	38,8	4,28E-04	1,00E-03
CaHCO3+	5,40E-06	0,5	4,91E-06	-4,10E-02
MgHCO3+	2,16E-06	0,2	1,97E-06	-4,10E-02
Ca	1,53E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca+2	1,44E-03	93,9		
CaSO4	8,80E-05	5,8	8,82E-05	1,00E-03
CaHCO3+	5,40E-06	0,4	4,91E-06	-4,10E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW2-20 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Cd	2,45E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeCl+	5,99E-12	0,1	5,45E-12	-4,10E-02	NaSO4-	1,44E-06	0,2		
Cd+2	2,08E-08	84,9			Fe(3)	1,71E-07	95,3	0,00E+00	0,00E+00	Ni	5,62E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CdSO4	1,95E-09	7,9	1,95E-09	1,00E-03	Fe(OH)2+	1,40E-07	82,0	1,27E-07	-4,10E-02	Ni+2	3,69E-08	65,5	2,52E-08	-1,65E-01
CdCl+	1,06E-09	4,3	9,67E-10	-4,10E-02	Fe(OH)3	3,04E-08	17,8	3,05E-08	1,00E-03	NiCO3	1,48E-08	26,3		
CdHCO3+	3,17E-10	1,3	2,89E-10	-4,10E-02	FeOH+2	2,69E-10	0,2			NiHCO3+	2,32E-09	4,1	2,11E-09	-4,10E-02
CdNO3+	3,00E-10	1,2	2,73E-10	-4,10E-02	Fulvate	1,67E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00	NiSO4	2,22E-09	3,9	2,22E-09	1,00E-03
CdFulvate	5,06E-11	0,2	5,08E-11	1,00E-03	Fulvate-2	1,65E-06	98,7	1,13E-06	-1,65E-01	NiCl+	5,32E-11	0,1	4,84E-11	-4,10E-02
Cd(SO4)2-2	1,91E-11	0,1	1,31E-11	-1,65E-01	CuFulvate	1,63E-08	1,0	1,64E-08	1,00E-03	P	1,05E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cl	8,41E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	HFulvate-	5,06E-09	0,3			H2PO4-	7,10E-06	67,6	6,46E-06	-4,10E-02
Cl-	8,41E-04	100,0			H(0)	4,78E-33	0,0	0,00E+00	0,00E+00	HPO4-2	2,39E-06	22,7		
Cu(1)	3,94E-14	0,0	0,00E+00	0,00E+00	H2	2,39E-33	0,0	2,40E-33	1,00E-03	CaHPO4	6,04E-07	5,7	6,05E-07	1,00E-03
Cu+	3,30E-14	86,3			Humate	1,41E-07	7,8	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	2,38E-07	2,3	2,38E-07	1,00E-03
CuCl2-	6,38E-15	16,7			Humate-2	1,39E-07				CaH2PO4+	1,21E-07	1,2	1,10E-07	-4,10E-02
Cu(2)	4,33E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuHumate	1,37E-09		1,38E-09	1,00E-03	MgH2PO4+	4,51E-08	0,4	4,10E-08	-4,10E-02
CuFulvate	1,63E-08	37,7	1,64E-08	1,00E-03	HHumate-	4,26E-10	0,3			Pb	4,83E-10	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cu+2	1,34E-08	30,8			K	1,36E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	PbCO3	1,83E-10	37,9	1,25E-10	-1,65E-01
CuCO3	3,98E-09	9,2	3,99E-09	1,00E-03	K+	1,35E-04	99,7	1,23E-04	-4,20E-02	Pb+2	1,72E-10	35,6		
Cu(OH)2	3,88E-09	9,0	3,88E-09	1,00E-03	KSO4-	3,57E-07	0,3	3,25E-07	-4,10E-02	PbHCO3+	6,63E-11	13,7	6,03E-11	-4,10E-02
CuHCO3+	3,06E-09	7,1	2,78E-09	-4,10E-02	Mg	4,40E-04	100,0			PbSO4	3,79E-11	7,8	3,80E-11	1,00E-03
CuHumate	1,37E-09	3,2	1,38E-09	1,00E-03	Mg+2	4,16E-04	94,5	2,90E-04	-1,58E-01	PbOH+	1,23E-11	2,5	1,12E-11	-4,10E-02
CuSO4	8,71E-10	2,0	8,73E-10	1,00E-03	MgSO4	2,15E-05	4,9	2,15E-05	1,00E-03	PbNO3+	8,96E-12	1,9	8,15E-12	-4,10E-02
CuOH+	4,59E-10	1,1	4,17E-10	-4,10E-02	MgHCO3+	2,16E-06	0,5			PbCl+	2,51E-12	0,5	2,28E-12	-4,10E-02
F	2,16E-05	92,2	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	2,38E-07	0,1	2,38E-07	1,00E-03	S(6)	8,95E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
F-	1,79E-05	82,9	1,63E-05	-4,10E-02	MgF+	2,36E-07	0,1	2,14E-07	-4,10E-02	SO4-2	7,83E-04	87,5	5,40E-04	-1,62E-01
AlF2+	1,22E-06	5,7			Mn(2)	4,55E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CaSO4	8,80E-05	9,8		
MgF+	2,36E-07	1,1	2,14E-07	-4,10E-02	Mn+2	4,17E-08	91,6	2,85E-08	-1,65E-01	MgSO4	2,15E-05	2,4	2,15E-05	1,00E-03
AlF3	2,23E-07	1,0	2,23E-07	1,00E-03	MnHCO3+	1,84E-09	4,0	1,85E-09	1,00E-03	NaSO4-	1,44E-06	0,2	1,31E-06	-4,10E-02
AlF+2	2,22E-07	1,0	1,52E-07	-1,65E-01	MnSO4	1,70E-09	3,7			Zn	3,39E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CaF+	9,57E-08	0,4	8,71E-08	-4,10E-02	MnCO3	1,79E-10	0,4	1,79E-10	1,00E-03	Zn+2	2,96E-06	87,4	2,03E-06	-1,65E-01
Fe(2)	8,31E-09	4,7	0,00E+00	0,00E+00	MnCl+	9,76E-11	0,2	8,87E-11	-4,10E-02	ZnSO4	2,18E-07	6,4		
Fe+2	7,56E-09	90,2	5,17E-09	-1,65E-01	Mn(3)	1,34E-26	0,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnHCO3+	1,70E-07	5,0	1,55E-07	-4,10E-02
FeHCO3+		4,1			Mn+3	1,34E-26	0,0	5,71E-27	-3,71E-01	ZnCO3	3,20E-08	0,9	3,20E-08	1,00E-03
FeSO4	3,40E-10	4,0			N(5)	4,84E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnOH+	2,34E-09	0,1	2,12E-09	-4,10E-02
FeHPO4	3,36E-11	0,4	3,36E-11	1,00E-03	NO3-	4,84E-03	100,0			ZnCl+	1,84E-09	0,1	1,68E-09	-4,10E-02
FeH2PO4+	1,84E-11	0,2	1,68E-11	-4,10E-02	Na	6,09E-04	100,0							
FeCO3	9,80E-12	0,1	9,82E-12	1,00E-03	Na+	6,08E-04	99,7	5,53E-04	-4,10E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW2-80 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	2,17E-07		2,00E-07	-3,70E-02	Cl	7,20E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuFulvate	1,01E-07	2,8	1,01E-07	1,00E-03
OH-	1,09E-08		9,91E-09	-4,20E-02	Cl-	7,19E-04	100,0			HFulvate-	9,85E-09	0,3		
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu(1)	5,22E-14	0,0	0,00E+00	0,00E+00	H(0)	9,11E-34	0,0	0,00E+00	0,00E+00
Al	1,85E-06	100,0			Cu+		90,6			H2	4,55E-34	0,0	4,56E-34	1,00E-03
AlF2+	1,18E-06	63,6	1,07E-06	-4,20E-02	CuCl2-	6,46E-15	12,8	5,87E-15	-4,20E-02	Humate	3,07E-07	7,8	0,00E+00	0,00E+00
AlF3	5,44E-07	29,3	5,45E-07	1,00E-03	Cu(2)	2,05E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Humate-2	2,98E-07			
AlF+2	8,47E-08	4,6	5,76E-08	-1,68E-01	CuFulvate	1,01E-07	49,1	1,01E-07	1,00E-03	CuHumate	8,46E-09		8,48E-09	1,00E-03
Al(OH)4-	1,64E-08	0,9	1,49E-08	-4,20E-02	Cu+2	3,89E-08	19,0			HHumate-	8,28E-10	0,3	7,52E-10	-4,20E-02
Al(OH)2+	1,38E-08	0,7	1,25E-08	-4,20E-02	CuCO3	2,16E-08	10,6	2,17E-08	1,00E-03	K	8,19E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF4-	9,83E-09	0,5	8,93E-09	-4,20E-02	CuHCO3+	1,56E-08	7,6	1,42E-08	-4,20E-02	K+	8,15E-05	99,6	7,39E-05	-4,30E-02
AlOH+2	3,12E-09	0,2	2,12E-09	-1,68E-01	Cu(OH)2	1,38E-08	6,8	1,39E-08	1,00E-03	KSO4-	3,54E-07	0,4	3,21E-07	-4,20E-02
Al(OH)3	1,82E-09	0,1	1,82E-09	1,00E-03	CuHumate	8,46E-09	4,1	8,48E-09	1,00E-03	Mg	4,81E-04	100,0		
As(3)		0,0			CuSO4	4,14E-09	2,0	4,15E-09	1,00E-03	Mg+2	4,40E-04	91,3	3,04E-04	-1,60E-01
H3AsO3	4,07E-23	100,0			CuOH+	1,46E-09	0,7	1,32E-09	-4,20E-02	MgSO4	3,70E-05	7,7	3,71E-05	1,00E-03
H2AsO3-	6,19E-26	0,2	5,62E-26	-4,20E-02	F	5,06E-05	95,5	0,00E+00	0,00E+00	MgHCO3+	4,00E-06	0,8		
As(5)	2,35E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	F-	4,55E-05	90,0	4,13E-05	-4,20E-02	MgF+	6,29E-07	0,1	5,71E-07	-4,20E-02
HAsO4-2	1,21E-08	51,7			AlF2+	1,18E-06	2,3			Mn(2)	8,27E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
H2AsO4-	1,14E-08	48,3	1,03E-08	-4,20E-02	MgF+	6,29E-07	1,2	5,71E-07	-4,20E-02	Mn+2	7,17E-05	86,7	4,87E-05	-1,68E-01
C(4)	1,88E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	AlF3	5,44E-07	1,1	5,45E-07	1,00E-03	MnHCO3+	5,17E-06	6,2	5,18E-06	1,00E-03
HCO3-	1,17E-03	62,4			CaF+	2,62E-07	0,5	2,38E-07	-4,20E-02	MnSO4	5,10E-06	6,2		
CO2	6,86E-04	36,5	6,87E-04	1,00E-03	AlF+2	8,47E-08	0,2	5,76E-08	-1,68E-01	MnCO3	5,89E-07	0,7	5,91E-07	1,00E-03
CaHCO3+	1,03E-05	0,5	9,30E-06	-4,20E-02	Fe(2)	3,55E-09	2,0	0,00E+00	0,00E+00	MnCl+	1,43E-07	0,2	1,29E-07	-4,20E-02
MnHCO3+	5,10E-06	0,3	4,63E-06	-4,20E-02	Fe+2	3,06E-09	84,9	2,08E-09	-1,68E-01	Mn(3)	4,85E-23	0,0	0,00E+00	0,00E+00
MgHCO3+	4,00E-06	0,2	3,64E-06	-4,20E-02	FeHCO3+	2,44E-10	6,8			Mn+3	4,85E-23	0,0	2,04E-23	-3,78E-01
Ca	1,72E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeSO4	2,24E-10	6,2			N(5)	2,00E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca+2	1,56E-03	90,4			FeCO3	7,59E-12	0,2	7,61E-12	1,00E-03	NO3-	2,00E-03	100,0		
CaSO4	1,56E-04	9,0	1,56E-04	1,00E-03	FeHPO4	6,89E-12	0,2	6,91E-12	1,00E-03	Na	9,05E-04	100,0		
CaHCO3+	1,03E-05	0,6	9,30E-06	-4,20E-02	FeH2PO4+	3,46E-12	0,1	3,14E-12	-4,20E-02	Na+	9,01E-04	99,6	8,19E-04	-4,20E-02
Cd	1,16E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeCl+	2,06E-12	0,1	1,87E-12	-4,20E-02	NaSO4-	3,52E-06	0,4		
Cd+2	9,36E-08	80,9			Fe(3)	1,76E-07	98,0	0,00E+00	0,00E+00	NaHCO3	4,91E-07	0,1	4,92E-07	1,00E-03
CdSO4	1,43E-08	12,4	1,43E-08	1,00E-03	Fe(OH)2+	1,42E-07	80,6	1,29E-07	-4,20E-02	Ni	4,06E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CdCl+	4,07E-09	3,5	3,70E-09	-4,20E-02	Fe(OH)3	3,37E-08	19,2	3,37E-08	1,00E-03	Ni+2	2,05E-07	50,6	1,39E-07	-1,68E-01
CdHCO3+	2,37E-09	2,0	2,15E-09	-4,20E-02	FeOH+2	2,49E-10	0,1			NiCO3	1,57E-07	38,8		
CdNO3+	5,86E-10	0,5	5,32E-10	-4,20E-02	FeFulvate+	1,17E-10	0,1	1,07E-10	-4,20E-02	NiHCO3+	2,26E-08	5,6	2,05E-08	-4,20E-02
CdFulvate	4,83E-10	0,4	4,84E-10	1,00E-03	Fulvate	3,65E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00	NiSO4	2,01E-08	5,0	2,02E-08	1,00E-03
Cd(SO4)2-2	2,32E-10	0,2	1,58E-10	-1,68E-01	Fulvate-2	3,54E-06	97,0	2,41E-06	-1,68E-01	NiCl+	2,51E-10	0,1	2,28E-10	-4,20E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW2-20 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,91E-07		1,78E-07	-3,10E-02	Cd	1,87E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00
OH-	1,50E-08		1,39E-08	-3,40E-02	Cd+2	1,58E-09	84,4		
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	1,75E-10	9,4	1,75E-10	1,00E-03
Al	1,85E-06	100,0			CdCl+	7,18E-11	3,8	6,64E-11	-3,40E-02
AlF2+	1,11E-06	59,6	1,02E-06	-3,40E-02	CdHCO3+	3,08E-11	1,6	2,84E-11	-3,40E-02
AlF3	6,17E-07	33,3	6,18E-07	1,00E-03	CdFulvate	5,01E-12	0,3	5,01E-12	1,00E-03
AlF+2	6,27E-08	3,4	4,58E-08	-1,37E-01	CdHS+	3,11E-12	0,2	2,87E-12	-3,40E-02
Al(OH)4-	3,25E-08	1,8	3,01E-08	-3,40E-02	CdNO3+	1,96E-12	0,1	1,81E-12	-3,40E-02
Al(OH)2+	1,73E-08	0,9	1,60E-08	-3,40E-02	Cd(SO4)2-2	1,73E-12	0,1	1,26E-12	-1,37E-01
AlF4-	1,30E-08	0,7	1,20E-08	-3,40E-02	Cl	6,94E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)3	3,27E-09	0,2	3,27E-09	1,00E-03	Cl-	6,94E-04	100,0		
AlOH+2	2,55E-09	0,1	1,86E-09	-1,37E-01	Cu(1)	4,72E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
As(3)		100,0			Cu+		88,1		
H3AsO3	2,35E-08	99,8			CuCl2-	5,63E-09	11,9		
H2AsO3-	4,35E-11	0,2	4,02E-11	-3,40E-02	Cu(2)	7,14E-13	0,0	0,00E+00	0,00E+00
As(5)	8,32E-16	0,0	0,00E+00	0,00E+00	CuFulvate	2,73E-13	36,7	2,73E-13	1,00E-03
HAsO4-2	4,45E-16	53,4			Cu+2	1,72E-13	23,1		
H2AsO4-	3,87E-16	46,4	3,57E-16	-3,40E-02	CuCO3	9,06E-14	12,2	9,07E-14	1,00E-03
C(4)	1,27E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Cu(OH)2	8,25E-14	11,1	8,27E-14	1,00E-03
HCO3-	8,43E-04	66,2			CuHCO3+	5,30E-14	7,1	4,90E-14	-3,40E-02
CO2	4,21E-04	33,1	4,22E-04	1,00E-03	CuHumate	2,29E-14	3,1	2,30E-14	1,00E-03
CaHCO3+	5,99E-06	0,5	5,53E-06	-3,40E-02	CuSO4	1,33E-14	1,8	1,33E-14	1,00E-03
MgHCO3+	2,06E-06	0,2	1,91E-06	-3,40E-02	CuOH+	7,61E-15	1,0	7,04E-15	-3,40E-02
MnHCO3+	6,59E-07	0,1	6,09E-07	-3,40E-02	F	5,79E-05	95,9	0,00E+00	0,00E+00
Ca	1,18E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	F-	5,29E-05	91,4	4,89E-05	-3,40E-02
Ca+2	1,10E-03	92,6			AlF2+	1,11E-06	1,9		
CaSO4	8,01E-05	6,8	8,02E-05	1,00E-03	AlF3	6,17E-07	1,1	6,18E-07	1,00E-03
CaHCO3+	5,99E-06	0,5	5,53E-06	-3,40E-02	MgF+	5,51E-07	1,0	5,09E-07	-3,40E-02
					CaF+	2,45E-07	0,4	2,26E-07	-3,40E-02
					AlF+2	6,27E-08	0,1	4,58E-08	-1,37E-01

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW2-80 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,91E-07		1,78E-07	-3,10E-02	Cd	1,87E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00
OH-	1,50E-08		1,39E-08	-3,40E-02	Cd+2	1,58E-09	84,4		
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	1,75E-10	9,4	1,75E-10	1,00E-03
Al	1,85E-06	100,0			CdCl+	7,18E-11	3,8	6,64E-11	-3,40E-02
AlF2+	1,11E-06	59,6	1,02E-06	-3,40E-02	CdHCO3+	3,08E-11	1,6	2,84E-11	-3,40E-02
AlF3	6,17E-07	33,3	6,18E-07	1,00E-03	CdFulvate	5,01E-12	0,3	5,01E-12	1,00E-03
AlF+2	6,27E-08	3,4	4,58E-08	-1,37E-01	CdHS+	3,11E-12	0,2	2,87E-12	-3,40E-02
Al(OH)4-	3,25E-08	1,8	3,01E-08	-3,40E-02	CdNO3+	1,96E-12	0,1	1,81E-12	-3,40E-02
Al(OH)2+	1,73E-08	0,9	1,60E-08	-3,40E-02	Cd(SO4)2-2	1,73E-12	0,1	1,26E-12	-1,37E-01
AlF4-	1,30E-08	0,7	1,20E-08	-3,40E-02	Cl	6,94E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)3	3,27E-09	0,2	3,27E-09	1,00E-03	Cl-	6,94E-04	100,0		
AlOH+2	2,55E-09	0,1	1,86E-09	-1,37E-01	Cu(1)	4,72E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
As(3)		100,0			Cu+		88,1		
H3AsO3	2,35E-08	99,8			CuCl2-	5,63E-09	11,9		
H2AsO3-	4,35E-11	0,2	4,02E-11	-3,40E-02	Cu(2)	7,14E-13	0,0	0,00E+00	0,00E+00
As(5)	8,32E-16	0,0	0,00E+00	0,00E+00	CuFulvate	2,73E-13	36,7	2,73E-13	1,00E-03
HAsO4-2	4,45E-16	53,4			Cu+2	1,72E-13	23,1		
H2AsO4-	3,87E-16	46,4	3,57E-16	-3,40E-02	CuCO3	9,06E-14	12,2	9,07E-14	1,00E-03
C(4)	1,27E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Cu(OH)2	8,25E-14	11,1	8,27E-14	1,00E-03
HCO3-	8,43E-04	66,2			CuHCO3+	5,30E-14	7,1	4,90E-14	-3,40E-02
CO2	4,21E-04	33,1	4,22E-04	1,00E-03	CuHumate	2,29E-14	3,1	2,30E-14	1,00E-03
CaHCO3+	5,99E-06	0,5	5,53E-06	-3,40E-02	CuSO4	1,33E-14	1,8	1,33E-14	1,00E-03
MgHCO3+	2,06E-06	0,2	1,91E-06	-3,40E-02	CuOH+	7,61E-15	1,0	7,04E-15	-3,40E-02
MnHCO3+	6,59E-07	0,1	6,09E-07	-3,40E-02	F	5,79E-05	95,9	0,00E+00	0,00E+00
Ca	1,18E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	F-	5,29E-05	91,4	4,89E-05	-3,40E-02
Ca+2	1,10E-03	92,6			AlF2+	1,11E-06	1,9		
CaSO4	8,01E-05	6,8	8,02E-05	1,00E-03	AlF3	6,17E-07	1,1	6,18E-07	1,00E-03
CaHCO3+	5,99E-06	0,5	5,53E-06	-3,40E-02	MgF+	5,51E-07	1,0	5,09E-07	-3,40E-02
					CaF+	2,45E-07	0,4	2,26E-07	-3,40E-02
					AlF+2	6,27E-08	0,1	4,58E-08	-1,37E-01
P	5,10E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
H2PO4-	3,32E-06	65,1	3,01E-06	-4,20E-02					
HPO4-2	1,23E-06	24,1							
CaHPO4	3,32E-07	6,5	3,33E-07	1,00E-03					
MgHPO4	1,28E-07	2,5	1,28E-07	1,00E-03					
CaH2PO4+	6,10E-08	1,2	5,54E-08	-4,20E-02					
MgH2PO4+	2,21E-08	0,4	2,01E-08	-4,20E-02					
CaPO4-	2,95E-09	0,1	2,68E-09	-4,20E-02					
Pb	1,11E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
PbCO3	5,15E-09	46,3	5,16E-09	1,00E-03					
Pb+2	2,86E-09	25,8							
PbHCO3+	1,82E-09	16,4	1,65E-09	-4,20E-02					
PbSO4	9,67E-10	8,7	9,69E-10	1,00E-03					
PbOH+	2,09E-10	1,9	1,90E-10	-4,20E-02					
PbNO3+	5,75E-11	0,5	5,22E-11	-4,20E-02					
PbCl+	3,33E-11	0,3	3,03E-11	-4,20E-02					
Pb(SO4)2-2	6,63E-12	0,1	4,51E-12	-1,68E-01					
S(6)	1,50E-03	100,1	0,00E+00	0,00E+00					
SO4-2	1,30E-03	86,6	8,86E-04	-1,65E-01					
CaSO4	1,56E-04	10,4							
MgSO4	3,70E-05	2,5	3,71E-05	1,00E-03					
MnSO4	5,17E-06	0,3	5,18E-06	1,00E-03					
NaSO4-	3,52E-06	0,2	3,19E-06	-4,20E-02					
Zn	2,39E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
Zn+2	1,92E-06	80,3	1,31E-06	-1,68E-01					
ZnSO4	2,31E-07	9,7							
ZnHCO3+	1,93E-07	8,1	1,76E-07	-4,20E-02					
ZnCO3	3,97E-08	1,7	3,98E-08	1,00E-03					
Zn(SO4)2-2	2,88E-09	0,1	1,95E-09	-1,68E-01					
ZnOH+	1,65E-09	0,1	1,50E-09	-4,20E-02					

Transekt I / BW2-80 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Fe(2)	1,79E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	N(-3)	2,86E-06	0,7	0,00E+00	0,00E+00	S(-2)	3,77E-12	99,9	0,00E+00	0,00E+00
Fe+2	1,60E-07	89,2	1,17E-07	-1,37E-01	NH4+	2,83E-06	99,2			CdHS+	3,11E-12	82,5	2,87E-12	-3,40E-02
FeHCO3+		5,5			NH4SO4-	2,15E-08	0,8			H2S	4,74E-13	12,6		
FeSO4	8,79E-09	4,9			NH3	2,36E-09	0,1	2,36E-09	1,00E-03	HS-	1,83E-13	4,8	1,69E-13	-3,40E-02
FeCO3	3,77E-10	0,2	3,77E-10	1,00E-03	N(5)	4,00E-04	99,3	0,00E+00	0,00E+00	S(6)	9,05E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
FeHPO4	1,41E-10	0,1	1,41E-10	1,00E-03	NO3-	4,00E-04	100,0	3,70E-04	-3,40E-02	SO4-2	8,03E-04	88,8	5,89E-04	-1,35E-01
FeCl+	1,12E-10	0,1	1,03E-10	-3,40E-02	Na	6,74E-04	100,0			CaSO4	8,01E-05	8,9	8,02E-05	1,00E-03
Fe(3)	1,02E-16	0,0	0,00E+00	0,00E+00	Na+	6,72E-04	99,7	6,22E-04	-3,40E-02	MgSO4	1,90E-05	2,1	1,90E-05	1,00E-03
Fe(OH)2+	7,78E-17	77,4	7,19E-17	-3,40E-02	NaSO4-	1,77E-06	0,3			NaSO4-	1,77E-06	0,2		
Fe(OH)3	2,38E-17	23,7	2,39E-17	1,00E-03	Ni	8,52E-10	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MnSO4	6,50E-07	0,1	6,51E-07	1,00E-03
FeOH+2	1,04E-19	0,1			Ni+2	4,51E-10	53,0	3,29E-10	-1,37E-01	Zn	1,27E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe(OH)4-	6,44E-20	0,1	5,95E-20	-3,40E-02	NiCO3	3,29E-10	38,6			Zn+2	1,07E-06	84,1	7,78E-07	-1,37E-01
Fulvate	1,89E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00	NiHCO3+	3,84E-11	4,5	3,55E-11	-3,40E-02	ZnHCO3+	9,35E-08	7,4	9,36E-08	1,00E-03
Fulvate-2	1,89E-06	99,8	1,38E-06	-1,37E-01	NiSO4	3,24E-11	3,8	3,24E-11	1,00E-03	ZnSO4	8,28E-08	6,5	7,65E-08	-3,40E-02
HFulvate-	4,94E-09	0,3	4,56E-09	-3,40E-02	NiCl+	5,73E-13	0,1	5,30E-13	-3,40E-02	ZnCO3	2,09E-08	1,7	2,10E-08	1,00E-03
H(0)	2,56E-11	0,0			P	1,62E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnOH+	1,33E-09	0,1	1,23E-09	-3,40E-02
H2	1,28E-11	0,0	1,28E-11	1,00E-03	H2PO4-	1,04E-06	64,6	9,64E-07	-3,40E-02	Zn(SO4)2-2	7,05E-10	0,1	5,15E-10	-1,37E-01
Humate	1,59E-07	7,8	0,00E+00	0,00E+00	HPO4-2	4,17E-07	25,8			ZnCl+	6,59E-10	0,1	6,09E-10	-3,40E-02
Humate-2	1,59E-07				CaHPO4	9,62E-08	6,0	9,64E-08	1,00E-03					
HHumate-	4,15E-10		3,84E-10	-3,40E-02	MgHPO4	3,52E-08	2,2	3,52E-08	1,00E-03					
K	5,12E-05	100,0			CaH2PO4+	1,53E-08	0,9	1,41E-08	-3,40E-02					
K+	5,10E-05	99,7	4,71E-05	-3,50E-02	MgH2PO4+	5,25E-09	0,3	4,85E-09	-3,40E-02					
KSO4-	1,54E-07	0,3	1,43E-07	-3,40E-02	CaPO4-	9,90E-10	0,1	9,15E-10	-3,40E-02					
Mg	3,17E-04	100,0			Pb	1,35E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
Mg+2	2,95E-04	93,2	2,18E-04	-1,32E-01	PbCO3	6,52E-09	48,2	6,52E-09	1,00E-03					
MgSO4	1,90E-05	6,0	1,90E-05	1,00E-03	Pb+2	3,81E-09	28,2							
MgHCO3+	2,06E-06	0,7			PbHCO3+	1,87E-09	13,8	1,73E-09	-3,40E-02					
MgF+	5,51E-07	0,2	5,09E-07	-3,40E-02	PbSO4	9,20E-10	6,8	9,21E-10	1,00E-03					
Mn(2)	1,34E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00	PbOH+	3,30E-10	2,4	3,05E-10	-3,40E-02					
Mn+2	1,20E-05	89,3	8,75E-06	-1,37E-01	PbCl+	4,92E-11	0,4	4,55E-11	-3,40E-02					
MnHCO3+	6,59E-07	4,9	6,09E-07	-3,40E-02	PbNO3+	1,65E-11	0,1	1,52E-11	-3,40E-02					
MnSO4	6,50E-07	4,8												
MnCO3	9,37E-08	0,7	9,38E-08	1,00E-03										
MnCl+	2,47E-08	0,2	2,28E-08	-3,40E-02										
Mn(3)	5,80E-35	0,0	0,00E+00	0,00E+00										
Mn+3	5,80E-35	0,0	2,86E-35	-3,08E-01										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 3 (25.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteil	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	5,85E-08		5,37E-08	-3,70E-02	Cd	2,14E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(2)	8,45E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
OH-	4,80E-08		4,35E-08	-4,20E-02	Cd+2	1,80E-09	84,5			Fe+2	7,21E-04	85,4	4,88E-04	-1,70E-01
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	1,69E-10	7,9	1,69E-10	1,00E-03	FeHCO3+	7,31E-05	8,7	6,63E-05	-4,20E-02
Al	1,85E-06	100,0			CdHCO3+	8,87E-11	4,2	8,05E-11	-4,20E-02	FeSO4	3,31E-05	3,9	3,32E-05	1,00E-03
AlF3	1,07E-06	57,6	1,07E-06	1,00E-03	CdCl+	5,78E-11	2,7	5,24E-11	-4,20E-02	FeCO3		1,1		
AlF2+	5,52E-07	29,8	5,01E-07	-4,20E-02	CdFulvate	9,92E-12	0,5	9,94E-12	1,00E-03	FeHPO4	5,09E-06	0,6		
Al(OH)4-	1,34E-07	7,2	1,21E-07	-4,20E-02	CdF+	2,93E-12	0,1	2,66E-12	-4,20E-02	FeF+	9,30E-07	0,1	8,44E-07	-4,20E-02
AlF4-	8,08E-08	4,4	7,33E-08	-4,20E-02	CdCO3	1,65E-12	0,1	1,12E-12	-1,70E-01	FeOH+	7,90E-07	0,1	7,16E-07	-4,20E-02
AlF+2	9,41E-09	0,5	6,36E-09	-1,70E-01	Cl	8,13E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeH2PO4+	6,79E-07	0,1	6,16E-07	-4,20E-02
Al(OH)2+	6,86E-09	0,4	6,22E-09	-4,20E-02	Cl-	8,12E-04	99,9	7,35E-04	-4,30E-02	FeCl+	5,46E-07	0,1	4,95E-07	-4,20E-02
Al(OH)3	3,98E-09	0,2	3,99E-09	1,00E-03	FeCl+	5,46E-07	0,1			Fe(3)	1,39E-08	0,0	0,00E+00	0,00E+00
As(3)		7,3			Cu(1)	1,43E-07	87,5	0,00E+00	0,00E+00	Fe(OH)2+	7,02E-09	59,9	6,37E-09	-4,20E-02
H3AsO3	3,25E-06	100,9			Cu+	1,22E-07	88,2	1,10E-07	-4,20E-02	Fe(OH)3	6,78E-09	57,8	6,79E-09	1,00E-03
H2AsO3-	1,98E-08	0,6	1,80E-08	-4,20E-02	CuCl2-		15,7			Fe(OH)4-	6,03E-11	0,5	5,47E-11	-4,20E-02
As(5)	4,09E-05	92,7	0,00E+00	0,00E+00	Cu(2)	1,41E-08	12,5			Fulvate	3,82E-06	92,5	0,00E+00	0,00E+00
HAsO4-2	3,27E-05	80,0			CuCO3	5,58E-09	28,4	5,59E-09	1,00E-03	Fulvate-2	3,81E-06	99,8		
H2AsO4-	8,14E-06	19,9	7,38E-06	-4,20E-02	Cu(OH)2	3,16E-09	16,1	3,17E-09	1,00E-03	CuFulvate	3,15E-09	0,1	3,15E-09	1,00E-03
C(4)	1,84E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuFulvate	3,15E-09	16,0			HFulvate-	2,84E-09	0,1	2,58E-09	-4,20E-02
HCO3-	1,49E-03	81,1			CuHCO3+	1,14E-09	5,8	7,72E-10	-1,70E-01	H(0)	5,13E-19	0,0	0,00E+00	0,00E+00
CO2	2,25E-04	12,2	2,25E-04	1,00E-03	Cu+2	5,80E-10	2,9	5,26E-10	-4,20E-02	H2	2,57E-19	0,0		
FeHCO3+	7,31E-05	4,0	6,63E-05	-4,20E-02	CuHumate	2,56E-10	1,3	2,56E-10	1,00E-03	Humate	3,10E-07	7,5	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	1,51E-05	0,8	1,37E-05	-4,20E-02	CuOH+	1,59E-10	0,8	1,44E-10	-4,20E-02	Humate-2	3,10E-07	99,8	2,09E-07	-1,70E-01
MnHCO3+	1,25E-05	0,7	1,13E-05	-4,20E-02	CuSO4	7,45E-11	0,4	7,46E-11	1,00E-03	CuHumate	2,56E-10	0,1	2,56E-10	1,00E-03
FeCO3	8,92E-06	0,5	8,94E-06	1,00E-03	F	2,00E-04	98,5	0,00E+00	0,00E+00	HHumate-	2,31E-10	0,1		
MnCO3	5,64E-06	0,3	5,66E-06	1,00E-03	F-	1,91E-04	95,3	1,73E-04	-4,20E-02	K	4,35E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
MgHCO3+	4,39E-06	0,2	3,98E-06	-4,20E-02	MgF+	2,35E-06	1,2	2,13E-06	-4,20E-02	K+	4,34E-05	99,7		
CaCO3	1,20E-06	0,1	1,20E-06	1,00E-03	CaF+	1,26E-06	0,6	1,14E-06	-4,20E-02	KSO4-	1,18E-07	0,3	1,07E-07	-4,20E-02
CO3-2	1,12E-06	0,1	7,64E-07	-1,65E-01	AlF3	1,07E-06	0,5			Mg	4,07E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca	1,83E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeF+	9,30E-07	0,5	8,44E-07	-4,20E-02	Mg+2	3,80E-04	93,2	2,61E-04	-1,62E-01
Ca+2	1,70E-03	93,2			AlF2+	5,52E-07	0,3	5,01E-07	-4,20E-02	MgSO4	2,04E-05	5,0		
CaSO4	1,05E-04	5,7	1,05E-04	1,00E-03	MnF+	1,23E-07	0,1	1,12E-07	-4,20E-02	MgHCO3+	4,39E-06	1,1	3,98E-06	-4,20E-02
CaHCO3+	1,51E-05	0,8	1,37E-05	-4,20E-02						MgF+	2,35E-06	0,6	2,13E-06	-4,20E-02
CaCO3	1,26E-06	0,1	1,14E-06	-4,20E-02						MgCO3	3,59E-07	0,1		
CaHPO4	1,20E-06	0,1	1,20E-06	1,00E-03										
CaF+	1,18E-06	0,1	1,19E-06	1,00E-03										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 3 (25.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Mn(2)	1,63E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MgH2PO4+	1,66E-08	0,1	1,50E-08	-4,20E-02
Mn+2	1,38E-04	84,7	9,32E-05	-1,70E-01	MgPO4-	1,23E-08	0,1	1,11E-08	-4,20E-02
MnHCO3+	1,25E-05	7,7	1,13E-05	-4,20E-02	Pb	2,51E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
MnCO3	6,24E-06	3,8	6,25E-06	1,00E-03	PbCO3	1,99E-08	79,4	2,00E-08	1,00E-03
MnSO4	5,64E-06	3,5	5,66E-06	1,00E-03	PbHCO3+	2,23E-09	8,9	1,51E-09	-1,70E-01
MnCl+	3,08E-07	0,2	2,79E-07	-4,20E-02	Pb+2	1,79E-09	7,1	1,63E-09	-4,20E-02
MnF+	1,23E-07	0,1			PbOH+	6,02E-10	2,4		
Mn(3)	1,42E-30	0,0	0,00E+00	0,00E+00	PbSO4	4,54E-10	1,8	4,55E-10	1,00E-03
Mn+3	1,42E-30	0,0	5,89E-31	-3,82E-01	Pb(CO3)2-2	5,67E-11	0,2	3,83E-11	-1,70E-01
N(-3)	2,15E-04	99,2	0,00E+00	0,00E+00	PbCl+	3,06E-11	0,1	2,78E-11	-4,20E-02
NH4+	2,13E-04	99,1	1,93E-04	-4,20E-02	S(6)	9,58E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
NH4SO4-	1,48E-06	0,7	1,34E-06	-4,20E-02	SO4-2	7,90E-04	82,4	5,38E-04	-1,67E-01
NH3	5,48E-07	0,3	5,50E-07	1,00E-03	CaSO4	1,05E-04	10,9	1,05E-04	1,00E-03
N(5)	1,79E-06	0,8			FeSO4	3,31E-05	3,5		
NO3-	1,79E-06	100,0			MgSO4	2,04E-05	2,1	2,04E-05	1,00E-03
Na	8,88E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MnSO4	6,24E-06	0,7	6,25E-06	1,00E-03
Na+	8,85E-04	99,7	8,03E-04	-4,20E-02	NaSO4-	2,12E-06	0,2	1,93E-06	-4,20E-02
NaSO4-	2,12E-06	0,2	1,93E-06	-4,20E-02	NH4SO4-	1,48E-06	0,2	1,34E-06	-4,20E-02
NaHCO3	6,13E-07	0,1			Zn	1,53E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ni	4,77E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Zn+2	1,16E-07	76,0	7,86E-08	-1,70E-01
NiCO3	3,62E-08	75,9			ZnHCO3+	1,48E-08	9,7	1,35E-08	-4,20E-02
Ni+2	9,48E-09	19,9	6,41E-09	-1,70E-01	ZnCO3	1,20E-08	7,8		
NiHCO3+	1,33E-09	2,8	1,20E-09	-4,20E-02	ZnSO4	8,57E-09	5,6	8,59E-09	1,00E-03
NiSO4	5,72E-10	1,2	5,73E-10	1,00E-03	Zn(CO3)2-2	4,32E-10	0,3	3,92E-10	-4,20E-02
Ni(CO3)2-2	7,13E-11	0,1			ZnOH+	3,42E-10	0,2	3,43E-10	1,00E-03
NiF+	2,44E-11	0,1	2,21E-11	-4,20E-02	Zn(OH)2	2,90E-10	0,2	1,96E-10	-1,70E-01
P	1,41E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnF+	1,68E-10	0,1	1,52E-10	-4,20E-02
FeHPO4	5,09E-06	36,1	5,10E-06	1,00E-03					
HPO4-2	3,88E-06	27,5	2,63E-06	-1,70E-01					
H2PO4-	2,78E-06	19,7	2,52E-06	-4,20E-02					
CaHPO4	1,18E-06	8,4							
FeH2PO4+	6,79E-07	4,8	6,16E-07	-4,20E-02					
MgHPO4	3,59E-07	2,5	3,59E-07	1,00E-03					
CaH2PO4+	5,80E-08	0,4	5,26E-08	-4,20E-02					
CaPO4-	4,06E-08	0,3	3,68E-08	-4,20E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 3 (10.11.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	2,11E-07		1,95E-07	-3,50E-02
OH-	1,46E-08		1,34E-08	-3,90E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
As(3)	1,18E-15	0,0		
H3AsO3	1,18E-15	100,1	1,18E-15	1,00E-03
H2AsO3-	2,07E-18	0,2	1,89E-18	-3,90E-02
As(5)	1,15E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HAsO4-2	6,01E-06	52,1		
H2AsO4-	5,52E-06	47,9	5,04E-06	-3,90E-02
C(4)	3,58E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HCO3-	2,31E-03	64,5		
CO2	1,23E-03	34,5	1,24E-03	1,00E-03
CaHCO3+	2,08E-05	0,6	1,90E-05	-3,90E-02
MgHCO3+	9,30E-06	0,3	8,49E-06	-3,90E-02
Ca	1,54E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca+2	1,42E-03	92,5		
CaSO4	9,42E-05	6,1	9,44E-05	1,00E-03
CaHCO3+	2,08E-05	1,3	1,90E-05	-3,90E-02
Cd	2,66E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd+2	2,21E-08	83,0		
CdSO4	2,21E-09	8,3	2,22E-09	1,00E-03
CdHCO3+	1,13E-09	4,2	1,03E-09	-3,90E-02
CdCl+	1,03E-09	3,9	9,40E-10	-3,90E-02
CdFulvate	7,34E-11	0,3	7,35E-11	1,00E-03
CdF+	2,19E-11	0,1	2,00E-11	-3,90E-02
Cd(SO4)2-2	2,15E-11	0,1	1,50E-11	-1,57E-01
CdNO3+	1,93E-11	0,1	1,76E-11	-3,90E-02
Cl	7,42E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cl-	7,42E-04	100,0		

Transekt I / GW 3 (10.11.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Cu(1)	2,17E-11	0,0	0,00E+00	0,00E+00	Humate	1,83E-07	7,5	0,00E+00	0,00E+00	P	2,74E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cu+		93,4			Humate-2	1,76E-07				H2PO4-	1,74E-06	63,5	1,59E-06	-3,90E-02
CuCl2-	2,85E-12	14,1			CuHumate	6,22E-09		6,23E-09	1,00E-03	HPO4-2	6,58E-07	24,1	4,59E-07	-1,57E-01
Cu(2)	2,47E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	HHumate-	4,87E-10	0,3			CaHPO4	1,82E-07	6,7		
CuFulvate	7,66E-08	31,0	7,67E-08	1,00E-03	K	2,25E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	8,81E-08	3,2	8,82E-08	1,00E-03
CuCO3	5,84E-08	23,6			K+	2,25E-04	99,7	2,05E-04	-4,00E-02	CaH2PO4+	3,20E-08	1,2	2,92E-08	-3,90E-02
Cu+2	4,60E-08	18,6	3,21E-08	-1,57E-01	KSO4-	6,46E-07	0,3	5,91E-07	-3,90E-02	MgH2PO4+	1,45E-08	0,5	1,33E-08	-3,90E-02
CuHCO3+	3,72E-08	15,1	3,40E-08	-3,90E-02	Mg	5,47E-04	100,0			FeHPO4	1,36E-08	0,5	1,36E-08	1,00E-03
Cu(OH)2	1,76E-08	7,1	1,76E-08	1,00E-03	Mg+2	5,06E-04	92,5	3,58E-04	-1,50E-01	FeH2PO4+	6,49E-09	0,2	5,93E-09	-3,90E-02
CuHumate	6,22E-09	2,5	6,23E-09	1,00E-03	MgSO4	2,98E-05	5,4	2,98E-05	1,00E-03	CaPO4-	1,75E-09	0,1	1,60E-09	-3,90E-02
CuSO4	3,22E-09	1,3	3,22E-09	1,00E-03	MgHCO3+	9,30E-06	1,7			Pb	1,64E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CuOH+	1,80E-09	0,7	1,64E-09	-3,90E-02	MgF+	1,96E-06	0,4	1,79E-06	-3,90E-02	PbCO3	1,01E-08	61,2	1,01E-08	1,00E-03
F	1,16E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Mn(2)	1,08E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00	PbHCO3+	3,14E-09	19,1	2,87E-09	-3,90E-02
F-	1,13E-04	97,7	1,03E-04	-3,90E-02	Mn+2	8,88E-06	82,3	6,18E-06	-1,57E-01	Pb+2	2,45E-09	14,9		
MgF+	1,96E-06	1,7			MnHCO3+	1,28E-06	11,8	1,17E-06	-3,90E-02	PbSO4	5,31E-10	3,2	5,32E-10	1,00E-03
CaF+	6,61E-07	0,6	6,04E-07	-3,90E-02	MnSO4	4,38E-07	4,1			PbOH+	1,87E-10	1,1	1,71E-10	-3,90E-02
Fe(2)	1,31E-05	79,7	0,00E+00	0,00E+00	MnCO3	1,67E-07	1,5	1,67E-07	1,00E-03	PbCl+	3,28E-11	0,2	3,00E-11	-3,90E-02
Fe+2	1,07E-05	81,4	7,46E-06	-1,57E-01	MnCl+	1,87E-08	0,2	1,71E-08	-3,90E-02	Pb(CO3)2-2	1,23E-11	0,1	8,59E-12	-1,57E-01
FeHCO3+		13,1			Mn(3)	2,89E-26	0,0	0,00E+00	0,00E+00	S(6)	9,19E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
FeSO4	5,35E-07	4,1			Mn+3	2,89E-26	0,0	1,28E-26	-3,53E-01	SO4-2	7,90E-04	86,1	5,54E-04	-1,54E-01
FeCO3	6,06E-08	0,5	6,08E-08	1,00E-03	N(-3)	3,29E-05	9,9	0,00E+00	0,00E+00	CaSO4	9,42E-05	10,3	9,44E-05	1,00E-03
FeHPO4	1,36E-08	0,1	1,36E-08	1,00E-03	NH4+	3,26E-05	99,2	2,98E-05	-3,90E-02	MgSO4	2,98E-05	3,2		
FeF+	8,44E-09	0,1	7,71E-09	-3,90E-02	NH4SO4-	2,33E-07	0,7			NaSO4-	2,27E-06	0,2	2,07E-06	-3,90E-02
FeCl+	7,63E-09	0,1	6,97E-09	-3,90E-02	NH3	2,56E-08	0,1			KSO4-	6,46E-07	0,1	5,91E-07	-3,90E-02
Fe(3)	3,44E-06	20,3	0,00E+00	0,00E+00	N(5)	3,00E-04	90,1	0,00E+00	0,00E+00	FeSO4	5,35E-07	0,1	5,36E-07	1,00E-03
Fe(OH)2+	2,67E-06	79,5	2,44E-06	-3,90E-02	NO3-	3,00E-04	100,0	2,74E-04	-3,90E-02	Zn	1,15E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe(OH)3	7,58E-07	22,6	7,60E-07	1,00E-03	Na	9,14E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Zn+2	8,60E-07	75,0	5,99E-07	-1,57E-01
FeOH+2	3,96E-09	0,1			Na+	9,11E-04	99,6			ZnHCO3+	1,75E-07	15,2	1,60E-07	-3,90E-02
Fe(OH)4-	1,95E-09	0,1	1,78E-09	-3,90E-02	NaSO4-	2,27E-06	0,2	2,07E-06	-3,90E-02	ZnSO4	6,80E-08	5,9		
Fulvate	2,25E-06	92,5	0,00E+00	0,00E+00	NaHCO3	9,89E-07	0,1			ZnCO3	4,05E-08	3,5	4,06E-08	1,00E-03
Fulvate-2	2,17E-06	96,3	1,51E-06	-1,57E-01	Ni	7,67E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnOH+	9,97E-10	0,1	9,11E-10	-3,90E-02
CuFulvate	7,66E-08	3,4	7,67E-08	1,00E-03	NiCO3	4,41E-08	57,6	4,42E-08	1,00E-03	ZnF+	7,71E-10	0,1	7,04E-10	-3,90E-02
HFulvate-	6,00E-09	0,3			Ni+2	2,52E-08	32,9	1,76E-08	-1,57E-01					
H(0)	9,22E-29	0,0	0,00E+00	0,00E+00	NiHCO3+	5,61E-09	7,3	5,13E-09	-3,90E-02					
H2	4,61E-29	0,0	4,62E-29	1,00E-03	NiSO4	1,63E-09	2,1	1,64E-09	1,00E-03					
					Ni(CO3)2-2	3,96E-11	0,1	3,62E-11	-3,90E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad$ a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 3 (15.02.99): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile) > 0,1 %):

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	7,65E-08		6,92E-08	-4,40E-02	CdCl+	9,91E-11	4,0	8,81E-11	-5,10E-02	FeOH+	5,82E-07	0,1	5,18E-07	-5,10E-02
OH-	3,66E-08		3,25E-08	-5,10E-02	CdFulvate	6,81E-12	0,3	6,83E-12	1,00E-03	FeCl+	5,75E-07	0,1	5,12E-07	-5,10E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdF+	4,83E-12	0,2	4,30E-12	-5,10E-02	Fe(3)	2,67E-08	0,0	0,00E+00	0,00E+00
Al	1,30E-06	100,0			CdCO3	2,58E-12	0,1	2,59E-12	1,00E-03	Fe(OH)2+	1,55E-08	61,4		
AlF3	8,82E-07	68,0	8,85E-07	1,00E-03	Cl	8,89E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(OH)3	1,11E-08	44,2	1,12E-08	1,00E-03
AlF2+	2,94E-07	22,7	2,62E-07	-5,10E-02	Cl-	8,88E-04	99,9			Fe(OH)4-	7,69E-11	0,3	6,84E-11	-5,10E-02
AlF4-	1,08E-07	8,3	9,60E-08	-5,10E-02	FeCl+	5,75E-07	0,1	5,12E-07	-5,10E-02	Fulvate	2,77E-06	92,5	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)4-	9,31E-09	0,7	8,28E-09	-5,10E-02	Cu(1)	5,08E-09	62,0	0,00E+00	0,00E+00	Fulvate-2	2,77E-06	99,9	1,73E-06	-2,03E-01
AlF+2	3,37E-09	0,3	2,11E-09	-2,03E-01	Cu+		86,4			HFulvate-	2,51E-09	0,1	2,23E-09	-5,10E-02
Al(OH)2+	8,24E-10	0,1	7,33E-10	-5,10E-02	CuCl2-	8,66E-10	17,7			H(0)	5,39E-20	0,0	0,00E+00	0,00E+00
As(3)		1,3			Cu(2)	2,79E-09	38,0	0,00E+00	0,00E+00	H2	2,70E-20	0,0		
H3AsO3	2,52E-07	100,1			CuCO3	1,47E-09	49,0	1,47E-09	1,00E-03	Humate	2,25E-07	7,5	0,00E+00	0,00E+00
H2AsO3-	1,20E-09	0,5	1,07E-09	-5,10E-02	Cu(OH)2	4,57E-10	15,2			Humate-2	2,25E-07	99,9		
As(5)	1,91E-05	98,7	0,00E+00	0,00E+00	CuHCO3+	3,59E-10	12,0	3,19E-10	-5,10E-02	HHumate-	2,04E-10	0,1	1,81E-10	-5,10E-02
HAsO4-2	1,47E-05	76,8			CuFulvate	2,87E-10	9,6	2,88E-10	1,00E-03	K	6,66E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
H2AsO4-	4,44E-06	23,3	3,95E-06	-5,10E-02	Cu+2	1,68E-10	5,6	1,05E-10	-2,03E-01	K+	6,64E-05	99,8		
C(4)	8,66E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuHumate	2,33E-11	0,8	2,34E-11	1,00E-03	KSO4-	1,21E-07	0,2	1,08E-07	-5,10E-02
HCO3-	6,79E-03	78,4			CuOH+	1,71E-11	0,6	1,52E-11	-5,10E-02	Mg	6,42E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CO2	1,30E-03	15,0	1,31E-03	1,00E-03	Cu(CO3)2-2	7,74E-12	0,3	4,85E-12	-2,03E-01	Mg+2	5,88E-04	91,5		
FeHCO3+	3,21E-04	3,7	2,85E-04	-5,10E-02	CuSO4	6,78E-12	0,2	6,81E-12	1,00E-03	MgHCO3+	2,88E-05	4,5	2,56E-05	-5,10E-02
CaHCO3+	9,40E-05	1,1	8,36E-05	-5,10E-02	F	3,21E-04	99,3	0,00E+00	0,00E+00	MgSO4	1,95E-05	3,0	1,96E-05	1,00E-03
MnHCO3+	6,02E-05	0,7	5,35E-05	-5,10E-02	F-	3,08E-04	95,7	2,74E-04	-5,10E-02	MgF+	5,43E-06	0,8	4,83E-06	-5,10E-02
MgHCO3+	2,94E-05	0,3	2,95E-05	1,00E-03	MgF+	5,43E-06	1,7			MgCO3	7,12E-07	0,1	7,15E-07	1,00E-03
FeCO3	2,88E-05	0,3	2,56E-05	-5,10E-02	CaF+	2,78E-06	0,9	2,47E-06	-5,10E-02	Mn(2)	2,44E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
MnCO3	2,05E-05	0,2	2,06E-05	1,00E-03	FeF+	1,45E-06	0,5	1,29E-06	-5,10E-02	Mn+2	1,58E-04	64,9		
CaCO3	5,67E-06	0,1	5,69E-06	1,00E-03	AlF3	8,82E-07	0,3	8,85E-07	1,00E-03	MnHCO3+	6,02E-05	24,7	5,35E-05	-5,10E-02
Ca	2,74E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	AlF2+	2,94E-07	0,1	2,62E-07	-5,10E-02	MnCO3	2,05E-05	8,4	2,06E-05	1,00E-03
Ca+2	2,54E-03	92,7			MnF+	2,11E-07	0,1	1,87E-07	-5,10E-02	MnSO4	4,42E-06	1,8	4,43E-06	1,00E-03
CaHCO3+	9,75E-05	3,6	9,79E-05	1,00E-03	NaF	1,79E-07	0,1	1,80E-07	1,00E-03	MnCl+	3,57E-07	0,1	3,18E-07	-5,10E-02
CaSO4	9,40E-05	3,4	8,36E-05	-5,10E-02	Fe(2)	1,13E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	MnF+	2,11E-07	0,1	1,87E-07	-5,10E-02
CaCO3	5,67E-06	0,2	5,69E-06	1,00E-03	Fe+2	7,51E-04	66,6	4,70E-04	-2,03E-01	Mn(3)	6,69E-30	0,0	0,00E+00	0,00E+00
CaF+	2,78E-06	0,1	2,47E-06	-5,10E-02	FeHCO3+		28,4			Mn+3	6,69E-30	0,0		
Cd	2,49E-09	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeCO3	2,94E-05	2,6			N(-3)	2,40E-04	99,3		
Cd+2	1,99E-09	79,9			FeSO4	2,13E-05	1,9	2,14E-05	1,00E-03	NH4+	2,39E-04	99,3	2,12E-04	-5,10E-02
CdHCO3+	2,69E-10	10,8	2,39E-10	-5,10E-02	FeHPO4	1,99E-06	0,2	1,99E-06	1,00E-03	NH4SO4-	1,11E-06	0,5	9,90E-07	-5,10E-02
CdSO4	1,16E-10	4,6	1,16E-10	1,00E-03	FeF+	1,45E-06	0,1	1,29E-06	-5,10E-02	NH3	4,52E-07	0,2	4,54E-07	1,00E-03

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad$ a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / GW 3 (15.02.99): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
N(5)	1,79E-06	0,7			Zn	5,48E-07	100,0		
NO3-	1,79E-06	100,0	1,59E-06	-5,10E-02	Zn+2	2,82E-07	51,4	1,76E-07	-2,03E-01
Na	1,29E-03	100,0			ZnHCO3+	1,51E-07	27,6	1,35E-07	-5,10E-02
Na+	1,28E-03	99,5	1,14E-03	-5,00E-02	ZnCO3	9,17E-08	16,7	9,20E-08	1,00E-03
NaHCO3	3,88E-06	0,3	3,90E-06	1,00E-03	ZnSO4	1,29E-08	2,4	1,29E-08	1,00E-03
NaSO4-	2,07E-06	0,2	1,84E-06	-5,10E-02	Zn(CO3)2-2	8,21E-09	1,5	5,14E-09	-2,03E-01
P	6,46E-06	100,0			ZnOH+	7,41E-10	0,1	6,59E-10	-5,10E-02
FeHPO4	1,99E-06	30,7	1,99E-06	1,00E-03	ZnF+	6,04E-10	0,1	5,37E-10	-5,10E-02
HPO4-2	1,70E-06	26,3	1,06E-06	-2,03E-01	Zn(OH)2	4,62E-10	0,1	4,64E-10	1,00E-03
H2PO4-	1,48E-06	22,9	1,32E-06	-5,10E-02					
CaHPO4	6,59E-07	10,2	6,61E-07	1,00E-03					
FeH2PO4+	3,49E-07	5,4	3,11E-07	-5,10E-02					
MgHPO4	2,08E-07	3,2	2,08E-07	1,00E-03					
CaH2PO4+	4,25E-08	0,7	3,78E-08	-5,10E-02					
CaPO4-	1,78E-08	0,3	1,58E-08	-5,10E-02					
MgH2PO4+	1,26E-08	0,2	1,12E-08	-5,10E-02					
MgPO4-	5,58E-09	0,1	4,97E-09	-5,10E-02					
Pb	1,35E-08	100,1							
PbCO3	1,15E-08	85,0	1,15E-08	1,00E-03					
PbHCO3+	1,37E-09	10,2	1,22E-09	-5,10E-02					
Pb+2	4,05E-10	3,0	2,54E-10	-2,03E-01					
Pb(CO3)2-2	1,21E-10	0,9	7,56E-11	-2,03E-01					
PbOH+	8,04E-11	0,6	7,15E-11	-5,10E-02					
PbSO4	5,15E-11	0,4	5,17E-11	1,00E-03					
S(6)	7,19E-04	100,0							
SO4-2	5,73E-04	79,7	3,62E-04	-1,99E-01					
CaSO4	9,75E-05	13,6	9,79E-05	1,00E-03					
FeSO4	2,13E-05	3,0	2,14E-05	1,00E-03					
MgSO4	1,95E-05	2,7	1,96E-05	1,00E-03					
MnSO4	4,42E-06	0,6	4,43E-06	1,00E-03					
NaSO4-	2,07E-06	0,3	1,84E-06	-5,10E-02					
NH4SO4-	1,11E-06	0,2	9,90E-07	-5,10E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW3-20 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	3,65E-07		3,39E-07	-3,20E-02
OH-	8,43E-09		7,75E-09	-3,60E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	4,96E-06	100,0		
AlF2+	3,37E-06	67,8	3,10E-06	-3,60E-02
AlF+2	6,64E-07	13,4	4,76E-07	-1,45E-01
AlF3	5,43E-07	10,9	5,44E-07	1,00E-03
Al(OH)2+	1,93E-07	3,9	1,78E-07	-3,60E-02
Al(OH)4-	1,07E-07	2,2	9,84E-08	-3,60E-02
Al(OH)+2	5,10E-08	1,0	3,65E-08	-1,45E-01
Al(OH)3	2,03E-08	0,4	2,03E-08	1,00E-03
Al+3	7,86E-09	0,2	3,71E-09	-3,26E-01
AlSO4+	7,77E-09	0,2	7,15E-09	-3,60E-02
AlF4-	3,33E-09	0,1	3,06E-09	-3,60E-02
As(3)		100,0		
H3AsO3	6,10E-08	99,9		
H2AsO3-	6,13E-11	0,1	5,64E-11	-3,60E-02
As(5)	6,12E-16	0,0	0,00E+00	0,00E+00
H2AsO4-	3,79E-16	61,9		
HAsO4-2	2,33E-16	38,0	1,67E-16	-1,45E-01
C(4)	1,95E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HCO3-	1,00E-03	51,4		
CO2	9,33E-04	47,9	9,34E-04	1,00E-03
CaHCO3+	8,00E-06	0,4	7,36E-06	-3,60E-02
MgHCO3+	2,71E-06	0,1	2,49E-06	-3,60E-02
Ca	1,35E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca+2	1,23E-03	90,9		
CaSO4	1,15E-04	8,5	1,15E-04	1,00E-03
CaHCO3+	8,00E-06	0,6	7,36E-06	-3,60E-02
Cd	1,36E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd+2	1,12E-07	82,1		
CdSO4	1,58E-08	11,6	1,58E-08	1,00E-03
CdCl+	4,87E-09	3,6	4,48E-09	-3,60E-02
CdHCO3+	2,54E-09	1,9	2,34E-09	-3,60E-02

Transekt I / BW3-20 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
CdFulvate	7,54E-10	0,6	7,55E-10	1,00E-03	Fulvate-2	4,16E-06	99,5	2,98E-06	-1,45E-01	P	1,62E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd(SO4)2-2	2,04E-10	0,2	1,46E-10	-1,45E-01	HFulvate-	2,05E-08	0,5	1,88E-08	-3,60E-02	H2PO4-	1,23E-06	76,3	1,13E-06	-3,60E-02
CdHS+	1,49E-10	0,1	1,37E-10	-3,60E-02	H(0)	4,02E-11	0,0			HPO4-2	2,63E-07	16,3	1,89E-07	-1,45E-01
Cl	6,74E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	H2	2,01E-11	0,0	2,01E-11	1,00E-03	CaHPO4	6,67E-08	4,1		
Cl-	6,74E-04	100,0			Humate	3,52E-07	7,8	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	2,44E-08	1,5	2,45E-08	1,00E-03
Cu(1)	7,87E-10	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Humate-2	3,50E-07				CaH2PO4+	2,02E-08	1,2	1,85E-08	-3,60E-02
Cu+		88,8			HHumate-	1,72E-09		1,58E-09	-3,60E-02	MgH2PO4+	6,95E-09	0,4	6,39E-09	-3,60E-02
CuCl2-	8,84E-11	11,2			K	4,61E-05	100,0			Pb	1,35E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cu(2)	2,46E-14	0,0	0,00E+00	0,00E+00	K+	4,59E-05	99,6	4,22E-05	-3,70E-02	PbCO3	4,79E-09	35,4	4,80E-09	1,00E-03
CuFulvate	1,48E-14	59,0	1,49E-14	1,00E-03	KSO4-	1,82E-07	0,4	1,67E-07	-3,60E-02	Pb+2	4,51E-09	33,3	3,23E-09	-1,45E-01
Cu+2	4,39E-15	17,4			Mg	3,62E-04	100,0			PbHCO3+	2,57E-09	19,0		
CuHCO3+	1,58E-15	6,3	1,45E-15	-3,60E-02	Mg+2	3,32E-04	91,6	2,41E-04	-1,39E-01	PbSO4	1,38E-09	10,2	1,38E-09	1,00E-03
CuCO3	1,44E-15	5,7	1,44E-15	1,00E-03	MgSO4	2,76E-05	7,6	2,76E-05	1,00E-03	PbOH+	2,02E-10	1,5	1,86E-10	-3,60E-02
CuHumate	1,25E-15	5,0	1,25E-15	1,00E-03	MgHCO3+	2,71E-06	0,7			PbCl+	5,66E-11	0,4	5,21E-11	-3,60E-02
Cu(OH)2	5,71E-16	2,3	5,72E-16	1,00E-03	Mn(2)	9,51E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Pb(SO4)2-2	7,69E-12	0,1	5,51E-12	-1,45E-01
CuSO4	4,33E-16	1,7	4,34E-16	1,00E-03	Mn+2	8,33E-06	87,7	5,97E-06	-1,45E-01	S(-2)	1,49E-10	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CuOH+	1,01E-16	0,4	9,28E-17	-3,60E-02	MnHCO3+	5,81E-07	6,1	5,82E-07	1,00E-03	CdHS+	1,49E-10	99,5	1,37E-10	-3,60E-02
F	2,48E-05	81,9	0,00E+00	0,00E+00	MnSO4	5,34E-07	5,6			H2S	6,01E-13	0,4	6,02E-13	1,00E-03
F-	1,54E-05	62,3	1,42E-05	-3,60E-02	MnCO3	4,05E-08	0,4	4,06E-08	1,00E-03	HS-	1,26E-13	0,1		
AlF2+	3,37E-06	13,6			MnCl+	1,64E-08	0,2	1,51E-08	-3,60E-02	S(6)	1,20E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF+2	6,64E-07	2,7	4,76E-07	-1,45E-01	Mn(3)	7,00E-35	0,0	0,00E+00	0,00E+00	SO4-2	1,06E-03	87,8	7,60E-04	-1,42E-01
AlF3	5,43E-07	2,2	5,44E-07	1,00E-03	Mn+3	7,00E-35	0,0	3,31E-35	-3,26E-01	CaSO4	1,15E-04	9,6	1,15E-04	1,00E-03
MgF+	1,80E-07	0,7	1,66E-07	-3,60E-02	N(-3)	7,14E-07	4,5	0,00E+00	0,00E+00	MgSO4	2,76E-05	2,3	2,76E-05	1,00E-03
CaF+	8,02E-08	0,3	7,38E-08	-3,60E-02	NH4+	7,07E-07	99,0			NaSO4-	2,49E-06	0,2	2,29E-06	-3,60E-02
Fe(2)	1,24E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	NH4SO4-	6,93E-09	1,0			ZnSO4	1,16E-06	0,1	1,16E-06	1,00E-03
Fe+2	1,08E-06	87,2	7,74E-07	-1,45E-01	N(5)	1,50E-05	95,5	0,00E+00	0,00E+00	Zn	1,26E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
FeHCO3+		6,3			NO3-	1,50E-05	100,0	1,38E-05	-3,60E-02	Zn+2	1,04E-05	82,2	7,42E-06	-1,45E-01
FeSO4	7,64E-08	6,2			Na	7,31E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnSO4	1,16E-06	9,2	1,16E-06	1,00E-03
FeCO3	1,59E-09	0,1	1,59E-09	1,00E-03	Na+	7,28E-04	99,6	6,71E-04	-3,60E-02	ZnHCO3+	9,38E-07	7,4	8,63E-07	-3,60E-02
FeCl+	7,20E-10	0,1	6,62E-10	-3,60E-02	NaSO4-	2,49E-06	0,3			ZnCO3	1,27E-07	1,0	1,27E-07	1,00E-03
Fe(3)	2,85E-16	0,0	0,00E+00	0,00E+00	Ni	2,11E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Zn(SO4)2-2	1,14E-08	0,1	8,18E-09	-1,45E-01
Fe(OH)2+	2,44E-16	86,7	2,24E-16	-3,60E-02	Ni+2	1,28E-07	60,8	9,20E-08	-1,45E-01	ZnOH+	7,12E-09	0,1	6,55E-09	-3,60E-02
Fe(OH)3	4,04E-17	14,3	4,04E-17	1,00E-03	NiCO3	5,82E-08	27,6	5,83E-08	1,00E-03	ZnCl+	6,32E-09	0,1	5,82E-09	-3,60E-02
FeOH+2	6,13E-19	0,2			NiHCO3+	1,27E-08	6,0							
FeFulvate+	5,15E-19	0,2	4,74E-19	-3,60E-02	NiSO4	1,18E-08	5,6	1,18E-08	1,00E-03					
Fulvate	4,18E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00	NiCl+	1,56E-10	0,1	1,43E-10	-3,60E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW3-40 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	6,55E-08		6,03E-08	-3,60E-02	Cd	1,15E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	FeH2PO4+	2,56E-07	0,1	2,33E-07	-4,10E-02
OH-	4,58E-08		4,17E-08	-4,10E-02	Cd+2	9,35E-09	81,5			FeCl+	1,79E-07	0,1	1,62E-07	-4,10E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdSO4	1,16E-09	10,1	1,17E-09	1,00E-03	Fe(3)	3,65E-12	0,0	0,00E+00	0,00E+00
Al	1,85E-06	100,0			CdHCO3+	4,38E-10	3,8	3,98E-10	-4,10E-02	Fe(OH)2+	1,91E-12	53,9	1,74E-12	-4,10E-02
Al(OH)4-	8,56E-07	46,2	7,79E-07	-4,10E-02	CdCl+	4,14E-10	3,6	3,76E-10	-4,10E-02	Fe(OH)3	1,72E-12	48,4	1,72E-12	1,00E-03
AlF2+	5,30E-07	28,6	4,82E-07	-4,10E-02	CdFulvate	7,60E-11	0,7	7,62E-11	1,00E-03	Fe(OH)4-	1,41E-14	0,4	1,28E-14	-4,10E-02
AlF3	3,51E-07	18,9	3,51E-07	1,00E-03	Cd(SO4)2-2	1,46E-11	0,1	1,00E-11	-1,65E-01	Fulvate	5,50E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)2+	5,12E-08	2,8	4,66E-08	-4,10E-02	CdHumate	6,39E-12	0,1	6,41E-12	1,00E-03	Fulvate-2	5,50E-06	99,9		
Al(OH)3	2,86E-08	1,5	2,87E-08	1,00E-03	Cl	7,20E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	HFulvate-	4,64E-09	0,1	4,22E-09	-4,10E-02
AlF+2	2,61E-08	1,4	1,79E-08	-1,65E-01	Cl-	7,19E-04	100,0	6,53E-04	-4,20E-02	H(0)	9,70E-13	0,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF4-	9,03E-09	0,5	8,21E-09	-4,10E-02	Cu(1)	5,83E-08	100,0			H2	4,85E-13	0,0	4,86E-13	1,00E-03
AlOH+2	2,63E-09	0,1	1,80E-09	-1,65E-01	Cu+	5,11E-08	87,7	4,64E-08	-4,10E-02	Humate	4,63E-07	7,8		
As(3)		100,0			CuCl2-		12,3			Humate-2	4,62E-07	99,9	3,16E-07	-1,65E-01
H3AsO3	2,86E-07	99,4			Cu(2)	5,37E-12	0,0			HHumate-	3,90E-10	0,1	3,55E-10	-4,10E-02
H2AsO3-	1,60E-09	0,6	1,46E-09	-4,10E-02	CuCO3	1,56E-12	27,5	1,56E-12	1,00E-03	K	1,33E-04		0,00E+00	0,00E+00
As(5)	1,76E-12	0,0	0,00E+00	0,00E+00	CuFulvate	1,51E-12	26,5	1,51E-12	1,00E-03	K+	1,33E-04		1,20E-04	-4,20E-02
HAsO4-2	1,37E-12	77,8			Cu(OH)2	1,42E-12	25,0			KSO4-	4,80E-07	0,4		
H2AsO4-	3,85E-13	21,8	3,50E-13	-4,10E-02	Cu+2	3,83E-13	6,7	2,62E-13	-1,65E-01	Mg	4,40E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
C(4)	2,60E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CuHCO3+	2,84E-13	5,0	2,58E-13	-4,10E-02	Mg+2	4,03E-04	91,5	2,80E-04	-1,57E-01
HCO3-	2,16E-03	83,0			CuHumate	1,31E-13	2,3	1,32E-13	1,00E-03	MgSO4	2,92E-05	6,6		
CO2	3,58E-04	13,8	3,58E-04	1,00E-03	CuOH+	4,78E-14	0,8	4,35E-14	-4,10E-02	MgHCO3+	6,79E-06	1,5	6,18E-06	-4,10E-02
FeHCO3+	3,90E-05	1,5	3,54E-05	-4,10E-02	CuSO4	3,32E-14	0,6	3,33E-14	1,00E-03	MgF+	8,72E-07	0,2	7,93E-07	-4,10E-02
CaHCO3+	2,09E-05	0,8	1,90E-05	-4,10E-02	F	6,85E-05	98,2	0,00E+00	0,00E+00	MgHPO4	3,59E-07	0,1		
MgHCO3+	6,79E-06	0,3	6,18E-06	-4,10E-02	F-	6,48E-05	94,7	5,90E-05	-4,10E-02	Mn(2)	6,24E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00
MnHCO3+	6,59E-06	0,3	5,99E-06	-4,10E-02	MgF+	8,72E-07	1,3	7,93E-07	-4,10E-02	Mn+2	4,99E-05	80,0	3,42E-05	-1,65E-01
FeCO3	4,35E-06	0,2	4,36E-06	1,00E-03	AlF2+	5,30E-07	0,8	4,82E-07	-4,10E-02	MnHCO3+	6,59E-06	10,6	5,99E-06	-4,10E-02
MnCO3	2,74E-06	0,1	2,74E-06	1,00E-03	CaF+	4,09E-07	0,6			MnCO3	3,04E-06	4,9	3,05E-06	1,00E-03
CaCO3	1,49E-06	0,1	1,49E-06	1,00E-03	AlF3	3,51E-07	0,5	3,51E-07	1,00E-03	MnSO4	2,74E-06	4,4	2,74E-06	1,00E-03
CO3-2	1,46E-06	0,1	1,01E-06	-1,60E-01	FeF+	1,17E-07	0,2	1,06E-07	-4,10E-02	MnCl+	1,00E-07	0,2	9,10E-08	-4,10E-02
Ca	1,74E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Fe(2)	3,25E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Mn(3)	4,70E-34	0,0		
Ca+2	1,58E-03	91,1			Fe+2	2,63E-04	80,9	1,80E-04	-1,65E-01	Mn+3	4,70E-34	0,0	2,00E-34	-3,70E-01
CaSO4	1,30E-04	7,5	1,30E-04	1,00E-03	FeHCO3+	3,90E-05	12,0	3,54E-05	-4,10E-02	N(-3)	3,64E-05	22,1	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	2,09E-05	1,2	1,90E-05	-4,10E-02	FeSO4	1,63E-05	5,0	1,63E-05	1,00E-03	NH4+	3,60E-05	98,8	3,28E-05	-4,10E-02
CaCO3	1,49E-06	0,1	1,49E-06	1,00E-03	FeCO3		1,3			NH4SO4-	3,26E-07	0,9	2,97E-07	-4,10E-02
CaHPO4	1,04E-06	0,1	1,04E-06	1,00E-03	FeHPO4	1,72E-06	0,5			NH3	8,84E-08	0,2	8,86E-08	1,00E-03
					FeOH+	2,77E-07	0,1	2,52E-07	-4,10E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW3-40 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
N(5)	1,29E-04	77,9			S(-2)	1,24E-18	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
NO3-	1,29E-04	100,0			CdHS+	1,22E-18	98,1	1,11E-18	-4,10E-02					
Na	8,79E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	HS-	1,28E-20	1,0	1,17E-20	-4,10E-02					
Na+	8,75E-04	99,6	7,97E-04	-4,10E-02	H2S	1,10E-20	0,9	1,11E-20	1,00E-03					
NaSO4-	2,76E-06	0,3	2,51E-06	-4,10E-02	S(6)	1,20E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
NaHCO3	8,80E-07	0,1			SO4-2	1,02E-03	84,9							
Ni	1,07E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	CaSO4	1,30E-04	10,8	1,30E-04	1,00E-03					
NiCO3	8,56E-08	79,7			MgSO4	2,92E-05	2,4	2,93E-05	1,00E-03					
Ni+2	1,67E-08	15,6	1,15E-08	-1,65E-01	FeSO4	1,63E-05	1,4	1,63E-05	1,00E-03					
NiHCO3+	3,42E-09	3,2	3,11E-09	-4,10E-02	MnSO4	3,04E-06	0,3	3,05E-06	1,00E-03					
NiSO4	1,35E-09	1,3	1,35E-09	1,00E-03	NaSO4-	2,76E-06	0,2	2,51E-06	-4,10E-02					
Ni(CO3)2-2	2,20E-10	0,2			Zn	1,26E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00					
P	9,86E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Zn+2	8,79E-07	69,7							
HPO4-2	3,52E-06	35,7	2,41E-06	-1,65E-01	ZnHCO3+	1,64E-07	13,0	1,49E-07	-4,10E-02					
H2PO4-	2,84E-06	28,8	2,58E-06	-4,10E-02	ZnCO3	1,21E-07	9,6	1,21E-07	1,00E-03					
FeHPO4	1,72E-06	17,5	1,73E-06	1,00E-03	ZnSO4	8,64E-08	6,8	8,65E-08	1,00E-03					
CaHPO4	1,04E-06	10,5	1,04E-06	1,00E-03	Zn(CO3)2-2	3,82E-09	0,3	2,61E-09	-1,65E-01					
MgHPO4	3,59E-07	3,6			ZnOH+	3,15E-09	0,2	2,86E-09	-4,10E-02					
FeH2PO4+	2,56E-07	2,6	2,33E-07	-4,10E-02	Zn(OH)2	2,08E-09	0,2	2,09E-09	1,00E-03					
CaH2PO4+	5,65E-08	0,6	5,14E-08	-4,10E-02	Zn(SO4)2-2	8,28E-10	0,1	5,67E-10	-1,65E-01					
CaPO4-	3,21E-08	0,3	2,92E-08	-4,10E-02										
MgH2PO4+	1,85E-08	0,2	1,68E-08	-4,10E-02										
MgPO4-	1,11E-08	0,1	1,01E-08	-4,10E-02										
Pb	5,60E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00										
PbCO3	4,56E-08	81,3	4,56E-08	1,00E-03										
PbHCO3+	4,47E-09	8,0	4,07E-09	-4,10E-02										
Pb+2	3,80E-09	6,8	2,60E-09	-1,65E-01										
PbSO4	1,03E-09	1,8	1,03E-09	1,00E-03										
PbOH+	9,26E-10	1,7												
Pb(CO3)2-2	1,69E-10	0,3	1,16E-10	-1,65E-01										
PbCl+	4,80E-11	0,1	4,36E-11	-4,10E-02										

Transekt I / BW3-80 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,53E-07		1,41E-07	-3,30E-02
OH-	1,58E-08		1,45E-08	-3,70E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	1,76E-05	100,0		
AlF2+	7,98E-06	45,4	7,33E-06	-3,70E-02
Al(OH)4-	4,30E-06	24,5	3,95E-06	-3,70E-02
Al(OH)2+	1,75E-06	9,9	1,60E-06	-3,70E-02
AlF+2	1,64E-06	9,3	1,17E-06	-1,48E-01
AlF3	1,26E-06	7,2	1,26E-06	1,00E-03
Al(OH)3	3,42E-07	1,9	3,43E-07	1,00E-03
AlOH+2	2,59E-07	1,5	1,84E-07	-1,48E-01
Al+3	2,04E-08	0,1	9,43E-09	-3,34E-01
AlSO4+	1,23E-08	0,1	1,13E-08	-3,70E-02
As(3)		58,3		
H3AsO3	7,86E-07	99,9		
H2AsO3-	1,70E-09	0,2	1,56E-09	-3,70E-02
As(5)	5,61E-07	41,7	0,00E+00	0,00E+00
HAsO4-2	3,33E-07	59,3		
H2AsO4-	2,28E-07	40,6	2,09E-07	-3,70E-02
C(4)	2,24E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
HCO3-	1,56E-03	69,8		
CO2	6,47E-04	28,9	6,48E-04	1,00E-03
CaHCO3+	1,08E-05	0,5	9,93E-06	-3,70E-02
FeHCO3+	8,78E-06	0,4	8,06E-06	-3,70E-02
MgHCO3+	4,59E-06	0,2	4,22E-06	-3,70E-02
MnHCO3+	1,89E-06	0,1	1,73E-06	-3,70E-02
Ca	1,25E-03	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Ca+2	1,17E-03	93,6		
CaSO4	6,79E-05	5,4	6,80E-05	1,00E-03
CaHCO3+	1,08E-05	0,9	9,93E-06	-3,70E-02
Cd	1,65E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd+2	1,40E-08	84,8		
CdSO4	1,24E-09	7,5	1,24E-09	1,00E-03
CdCl+	6,13E-10	3,7	5,63E-10	-3,70E-02
CdHCO3+	4,90E-10	3,0	4,50E-10	-3,70E-02
CdFulvate	8,59E-11	0,5	8,60E-11	1,00E-03

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt I / BW3-80 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
CdNO3+	6,12E-11	0,4	5,62E-11	-3,70E-02	HFulvate-	7,87E-09	0,2	7,22E-09	-3,70E-02	NiSO4	2,40E-09	2,1	2,40E-09	1,00E-03
Cd(SO4)2-2	1,07E-11	0,1	7,57E-12	-1,48E-01	H(0)	1,31E-18	0,0	0,00E+00	0,00E+00	P	9,70E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cl	6,94E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00	H2	6,56E-19	0,0	6,57E-19	1,00E-03	H2PO4-	5,39E-06	55,6	4,95E-06	-3,70E-02
Cl-	6,94E-04	100,0			Humate	3,26E-07	7,8	0,00E+00	0,00E+00	HPO4-2	2,73E-06	28,2	1,94E-06	-1,48E-01
Cu(1)	2,68E-08	91,2	0,00E+00	0,00E+00	Humate-2	3,25E-07		2,31E-07	-1,48E-01	CaHPO4	6,11E-07	6,3		
Cu+		88,4			HHumate-	6,61E-10		6,07E-10	-3,70E-02	FeHPO4	4,33E-07	4,5	4,34E-07	1,00E-03
CuCl2-	3,17E-09	11,9	2,91E-09	-3,70E-02	K	1,54E-04	100,0			MgHPO4	2,58E-07	2,7	2,59E-07	1,00E-03
Cu(2)	2,48E-09	8,8	0,00E+00	0,00E+00	K+	1,53E-04	99,7	1,40E-04	-3,80E-02	FeH2PO4+	1,52E-07	1,6	1,39E-07	-3,70E-02
CuFulvate	1,11E-09	43,2	1,11E-09	1,00E-03	KSO4-	3,71E-07	0,2	3,41E-07	-3,70E-02	CaH2PO4+	7,83E-08	0,8	7,19E-08	-3,70E-02
CuCO3	4,03E-10	15,7			Mg	3,87E-04	100,0			MgH2PO4+	3,12E-08	0,3	2,86E-08	-3,70E-02
Cu+2	3,60E-10	14,0	2,56E-10	-1,48E-01	Mg+2	3,64E-04	94,0	2,62E-04	-1,42E-01	Pb	6,52E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Cu(OH)2	2,68E-10	10,4	2,68E-10	1,00E-03	MgSO4	1,79E-05	4,6	1,80E-05	1,00E-03	PbCO3	4,04E-08	62,0	4,05E-08	1,00E-03
CuHCO3+	2,01E-10	7,8	1,84E-10	-3,70E-02	MgHCO3+	4,59E-06	1,2			PbHCO3+	1,12E-08	17,1	7,93E-09	-1,48E-01
CuHumate	9,35E-11	3,6	9,36E-11	1,00E-03	MgHPO4	2,58E-07	0,1	2,59E-07	1,00E-03	Pb+2	9,86E-09	15,1		
CuSO4	2,23E-11	0,9	2,23E-11	1,00E-03	Mn(2)	2,21E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00	PbSO4	2,19E-09	3,4	2,19E-09	1,00E-03
CuOH+	1,97E-11	0,8	1,81E-11	-3,70E-02	Mn+2	1,90E-05	86,2	1,35E-05	-1,48E-01	PbOH+	1,19E-09	1,8	1,09E-09	-3,70E-02
F	3,69E-05	71,5	0,00E+00	0,00E+00	MnHCO3+	1,89E-06	8,5	1,73E-06	-3,70E-02	PbNO3+	1,59E-10	0,2	1,46E-10	-3,70E-02
F-	1,52E-05	41,2	1,39E-05	-3,70E-02	MnSO4	8,03E-07	3,6			PbCl+	1,33E-10	0,2	1,22E-10	-3,70E-02
AlF2+	7,98E-06	21,6			MnCO3	3,15E-07	1,4	3,16E-07	1,00E-03	Pb(CO3)2-2	4,21E-11	0,1	2,99E-11	-1,48E-01
AlF+2	1,64E-06	4,4	1,17E-06	-1,48E-01	MnCl+	3,82E-08	0,2	3,51E-08	-3,70E-02	S(-2)	7,41E-28	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF3	1,26E-06	3,4	1,26E-06	1,00E-03	Mn(3)	2,43E-31	0,0	0,00E+00	0,00E+00	CdHS+	7,25E-28	97,9	6,66E-28	-3,70E-02
MgF+	1,82E-07	0,5	1,67E-07	-3,70E-02	Mn+3	2,43E-31	0,0	1,13E-31	-3,34E-01	H2S	1,10E-29	1,5	1,10E-29	1,00E-03
CaF+	6,92E-08	0,2	6,35E-08	-3,70E-02	N(-3)	4,29E-05	3,1	0,00E+00	0,00E+00	HS-	4,95E-30	0,7		
Fe(2)	9,23E-05	100,0	0,00E+00	0,00E+00	NH4+	4,25E-05	99,3			S(6)	7,80E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe+2	7,90E-05	85,7	5,61E-05	-1,48E-01	NH4SO4-	2,69E-07	0,6			SO4-2	6,88E-04	88,2	4,91E-04	-1,46E-01
FeHCO3+		9,5			NH3	3,77E-08	0,1	3,78E-08	1,00E-03	CaSO4	6,79E-05	8,7	6,80E-05	1,00E-03
FeSO4	3,39E-06	3,7	3,39E-06	1,00E-03	N(5)	1,36E-03	96,9	0,00E+00	0,00E+00	MgSO4	1,79E-05	2,3	1,80E-05	1,00E-03
FeCO3	4,33E-07	0,5	4,34E-07	1,00E-03	NO3-	1,36E-03	100,0	1,25E-03	-3,70E-02	FeSO4	3,39E-06	0,4	3,39E-06	1,00E-03
FeHPO4	3,95E-07	0,4	3,96E-07	1,00E-03	Na	7,75E-04	100,0			NaSO4-	1,68E-06	0,2	1,54E-06	-3,70E-02
FeH2PO4+	1,52E-07	0,2	1,39E-07	-3,70E-02	Na+	7,72E-04	99,7	7,10E-04	-3,70E-02	MnSO4	8,03E-07	0,1		
FeCl+	5,37E-08	0,1	4,93E-08	-3,70E-02	NaSO4-	1,68E-06	0,2			Zn	3,00E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Fe(3)	2,03E-10	0,0	0,00E+00	0,00E+00	NaHCO3	5,72E-07	0,1	5,73E-07	1,00E-03	Zn+2	2,39E-06	79,7	1,70E-06	-1,48E-01
Fe(OH)2+	1,51E-10	75,6	1,38E-10	-3,70E-02	Ni	1,16E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00	ZnHCO3+	3,34E-07	11,2	3,07E-07	-3,70E-02
Fe(OH)3	5,22E-11	26,2	5,23E-11	1,00E-03	NiCO3	6,49E-08	56,0	6,50E-08	1,00E-03	ZnSO4	1,67E-07	5,6	1,67E-07	1,00E-03
Fulvate	3,87E-06	92,2	0,00E+00	0,00E+00	Ni+2	4,20E-08	36,2			ZnCO3	9,94E-08	3,3	9,95E-08	1,00E-03
Fulvate-2	3,86E-06	99,8	2,75E-06	-1,48E-01	NiHCO3+	6,45E-09	5,6	5,92E-09	-3,70E-02	ZnOH+	3,11E-09	0,1	2,85E-09	-3,70E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / Mulde (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	7,79E-08		7,24E-08	-3,20E-02	Cu(1)		0,0			H(0)	1,25E-29	0,0	0,00E+00	0,00E+00
OH-	3,10E-08		2,86E-08	-3,50E-02	Cu+	1,75E-12	89,4			H2	6,25E-30	0,0	6,26E-30	1,00E-03
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CuCl2-	2,39E-13	12,2	2,20E-13	-3,50E-02	Humate	2,40E-07			
Al	1,05E-05	100,0			Cu(2)	3,15E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00	Humate-2	2,39E-07		1,73E-07	-1,41E-01
Al(OH)4-	8,61E-06	82,2	7,94E-06	-3,50E-02	Cu(OH)2	1,25E-08	39,8			CuHumate	8,62E-10	0,4		
Al(OH)2+	9,11E-07	8,7	8,40E-07	-3,50E-02	CuFulvate	8,60E-09	27,3	8,61E-09	1,00E-03	HHumate-	2,53E-10	0,1	2,33E-10	-3,50E-02
AlF2+	3,72E-07	3,5	3,43E-07	-3,50E-02	Cu+2	4,36E-09	13,8	3,15E-09	-1,41E-01	K	1,10E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Al(OH)3	3,53E-07	3,4	3,53E-07	1,00E-03	CuCO3	3,47E-09	11,0	3,48E-09	1,00E-03	K+	1,10E-04	99,7	1,01E-04	-3,60E-02
AlF+2	1,28E-07	1,2	9,27E-08	-1,41E-01	CuHCO3+	8,79E-10	2,8	8,11E-10	-3,50E-02	KSO4-	3,04E-07	0,3		
AlOH+2	6,76E-08	0,6	4,89E-08	-1,41E-01	CuHumate	8,62E-10	2,7	8,63E-10	1,00E-03	Mg	3,70E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
AlF3	3,46E-08	0,3	3,47E-08	1,00E-03	CuOH+	4,72E-10	1,5	4,35E-10	-3,50E-02	Mg+2	3,49E-04	94,1	2,55E-04	-1,35E-01
As(3)	3,14E-19	0,0			CuSO4	3,13E-10	1,0	3,14E-10	1,00E-03	MgSO4	2,00E-05	5,4		
H3AsO3	3,12E-19	99,6	3,13E-19	1,00E-03	F	1,00E-05	95,6	0,00E+00	0,00E+00	MgHCO3+	1,59E-06	0,4	1,47E-06	-3,50E-02
H2AsO3-	1,32E-21	0,4	1,21E-21	-3,50E-02	F-	8,89E-06	88,9			Mn(2)	2,35E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
As(5)	7,16E-08	100,0			AlF2+	3,72E-07	3,7	3,43E-07	-3,50E-02	Mn+2	2,13E-06	91,0	1,54E-06	-1,41E-01
HAsO4-2	5,28E-08	73,8	3,82E-08	-1,41E-01	AlF+2	1,28E-07	1,3	9,27E-08	-1,41E-01	MnSO4	1,05E-07	4,5		
H2AsO4-	1,88E-08	26,2	1,73E-08	-3,50E-02	MgF+	1,04E-07	1,0	9,61E-08	-3,50E-02	MnHCO3+	7,66E-08	3,3	7,06E-08	-3,50E-02
C(4)	6,79E-04	100,0			AlF3	3,46E-08	0,3	3,47E-08	1,00E-03	MnCO3	2,52E-08	1,1	2,52E-08	1,00E-03
HCO3-	5,55E-04	81,7	5,13E-04	-3,40E-02	CaF+	3,35E-08	0,3	3,09E-08	-3,50E-02	MnCl+	4,38E-09	0,2	4,04E-09	-3,50E-02
CO2	1,18E-04	17,4	1,18E-04	1,00E-03	Fe(2)	3,99E-06	34,5	0,00E+00	0,00E+00	Mn(3)	4,49E-27	0,0	0,00E+00	0,00E+00
CaHCO3+	3,19E-06	0,5	2,94E-06	-3,50E-02	Fe+2		90,9			Mn+3	4,49E-27	0,0	2,17E-27	-3,16E-01
MgHCO3+	1,59E-06	0,2	1,47E-06	-3,50E-02	FeSO4	1,81E-07	4,5	1,82E-07	1,00E-03	N(-3)	2,00E-05	1,0		
Ca	1,02E-03	100,0			FeHCO3+	1,47E-07	3,7	1,35E-07	-3,50E-02	NH4+	1,98E-05	99,1		
Ca+2	9,48E-04	93,3	6,92E-04	-1,37E-01	FeCO3	1,30E-08	0,3	1,30E-08	1,00E-03	NH4SO4-	1,43E-07	0,7	1,32E-07	-3,50E-02
CaSO4	6,40E-05	6,3	6,41E-05	1,00E-03	FeHPO4	5,22E-09	0,1	5,23E-09	1,00E-03	NH3	3,47E-08	0,2	3,47E-08	1,00E-03
CaHCO3+	3,19E-06	0,3	2,94E-06	-3,50E-02	FeOH+	2,78E-09	0,1	2,57E-09	-3,50E-02	N(5)	1,94E-03	99,0	0,00E+00	0,00E+00
Cd	9,52E-09	100,0			FeCl+	2,53E-09	0,1	2,33E-09	-3,50E-02	NO3-	1,94E-03	100,0		
Cd+2	8,12E-09	85,2	5,87E-09	-1,41E-01	Fe(3)	7,62E-06	65,5	0,00E+00	0,00E+00	Na	6,96E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CdSO4	8,37E-10	8,8	8,38E-10	1,00E-03	Fe(OH)2+	4,51E-06	59,4	4,16E-06	-3,50E-02	Na+	6,94E-04	99,7		
CdCl+	3,65E-10	3,8	3,37E-10	-3,50E-02	Fe(OH)3	3,08E-06	40,5			NaSO4-	1,72E-06	0,2	1,58E-06	-3,50E-02
CdHCO3+	1,03E-10	1,1	9,53E-11	-3,50E-02	Fe(OH)4-	1,88E-08	0,2	1,73E-08	-3,50E-02	Ni	1,99E-07	100,0	0,00E+00	0,00E+00
CdNO3+	5,17E-11	0,5	4,77E-11	-3,50E-02	Fulvate	2,39E-06	90,9	0,00E+00	0,00E+00	NiCO3	9,86E-08	49,5		
CdFulvate	3,20E-11	0,3	3,20E-11	1,00E-03	Fulvate-2	2,38E-06	99,5	1,72E-06	-1,41E-01	Ni+2	8,96E-08	45,0	6,48E-08	-1,41E-01
Cd(SO4)2-2	8,04E-12	0,1	5,82E-12	-1,41E-01	CuFulvate	8,60E-09	0,4			NiSO4	5,95E-09	3,0	5,95E-09	1,00E-03
Cl	6,97E-04	100,0			HFulvate-	2,52E-09	0,1	2,32E-09	-3,50E-02	NiHCO3+	4,98E-09	2,5	4,59E-09	-3,50E-02
Cl-	6,97E-04	100,0	6,42E-04	-3,60E-02						NiCl+	1,13E-10	0,1	1,05E-10	-3,50E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / Mulde (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
P	1,62E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
H2PO4-	7,06E-07	43,7		
HPO4-2	6,90E-07	42,7	4,99E-07	-1,41E-01
CaHPO4	1,30E-07	8,0	1,30E-07	1,00E-03
MgHPO4	6,48E-08	4,0	6,49E-08	1,00E-03
CaH2PO4+	8,50E-09	0,5	7,84E-09	-3,50E-02
FeHPO4	5,22E-09	0,3	5,23E-09	1,00E-03
MgH2PO4+	3,99E-09	0,2	3,68E-09	-3,50E-02
CaPO4-	3,16E-09	0,2	2,91E-09	-3,50E-02
MgPO4-	1,57E-09	0,1	1,45E-09	-3,50E-02
FeH2PO4+	9,32E-10	0,1	8,59E-10	-3,50E-02
Pb	3,72E-08	100,0	0,00E+00	0,00E+00
PbCO3	2,19E-08	58,9		
Pb+2	8,50E-09	22,9	6,15E-09	-1,41E-01
PbHCO3+	2,72E-09	7,3	2,51E-09	-3,50E-02
PbSO4	1,93E-09	5,2	1,94E-09	1,00E-03
PbOH+	1,79E-09	4,8	1,66E-09	-3,50E-02
PbNO3+	1,77E-10	0,5	1,63E-10	-3,50E-02
PbCl+	1,04E-10	0,3	9,56E-11	-3,50E-02
S(6)	8,56E-04	100,0	0,00E+00	0,00E+00
SO4-2	7,70E-04	89,9		
CaSO4	6,40E-05	7,5	6,41E-05	1,00E-03
MgSO4	2,00E-05	2,3	2,00E-05	1,00E-03
NaSO4-	1,72E-06	0,2	1,58E-06	-3,50E-02
Zn	1,04E-06	100,0	0,00E+00	0,00E+00
Zn+2	8,93E-07	85,7		
ZnSO4	7,25E-08	7,0	7,26E-08	1,00E-03
ZnHCO3+	4,52E-08	4,3	4,17E-08	-3,50E-02
ZnCO3	2,64E-08	2,5	2,65E-08	1,00E-03
ZnOH+	2,31E-09	0,2	2,13E-09	-3,50E-02
Zn(OH)2	1,55E-09	0,1	1,55E-09	1,00E-03
Zn(SO4)2-2	5,33E-10	0,1	3,86E-10	-1,41E-01

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 1 (13.10.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	3,12E-07		2,88E-07	-3,40E-02	CdHCO3+	9,99E-10	1,9	9,14E-10	-3,80E-02
OH-	1,53E-08		1,40E-08	-3,80E-02	Cd(SO4)2-2	7,42E-11	0,1	5,21E-11	-1,53E-01
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdFulvate	5,84E-11	0,1	5,85E-11	1,00E-03
Al	1,30E-06	100,0			CdNO3+	5,13E-11	0,1	4,70E-11	-3,80E-02
AlF2+	8,03E-07	61,8	7,35E-07	-3,80E-02	Cl	1,15E-03	100,0		
AlF3	1,71E-07	13,2	1,71E-07	1,00E-03	Cl-	1,15E-03	100,0	1,05E-03	-3,90E-02
AlF+2	1,18E-07	9,1	8,31E-08	-1,53E-01	Cu(1)	2,91E-10	0,2		
Al(OH)4-	9,64E-08	7,4	8,83E-08	-3,80E-02	Cu+	2,14E-10	77,6	1,96E-10	-3,80E-02
Al(OH)2+	7,96E-08	6,1	7,29E-08	-3,80E-02	CuCl2-	7,70E-11	28,0	7,05E-11	-3,80E-02
Al(OH)3	1,51E-08	1,2	1,52E-08	1,00E-03	CuCl3-2	1,60E-13	0,1	1,12E-13	-1,53E-01
AlOH+2	1,10E-08	0,8	7,71E-09	-1,53E-01	Cu(2)	1,23E-07	99,8		
AlF4-	1,39E-09	0,1	1,28E-09	-3,80E-02	Cu+2	4,29E-08	35,0	3,01E-08	-1,53E-01
Al+3	1,05E-09	0,1	4,76E-10	-3,45E-01	CuFulvate	2,92E-08	23,8	2,93E-08	1,00E-03
AlSO4+	1,04E-09	0,1	9,54E-10	-3,80E-02	CuCO3	1,93E-08	15,8	1,93E-08	1,00E-03
As(3)	3,00E-14	0,0			CuHCO3+	1,58E-08	12,9	1,45E-08	-3,80E-02
H3AsO3	3,00E-14	100,0	3,00E-14	1,00E-03	Cu(OH)2	7,55E-09	6,2	7,57E-09	1,00E-03
H2AsO3-	4,35E-17	0,1	3,98E-17	-3,80E-02	CuSO4	4,18E-09	3,4	4,19E-09	1,00E-03
As(5)	1,38E-06	100,0			CuHumate	2,37E-09	1,9	2,38E-09	1,00E-03
H2AsO4-	7,90E-07	57,1	7,23E-07	-3,80E-02	CuOH+	1,14E-09	0,9	1,04E-09	-3,80E-02
HAsO4-2	5,92E-07	42,8	4,16E-07	-1,53E-01	F	2,32E-05	95,0		
C(4)	1,80E-03	100,0			F-	2,05E-05	88,4	1,88E-05	-3,80E-02
HCO3-	1,04E-03	58,0	9,57E-04	-3,70E-02	AlF2+	8,03E-07	3,5	7,35E-07	-3,80E-02
CO2	7,41E-04	41,2	7,42E-04	1,00E-03	MgF+	3,18E-07	1,4	2,91E-07	-3,80E-02
CaHCO3+	8,34E-06	0,5	7,63E-06	-3,80E-02	AlF3	1,71E-07	0,7	1,71E-07	1,00E-03
MgHCO3+	3,43E-06	0,2	3,14E-06	-3,80E-02	AlF+2	1,18E-07	0,5	8,31E-08	-1,53E-01
Ca	1,21E-03	100,0			CaF+	1,06E-07	0,5	9,68E-08	-3,80E-02
Ca+2	1,10E-03	90,8	7,80E-04	-1,49E-01	NaF	1,51E-08	0,1	1,51E-08	1,00E-03
CaSO4	1,03E-04	8,5	1,03E-04	1,00E-03	Fe(2)	3,38E-06	97,6		
CaHCO3+	8,34E-06	0,7	7,63E-06	-3,80E-02	Fe+2	2,94E-06	86,7	2,06E-06	-1,53E-01
Cd	5,34E-08	100,0			FeHCO3+	2,18E-07	6,4	2,18E-07	1,00E-03
Cd+2	4,30E-08	80,6	3,02E-08	-1,53E-01	FeSO4	2,15E-07	6,4	1,97E-07	-3,80E-02
CdSO4	5,98E-09	11,2	5,99E-09	1,00E-03	FeCO3	5,90E-09	0,2	5,91E-09	1,00E-03
CdCl+	3,19E-09	6,0	2,92E-09	-3,80E-02	FeCl+	3,27E-09	0,1	3,00E-09	-3,80E-02
					FeHPO4	3,08E-09	0,1	3,09E-09	1,00E-03
					FeH2PO4+	2,11E-09	0,1	1,93E-09	-3,80E-02
					Fe(3)	8,41E-08	2,4		

Transekt III / GW 1 (13.10.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Fe(OH)2+	6,75E-08	81,3	6,18E-08	-3,80E-02	Na	1,54E-03	100,0			ZnSO4	7,31E-07	0,1	6,69E-07	-3,80E-02
Fe(OH)3	1,65E-08	19,9	1,65E-08	1,00E-03	Na+	1,53E-03	99,6	1,40E-03	-3,80E-02	Zn	8,10E-06	100,0		
FeOH+2	1,20E-10	0,1	8,40E-11	-1,53E-01	NaSO4-	5,26E-06	0,3	4,82E-06	-3,80E-02	Zn+2	6,61E-06	81,7	4,65E-06	-1,53E-01
Fulvate	9,05E-07	92,5			Ni	2,71E-07	100,0			ZnHCO3+	7,33E-07	9,1	7,35E-07	1,00E-03
Fulvate-2	8,72E-07	96,4	6,13E-07	-1,53E-01	Ni+2	1,49E-07	55,0	1,05E-07	-1,53E-01	ZnSO4	6,11E-07	7,6	5,60E-07	-3,80E-02
CuFulvate	2,92E-08	3,2	2,93E-08	1,00E-03	NiCO3	9,27E-08	34,2	9,28E-08	1,00E-03	ZnCO3	1,11E-07	1,4	1,11E-07	1,00E-03
HFulvate-	3,59E-09	0,4	3,29E-09	-3,80E-02	NiHCO3+	1,51E-08	5,6	1,38E-08	-3,80E-02	ZnCl+	8,56E-09	0,1	7,84E-09	-3,80E-02
H(0)	2,52E-26				NiSO4	1,36E-08	5,0	1,36E-08	1,00E-03	ZnOH+	7,91E-09	0,1	7,25E-09	-3,80E-02
H2	1,26E-26		1,26E-26	1,00E-03	NiCl+	3,03E-10	0,1	2,77E-10	-3,80E-02	Zn(SO4)2-2	6,87E-09	0,1	4,83E-09	-1,53E-01
Humate	7,35E-08	7,5			P	2,82E-06	100,0							
Humate-2	7,09E-08	96,4	4,98E-08	-1,53E-01	H2PO4-	2,04E-06	72,2	1,87E-06	-3,80E-02					
CuHumate	2,37E-09	3,2	2,38E-09	1,00E-03	HPO4-2	5,35E-07	19,0	3,76E-07	-1,53E-01					
HHumate-	2,92E-10	0,4	2,67E-10	-3,80E-02	CaHPO4	1,29E-07	4,6	1,29E-07	1,00E-03					
K	1,74E-04	100,0			MgHPO4	6,49E-08	2,3	6,50E-08	1,00E-03					
K+	1,73E-04	99,5	1,58E-04	-3,90E-02	CaH2PO4+	3,24E-08	1,1	2,97E-08	-3,80E-02					
KSO4-	7,31E-07	0,4	6,69E-07	-3,80E-02	MgH2PO4+	1,54E-08	0,5	1,41E-08	-3,80E-02					
Mg	4,49E-04	100,0			FeHPO4	3,08E-09	0,1	3,09E-09	1,00E-03					
Mg+2	4,08E-04	90,9	2,91E-04	-1,47E-01	FeH2PO4+	2,11E-09	0,1	1,93E-09	-3,80E-02					
MgSO4	3,71E-05	8,3	3,72E-05	1,00E-03	Pb	2,85E-08	100,0							
MgHCO3+	3,43E-06	0,8	3,14E-06	-3,80E-02	PbCO3	1,22E-08	42,6	1,22E-08	1,00E-03					
MgF+	3,18E-07	0,1	2,91E-07	-3,80E-02	Pb+2	8,34E-09	29,3	5,86E-09	-1,53E-01					
Mn(2)	7,25E-07	100,0			PbHCO3+	4,87E-09	17,1	4,45E-09	-3,80E-02					
Mn+2	6,31E-07	87,0	4,43E-07	-1,53E-01	PbSO4	2,43E-09	8,5	2,43E-09	1,00E-03					
MnHCO3+	4,64E-08	6,4	4,65E-08	1,00E-03	PbOH+	4,33E-10	1,5	3,96E-10	-3,80E-02					
MnSO4	4,13E-08	5,7	3,78E-08	-3,80E-02	PbCl+	2,00E-10	0,7	1,84E-10	-3,80E-02					
MnCO3	4,20E-09	0,6	4,21E-09	1,00E-03	PbNO3+	4,15E-11	0,1	3,80E-11	-3,80E-02					
MnCl+	2,08E-09	0,3	1,90E-09	-3,80E-02	S(6)	1,19E-03	100,0							
Mn(3)	3,95E-28	0,0			SO4-2	1,04E-03	87,7	7,38E-04	-1,51E-01					
Mn+3	3,95E-28		1,78E-28	-3,45E-01	CaSO4	1,03E-04	8,6	1,03E-04	1,00E-03					
N(-3)	7,14E-07	0,1			MgSO4	3,71E-05	3,1	3,72E-05	1,00E-03					
NH4+	7,07E-07	99,0	6,47E-07	-3,80E-02	NaSO4-	5,26E-06	0,4	4,82E-06	-3,80E-02					
NH4SO4-	6,72E-09	0,9	6,16E-09	-3,80E-02	KSO4-	7,33E-07	0,1	7,35E-07	1,00E-03					
NH3	5,56E-10	0,1	5,57E-10	1,00E-03										
N(5)	4,79E-04	99,9												
NO3-	4,79E-04	100,0	4,38E-04	-3,80E-02										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW1-20 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	3,37E-07		3,16E-07	-2,70E-02	Cl	2,40E-04	100,0			Fe(2)	1,75E-06	90,6		
OH-	8,66E-09		8,09E-09	-3,00E-02	Cl-	2,40E-04	100,0	2,24E-04	-3,00E-02	Fe+2	1,58E-06	90,3	1,20E-06	-1,18E-01
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu(1)	5,92E-12	0,0			FeSO4	9,82E-08	5,6	9,83E-08	0,00E+00
Al	9,15E-06	100,0			Cu+	5,82E-12	97,2	5,44E-12	-3,00E-02	FeHCO3+	7,05E-08	4,0	6,58E-08	-3,00E-02
AlF2+	3,18E-06	34,8	2,97E-06	-3,00E-02	CuCl2-	9,61E-14	1,6	8,98E-14	-3,00E-02	FeCO3	1,55E-09	0,1	1,55E-09	0,00E+00
Al(OH)2+	1,93E-06	21,1	1,80E-06	-3,00E-02	CuCl3-2	3,91E-17	0,0	2,98E-17	-1,18E-01	FeHPO4	1,00E-09	0,1	1,00E-09	0,00E+00
AlF+2	1,87E-06	20,4	1,42E-06	-1,18E-01	Cu(2)	1,32E-07	100,0			Fe(3)	1,79E-07	9,4		
Al(OH)4-	1,19E-06	13,0	1,11E-06	-3,00E-02	CuFulvate	1,01E-07	76,6	1,01E-07	0,00E+00	Fe(OH)2+	1,51E-07	83,2	1,41E-07	-3,00E-02
AlOH+2	4,69E-07	5,1	3,57E-07	-1,18E-01	Cu+2	1,30E-08	9,8	9,91E-09	-1,18E-01	Fe(OH)3	2,68E-08	14,8	2,68E-08	0,00E+00
Al(OH)3	2,15E-07	2,4	2,15E-07	0,00E+00	CuHumate	8,52E-09	6,4	8,53E-09	0,00E+00	FeFulvate+	6,21E-10	0,3	5,80E-10	-3,00E-02
AlF3	1,68E-07	1,8	1,68E-07	0,00E+00	Cu(OH)2	2,92E-09	2,2	2,73E-09	-3,00E-02	FeOH+2	3,43E-10	0,2	2,61E-10	-1,18E-01
Al+3	6,39E-08	0,7	3,46E-08	-2,66E-01	CuHCO3+	2,87E-09	2,2	2,87E-09	0,00E+00	Fulvate	8,63E-06	92,2		
AlSO4+	5,93E-08	0,6	5,54E-08	-3,00E-02	CuCO3	2,07E-09	1,6	2,07E-09	0,00E+00	Fulvate-2	8,48E-06	98,3	6,46E-06	-1,18E-01
As(3)	3,90E-17	0,0			CuSO4	1,14E-09	0,9	1,14E-09	0,00E+00	CuFulvate	1,01E-07	1,2	1,01E-07	0,00E+00
H3AsO3	3,90E-17	99,7	3,90E-17	0,00E+00	CuOH+	3,36E-10	0,3	3,13E-10	-3,00E-02	HFulvate-	4,07E-08	0,5	3,80E-08	-3,00E-02
H2AsO3-	4,08E-20	0,1	3,81E-20	-3,00E-02	CuCl+	2,72E-12	0,0	2,54E-12	-3,00E-02	H(0)	2,55E-28			
As(5)	6,25E-08	100,0			CuF+	7,51E-13	0,0	7,02E-13	-3,00E-02	H2	1,27E-28		1,28E-28	0,00E+00
H2AsO4-	3,84E-08	61,4	3,59E-08	-3,00E-02	Cu(CO3)2-2	2,57E-13	0,0	1,95E-13	-1,18E-01	Humate	7,25E-07	7,8		
HAsO4-2	2,41E-08	38,6	1,83E-08	-1,18E-01	Cu2(OH)2+2	9,96E-15	0,0	7,59E-15	-1,18E-01	Humate-2	7,13E-07	98,3	5,43E-07	-1,18E-01
C(4)	1,11E-03	100,0			Cu(OH)3-	4,22E-16	0,0	3,95E-16	-3,00E-02	CuHumate	8,52E-09	1,2	8,53E-09	0,00E+00
HCO3-	5,87E-04	52,8	5,49E-04	-2,90E-02	CuCl2	2,52E-16	0,0	2,53E-16	0,00E+00	HHumate-	3,42E-09	0,5	3,20E-09	-3,00E-02
CO2	5,22E-04	46,9	5,22E-04	0,00E+00	Cu(OH)4-2	3,27E-22	0,0	2,49E-22	-1,18E-01	K	1,97E-04	100,0		
CaHCO3+	2,36E-06	0,2	2,21E-06	-3,00E-02	CuCl3-	1,58E-22	0,0	1,47E-22	-3,00E-02	K+	1,96E-04	99,6	1,83E-04	-3,00E-02
MgHCO3+	1,14E-06	0,1	1,06E-06	-3,00E-02	CuCl4-2	1,45E-28	0,0	1,10E-28	-1,18E-01	KSO4-	6,45E-07	0,3	6,02E-07	-3,00E-02
Ca	6,41E-04	100,0			0,00E+00					Mg	2,43E-04	100,0		
Ca+2	5,90E-04	92,0	4,52E-04	-1,16E-01	F	1,37E-05	74,3			Mg+2	2,25E-04	92,7	1,73E-04	-1,15E-01
CaSO4	4,86E-05	7,6	4,86E-05	0,00E+00	F-	4,89E-06	35,7	4,57E-06	-3,00E-02	MgSO4	1,64E-05	6,7	1,64E-05	0,00E+00
CaHCO3+	2,36E-06	0,4	2,21E-06	-3,00E-02	AlF2+	3,18E-06	23,3	2,97E-06	-3,00E-02	MgHCO3+	1,14E-06	0,5	1,06E-06	-3,00E-02
Cd	6,27E-08	100,0			AlF+2	1,87E-06	13,7	1,42E-06	-1,18E-01	Mn(2)	4,55E-08	100,0		
Cd+2	5,34E-08	85,2	4,07E-08	-1,18E-01	AlF3	1,68E-07	1,2	1,68E-07	0,00E+00	Mn+2	4,12E-08	90,5	3,14E-08	-1,18E-01
CdSO4	6,68E-09	10,7	6,69E-09	0,00E+00	MgF+	4,07E-08	0,3	3,80E-08	-3,00E-02	MnSO4	2,53E-09	5,6	2,53E-09	0,00E+00
CdCl+	8,78E-10	1,4	8,21E-10	-3,00E-02	CaF+	1,28E-08	0,1	1,20E-08	-3,00E-02	MnHCO3+	1,64E-09	3,6	1,53E-09	-3,00E-02
CdFulvate	8,30E-10	1,3	8,31E-10	0,00E+00						MnCO3	1,34E-10	0,3	1,35E-10	0,00E+00
CdHCO3+	7,56E-10	1,2	7,06E-10	-3,00E-02						MnCl+	3,06E-11	0,1	2,86E-11	-3,00E-02
CdHumate	6,98E-11	0,1	6,99E-11	0,00E+00						Mn(3)	1,13E-28	0,0		
Cd(SO4)2-2	6,80E-11	0,1	5,18E-11	-1,18E-01						Mn+3	1,13E-28		6,14E-29	-2,66E-01

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW1-20 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
N(-3)	7,14E-07	4,3			Zn	2,71E-06	100,0		
NH4+	7,08E-07	99,1	6,61E-07	-3,00E-02	Zn+2	2,33E-06	85,8	1,77E-06	-1,18E-01
NH4SO4-	5,78E-09	0,8	5,40E-09	-3,00E-02	ZnSO4	2,30E-07	8,5	2,30E-07	0,00E+00
N(5)	1,57E-05	95,7			ZnHCO3+	1,31E-07	4,8	1,23E-07	-3,00E-02
NO3-	1,57E-05	100,0	1,47E-05	-3,00E-02	ZnCO3	1,91E-08	0,7	1,91E-08	0,00E+00
Na	7,05E-04	100,0			Zn(SO4)2-2	1,78E-09	0,1	1,36E-09	-1,18E-01
Na+	7,03E-04	99,7	6,57E-04	-2,90E-02	ZnOH+	1,75E-09	0,1	1,63E-09	-3,00E-02
NaSO4-	2,00E-06	0,3	1,87E-06	-3,00E-02					
Ni	9,88E-08	100,0							
Ni+2	6,83E-08	69,1	5,20E-08	-1,18E-01					
NiCO3	2,08E-08	21,0	2,08E-08	0,00E+00					
NiSO4	5,52E-09	5,6	5,53E-09	0,00E+00					
NiHCO3+	4,21E-09	4,3	3,94E-09	-3,00E-02					
P		100,0							
H2PO4-	1,26E-06	78,3	1,18E-06	-3,00E-02					
HPO4-2	2,76E-07	17,1	2,10E-07	-1,18E-01					
CaHPO4	3,76E-08	2,3	3,76E-08	0,00E+00					
MgHPO4	1,94E-08	1,2	1,94E-08	0,00E+00					
CaH2PO4+	1,05E-08	0,6	9,76E-09	-3,00E-02					
MgH2PO4+	5,09E-09	0,3	4,75E-09	-3,00E-02					
FeHPO4	1,00E-09	0,1	1,00E-09	0,00E+00					
Pb	1,59E-08	100,0							
Pb+2	6,65E-09	41,7	5,06E-09	-1,18E-01					
PbCO3	4,74E-09	29,8	4,75E-09	0,00E+00					
PbSO4	2,36E-09	14,8	2,21E-09	-3,00E-02					
PbHCO3+	1,80E-09	11,3	1,81E-09	0,00E+00					
PbOH+	3,34E-10	2,1	3,12E-10	-3,00E-02					
PbCl+	3,13E-11	0,2	2,93E-11	-3,00E-02					
S(6)	8,98E-04	100,0							
SO4-2	8,30E-04	92,4	6,34E-04	-1,17E-01					
CaSO4	4,86E-05	5,4	4,86E-05	0,00E+00					
MgSO4	1,64E-05	1,8	1,64E-05	0,00E+00					
NaSO4-	2,00E-06	0,2	1,87E-06	-3,00E-02					
KSO4-	6,45E-07	0,1	6,02E-07	-3,00E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW1-40 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	3,10E-07		2,88E-07	-3,10E-02
OH-	7,29E-09		6,73E-09	-3,40E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	1,85E-06	100,0		
AlF2+	1,14E-06	61,3	1,05E-06	-3,40E-02
AlF+2	3,46E-07	18,7	2,52E-07	-1,38E-01
Al(OH)2+	1,22E-07	6,6	1,13E-07	-3,40E-02
AlF3	1,20E-07	6,5	1,20E-07	1,00E-03
Al(OH)4-	6,82E-08	3,7	6,30E-08	-3,40E-02
AlOH+2	3,88E-08	2,1	2,83E-08	-1,38E-01
Al(OH)3	1,12E-08	0,6	1,12E-08	1,00E-03
Al+3	6,29E-09	0,3	3,09E-09	-3,09E-01
AlSO4+	4,44E-09	0,2	4,10E-09	-3,40E-02
As(3)	4,54E-19	0,0		
H3AsO3	4,54E-19	100,0	4,55E-19	1,00E-03
H2AsO3-	4,65E-22	0,1	4,30E-22	-3,40E-02
As(5)	8,51E-08	100,0		
H2AsO4-	5,00E-08	58,8	4,62E-08	-3,40E-02
HAsO4-2	3,50E-08	41,2	2,55E-08	-1,38E-01
C(4)	1,30E-03	100,0		
HCO3-	6,95E-04	53,4	6,43E-04	-3,30E-02
CO2	6,00E-04	46,1	6,01E-04	1,00E-03
CaHCO3+	3,72E-06	0,3	3,44E-06	-3,40E-02
MgHCO3+	2,03E-06	0,2	1,87E-06	-3,40E-02
Ca	9,63E-04	100,0		
Ca+2	9,00E-04	93,4	6,61E-04	-1,34E-01
CaSO4	5,97E-05	6,2	5,98E-05	1,00E-03
CaHCO3+	3,72E-06	0,4	3,44E-06	-3,40E-02

Transekt III / BW1-40 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Cd	4,41E-08	100,0			FeH2PO4+	4,80E-10	0,2	4,44E-10	-3,40E-02	Na+	7,12E-04	99,7	6,58E-04	-3,40E-02
Cd+2	3,70E-08	84,0	2,70E-08	-1,38E-01	FeCO3	2,60E-10	0,1	2,60E-10	1,00E-03	NaSO4-	1,72E-06	0,2	1,59E-06	-3,40E-02
CdSO4	3,77E-09	8,6	3,77E-09	1,00E-03	FeCl+	1,67E-10	0,1	1,54E-10	-3,40E-02	Ni	3,37E-07	100,0		
CdCl+	1,69E-09	3,8	1,56E-09	-3,40E-02	Fe(3)	2,21E-07	45,7			Ni+2	2,28E-07	67,7	1,66E-07	-1,38E-01
CdHCO3+	7,11E-10	1,6	7,12E-10	1,00E-03	Fe(OH)2+	1,88E-07	85,6	1,74E-07	-3,40E-02	NiCO3	7,79E-08	23,1	7,80E-08	1,00E-03
CdFulvate	5,94E-10	1,3	5,48E-10	-3,40E-02	Fe(OH)3	3,13E-08	14,2	3,13E-08	1,00E-03	NiHCO3+	1,60E-08	4,7	1,48E-08	-3,40E-02
CdNO3+	1,80E-10	0,4	1,66E-10	-3,40E-02	FeFulvate+	1,16E-09	0,5	1,07E-09	-3,40E-02	NiSO4	1,49E-08	4,4	1,49E-08	1,00E-03
CdHumate	5,98E-11	0,1	5,98E-11	1,00E-03	FeOH+2	4,59E-10	0,2	3,34E-10	-1,38E-01	NiCl+	2,94E-10	0,1	2,72E-10	-3,40E-02
Cd(SO4)2-2	3,56E-11	0,1	2,59E-11	-1,38E-01	Fulvate	1,15E-05	92,2			P	7,42E-06	100,0		
Cl	7,05E-04	100,0			Fulvate-2	1,15E-05	99,3	8,35E-06	-1,38E-01	H2PO4-	5,59E-06	75,3	5,16E-06	-3,40E-02
Cl-	7,05E-04	100,0	6,51E-04	-3,50E-02	HFulvate-	4,85E-08	0,4	4,48E-08	-3,40E-02	HPO4-2	1,36E-06	18,3	9,89E-07	-1,38E-01
Cu(1)	1,08E-13	0,0			CuFulvate	2,60E-08	0,2	2,61E-08	1,00E-03	CaHPO4	2,42E-07	3,3	2,43E-07	1,00E-03
Cu+	9,43E-14	88,2	8,71E-14	-3,40E-02	H(0)	1,52E-30				MgHPO4	1,29E-07	1,7	1,29E-07	1,00E-03
CuCl2-	1,33E-14	12,4	1,23E-14	-3,40E-02	H2	7,58E-31		7,59E-31	1,00E-03	CaH2PO4+	6,32E-08	0,9	5,84E-08	-3,40E-02
CuCl3-2	1,60E-17	0,0	1,17E-17	-1,38E-01	Humate	9,70E-07	7,8			MgH2PO4+	3,17E-08	0,4	2,93E-08	-3,40E-02
Cu(2)	3,31E-08	100,0			Humate-2	9,63E-07	99,3	7,02E-07	-1,38E-01	Pb	2,41E-10	100,0		
CuFulvate	2,60E-08	78,8	2,61E-08	1,00E-03	HHumate-	4,08E-09	0,4	3,77E-09	-3,40E-02	Pb+2	9,62E-11	39,8	7,01E-11	-1,38E-01
Cu+2	2,71E-09	8,2	1,97E-09	-1,38E-01	CuHumate	2,19E-09	0,2	2,19E-09	1,00E-03	PbCO3	7,69E-11	31,9	7,70E-11	1,00E-03
CuHumate	2,19E-09	6,6	2,19E-09	1,00E-03	K	1,28E-04	100,0			PbHCO3+	3,88E-11	16,1	3,58E-11	-3,40E-02
CuHCO3+	6,88E-10	2,1	6,36E-10	-3,40E-02	K+	1,28E-04	99,8	1,18E-04	-3,50E-02	PbSO4	2,17E-11	9,0	2,17E-11	1,00E-03
CuCO3	6,69E-10	2,0	6,70E-10	1,00E-03	KSO4-	3,43E-07	0,3	3,17E-07	-3,40E-02	PbOH+	5,13E-12	2,1	4,74E-12	-3,40E-02
Cu(OH)2	4,94E-10	1,5	4,95E-10	1,00E-03	Mg	3,74E-04	100,0			PbNO3+	1,49E-12	0,6	1,37E-12	-3,40E-02
CuSO4	1,92E-10	0,6	1,92E-10	1,00E-03	Mg+2	3,53E-04	94,2	2,60E-04	-1,32E-01	PbCl+	1,17E-12	0,5	1,08E-12	-3,40E-02
CuOH+	7,40E-11	0,2	6,84E-11	-3,40E-02	MgSO4	1,96E-05	5,2	1,96E-05	1,00E-03	S(6)	8,34E-04	100,0		
F	1,32E-05	89,5			MgHCO3+	2,03E-06	0,5	1,87E-06	-3,40E-02	SO4-2	7,53E-04	90,2	5,51E-04	-1,35E-01
F-	1,00E-05	76,1	9,26E-06	-3,40E-02	Mn(2)	4,55E-08	100,0			CaSO4	5,97E-05	7,2	5,98E-05	1,00E-03
AlF2+	1,14E-06	8,6	1,05E-06	-3,40E-02	Mn+2	4,14E-08	91,0	3,02E-08	-1,38E-01	MgSO4	1,96E-05	2,4	1,96E-05	1,00E-03
AlF+2	3,46E-07	2,6	2,52E-07	-1,38E-01	MnHCO3+	1,98E-09	4,4	1,99E-09	1,00E-03	NaSO4-	1,72E-06	0,2	1,59E-06	-3,40E-02
AlF3	1,20E-07	0,9	1,20E-07	1,00E-03	MnSO4	1,87E-09	4,1	1,73E-09	-3,40E-02	0,00E+00		0,0		
MgF+	1,18E-07	0,9	1,09E-07	-3,40E-02	MnCO3	1,51E-10	0,3	1,52E-10	1,00E-03	Zn	2,02E-06	100,0		
CaF+	3,55E-08	0,3	3,28E-08	-3,40E-02	MnCl+	8,66E-11	0,2	8,00E-11	-3,40E-02	Zn+2	1,75E-06	86,6	1,27E-06	-1,38E-01
Fe(2)	2,61E-07	54,3			Mn(3)	8,83E-28	0,0			ZnSO4	1,40E-07	6,9	1,40E-07	1,00E-03
Fe+2	2,35E-07	90,0	1,72E-07	-1,38E-01	Mn+3	8,83E-28		4,33E-28	-3,09E-01	ZnHCO3+	1,11E-07	5,5	1,03E-07	-3,40E-02
FeHCO3+	1,19E-08	4,6	1,10E-08	-3,40E-02	N(5)	1,44E-03	100,0			ZnCO3	1,60E-08	0,8	1,60E-08	1,00E-03
FeSO4	1,15E-08	4,4	1,15E-08	1,00E-03	NO3-	1,44E-03	100,0	1,33E-03	-3,40E-02	ZnOH+	1,07E-09	0,1	9,93E-10	-3,40E-02
FeHPO4	6,74E-10	0,3	6,75E-10	1,00E-03	Na	7,14E-04	100,0			Zn(SO4)2-2	1,01E-09	0,1	7,36E-10	-1,38E-01

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 2 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	4,32E-07		3,98E-07	-3,50E-02	Cl	8,27E-04	100,0			H(0)	2,61E-27			
OH-	5,80E-09		5,30E-09	-3,90E-02	Cl-	8,27E-04	100,0	7,54E-04	-4,00E-02	H2	1,30E-27		1,31E-27	1,00E-03
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu(1)	4,31E-12	0,0			Humate	3,40E-07	7,5		
Al	4,28E-06	100,0			Cu+	3,62E-12	86,1	3,31E-12	-3,90E-02	Humate-2	3,37E-07	99,2	2,35E-07	-1,57E-01
AlF2+	3,05E-06	71,3	2,79E-06	-3,90E-02	CuCl2-	6,83E-13	16,2	6,24E-13	-3,90E-02	HHumate-	1,91E-09	0,6	1,74E-09	-3,90E-02
AlF3	7,21E-07	16,8	7,22E-07	1,00E-03	Cu(2)	1,89E-08	100,0			CuHumate	9,13E-10	0,3	9,14E-10	1,00E-03
AlF+2	4,22E-07	9,9	2,94E-07	-1,57E-01	CuFulvate	1,12E-08	59,4	1,13E-08	1,00E-03	K	6,40E-05	100,0		
Al(OH)2+	3,90E-08	0,9	3,56E-08	-3,90E-02	Cu+2	3,53E-09	18,7	2,46E-09	-1,57E-01	K+	6,37E-05	99,6	5,81E-05	-4,00E-02
AlOH+2	1,60E-08	0,4	1,12E-08	-1,57E-01	CuHCO3+	1,41E-09	7,5	1,29E-09	-3,90E-02	KSO4-	2,87E-07	0,4	2,62E-07	-3,90E-02
Al(OH)4-	1,24E-08	0,3	1,14E-08	-3,90E-02	CuCO3	1,01E-09	5,4	1,01E-09	1,00E-03	Mg	3,91E-04	100,0		
AlF4-	6,58E-09	0,2	6,01E-09	-3,90E-02	CuHumate	9,13E-10	4,8	9,14E-10	1,00E-03	Mg+2	3,55E-04	90,9	2,51E-04	-1,50E-01
AlSO4+	3,83E-09	0,1	3,49E-09	-3,90E-02	CuSO4	3,96E-10	2,1	3,97E-10	1,00E-03	MgSO4	3,20E-05	8,2	3,21E-05	1,00E-03
Al+3	3,56E-09	0,1	1,58E-09	-3,54E-01	Cu(OH)2	3,23E-10	1,7	3,24E-10	1,00E-03	MgHCO3+	3,23E-06	0,8	2,95E-06	-3,90E-02
Al(OH)3	2,77E-09	0,1	2,78E-09	1,00E-03	CuOH+	6,75E-11	0,4	6,17E-11	-3,90E-02	MgF+	2,66E-07	0,1	2,43E-07	-3,90E-02
As(3)	4,06E-15	0,0			F	3,21E-05	85,9			Mn(2)	1,21E-06	100,0		
H3AsO3	4,05E-15	100,0	4,06E-15	1,00E-03	F-	2,30E-05	71,5	2,10E-05	-3,90E-02	Mn+2	1,05E-06	86,6	7,29E-07	-1,57E-01
H2AsO3-	3,16E-18	0,1	2,89E-18	-3,90E-02	AlF2+	3,05E-06	9,5	2,79E-06	-3,90E-02	MnHCO3+	8,04E-08	6,6	8,05E-08	1,00E-03
As(5)	3,39E-07	100,0			AlF3	7,21E-07	2,2	7,22E-07	1,00E-03	MnSO4	7,46E-08	6,2	6,81E-08	-3,90E-02
H2AsO4-	2,22E-07	65,5	2,03E-07	-3,90E-02	AlF+2	4,22E-07	1,3	2,94E-07	-1,57E-01	MnCO3	4,44E-09	0,4	4,45E-09	1,00E-03
HAsO4-2	1,17E-07	34,5	8,16E-08	-1,57E-01	MgF+	2,66E-07	0,8	2,43E-07	-3,90E-02	MnCl+	2,45E-09	0,2	2,24E-09	-3,90E-02
C(4)	2,48E-03	100,0			CaF+	1,36E-07	0,4	1,24E-07	-3,90E-02	Mn(3)	9,08E-28	0,0		
CO2	1,32E-03	53,2	1,32E-03	1,00E-03	Fe(2)	8,72E-06	98,5			Mn+3	8,83E-28		4,02E-28	-3,54E-01
HCO3-	1,15E-03	46,2	1,05E-03	-3,80E-02	Fe+2	7,51E-06	86,1	5,23E-06	-1,57E-01	N(-3)	7,14E-07	28,6		
CaHCO3+	1,03E-05	0,4	9,42E-06	-3,90E-02	FeHCO3+	6,00E-07	6,9	5,48E-07	-3,90E-02	NH4+	7,06E-07	98,8	6,45E-07	-3,90E-02
MgHCO3+	3,23E-06	0,1	2,95E-06	-3,90E-02	FeSO4	5,86E-07	6,7	5,87E-07	1,00E-03	NH4SO4-	8,24E-09	1,2	7,53E-09	-3,90E-02
Ca	1,71E-03	100,0			FeCO3	9,62E-09	0,1	9,64E-09	1,00E-03	N(5)	1,79E-06	71,4		
Ca+2	1,53E-03	89,9	1,08E-03	-1,53E-01	FeCl+	5,96E-09	0,1	5,45E-09	-3,90E-02	NO3-	1,79E-06	100,1	1,63E-06	-3,90E-02
CaSO4	1,62E-04	9,5	1,62E-04	1,00E-03	Fe(3)	1,34E-07	1,5			Na	9,79E-04	100,0		
CaHCO3+	1,03E-05	0,6	9,42E-06	-3,90E-02	Fe(OH)2+	1,18E-07	89,7	1,08E-07	-3,90E-02	Na+	9,75E-04	99,6	8,91E-04	-3,90E-02
Cd	9,26E-09	100,0			Fe(OH)3	1,47E-08	11,1	1,47E-08	1,00E-03	NaSO4-	3,91E-06	0,4	3,57E-06	-3,90E-02
Cd+2	7,42E-09	80,2	5,17E-09	-1,57E-01	FeFulvate+	4,33E-10	0,3	3,96E-10	-3,90E-02	NaHCO3	5,24E-07	0,1	5,25E-07	1,00E-03
CdSO4	1,20E-09	12,9	1,20E-09	1,00E-03	FeOH+2	3,95E-10	0,3	2,75E-10	-1,57E-01					
CdCl+	3,81E-10	4,1	3,48E-10	-3,90E-02	Fulvate	4,19E-06	92,5							
CdHCO3+	1,88E-10	2,0	1,71E-10	-3,90E-02	Fulvate-2	4,15E-06	99,2	2,89E-06	-1,57E-01					
CdFulvate	4,71E-11	0,5	4,72E-11	1,00E-03	HFulvate-	2,35E-08	0,6	2,14E-08	-3,90E-02					
Cd(SO4)2-2	1,93E-11	0,2	1,34E-11	-1,57E-01	CuFulvate	1,12E-08	0,3	1,13E-08	1,00E-03					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 2 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Ni	2,73E-07	100,0							
Ni+2	1,69E-07	62,1	1,18E-07	-1,57E-01					
NiCO3	6,70E-08	24,6	6,71E-08	1,00E-03					
NiHCO3+	1,87E-08	6,8	1,71E-08	-3,90E-02					
NiSO4	1,75E-08	6,4	1,76E-08	1,00E-03					
NiCl+	2,44E-10	0,1	2,23E-10	-3,90E-02					
P	1,62E-06	100,0							
H2PO4-	1,26E-06	78,0	1,15E-06	-3,90E-02					
HPO4-2	2,31E-07	14,3	1,61E-07	-1,57E-01					
CaHPO4	6,54E-08	4,1	6,56E-08	1,00E-03					
CaH2PO4+	2,37E-08	1,5	2,17E-08	-3,90E-02					
MgHPO4	2,06E-08	1,3	2,07E-08	1,00E-03					
MgH2PO4+	7,04E-09	0,4	6,44E-09	-3,90E-02					
FeHPO4	3,34E-09	0,2	3,35E-09	1,00E-03					
FeH2PO4+	3,30E-09	0,2	3,02E-09	-3,90E-02					
Pb	1,88E-08	100,0							
PbCO3	6,34E-09	33,7	4,41E-09	-1,57E-01					
Pb+2	5,88E-09	31,2	5,89E-09	1,00E-03					
PbHCO3+	4,02E-09	21,4	3,68E-09	-3,90E-02					
PbSO4	2,25E-09	11,9	2,25E-09	1,00E-03					
PbOH+	2,37E-10	1,3	2,16E-10	-3,90E-02					
PbCl+	8,87E-11	0,5	8,10E-11	-3,90E-02					
Pb(SO4)2-2	1,54E-11	0,1	1,07E-11	-1,57E-01					
S(6)	1,49E-03	100,0							
SO4-2	1,29E-03	86,7	9,07E-04	-1,54E-01					
CaSO4	1,62E-04	10,8	1,62E-04	1,00E-03					
MgSO4	3,20E-05	2,1	3,21E-05	1,00E-03					
NaSO4-	3,91E-06	0,3	3,57E-06	-3,90E-02					
Zn	2,16E-06	100,0							
Zn+2	1,74E-06	80,6	1,21E-06	-1,57E-01					
ZnSO4	2,21E-07	10,2	2,22E-07	1,00E-03					
ZnHCO3+	1,75E-07	8,1	1,60E-07	-3,90E-02					
ZnCO3	1,86E-08	0,9	1,86E-08	1,00E-03					
Zn(SO4)2-2	2,73E-09	0,1	1,90E-09	-1,57E-01					
ZnCl+	1,13E-09	0,1	1,03E-09	-3,90E-02					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW2-30 (10.11.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,28E-06		1,20E-06	-2,90E-02	CuHCO3+	1,18E-09	0,7	1,09E-09	-3,10E-02
OH-	2,21E-09		2,05E-09	-3,10E-02	CuSO4	1,12E-09	0,6	1,13E-09	0,00E+00
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CuCO3	3,00E-10	0,2	3,00E-10	0,00E+00
As(3)	1,05E-08	0,6			Cu(OH)2	1,35E-10	0,1	1,35E-10	0,00E+00
H3AsO3	1,05E-08	100,0	1,05E-08	0,00E+00	F	7,90E-06	100,0		
As(5)	1,63E-06	99,4			F-	7,79E-06	98,7	7,25E-06	-3,10E-02
H2AsO4-	1,40E-06	85,7	1,30E-06	-3,10E-02	MgF+	6,77E-08	0,9	6,30E-08	-3,10E-02
HAsO4-2	2,33E-07	14,3	1,75E-07	-1,26E-01	CaF+	2,33E-08	0,3	2,17E-08	-3,10E-02
C(4)	1,10E-03	100,0			HF	9,74E-09	0,1	9,75E-09	0,00E+00
CO2	8,52E-04	77,1	8,53E-04	0,00E+00	Fe(2)	8,55E-06	100,0		
HCO3-	2,51E-04	22,7	2,34E-04	-3,10E-02	Fe+2	7,84E-06	91,7	5,87E-06	-1,26E-01
CaHCO3+	1,15E-06	0,1	1,07E-06	-3,10E-02	FeSO4	5,01E-07	5,9	5,02E-07	0,00E+00
Ca	7,51E-04	100,0			FeHCO3+	1,47E-07	1,7	1,37E-07	-3,10E-02
Ca+2	6,91E-04	92,0	5,21E-04	-1,23E-01	FeH2PO4+	4,22E-08	0,5	3,93E-08	-3,10E-02
CaSO4	5,86E-05	7,8	5,87E-05	0,00E+00	FeHPO4	1,46E-08	0,2	1,46E-08	0,00E+00
CaHCO3+	1,15E-06	0,2	1,07E-06	-3,10E-02	FeCl+	4,89E-09	0,1	4,55E-09	-3,10E-02
Cd	6,94E-09	100,0			Fe(3)	1,57E-10	0,0		
Cd+2	5,77E-09	83,1	4,32E-09	-1,26E-01	Fe(OH)2+	1,35E-10	86,5	1,26E-10	-3,10E-02
CdSO4	7,44E-10	10,7	7,45E-10	0,00E+00	FeFulvate+	1,32E-11	8,5	1,23E-11	-3,10E-02
CdCl+	2,34E-10	3,4	2,18E-10	-3,10E-02	Fe(OH)3	6,16E-12	3,9	6,17E-12	0,00E+00
CdFulvate	1,39E-10	2,0	1,39E-10	0,00E+00	FeOH+2	1,20E-12	0,8	9,00E-13	-1,26E-01
CdHCO3+	3,43E-11	0,5	3,19E-11	-3,10E-02	FeHumate+	1,11E-12	0,7	1,04E-12	-3,10E-02
CdHumate	1,17E-11	0,2	1,17E-11	0,00E+00	Fulvate	1,40E-05	92,2		
Cd(SO4)2-2	8,12E-12	0,1	6,08E-12	-1,26E-01	Fulvate-2	1,36E-05	97,2	1,02E-05	-1,26E-01
Cl	6,04E-04	100,0			HFulvate-	2,45E-07	1,8	2,28E-07	-3,10E-02
Cl-	6,04E-04	100,0	5,61E-04	-3,20E-02	CuFulvate	1,51E-07	1,1	1,51E-07	0,00E+00
Cu(1)	2,15E-09	1,2			H(0)	4,66E-22			
Cu+	1,95E-09	90,6	1,81E-09	-3,10E-02	H2	2,33E-22		2,33E-22	0,00E+00
CuCl2-	2,03E-10	9,4	1,88E-10	-3,10E-02	Humate	1,18E-06	7,8		
Cu(2)	1,79E-07	98,8			Humate-2	1,14E-06	97,1	8,57E-07	-1,26E-01
CuFulvate	1,51E-07	84,3	1,51E-07	0,00E+00	HHumate-	2,06E-08	1,8	1,92E-08	-3,10E-02
CuHumate	1,27E-08	7,1	1,27E-08	0,00E+00	CuHumate	1,27E-08	1,1	1,27E-08	0,00E+00
Cu+2	1,25E-08	7,0	9,35E-09	-1,26E-01	K	7,62E-04	100,0		
					K+	7,60E-04	99,7	7,06E-04	-3,20E-02
					KSO4-	2,60E-06	0,3	2,42E-06	-3,10E-02

Transekt III / BW2-30 (10.11.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Mg	2,59E-04	100,0			Pb	2,32E-08	100,0		
Mg+2	2,41E-04	92,8	1,82E-04	-1,21E-01	Pb+2	1,51E-08	65,2	1,13E-08	-1,26E-01
MgSO4	1,79E-05	6,9	1,79E-05	0,00E+00	PbSO4	4,24E-09	18,3	4,24E-09	0,00E+00
MgHCO3+	5,12E-07	0,2	4,76E-07	-3,10E-02	PbHCO3+	2,26E-09	9,7	2,10E-09	-3,10E-02
Mn(2)	1,82E-07	100,0			PbCO3	1,17E-09	5,1	1,17E-09	0,00E+00
Mn+2	1,68E-07	92,4	1,26E-07	-1,26E-01	PbOH+	1,97E-10	0,9	1,84E-10	-3,10E-02
MnSO4	1,06E-08	5,8	1,06E-08	0,00E+00	PbCl+	1,74E-10	0,8	1,62E-10	-3,10E-02
MnHCO3+	2,82E-09	1,5	2,62E-09	-3,10E-02	Pb(SO4)2-2	1,98E-11	0,1	1,49E-11	-1,26E-01
MnCl+	3,10E-10	0,2	2,88E-10	-3,10E-02	S(6)	9,68E-04	100,0		
Mn(3)	1,25E-30	0,0			SO4-2	8,87E-04	91,6	6,67E-04	-1,24E-01
0,0	1,25E-30		6,52E-31	-2,83E-01	CaSO4	5,86E-05	6,1	5,87E-05	0,00E+00
N(-3)	1,43E-06	8,7			MgSO4	1,79E-05	1,9	1,79E-05	0,00E+00
NH4+	1,42E-06	99,2	1,32E-06	-3,10E-02	KSO4-	2,60E-06	0,3	2,42E-06	-3,10E-02
NH4SO4-	1,22E-08	0,9	1,13E-08	-3,10E-02	NaSO4-	1,63E-06	0,2	1,52E-06	-3,10E-02
N(5)	1,50E-05	91,3			FeSO4	5,01E-07	0,1	5,02E-07	0,00E+00
NO3-	1,50E-05	100,0	1,40E-05	-3,10E-02	Zn	2,37E-06	100,0		
Na	5,48E-04	100,0			Zn+2	2,10E-06	88,6	1,57E-06	-1,26E-01
Na+	5,47E-04	99,7	5,09E-04	-3,10E-02	ZnSO4	2,14E-07	9,0	2,14E-07	0,00E+00
NaSO4-	1,63E-06	0,3	1,52E-06	-3,10E-02	ZnHCO3+	4,97E-08	2,1	4,63E-08	-3,10E-02
Ni	1,79E-07	100,0			ZnCO3	1,87E-09	0,1	1,88E-09	0,00E+00
Ni+2	1,56E-07	87,4	1,17E-07	-1,26E-01	Zn(SO4)2-2	1,78E-09	0,1	1,34E-09	-1,26E-01
NiSO4	1,30E-08	7,3	1,31E-08	0,00E+00					
NiCO3	5,18E-09	2,9	5,18E-09	0,00E+00					
NiHCO3+	4,06E-09	2,3	3,77E-09	-3,10E-02					
NiCl+	1,78E-10	0,1	1,65E-10	-3,10E-02					
P	1,56E-05	100,0							
H2PO4-	1,44E-05	91,9	1,34E-05	-3,10E-02					
HPO4-2	8,33E-07	5,3	6,24E-07	-1,26E-01					
CaH2PO4+	1,36E-07	0,9	1,26E-07	-3,10E-02					
CaHPO4	1,27E-07	0,8	1,28E-07	0,00E+00					
MgH2PO4+	6,03E-08	0,4	5,61E-08	-3,10E-02					
MgHPO4	6,02E-08	0,4	6,02E-08	0,00E+00					
FeH2PO4+	4,22E-08	0,3	3,93E-08	-3,10E-02					
FeHPO4	1,46E-08	0,1	1,46E-08	0,00E+00					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW2-80 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	6,14E-06		5,75E-06	-2,80E-02
OH-	4,24E-10		3,95E-10	-3,10E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	3,87E-05	100,0		
AlF2+	2,78E-05	71,8	2,59E-05	-3,10E-02
AlF+2	7,32E-06	18,9	5,49E-06	-1,25E-01
AlF3	3,32E-06	8,6	3,32E-06	0,00E+00
AlSO4+	1,22E-07	0,3	1,13E-07	-3,10E-02
Al+3	1,13E-07	0,3	5,92E-08	-2,81E-01
AlOH+2	4,09E-08	0,1	3,06E-08	-1,25E-01
As(3)	7,76E-12	0,0		
H3AsO3	7,76E-12	100,0	7,77E-12	0,00E+00
As(5)	1,99E-08	100,0		
H2AsO4-	1,92E-08	96,6	1,79E-08	-3,10E-02
HAsO4-2	6,66E-10	3,3	4,99E-10	-1,25E-01
H3AsO4	1,50E-11	0,1	1,50E-11	0,00E+00
C(4)	1,52E-03	100,0		
CO2	1,44E-03	94,3	1,44E-03	0,00E+00
HCO3-	8,63E-05	5,7	8,04E-05	-3,00E-02
Ca	4,72E-04	100,0		
Ca+2	4,30E-04	91,1	3,24E-04	-1,22E-01
CaSO4	4,18E-05	8,9	4,19E-05	0,00E+00
CaHCO3+	2,40E-07	0,1	2,23E-07	-3,10E-02
Cd	4,65E-08	100,0		
Cd+2	3,88E-08	83,4	2,91E-08	-1,25E-01
CdSO4	5,77E-09	12,4	5,77E-09	0,00E+00
CdCl+	1,52E-09	3,3	1,42E-09	-3,10E-02
CdFulvate	1,83E-10	0,4	1,83E-10	0,00E+00
CdHCO3+	7,95E-11	0,2	7,40E-11	-3,10E-02
CdNO3+	7,93E-11	0,2	7,38E-11	-3,10E-02
Cd(SO4)2-2	7,32E-11	0,2	5,49E-11	-1,25E-01
Cl	5,84E-04	100,0		
Cl-	5,84E-04	100,0	5,43E-04	-3,20E-02

Transekt III / BW2-80 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Cu(1)	3,39E-11	0,1			Humate	2,44E-07	7,8			P	1,62E-06	100,0		
Cu+	3,09E-11	91,4	2,87E-11	-3,10E-02	Humate-2	2,23E-07	91,3	1,67E-07	-1,25E-01	H2PO4-	1,58E-06	97,9	1,47E-06	-3,10E-02
CuCl2-	3,01E-12	8,9	2,80E-12	-3,10E-02	HHumate-	1,93E-08	7,9	1,79E-08	-3,10E-02	HPO4-2	1,90E-08	1,2	1,43E-08	-1,25E-01
Cu(2)	3,62E-08	99,9			CuHumate	1,94E-09	0,8	1,94E-09	0,00E+00	CaH2PO4+	9,11E-09	0,6	8,48E-09	-3,10E-02
CuFulvate	2,31E-08	63,8	2,31E-08	0,00E+00	K	1,20E-03	100,0			MgH2PO4+	3,18E-09	0,2	2,96E-09	-3,10E-02
Cu+2	9,78E-09	27,0	7,33E-09	-1,25E-01	K+	1,19E-03	99,6	1,11E-03	-3,20E-02	CaHPO4	1,78E-09	0,1	1,78E-09	0,00E+00
CuHumate	1,94E-09	5,4	1,94E-09	0,00E+00	KSO4-	4,64E-06	0,4	4,32E-06	-3,10E-02	Pb	7,24E-09	100,0		
CuSO4	1,01E-09	2,8	1,01E-09	0,00E+00	Mg	1,28E-04	100,0			Pb+2	5,16E-09	71,2	3,87E-09	-1,25E-01
CuHCO3+	3,18E-10	0,9	2,95E-10	-3,10E-02	Mg+2	1,18E-04	92,2	8,90E-05	-1,21E-01	PbSO4	1,68E-09	23,2	1,68E-09	0,00E+00
F	8,42E-05	59,1			MgSO4	9,89E-06	7,8	9,90E-06	0,00E+00	PbHCO3+	2,65E-10	3,7	2,47E-10	-3,10E-02
AlF2+	2,78E-05	33,0	2,59E-05	-3,10E-02	MgHCO3+	8,61E-08	0,1	8,02E-08	-3,10E-02	PbCl+	5,62E-11	0,8	5,23E-11	-3,10E-02
F-	1,12E-05	13,2	1,04E-05	-3,10E-02	Mn(2)	1,33E-06	100,0			PbCO3	3,55E-11	0,5	3,31E-11	-3,10E-02
AlF+2	7,32E-06	8,7	5,49E-06	-1,25E-01	Mn+2	1,23E-06	92,7	9,22E-07	-1,25E-01	PbNO3+	2,80E-11	0,4	2,81E-11	0,00E+00
AlF3	3,32E-06	3,9	3,32E-06	0,00E+00	MnSO4	8,82E-08	6,6	8,83E-08	0,00E+00	PbOH+	1,41E-11	0,2	1,31E-11	-3,10E-02
HF	6,58E-08	0,1	6,59E-08	0,00E+00	MnHCO3+	7,10E-09	0,5	6,61E-09	-3,10E-02	Pb(SO4)2-2	9,08E-12	0,1	6,81E-12	-1,25E-01
MgF+	4,66E-08	0,1	4,34E-08	-3,10E-02	MnCl+	2,19E-09	0,2	2,04E-09	-3,10E-02	S(6)	1,09E-03	100,0		
Fe(2)	1,79E-07	100,0			Mn(3)	3,85E-28	0,0			SO4-2	1,03E-03	94,5	7,72E-04	-1,23E-01
Fe+2	1,66E-07	92,6	1,24E-07	-1,25E-01	Mn+3	3,85E-28		2,01E-28	-2,81E-01	CaSO4	4,18E-05	3,9	4,19E-05	0,00E+00
FeSO4	1,21E-08	6,7	1,21E-08	0,00E+00	N(-3)	3,57E-06	0,6			MgSO4	9,89E-06	0,9	9,90E-06	0,00E+00
FeHCO3+	1,07E-09	0,6	9,99E-10	-3,10E-02	NH4+	3,54E-06	99,0	3,29E-06	-3,10E-02	KSO4-	4,64E-06	0,4	4,32E-06	-3,10E-02
FeCl+	1,00E-10	0,1	9,32E-11	-3,10E-02	NH4SO4-	3,52E-08	1,0	3,27E-08	-3,10E-02	NaSO4-	2,01E-06	0,2	1,87E-06	-3,10E-02
FeH2PO4+	9,85E-11	0,1	9,16E-11	-3,10E-02	N(5)	6,21E-04	99,4			ZnSO4	1,44E-06	0,1	1,44E-06	0,00E+00
Fe(3)	8,28E-12	0,0			NO3-	6,21E-04	100,0	5,78E-04	-3,10E-02	Zn	1,38E-05	100,0		
Fe(OH)2+	5,24E-12	63,4	4,88E-12	-3,10E-02	Na	5,87E-04	100,0			Zn+2	1,23E-05	88,8	9,18E-06	-1,25E-01
FeFulvate+	2,53E-12	30,7	2,36E-12	-3,10E-02	Na+	5,85E-04	99,7	5,45E-04	-3,10E-02	ZnSO4	1,44E-06	10,4	1,44E-06	0,00E+00
FeOH+2	2,32E-13	2,8	1,74E-13	-1,25E-01	NaSO4-	2,01E-06	0,3	1,87E-06	-3,10E-02	ZnHCO3+	9,99E-08	0,7	9,29E-08	-3,10E-02
FeHumate+	2,13E-13	2,6	1,98E-13	-3,10E-02	Ni	1,02E-06	100,0			Zn(SO4)2-2	1,39E-08	0,1	1,04E-08	-1,25E-01
Fe(OH)3	4,78E-14	0,6	4,78E-14	0,00E+00	Ni+2	9,24E-07	90,2	6,93E-07	-1,25E-01					
FeF+2	7,76E-15	0,1	5,82E-15	-1,25E-01	NiSO4	8,85E-08	8,6	8,86E-08	0,00E+00					
Fulvate	2,91E-06	92,2			NiHCO3+	8,26E-09	0,8	7,69E-09	-3,10E-02					
Fulvate-2	2,65E-06	91,3	1,99E-06	-1,25E-01	NiCO3	2,14E-09	0,2	2,15E-09	0,00E+00					
HFulvate-	2,29E-07	7,9	2,13E-07	-3,10E-02	NiCl+	1,02E-09	0,1	9,45E-10	-3,10E-02					
CuFulvate	2,31E-08	0,8	2,31E-08	0,00E+00										
H(0)	4,49E-24													
H2	2,25E-24		2,25E-24	0,00E+00										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 3 (13.10.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	5,47E-07		5,01E-07	-3,80E-02	Cl	1,01E-03	100,0			Fulvate	4,53E-07	92,5		
OH-	7,36E-09		6,66E-09	-4,30E-02	Cl-	1,01E-03	100,0	9,13E-04	-4,40E-02	Fulvate-2	4,05E-07	89,5	2,72E-07	-1,72E-01
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu(1)	1,12E-08	3,0			CuFulvate	4,50E-08	9,9	4,51E-08	1,00E-03
Al	1,30E-06	100,0			Cu+	8,80E-09	83,3	7,97E-09	-4,30E-02	HFulvate-	2,81E-09	0,6	2,54E-09	-4,30E-02
AlF2+	9,20E-07	70,9	8,33E-07	-4,30E-02	CuCl2-	2,40E-09	22,7	2,17E-09	-4,30E-02	H(0)	1,13E-23			
AlF3	1,87E-07	14,4	1,88E-07	1,00E-03	Cu(2)	3,43E-07	97,0			H2	5,63E-24		5,64E-24	1,00E-03
AlF+2	1,46E-07	11,3	9,85E-08	-1,72E-01	Cu+2	1,55E-07	45,2	1,04E-07	-1,72E-01	Humate	3,68E-08	7,5		
Al(OH)2+	2,28E-08	1,8	2,06E-08	-4,30E-02	CuHCO3+	6,48E-08	18,9	5,87E-08	-4,30E-02	Humate-2	3,29E-08	89,4	2,21E-08	-1,72E-01
Al(OH)4-	7,43E-09	0,6	6,73E-09	-4,30E-02	CuCO3	4,50E-08	13,1	4,51E-08	1,00E-03	CuHumate	3,65E-09	9,9	3,66E-09	1,00E-03
AlOH+2	7,04E-09	0,5	4,74E-09	-1,72E-01	CuFulvate	4,25E-08	12,4	4,26E-08	1,00E-03	HHumate-	2,28E-10	0,6	2,07E-10	-4,30E-02
Al(OH)3	2,03E-09	0,2	2,04E-09	1,00E-03	CuSO4	2,08E-08	6,1	2,09E-08	1,00E-03	K	9,98E-05	100,0		
AlSO4+	1,85E-09	0,1	1,68E-09	-4,30E-02	Cu(OH)2	8,66E-09	2,5	8,68E-09	1,00E-03	K+	9,92E-05	99,4	8,97E-05	-4,40E-02
AlF4-	1,50E-09	0,1	1,35E-09	-4,30E-02	CuHumate	3,65E-09	1,1	3,66E-09	1,00E-03	KSO4-	5,87E-07	0,6	5,32E-07	-4,30E-02
Al+3	1,44E-09	0,1	5,90E-10	-3,87E-01	CuOH+	2,30E-09	0,7	2,08E-09	-4,30E-02	Mg	6,09E-04	100,0		
As(3)	2,52E-11	0,0			F	2,32E-05	94,4			Mg+2	5,39E-04	88,4	3,69E-04	-1,64E-01
H3AsO3	2,52E-11	100,0	2,52E-11	1,00E-03	F-	2,01E-05	86,6	1,82E-05	-4,30E-02	MgSO4	6,48E-05	10,6	6,49E-05	1,00E-03
H2AsO3-	1,94E-14	0,1	1,76E-14	-4,30E-02	AlF2+	9,20E-07	4,0	8,33E-07	-4,30E-02	MgHCO3+	5,14E-06	0,8	4,66E-06	-4,30E-02
As(5)	8,68E-07	100,0			MgF+	3,79E-07	1,6	3,43E-07	-4,30E-02	MgF+	3,79E-07	0,1	3,43E-07	-4,30E-02
H2AsO4-	6,02E-07	69,4	5,46E-07	-4,30E-02	AlF3	1,87E-07	0,8	1,88E-07	1,00E-03	Mn(2)	1,28E-05	100,0		
HAsO4-2	2,66E-07	30,6	1,79E-07	-1,72E-01	CaF+	1,49E-07	0,6	1,35E-07	-4,30E-02	Mn+2	1,08E-05	84,7	7,28E-06	-1,72E-01
C(4)	2,84E-03	100,0			AlF+2	1,46E-07	0,6	9,85E-08	-1,72E-01	MnSO4	1,07E-06	8,3	1,07E-06	1,00E-03
CO2	1,58E-03	55,6	1,58E-03	1,00E-03	Fe(2)	8,56E-05	100,0			MnHCO3+	8,04E-07	6,3	7,28E-07	-4,30E-02
HCO3-	1,24E-03	43,5	1,12E-03	-4,20E-02	Fe+2	7,21E-05	84,2	4,85E-05	-1,72E-01	MnCO3	4,39E-08	0,3	4,39E-08	1,00E-03
CaHCO3+	1,42E-05	0,5	1,29E-05	-4,30E-02	FeHCO3+	7,18E-06	8,4	7,19E-06	1,00E-03	MnCl+	2,99E-08	0,2	2,71E-08	-4,30E-02
FeHCO3+	6,01E-06	0,2	5,44E-06	-4,30E-02	FeSO4	6,01E-06	7,0	5,44E-06	-4,30E-02	Mn(3)	4,19E-28	0,0		
MgHCO3+	5,14E-06	0,2	4,66E-06	-4,30E-02	FeCO3	1,05E-07	0,1	9,47E-08	-4,30E-02	Mn+3	4,19E-28		1,72E-28	-3,87E-01
Ca	1,98E-03	100,0			FeH2PO4+	8,82E-08	0,1	8,84E-08	1,00E-03	N(-3)	1,00E-05	84,8		
Ca+2	1,74E-03	87,9	1,19E-03	-1,67E-01	FeHPO4	8,59E-08	0,1	8,60E-08	1,00E-03	NH4+	9,86E-06	98,6	8,93E-06	-4,30E-02
CaSO4	2,24E-04	11,3	2,24E-04	1,00E-03	FeCl+	6,75E-08	0,1	6,11E-08	-4,30E-02	NH4SO4-	1,37E-07	1,4	1,24E-07	-4,30E-02
CaHCO3+	1,42E-05	0,7	1,29E-05	-4,30E-02	Fe(3)	3,47E-08	0,0			N(5)	1,79E-06	15,2		
Cd	3,12E-09	100,0			Fe(OH)2+	3,07E-08	89,9	2,78E-08	-4,30E-02	NO3-	1,79E-06	100,0	1,62E-06	-4,30E-02
Cd+2	2,43E-09	77,8	1,63E-09	-1,72E-01	Fe(OH)3	3,85E-09	11,3	3,86E-09	1,00E-03	Na	9,31E-04	100,0		
CdSO4	4,65E-10	14,9	4,66E-10	1,00E-03	FeOH+2	1,07E-10	0,3	7,20E-11	-1,72E-01	Na+	9,26E-04	99,5	8,40E-04	-4,30E-02
CdCl+	1,50E-10	4,8	1,36E-10	-4,30E-02						NaSO4-	4,59E-06	0,5	4,16E-06	-4,30E-02
CdHCO3+	6,39E-11	2,1	5,79E-11	-4,30E-02						NaHCO3	5,29E-07	0,1	5,30E-07	1,00E-03
Cd(SO4)2-2	8,95E-12	0,3	6,02E-12	-1,72E-01						Ni	7,33E-08	100,0		

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 3 (13.10.98): berechnete hydrochem. Spezies mit Anteilen > 0,1 %.

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
Ni+2	4,52E-08	61,7	3,04E-08	-1,72E-01
NiCO3	1,71E-08	23,3	1,71E-08	1,00E-03
NiHCO3+	5,66E-09	7,7	5,67E-09	1,00E-03
NiSO4	5,20E-09	7,1	4,71E-09	-4,30E-02
NiCl+	7,71E-11	0,1	6,98E-11	-4,30E-02
P	5,61E-06	100,0		
H2PO4-	4,30E-06	76,7	3,90E-06	-4,30E-02
HPO4-2	6,63E-07	11,8	4,46E-07	-1,72E-01
CaHPO4	2,22E-07	4,0	2,23E-07	1,00E-03
FeH2PO4+	1,05E-07	1,9	9,47E-08	-4,30E-02
CaH2PO4+	9,95E-08	1,8	9,01E-08	-4,30E-02
MgHPO4	9,34E-08	1,7	9,36E-08	1,00E-03
FeHPO4	8,59E-08	1,5	8,60E-08	1,00E-03
MgH2PO4+	3,94E-08	0,7	3,57E-08	-4,30E-02
Pb	8,21E-09	100,0		
PbCO3	2,73E-09	33,2	1,84E-09	-1,72E-01
Pb+2	2,42E-09	29,5	2,42E-09	1,00E-03
PbHCO3+	1,81E-09	22,0	1,64E-09	-4,30E-02
PbSO4	1,11E-09	13,6	1,12E-09	1,00E-03
PbOH+	7,89E-11	1,0	7,14E-11	-4,30E-02
PbCl+	5,19E-11	0,6	4,70E-11	-4,30E-02
Pb(SO4)2-2	9,40E-12	0,1	6,32E-12	-1,72E-01
S(6)	1,90E-03	100,0		
SO4-2	1,59E-03	84,1	1,08E-03	-1,69E-01
CaSO4	2,24E-04	11,8	2,24E-04	1,00E-03
MgSO4	6,48E-05	3,4	6,49E-05	1,00E-03
FeSO4	7,18E-06	0,4	7,19E-06	1,00E-03
NaSO4-	4,59E-06	0,2	4,16E-06	-4,30E-02
MnSO4	1,07E-06	0,1	1,07E-06	1,00E-03
Zn	2,30E-07	100,0		
Zn+2	1,81E-07	78,6	1,22E-07	-1,72E-01
ZnSO4	2,75E-08	12,0	2,76E-08	1,00E-03
ZnHCO3+	1,90E-08	8,3	1,72E-08	-4,30E-02
ZnCO3	1,84E-09	0,8	1,84E-09	1,00E-03
Zn(SO4)2-2	4,02E-10	0,2	2,70E-10	-1,72E-01
ZnCl+	1,77E-10	0,1	1,60E-10	-4,30E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW3-40 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	4,13E-07		3,80E-07	-3,60E-02	Cl	1,15E-03	100,0		
OH-	6,33E-09		5,76E-09	-4,10E-02	Cl-	1,15E-03	100,0	1,05E-03	-4,20E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu(1)	3,48E-15	0,0		
Al	1,27E-05	100,0			Cu+	2,55E-15	74,1	2,32E-15	-4,10E-02
AlF2+	9,02E-06	71,2	8,20E-06	-4,10E-02	CuCl2-	9,27E-16	27,0	8,44E-16	-4,10E-02
AlF3	2,02E-06	16,0	2,03E-06	1,00E-03	CuCl3-2	1,90E-18	0,1	1,30E-18	-1,64E-01
AlF+2	1,32E-06	10,4	9,05E-07	-1,64E-01	Cu(2)	2,99E-08	100,0		
Al(OH)2+	1,49E-07	1,2	1,35E-07	-4,10E-02	CuFulvate	1,68E-08	56,3	1,69E-08	1,00E-03
AlOH+2	5,65E-08	0,4	3,87E-08	-1,64E-01	Cu+2	7,89E-09	26,4	5,41E-09	-1,64E-01
Al(OH)4-	5,40E-08	0,4	4,92E-08	-4,10E-02	CuHumate	1,42E-09	4,7	1,42E-09	1,00E-03
AlF4-	1,77E-08	0,1	1,61E-08	-4,10E-02	CuHCO3+	1,10E-09	3,7	1,10E-09	1,00E-03
AlSO4+	1,56E-08	0,1	1,42E-08	-4,10E-02	CuSO4	9,80E-10	3,3	8,92E-10	-4,10E-02
Al+3	1,19E-08	0,1	5,08E-09	-3,69E-01	CuCO3	7,81E-10	2,6	7,82E-10	1,00E-03
Al(OH)3	1,15E-08	0,1	1,15E-08	1,00E-03	Cu(OH)2	7,41E-10	2,5	7,42E-10	1,00E-03
As(3)	2,37E-23	0,0			CuOH+	1,57E-10	0,5	1,42E-10	-4,10E-02
H3AsO3	2,37E-23	100,0	2,37E-23	1,00E-03	F	4,79E-05	72,6		
H2AsO3-	1,98E-26	0,1	1,80E-26	-4,10E-02	F-	2,20E-05	45,9	2,00E-05	-4,10E-02
As(5)	2,51E-08	100,0			AlF2+	9,02E-06	18,8	8,20E-06	-4,10E-02
H2AsO4-	1,61E-08	64,1	1,46E-08	-4,10E-02	AlF3	2,02E-06	4,2	2,03E-06	1,00E-03
HAsO4-2	9,01E-09	35,9	6,18E-09	-1,64E-01	AlF+2	1,32E-06	2,8	9,05E-07	-1,64E-01
C(4)	7,56E-04	100,0			MgF+	2,89E-07	0,6	2,63E-07	-4,10E-02
CO2	3,91E-04	51,7	3,92E-04	1,00E-03	CaF+	1,32E-07	0,3	1,20E-07	-4,10E-02
HCO3-	3,60E-04	47,6	3,29E-04	-4,00E-02	Fe(2)	4,60E-08	1,7		
CaHCO3+	3,31E-06	0,4	3,01E-06	-4,10E-02	Fe+2	4,08E-08	88,2	2,80E-08	-1,64E-01
MgHCO3+	1,14E-06	0,2	1,04E-06	-4,10E-02	FeSO4	3,96E-09	8,6	3,97E-09	1,00E-03
Ca	1,77E-03	100,0			FeHCO3+	1,01E-09	2,2	9,19E-10	-4,10E-02
Ca+2	1,56E-03	88,2	1,08E-03	-1,59E-01	FeHPO4	9,54E-11	0,2	9,56E-11	1,00E-03
CaSO4	2,05E-04	11,6	2,05E-04	1,00E-03	FeH2PO4+	9,03E-11	0,2	8,22E-11	-4,10E-02
CaHCO3+	3,31E-06	0,2	3,01E-06	-4,10E-02	FeCl+	4,45E-11	0,1	4,05E-11	-4,10E-02
Cd	7,92E-08	100,0			Fe(3)	2,68E-06	98,3		
Cd+2	6,15E-08	77,7	4,22E-08	-1,64E-01	Fe(OH)2+	2,35E-06	87,9	2,14E-06	-4,10E-02
CdSO4	1,23E-08	15,5	1,23E-08	1,00E-03	Fe(OH)3	3,11E-07	11,6	3,11E-07	1,00E-03
CdCl+	4,35E-09	5,5	3,96E-09	-4,10E-02	FeOH+2	7,47E-09	0,3	5,12E-09	-1,64E-01
CdHCO3+	4,82E-10	0,6	4,38E-10	-4,10E-02					
CdFulvate	2,62E-10	0,3	2,62E-10	1,00E-03					
Cd(SO4)2-2	2,52E-10	0,3	1,73E-10	-1,64E-01					

Transekt III / BW3-40 (24.03.98): berechnete hydrochem. Spezies mit (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
FeFulvate+	5,13E-09	0,2	4,67E-09	-4,10E-02	NaSO4-	5,42E-06	0,5	4,93E-06	-4,10E-02					
Fulvate	2,91E-06	92,2			Ni	3,05E-07	100,0							
Fulvate-2	2,87E-06	98,7	1,97E-06	-1,64E-01	Ni+2	2,36E-07	77,2	1,62E-07	-1,64E-01					
CuFulvate	1,68E-08	0,6	1,69E-08	1,00E-03	NiCO3	3,05E-08	10,0	3,06E-08	1,00E-03					
HFulvate-	1,53E-08	0,5	1,39E-08	-4,10E-02	NiSO4	3,03E-08	9,9	3,03E-08	1,00E-03					
FeFulvate+	5,13E-09	0,2	4,67E-09	-4,10E-02	NiHCO3+	8,05E-09	2,6	7,33E-09	-4,10E-02					
H(0)	2,37E-34				NiCl+	4,68E-10	0,2	4,26E-10	-4,10E-02					
H2	1,18E-34		1,19E-34	1,00E-03	P	8,35E-06	100,0							
Humate	2,44E-07	7,8			H2PO4-	6,45E-06	77,2	5,87E-06	-4,10E-02					
Humate-2	2,41E-07	98,7	1,65E-07	-1,64E-01	HPO4-2	1,25E-06	15,0	8,59E-07	-1,64E-01					
CuHumate	1,42E-09	0,6	1,42E-09	1,00E-03	CaHPO4	3,55E-07	4,3	3,56E-07	1,00E-03					
HHumate-	1,29E-09	0,5	1,17E-09	-4,10E-02	MgHPO4	1,25E-07	1,5	1,25E-07	1,00E-03					
FeHumate+	4,31E-10	0,2	3,92E-10	-4,10E-02	CaH2PO4+	1,23E-07	1,5	1,12E-07	-4,10E-02					
K	5,37E-05	100,0			MgH2PO4+	4,09E-08	0,5	3,72E-08	-4,10E-02					
K+	5,34E-05	99,4	4,85E-05	-4,20E-02	Pb	1,74E-08	100,0							
KSO4-	3,04E-07	0,6	2,77E-07	-4,10E-02	Pb+2	8,68E-09	49,9	5,95E-09	-1,64E-01					
Mg	4,53E-04	100,0			PbSO4	3,80E-09	21,9	3,81E-09	1,00E-03					
Mg+2	4,05E-04	89,6	2,83E-04	-1,57E-01	PbCO3	2,64E-09	15,2	2,64E-09	1,00E-03					
MgSO4	4,56E-05	10,1	4,57E-05	1,00E-03	PbHCO3+	1,71E-09	9,8	1,55E-09	-4,10E-02					
MgHCO3+	1,14E-06	0,3	1,04E-06	-4,10E-02	PbOH+	3,36E-10	1,9	3,05E-10	-4,10E-02					
MgF+	2,89E-07	0,1	2,63E-07	-4,10E-02	PbCl+	1,69E-10	1,0	1,54E-10	-4,10E-02					
Mn(2)	4,55E-08	100,0			Pb(SO4)2-2	3,31E-11	0,2	2,27E-11	-1,64E-01					
Mn+2	4,06E-08	89,1	2,78E-08	-1,64E-01	PbNO3+	1,70E-11	0,1	1,55E-11	-4,10E-02					
MnSO4	3,88E-09	8,5	3,89E-09	1,00E-03	S(6)	1,90E-03	100,0							
MnHCO3+	8,95E-10	2,0	8,15E-10	-4,10E-02	SO4-2	1,65E-03	86,5	1,14E-03	-1,61E-01					
MnCl+	1,31E-10	0,3	1,19E-10	-4,10E-02	CaSO4	2,05E-04	10,8	2,05E-04	1,00E-03					
MnCO3	5,63E-11	0,1	5,64E-11	1,00E-03	MgSO4	4,56E-05	2,4	4,57E-05	1,00E-03					
Mn(3)	1,21E-25	0,0			NaSO4-	5,42E-06	0,3	4,93E-06	-4,10E-02					
Mn+3	1,21E-25		5,19E-26	-3,69E-01	Zn	6,25E-06	100,0							
N(-3)	1,43E-06	0,7			Zn+2	5,22E-06	83,6	3,58E-06	-1,64E-01					
NH4+	1,41E-06	98,5	1,28E-06	-4,10E-02	ZnSO4	8,21E-07	13,1	8,22E-07	1,00E-03					
NH4SO4-	2,06E-08	1,4	1,88E-08	-4,10E-02	ZnHCO3+	1,63E-07	2,6	1,48E-07	-4,10E-02					
N(5)	1,93E-04	99,3			ZnCO3	1,82E-08	0,3	1,83E-08	1,00E-03					
NO3-	1,93E-04	100,0	1,76E-04	-4,10E-02	Zn(SO4)2-2	1,29E-08	0,2	8,82E-09	-1,64E-01					
Na	1,08E-03	100,1			ZnCl+	4,73E-09	0,1	4,30E-09	-4,10E-02					
Na+	1,07E-03	99,5	9,78E-04	-4,10E-02										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / GW 4 (15.02.99): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,16E-06		1,07E-06	-3,60E-02
OH-	2,06E-09		1,88E-09	-4,00E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00
Al	5,49E-06	100,0		
AlF2+	3,89E-06	70,8	3,54E-06	-4,00E-02
AlF+2	1,03E-06	18,8	7,14E-07	-1,61E-01
AlF3	4,81E-07	8,8	4,82E-07	1,00E-03
AlOH+2	2,69E-08	0,5	1,86E-08	-1,61E-01
Al(OH)2+	2,29E-08	0,4	2,09E-08	-4,00E-02
AlSO4+	2,01E-08	0,4	1,83E-08	-4,00E-02
Al+3	1,68E-08	0,3	7,32E-09	-3,62E-01
As(3)	3,20E-16	0,0		
H3AsO3	3,20E-16	100,0	3,20E-16	1,00E-03
As(5)	4,10E-08	100,0		
H2AsO4-	3,43E-08	83,6	3,12E-08	-4,00E-02
HAsO4-2	6,74E-09	16,4	4,65E-09	-1,61E-01
C(4)	2,70E-03	100,0		
CO2	2,04E-03	75,5	2,04E-03	1,00E-03
HCO3-	6,51E-04	24,1	5,95E-04	-3,90E-02
CaHCO3+	5,50E-06	0,2	5,01E-06	-4,00E-02
MgHCO3+	2,77E-06	0,1	2,52E-06	-4,00E-02
Ca	1,65E-03	100,0		
Ca+2	1,47E-03	89,1	1,03E-03	-1,56E-01
CaSO4	1,74E-04	10,6	1,75E-04	1,00E-03
CaHCO3+	5,50E-06	0,3	5,01E-06	-4,00E-02
Cd	3,19E-08	100,0		
Cd+2	2,54E-08	79,7	1,75E-08	-1,61E-01
CdSO4	4,59E-09	14,4	4,60E-09	1,00E-03
CdCl+	1,37E-09	4,3	1,25E-09	-4,00E-02
CdHCO3+	3,62E-10	1,1	3,30E-10	-4,00E-02
Cd(SO4)2-2	8,53E-11	0,3	5,89E-11	-1,61E-01
CdFulvate	4,61E-11	0,1	4,62E-11	1,00E-03

Transekt III / GW 4 (15.02.99): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Cl	8,75E-04	100,0			Fulvate-2	1,21E-06	95,7	8,33E-07	-1,61E-01	NiSO4	5,42E-08	9,2	5,43E-08	1,00E-03
Cl-	8,75E-04	100,0	7,96E-04	-4,10E-02	CuFulvate	3,26E-08	2,6	3,27E-08	1,00E-03	NiCO3	3,80E-08	6,5	3,80E-08	1,00E-03
Cu(1)	6,83E-12	0,0			HFulvate-	1,82E-08	1,4	1,66E-08	-4,00E-02	NiHCO3+	2,90E-08	4,9	2,64E-08	-4,00E-02
Cu+	5,64E-12	84,5	5,14E-12	-4,00E-02	FeFulvate+	2,83E-09	0,2	2,58E-09	-4,00E-02	NiCl+	7,06E-10	0,1	6,44E-10	-4,00E-02
CuCl2-	1,19E-12	17,8	1,08E-12	-4,00E-02	H(0)	4,56E-28				P	6,46E-06	100,0		
Cu(2)	8,66E-08	100,0			H2	2,28E-28		2,28E-28	1,00E-03	H2PO4-	5,69E-06	88,2	5,19E-06	-4,00E-02
Cu+2	3,59E-08	41,4	2,48E-08	-1,61E-01	Humate	1,02E-07	7,5			HPO4-2	3,88E-07	6,0	2,68E-07	-1,61E-01
CuFulvate	3,26E-08	37,7	3,27E-08	1,00E-03	Humate-2	9,79E-08	95,7	6,76E-08	-1,61E-01	CaHPO4	1,03E-07	1,6	1,03E-07	1,00E-03
CuHCO3+	8,10E-09	9,4	7,38E-09	-4,00E-02	CuHumate	2,65E-09	2,6	2,66E-09	1,00E-03	CaH2PO4+	1,01E-07	1,6	9,22E-08	-4,00E-02
CuSO4	4,52E-09	5,2	4,53E-09	1,00E-03	HHumate-	1,48E-09	1,4	1,35E-09	-4,00E-02	FeH2PO4+	5,40E-08	0,8	4,93E-08	-4,00E-02
CuHumate	2,65E-09	3,1	2,66E-09	1,00E-03	FeHumate+	2,30E-10	0,2	2,10E-10	-4,00E-02	MgHPO4	5,14E-08	0,8	5,15E-08	1,00E-03
CuCO3	2,12E-09	2,4	2,12E-09	1,00E-03	K	6,40E-05	100,0			MgH2PO4+	4,74E-08	0,7	4,33E-08	-4,00E-02
Cu(OH)2	4,50E-10	0,5	4,51E-10	1,00E-03	K+	6,36E-05	99,5	5,79E-05	-4,10E-02	FeHPO4	2,02E-08	0,3	2,02E-08	1,00E-03
CuOH+	2,54E-10	0,3	2,31E-10	-4,00E-02	KSO4-	3,22E-07	0,5	2,94E-07	-4,00E-02	Pb	1,50E-08	100,0		
F	2,26E-05	78,6			Mg	5,97E-04	100,0			Pb+2	7,56E-09	50,5	5,22E-09	-1,61E-01
F-	1,21E-05	53,4	1,10E-05	-4,00E-02	Mg+2	5,40E-04	90,4	3,79E-04	-1,54E-01	PbHCO3+	3,02E-09	20,2	3,03E-09	1,00E-03
AlF2+	3,89E-06	17,2	3,54E-06	-4,00E-02	MgSO4	5,40E-05	9,0	5,41E-05	1,00E-03	PbSO4	2,71E-09	18,1	2,47E-09	-4,00E-02
AlF+2	1,03E-06	4,6	7,14E-07	-1,61E-01	MgHCO3+	2,77E-06	0,5	2,52E-06	-4,00E-02	PbCO3	1,44E-09	9,6	1,45E-09	1,00E-03
AlF3	4,81E-07	2,1	4,82E-07	1,00E-03	Mn(2)	9,12E-06	100,0			PbCl+	1,10E-10	0,7	9,98E-11	-4,00E-02
MgF+	2,09E-07	0,9	1,91E-07	-4,00E-02	Mn+2	8,08E-06	88,6	5,58E-06	-1,61E-01	PbOH+	1,04E-10	0,7	9,50E-11	-4,00E-02
CaF+	6,73E-08	0,3	6,13E-08	-4,00E-02	MnSO4	6,92E-07	7,6	6,93E-07	1,00E-03	Pb(SO4)2-2	2,37E-11	0,2	1,64E-11	-1,61E-01
HF	1,27E-08	0,1	1,27E-08	1,00E-03	MnHCO3+	3,25E-07	3,6	2,96E-07	-4,00E-02	S(6)	1,72E-03	100,0		
Fe(2)	3,11E-05	98,8			MnCl+	1,99E-08	0,2	1,81E-08	-4,00E-02	SO4-2	1,48E-03	86,3	1,03E-03	-1,58E-01
Fe+2	2,74E-05	88,0	1,89E-05	-1,61E-01	MnCO3	7,05E-09	0,1	7,07E-09	1,00E-03	CaSO4	1,74E-04	10,1	1,75E-04	1,00E-03
FeSO4	2,38E-06	7,7	2,39E-06	1,00E-03	Mn(3)	4,21E-26	0,0			MgSO4	5,40E-05	3,1	5,41E-05	1,00E-03
FeHCO3+	1,24E-06	4,0	1,13E-06	-4,00E-02	Mn+3	4,21E-26		1,83E-26	-3,62E-01	NaSO4-	4,07E-06	0,2	3,71E-06	-4,00E-02
FeH2PO4+	5,40E-08	0,2	4,93E-08	-4,00E-02	N(-3)	7,14E-06	33,3			FeSO4	2,38E-06	0,1	2,39E-06	1,00E-03
FeCl+	2,28E-08	0,1	2,08E-08	-4,00E-02	NH4+	7,05E-06	98,7	6,43E-06	-4,00E-02	Zn	5,61E-06	100,0		
FeHPO4	2,02E-08	0,1	2,02E-08	1,00E-03	NH4SO4-	9,36E-08	1,3	8,53E-08	-4,00E-02	Zn+2	4,66E-06	83,1	3,22E-06	-1,61E-01
Fe(3)	3,72E-07	1,2			N(5)	1,43E-05	66,7			ZnSO4	6,63E-07	11,8	6,64E-07	1,00E-03
Fe(OH)2+	3,50E-07	94,9	3,19E-07	-4,00E-02	NO3-	1,43E-05	100,1	1,30E-05	-4,00E-02	ZnHCO3+	2,64E-07	4,7	2,41E-07	-4,00E-02
Fe(OH)3	1,57E-08	4,3	1,58E-08	1,00E-03	Na	9,01E-04	100,0			ZnCO3	1,02E-08	0,2	1,02E-08	1,00E-03
FeOH+2	3,24E-09	0,9	2,24E-09	-1,61E-01	Na+	8,97E-04	99,5	8,18E-04	-4,00E-02	Zn(SO4)2-2	9,42E-09	0,2	6,51E-09	-1,61E-01
FeFulvate+	2,83E-09	0,8	2,58E-09	-4,00E-02	NaSO4-	4,07E-06	0,5	3,71E-06	-4,00E-02	ZnCl+	3,07E-09	0,1	2,80E-09	-4,00E-02
FeHumate+	2,30E-10	0,1	2,10E-10	-4,00E-02	Ni	5,88E-07	100,0							
Fulvate	1,26E-06	92,5			Ni+2	4,66E-07	79,3	3,22E-07	-1,61E-01					

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW4-80 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	4,85E-07		4,47E-07	-3,50E-02	Cd(SO4)2-2	2,70E-10	0,3	1,87E-10	-1,59E-01	CuFulvate	3,30E-09	0,1	3,31E-09	1,00E-03
OH-	6,11E-09		5,57E-09	-4,00E-02	Cl	7,90E-04	100,0			H(0)	1,02E-18			
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cl-	7,90E-04	100,0	7,20E-04	-4,00E-02	H2	5,08E-19		5,09E-19	1,00E-03
Al	1,06E-05	100,0			Cu(1)	3,48E-08	84,8			Humate	2,30E-07	7,8		
AlF2+	7,40E-06	69,8	6,75E-06	-4,00E-02	Cu+	2,97E-08	85,6	2,71E-08	-4,00E-02	Humate-2	2,28E-07	99,2	1,58E-07	-1,59E-01
AlF+2	1,59E-06	15,0	1,10E-06	-1,59E-01	CuCl2-	5,08E-09	14,6	4,64E-09	-4,00E-02	HHumate-	1,44E-09	0,6	1,31E-09	-4,00E-02
AlF3	1,12E-06	10,5	1,12E-06	1,00E-03	Cu(2)	6,11E-09	15,2			CuHumate	2,77E-10	0,1	2,78E-10	1,00E-03
Al(OH)2+	2,49E-07	2,3	2,27E-07	-4,00E-02	CuFulvate	3,30E-09	53,2	3,31E-09	1,00E-03	K	6,14E-05	100,0		
AlOH+2	9,46E-08	0,9	6,56E-08	-1,59E-01	Cu+2	1,60E-09	25,8	1,11E-09	-1,59E-01	K+	6,11E-05	99,4	5,56E-05	-4,00E-02
Al(OH)4-	7,49E-08	0,7	6,83E-08	-4,00E-02	CuHCO3+	3,42E-10	5,5	3,12E-10	-4,00E-02	KSO4-	3,41E-07	0,6	3,11E-07	-4,00E-02
AlSO4+	2,74E-08	0,3	2,50E-08	-4,00E-02	CuHumate	2,77E-10	4,5	2,78E-10	1,00E-03	Mg	4,61E-04	100,0		
Al+3	2,09E-08	0,2	9,17E-09	-3,58E-01	CuCO3	2,30E-10	3,7	2,31E-10	1,00E-03	Mg+2	4,12E-04	89,4	2,90E-04	-1,52E-01
Al(OH)3	1,86E-08	0,2	1,87E-08	1,00E-03	CuSO4	2,17E-10	3,5	2,18E-10	1,00E-03	MgSO4	4,66E-05	10,1	4,67E-05	1,00E-03
AlF4-	6,51E-09	0,1	5,94E-09	-4,00E-02	Cu(OH)2	1,16E-10	1,9	1,16E-10	1,00E-03	MgHCO3+	2,00E-06	0,4	1,82E-06	-4,00E-02
As(3)	3,69E-07	79,9			CuOH+	2,73E-11	0,4	2,49E-11	-4,00E-02	Mn(2)	2,80E-05	100,0		
H3AsO3	3,69E-07	99,9	3,70E-07	1,00E-03	F	3,48E-05	72,2			Mn+2	2,46E-05	87,9	1,71E-05	-1,59E-01
H2AsO3-	2,77E-10	0,1	2,53E-10	-4,00E-02	F-	1,47E-05	42,2	1,34E-05	-4,00E-02	MnSO4	2,34E-06	8,4	2,35E-06	1,00E-03
As(5)	9,27E-08	20,1			AlF2+	7,40E-06	21,3	6,75E-06	-4,00E-02	MnHCO3+	9,35E-07	3,3	8,53E-07	-4,00E-02
H2AsO4-	6,28E-08	67,7	5,73E-08	-4,00E-02	AlF+2	1,59E-06	4,6	1,10E-06	-1,59E-01	MnCO3	5,49E-08	0,2	5,00E-08	-4,00E-02
HAsO4-2	2,99E-08	32,2	2,07E-08	-1,59E-01	AlF3	1,12E-06	3,2	1,12E-06	1,00E-03	MnCl+	5,24E-08	0,2	5,25E-08	1,00E-03
C(4)	1,38E-03	100,0			MgF+	2,04E-07	0,6	1,86E-07	-4,00E-02	Mn(3)	1,63E-30	0,0		
CO2	7,57E-04	54,9	7,59E-04	1,00E-03	CaF+	8,55E-08	0,2	7,80E-08	-4,00E-02	Mn+3	1,63E-30		7,13E-31	-3,58E-01
HCO3-	6,13E-04	44,4	5,61E-04	-3,90E-02	Fe(2)	7,68E-06	100,0			N(-3)	2,14E-06	9,4		
CaHCO3+	5,49E-06	0,4	5,01E-06	-4,00E-02	Fe+2	6,73E-06	87,6	4,66E-06	-1,59E-01	NH4+	2,11E-06	98,6	1,93E-06	-4,00E-02
MgHCO3+	2,00E-06	0,1	1,82E-06	-4,00E-02	FeSO4	6,49E-07	8,5	6,50E-07	1,00E-03	NH4SO4-	2,96E-08	1,4	2,70E-08	-4,00E-02
MnHCO3+	9,35E-07	0,1	8,53E-07	-4,00E-02	FeHCO3+	2,87E-07	3,7	2,61E-07	-4,00E-02	N(5)	2,07E-05	90,6		
Ca	1,64E-03	100,0			FeCO3	5,08E-09	0,1	4,63E-09	-4,00E-02	NO3-	2,07E-05	100,0	1,89E-05	-4,00E-02
Ca+2	1,45E-03	88,3	1,01E-03	-1,55E-01	FeCl+	4,32E-09	0,1	4,33E-09	1,00E-03	Na	8,44E-04	100,0		
CaSO4	1,86E-04	11,3	1,86E-04	1,00E-03	Fe(3)	7,21E-12	0,0			Na+	8,40E-04	99,5	7,67E-04	-3,90E-02
CaHCO3+	5,49E-06	0,3	5,01E-06	-4,00E-02	Fe(OH)2+	6,40E-12	89,4	5,84E-12	-4,00E-02	NaSO4-	4,09E-06	0,5	3,73E-06	-4,00E-02
Cd	9,17E-08	100,0			Fe(OH)3	7,74E-13	10,8	7,75E-13	1,00E-03	Ni	3,17E-07	100,0		
Cd+2	7,24E-08	79,0	5,02E-08	-1,59E-01	FeOH+2	2,23E-14	0,3	1,55E-14	-1,59E-01	Ni+2	2,29E-07	72,2	1,59E-07	-1,59E-01
CdSO4	1,41E-08	15,3	1,41E-08	1,00E-03	FeFulvate+	1,58E-14	0,2	1,44E-14	-4,00E-02	NiCO3	4,54E-08	14,3	4,55E-08	1,00E-03
CdCl+	3,56E-09	3,9	3,25E-09	-4,00E-02	Fulvate	2,73E-06	92,2			NiSO4	2,88E-08	9,1	2,88E-08	1,00E-03
CdHCO3+	9,76E-10	1,1	8,90E-10	-4,00E-02	Fulvate-2	2,71E-06	99,2	1,88E-06	-1,59E-01	NiHCO3+	1,35E-08	4,2	1,23E-08	-4,00E-02
CdFulvate	2,98E-10	0,3	2,98E-10	1,00E-03	HFulvate-	1,71E-08	0,6	1,56E-08	-4,00E-02	NiCl+	3,14E-10	0,1	2,87E-10	-4,00E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt III / BW4-80 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
P	1,62E-06	100,0		
H2PO4-	1,28E-06	79,4	1,17E-06	-4,00E-02
HPO4-2	2,12E-07	13,2	1,47E-07	-1,59E-01
CaHPO4	5,85E-08	3,6	5,87E-08	1,00E-03
CaH2PO4+	2,36E-08	1,5	2,15E-08	-4,00E-02
MgHPO4	2,27E-08	1,4	2,27E-08	1,00E-03
MgH2PO4+	8,61E-09	0,5	7,86E-09	-4,00E-02
FeH2PO4+	3,00E-09	0,2	2,74E-09	-4,00E-02
FeHPO4	2,73E-09	0,2	2,73E-09	1,00E-03
Pb	2,90E-08	100,0		
Pb+2	1,27E-08	43,9	8,82E-09	-1,59E-01
PbCO3	5,92E-09	20,4	5,93E-09	1,00E-03
PbSO4	5,37E-09	18,6	5,38E-09	1,00E-03
PbHCO3+	4,30E-09	14,9	3,93E-09	-4,00E-02
PbOH+	4,22E-10	1,5	3,85E-10	-4,00E-02
PbCl+	1,78E-10	0,6	1,63E-10	-4,00E-02
Pb(SO4)2-2	4,43E-11	0,2	3,07E-11	-1,59E-01
S(6)	1,80E-03	100,0		
SO4-2	1,56E-03	86,6	1,09E-03	-1,56E-01
CaSO4	1,86E-04	10,3	1,86E-04	1,00E-03
MgSO4	4,66E-05	2,6	4,67E-05	1,00E-03
NaSO4-	4,09E-06	0,2	3,73E-06	-4,00E-02
MnSO4	2,34E-06	0,1	2,35E-06	1,00E-03
ZnSO4	1,92E-06	0,1	1,92E-06	1,00E-03
Zn	1,52E-05	100,0		
Zn+2	1,25E-05	82,2	8,65E-06	-1,59E-01
ZnSO4	1,92E-06	12,6	1,92E-06	1,00E-03
ZnHCO3+	6,69E-07	4,4	6,11E-07	-4,00E-02
ZnCO3	6,67E-08	0,4	6,68E-08	1,00E-03
Zn(SO4)2-2	2,80E-08	0,2	1,94E-08	-1,59E-01
ZnCl+	8,38E-09	0,1	7,65E-09	-4,00E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad$ a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt II / Spittelwasser (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	1,62E-07		1,45E-07	-5,00E-02	CdFulvate	5,23E-11	0,2	5,26E-11	2,00E-03
OH-	1,96E-08		1,71E-08	-5,90E-02	CdNO3+	4,52E-11	0,2	3,94E-11	-5,90E-02
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	CdCl2	3,03E-11	0,1	3,05E-11	2,00E-03
Al	9,64E-06	100,0			Cl	3,33E-03	100,0		
Al(OH)4-	4,65E-06	48,2	4,06E-06	-5,90E-02	Cl-	3,33E-03	100,0	2,89E-03	-6,10E-02
AlF2+	1,80E-06	18,7	1,57E-06	-5,90E-02	Cu(1)	2,98E-09	1,1		
Al(OH)2+	1,63E-06	16,9	1,43E-06	-5,90E-02	CuCl2-	2,18E-09	77,0	1,90E-09	-5,90E-02
AlF+2	7,53E-07	7,8	4,36E-07	-2,38E-01	Cu+	7,89E-10	27,9	6,88E-10	-5,90E-02
Al(OH)3	3,57E-07	3,7	3,59E-07	2,00E-03	CuCl3-2	1,40E-11	0,5	8,12E-12	-2,38E-01
AlOH+2	2,33E-07	2,4	1,35E-07	-2,38E-01	Cu(2)	2,46E-07	98,9		
AlF3	1,53E-07	1,6	1,54E-07	2,00E-03	CuFulvate	7,29E-08	29,6	7,32E-08	2,00E-03
AlSO4+	3,38E-08	0,4	2,95E-08	-5,90E-02	CuCO3	4,99E-08	20,3	2,89E-08	-2,38E-01
Al+3	2,10E-08	0,2	6,14E-09	-5,35E-01	Cu+2	4,97E-08	20,2	4,99E-08	2,00E-03
As(3)	2,34E-15	0,0			CuHCO3+	2,87E-08	11,7	2,88E-08	2,00E-03
H3AsO3	2,33E-15	99,9	2,35E-15	2,00E-03	Cu(OH)2	2,51E-08	10,2	2,19E-08	-5,90E-02
H2AsO3-	5,66E-18	0,2	4,94E-18	-5,90E-02	CuSO4	9,92E-09	4,0	9,97E-09	2,00E-03
As(5)	3,39E-08	100,0			CuHumate	7,31E-09	3,0	7,34E-09	2,00E-03
HAsO4-2	2,13E-08	62,7	1,23E-08	-2,38E-01	CuOH+	2,29E-09	0,9	2,00E-09	-5,90E-02
H2AsO4-	1,26E-08	37,3	1,10E-08	-5,90E-02	F	1,42E-05	85,1		
C(4)	2,44E-03	100,0			F-	9,06E-06	63,7	7,90E-06	-5,90E-02
HCO3-	1,73E-03	70,7	1,51E-03	-5,70E-02	AlF2+	1,80E-06	12,7	1,57E-06	-5,90E-02
CO2	6,62E-04	27,1	6,65E-04	2,00E-03	AlF+2	7,53E-07	5,3	4,36E-07	-2,38E-01
CaHCO3+	3,48E-05	1,4	3,03E-05	-5,90E-02	MgF+	2,08E-07	1,5	1,81E-07	-5,90E-02
MgHCO3+	9,33E-06	0,4	8,14E-06	-5,90E-02	AlF3	1,53E-07	1,1	1,54E-07	2,00E-03
FeHCO3+	2,54E-06	0,1	2,22E-06	-5,90E-02	CaF+	1,18E-07	0,8	1,03E-07	-5,90E-02
NaHCO3	2,33E-06	0,1	2,34E-06	2,00E-03	NaF	1,24E-08	0,1	1,25E-08	2,00E-03
Ca	4,62E-03	100,0			Fe(2)	3,17E-05	99,2		
Ca+2	3,85E-03	83,4	2,28E-03	-2,28E-01	Fe+2	2,53E-05	79,9	1,47E-05	-2,38E-01
CaSO4	7,33E-04	15,8	7,36E-04	2,00E-03	FeSO4	3,58E-06	11,3	3,59E-06	2,00E-03
CaHCO3+	3,48E-05	0,8	3,03E-05	-5,90E-02	FeHCO3+	2,54E-06	8,0	2,22E-06	-5,90E-02
Cd	2,71E-08	100,0			FeCO3	1,13E-07	0,4	1,13E-07	2,00E-03
Cd+2	1,79E-08	66,3	1,04E-08	-2,38E-01	FeCl+	6,71E-08	0,2	5,85E-08	-5,90E-02
CdSO4	5,11E-09	18,9	5,14E-09	2,00E-03	FeHPO4	3,17E-08	0,1	3,19E-08	2,00E-03
CdCl+	3,10E-09	11,4	2,70E-09	-5,90E-02	Fe(3)	2,74E-07	0,8		
CdHCO3+	5,70E-10	2,1	4,97E-10	-5,90E-02	Fe(OH)2+	2,02E-07	74,9	1,76E-07	-5,90E-02
Cd(SO4)2-2	2,08E-10	0,8	1,20E-10	-2,38E-01	Fe(OH)3	7,16E-08	26,5	7,19E-08	2,00E-03

Transekt II / Spittelwasser (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
FeOH+2	2,63E-10	0,1	1,52E-10	-2,38E-01	NaHCO3	2,33E-06	0,1	2,34E-06	2,00E-03	S(6)	4,17E-03	100,0		
Fe(OH)4-	2,53E-10	0,1	2,21E-10	-5,90E-02	Ni	3,58E-07	100,0			SO4-2	3,27E-03	78,4	1,91E-03	-2,32E-01
Fulvate	2,84E-06	90,9			NiCO3	1,82E-07	50,8	1,83E-07	2,00E-03	CaSO4	7,33E-04	17,6	7,36E-04	2,00E-03
Fulvate-2	2,77E-06	97,3	1,60E-06	-2,38E-01	Ni+2	1,32E-07	37,0	7,66E-08	-2,38E-01	MgSO4	1,35E-04	3,2	1,36E-04	2,00E-03
CuFulvate	7,29E-08	2,6	7,32E-08	2,00E-03	NiSO4	2,44E-08	6,8	2,45E-08	2,00E-03	NaSO4-	2,69E-05	0,6	2,35E-05	-5,90E-02
HFulvate-	4,94E-09	0,2	4,31E-09	-5,90E-02	NiHCO3+	1,84E-08	5,1	1,60E-08	-5,90E-02	FeSO4	3,58E-06	0,1	3,59E-06	2,00E-03
H(0)	1,02E-25				NiCl+	6,38E-10	0,2	5,57E-10	-5,90E-02	KSO4-	3,06E-06	0,1	2,67E-06	-5,90E-02
H2	5,08E-26		5,10E-26	2,00E-03	P	3,32E-06	100,0			Zn	2,70E-06	100,0		
Humate	2,85E-07	9,1			H2PO4-	1,61E-06	48,5	1,41E-06	-5,90E-02	Zn+2	1,93E-06	71,4	1,12E-06	-2,38E-01
Humate-2	2,78E-07	97,3	1,61E-07	-2,38E-01	HPO4-2	9,44E-07	28,4	5,46E-07	-2,38E-01	ZnSO4	4,34E-07	16,1	4,36E-07	2,00E-03
CuHumate	7,31E-09	2,6	7,34E-09	2,00E-03	CaHPO4	4,86E-07	14,6	4,88E-07	2,00E-03	ZnHCO3+	2,44E-07	9,0	2,13E-07	-5,90E-02
HHumate-	4,96E-10	0,2	4,32E-10	-5,90E-02	MgHPO4	1,38E-07	4,2	1,39E-07	2,00E-03	ZnCO3	7,13E-08	2,6	7,16E-08	2,00E-03
K	3,15E-04	100,0			CaH2PO4+	6,66E-08	2,0	5,80E-08	-5,90E-02	Zn(SO4)2-2	1,35E-08	0,5	7,78E-09	-2,38E-01
K+	3,12E-04	99,0	2,71E-04	-6,10E-02	FeHPO4	3,17E-08	1,0	3,19E-08	2,00E-03	ZnCl+	4,52E-09	0,2	3,94E-09	-5,90E-02
KSO4-	3,06E-06	1,0	2,67E-06	-5,90E-02	MgH2PO4+	1,78E-08	0,5	1,56E-08	-5,90E-02	ZnOH+	2,49E-09	0,1	2,17E-09	-5,90E-02
Mg	9,47E-04	100,0			FeH2PO4+	1,18E-08	0,4	1,03E-08	-5,90E-02					
Mg+2	8,02E-04	84,7	4,80E-04	-2,23E-01	CaPO4-	6,54E-09	0,2	5,70E-09	-5,90E-02					
MgSO4	1,35E-04	14,3	1,36E-04	2,00E-03	NaHPO4-	3,35E-09	0,1	2,92E-09	-5,90E-02					
MgHCO3+	9,33E-06	1,0	8,14E-06	-5,90E-02	MgPO4-	1,86E-09	0,1	1,62E-09	-5,90E-02					
Mn(2)	1,48E-05	100,0			Pb	1,98E-08	100,0							
Mn+2	1,18E-05	79,9	6,85E-06	-2,38E-01	PbCO3	1,10E-08	55,5	1,11E-08	2,00E-03					
MnSO4	1,65E-06	11,1	1,66E-06	2,00E-03	Pb+2	3,41E-09	17,2	1,98E-09	-2,38E-01					
MnHCO3+	1,06E-06	7,2	9,24E-07	-5,90E-02	PbHCO3+	2,72E-09	13,7	2,38E-09	-5,90E-02					
MnCO3	1,74E-07	1,2	1,75E-07	2,00E-03	PbSO4	2,12E-09	10,7	2,13E-09	2,00E-03					
MnCl+	9,25E-08	0,6	8,07E-08	-5,90E-02	PbOH+	3,05E-10	1,5	2,66E-10	-5,90E-02					
Mn(3)	9,86E-28	0,0			PbCl+	1,67E-10	0,8	1,46E-10	-5,90E-02					
Mn+3	9,86E-28		2,88E-28	-5,35E-01	Pb(SO4)2-2	3,69E-11	0,2	2,14E-11	-2,38E-01					
N(-3)	1,43E-05	1,4			PbNO3+	2,99E-11	0,2	2,60E-11	-5,90E-02					
NH4+	1,39E-05	97,6	1,22E-05	-5,90E-02	Pb(CO3)2-2	1,55E-11	0,1	8,94E-12	-2,38E-01					
NH4SO4-	3,44E-07	2,4	3,00E-07	-5,90E-02										
NH3	1,34E-08	0,1	1,35E-08	2,00E-03										
N(5)	1,02E-03	98,6												
NO3-	1,02E-03	100,0	8,91E-04	-5,90E-02										
Na	3,17E-03	100,0												
Na+	3,14E-03	99,1	2,74E-03	-5,90E-02										
NaSO4-	2,69E-05	0,8	2,35E-05	-5,90E-02										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt II / GW 2 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	5,44E-06		4,79E-06	-5,60E-02	Cu(1)	6,55E-12	0,0			H(0)	2,01E-27			
OH-	6,23E-10		5,34E-10	-6,70E-02	CuCl2-	4,35E-12	66,6	3,73E-12	-6,70E-02	H2	1,01E-27		1,01E-27	3,00E-03
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cu+	2,17E-12	33,2	1,86E-12	-6,70E-02	Humate	2,10E-07	7,5		
Al	2,55E-04	100,0			CuCl3-2	2,53E-14	0,4	1,36E-14	-2,68E-01	Humate-2	1,96E-07	93,2	1,06E-07	-2,68E-01
AlSO4+	1,25E-04	49,0	1,07E-04	-6,70E-02	Cu(2)	8,67E-08	100,0			HHumate-	1,10E-08	5,2	9,41E-09	-6,70E-02
Al+3	4,93E-05	19,4	1,23E-05	-6,04E-01	CuFulvate	3,72E-08	43,0	3,75E-08	3,00E-03	CuHumate	3,03E-09	1,4	3,05E-09	3,00E-03
AlF+2	4,64E-05	18,2	2,50E-05	-2,68E-01	Cu+2	3,38E-08	38,9	1,82E-08	-2,68E-01	FeHumate+	2,87E-10	0,1	2,46E-10	-6,70E-02
AlOH+2	1,55E-05	6,1	8,38E-06	-2,68E-01	CuSO4	1,13E-08	13,0	1,14E-08	3,00E-03	K	1,15E-04	100,0		
Al(SO4)2-	1,26E-05	4,9	1,08E-05	-6,70E-02	CuHumate	3,03E-09	3,5	3,05E-09	3,00E-03	K+	1,13E-04	98,3	9,65E-05	-6,90E-02
Al(OH)2+	3,26E-06	1,3	2,79E-06	-6,70E-02	CuHCO3+	1,16E-09	1,3	9,96E-10	-6,70E-02	KSO4-	2,02E-06	1,7	1,73E-06	-6,70E-02
AlF2+	3,02E-06	1,2	2,59E-06	-6,70E-02	CuCO3	6,89E-11	0,1	6,94E-11	3,00E-03	Mg	1,12E-03	100,0		
As(3)	1,88E-15	0,0			CuCl+	6,00E-11	0,1	5,14E-11	-6,70E-02	Mg+2	8,72E-04	77,6	4,90E-04	-2,50E-01
H3AsO3	1,88E-15	100,0	1,89E-15	3,00E-03	CuOH+	4,43E-11	0,1	3,80E-11	-6,70E-02	MgSO4	2,51E-04	22,4	2,53E-04	3,00E-03
As(5)	1,78E-08	100,0			F	5,27E-05	94,3			MgHCO3+	7,00E-07	0,1	6,00E-07	-6,70E-02
H2AsO4-	1,69E-08	94,9	1,45E-08	-6,70E-02	AlF+2	4,64E-05	88,0	2,50E-05	-2,68E-01	Mn(2)	1,56E-05	100,0		
HAsO4-2	9,06E-10	5,1	4,88E-10	-2,68E-01	AlF2+	3,02E-06	5,7	2,59E-06	-6,70E-02	Mn+2	1,25E-05	80,1	6,71E-06	-2,68E-01
H3AsO4	1,02E-11	0,1	1,02E-11	3,00E-03	F-	2,64E-07	0,5	2,26E-07	-6,70E-02	MnSO4	2,94E-06	18,9	2,96E-06	3,00E-03
C(4)	1,69E-03	100,0			Fe(2)	1,34E-05	99,8			MnHCO3+	7,88E-08	0,5	6,75E-08	-6,70E-02
CO2	1,56E-03	92,3	1,57E-03	3,00E-03	Fe+2	1,07E-05	80,1	5,78E-06	-2,68E-01	MnCl+	7,63E-08	0,5	6,54E-08	-6,70E-02
HCO3-	1,27E-04	7,5	1,09E-04	-6,40E-02	FeSO4	2,56E-06	19,1	2,58E-06	3,00E-03	Mn(3)	2,84E-25	0,0		
CaHCO3+	3,04E-06	0,2	2,60E-06	-6,70E-02	FeHCO3+	7,37E-08	0,6	6,31E-08	-6,70E-02	Mn+3	2,84E-25		7,07E-26	-6,04E-01
Ca	6,40E-03	100,0			FeCl+	2,30E-08	0,2	1,97E-08	-6,70E-02	N(-3)	5,01E-06	0,7		
Ca+2	4,84E-03	75,6	2,68E-03	-2,57E-01	Fe(3)	2,34E-08	0,2			NH4+	4,79E-06	95,7	4,11E-06	-6,70E-02
CaSO4	1,56E-03	24,3	1,57E-03	3,00E-03	Fe(OH)2+	1,86E-08	79,3	1,59E-08	-6,70E-02	NH4SO4-	2,13E-07	4,3	1,83E-07	-6,70E-02
Cd	6,04E-07	100,0			FeFulvate+	3,53E-09	15,0	3,02E-09	-6,70E-02	N(5)	7,51E-04	99,3		
Cd+2	3,63E-07	60,1	1,96E-07	-2,68E-01	FeOH+2	8,28E-10	3,5	4,46E-10	-2,68E-01	NO3-	7,51E-04	100,0	6,43E-04	-6,70E-02
CdSO4	1,74E-07	28,8	1,75E-07	3,00E-03	FeHumate+	2,87E-10	1,2	2,46E-10	-6,70E-02	Na	3,11E-03	100,0		
CdCl+	5,07E-08	8,4	4,35E-08	-6,70E-02	Fe(OH)3	1,99E-10	0,8	2,00E-10	3,00E-03	Na+	3,06E-03	98,5	2,63E-03	-6,60E-02
Cd(SO4)2-2	1,37E-08	2,3	7,38E-09	-2,68E-01	FeSO4+	2,78E-11	0,1	2,38E-11	-6,70E-02	NaSO4-	4,75E-05	1,5	4,07E-05	-6,70E-02
CdHCO3+	7,99E-10	0,1	8,04E-10	3,00E-03	Fulvate	2,59E-06	92,5			Ni	2,83E-06	100,0		
CdFulvate	7,89E-10	0,1	6,76E-10	-6,70E-02	Fulvate-2	2,41E-06	93,2	1,30E-06	-2,68E-01	Ni+2	2,13E-06	75,4	1,15E-06	-2,68E-01
CdNO3+	6,17E-10	0,1	5,29E-10	-6,70E-02	HFulvate-	1,35E-07	5,2	1,16E-07	-6,70E-02	NiSO4	6,62E-07	23,4	6,67E-07	3,00E-03
CdCl2	4,17E-10	0,1	4,19E-10	3,00E-03	CuFulvate	3,72E-08	1,4	3,75E-08	3,00E-03	NiHCO3+	2,02E-08	0,7	1,73E-08	-6,70E-02
Cl	2,90E-03	100,0			FeFulvate+	3,53E-09	0,1	3,02E-09	-6,70E-02	NiCl+	8,32E-09	0,3	7,13E-09	-6,70E-02
Cl-	2,90E-03	100,0	2,47E-03	-6,90E-02						NiCO3	6,02E-09	0,2	6,05E-09	3,00E-03

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad$ a(X) = c(X) · f(X)

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt II / GW 2 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-
P	1,62E-06	100,1		
H2PO4-	1,48E-06	91,3	1,26E-06	-6,70E-02
CaH2PO4+	7,22E-08	4,5	6,19E-08	-6,70E-02
HPO4-2	2,76E-08	1,7	1,49E-08	-2,68E-01
MgH2PO4+	1,68E-08	1,0	1,44E-08	-6,70E-02
CaHPO4	1,57E-08	1,0	1,58E-08	3,00E-03
FeH2PO4+	4,28E-09	0,3	3,66E-09	-6,70E-02
MgHPO4	3,87E-09	0,2	3,90E-09	3,00E-03
Pb	2,90E-08	100,0		
PbSO4	1,38E-08	47,6	1,39E-08	3,00E-03
Pb+2	1,33E-08	45,8	7,15E-09	-2,68E-01
PbHCO3+	7,24E-10	2,5	6,21E-10	-6,70E-02
PbCl+	5,32E-10	1,8	4,56E-10	-6,70E-02
Pb(SO4)2-2	4,67E-10	1,6	2,52E-10	-2,68E-01
PbCO3	8,77E-11	0,3	8,83E-11	3,00E-03
PbNO3+	7,94E-11	0,3	6,81E-11	-6,70E-02
PbOH+	3,40E-11	0,1	2,91E-11	-6,70E-02
S(6)	8,35E-03	99,9		
SO4-2	6,32E-03	75,7	3,45E-03	-2,63E-01
CaSO4	1,56E-03	18,6	1,57E-03	3,00E-03
MgSO4	2,51E-04	3,0	2,53E-04	3,00E-03
AlSO4+	1,25E-04	1,5	1,07E-04	-6,70E-02
NaSO4-	4,75E-05	0,6	4,07E-05	-6,70E-02
Al(SO4)2-	1,26E-05	0,2	1,08E-05	-6,70E-02
ZnSO4	1,15E-05	0,1	1,16E-05	3,00E-03
Zn	4,29E-05	99,9		
Zn+2	3,04E-05	70,8	1,64E-05	-2,68E-01
ZnSO4	1,15E-05	26,8	1,16E-05	3,00E-03
Zn(SO4)2-2	6,90E-07	1,6	3,72E-07	-2,68E-01
ZnHCO3+	2,63E-07	0,6	2,25E-07	-6,70E-02
ZnCl+	5,87E-08	0,1	5,03E-08	-6,70E-02

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) a(X) = c(X) · f(X)
Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)
Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)

Transekt II / GW 4 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Antl.	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
H+	3,47E-07		3,16E-07	-4,00E-02	CdFulvate	2,03E-11	0,2	2,03E-11	1,00E-03
OH-	8,21E-09		7,38E-09	-4,60E-02	Cl	1,17E-03	100,0		
H2O	5,55E+01		1,00E+00	0,00E+00	Cl-	1,17E-03	100,0	1,05E-03	-4,70E-02
Al	8,15E-06	100,0			Cu(1)	9,30E-13	0,0		
Al(OH)2+	2,07E-06	25,3	1,86E-06	-4,60E-02	Cu+	6,82E-13	75,6	6,14E-13	-4,60E-02
AlF2+	1,92E-06	23,6	1,73E-06	-4,60E-02	CuCl2-	2,47E-13	27,4	2,22E-13	-4,60E-02
AlF+2	1,84E-06	22,5	1,20E-06	-1,83E-01	CuCl3-2	5,23E-16	0,1	3,43E-16	-1,83E-01
Al(OH)4-	1,16E-06	14,2	1,04E-06	-4,60E-02	Cu(2)	6,61E-08	100,0		
AlOH+2	6,26E-07	7,7	4,10E-07	-1,83E-01	CuFulvate	2,36E-08	35,7	2,37E-08	1,00E-03
Al(OH)3	2,02E-07	2,5	2,02E-07	1,00E-03	Cu+2	2,22E-08	33,6	1,46E-08	-1,83E-01
AlSO4+	1,52E-07	1,9	1,36E-07	-4,60E-02	CuHCO3+	5,97E-09	9,0	5,37E-09	-4,60E-02
Al+3	1,10E-07	1,4	4,26E-08	-4,12E-01	CuCO3	5,48E-09	8,3	5,49E-09	1,00E-03
AlF3	6,74E-08	0,8	6,75E-08	1,00E-03	CuSO4	3,36E-09	5,1	3,37E-09	1,00E-03
Al(SO4)2-	5,66E-09	0,1	5,09E-09	-4,60E-02	Cu(OH)2	3,04E-09	4,6	3,04E-09	1,00E-03
As(3)	3,13E-19	0,0			CuHumate	1,92E-09	2,9	1,92E-09	1,00E-03
H3AsO3	3,13E-19	100,0	3,14E-19	1,00E-03	CuOH+	5,12E-10	0,8	4,61E-10	-4,60E-02
H2AsO3-	3,27E-22	0,1	2,94E-22	-4,60E-02	F	9,48E-06	78,3		
As(5)	7,55E-08	100,0			F-	3,51E-06	37,0	3,16E-06	-4,60E-02
H2AsO4-	4,44E-08	58,9	4,00E-08	-4,60E-02	AlF2+	1,92E-06	20,3	1,73E-06	-4,60E-02
HAsO4-2	3,10E-08	41,1	2,04E-08	-1,83E-01	AlF+2	1,84E-06	19,4	1,20E-06	-1,83E-01
C(4)	1,54E-03	100,0			AlF3	6,74E-08	0,7	6,75E-08	1,00E-03
HCO3-	8,14E-04	52,7	7,36E-04	-4,40E-02	MgF+	5,36E-08	0,6	4,83E-08	-4,60E-02
CO2	7,15E-04	46,3	7,17E-04	1,00E-03	CaF+	2,72E-08	0,3	2,44E-08	-4,60E-02
CaHCO3+	9,66E-06	0,6	8,70E-06	-4,60E-02	Fe(2)	1,12E-05	52,0		
MgHCO3+	2,97E-06	0,2	2,67E-06	-4,60E-02	Fe+2	9,66E-06	85,5	6,33E-06	-1,83E-01
Ca	2,37E-03	100,0			FeSO4	1,03E-06	9,1	1,03E-06	1,00E-03
Ca+2	2,06E-03	87,1	1,37E-03	-1,77E-01	FeHCO3+	5,17E-07	4,6	4,66E-07	-4,60E-02
CaSO4	2,95E-04	12,5	2,96E-04	1,00E-03	FeCO3	1,09E-08	0,1	1,09E-08	1,00E-03
CaHCO3+	9,66E-06	0,4	8,70E-06	-4,60E-02	FeHPO4	1,06E-08	0,1	1,07E-08	1,00E-03
Cd	1,26E-08	100,0			FeCl+	1,02E-08	0,1	9,15E-09	-4,60E-02
Cd+2	9,56E-09	76,2	6,27E-09	-1,83E-01	FeH2PO4+	8,61E-09	0,1	7,75E-09	-4,60E-02
CdSO4	2,07E-09	16,5	2,08E-09	1,00E-03	Fe(3)	1,05E-05	48,0		
CdCl+	6,54E-10	5,2	5,89E-10	-4,60E-02	Fe(OH)2+	8,98E-06	86,2	8,08E-06	-4,60E-02
CdHCO3+	1,62E-10	1,3	1,46E-10	-4,60E-02	Fe(OH)3	1,46E-06	14,0	1,46E-06	1,00E-03
Cd(SO4)2-2	5,01E-11	0,4	3,28E-11	-1,83E-01	FeOH+2	2,38E-08	0,2	1,56E-08	-1,83E-01
CdNO3+	2,68E-11	0,2	2,41E-11	-4,60E-02	FeFulvate+	6,54E-09	0,1	5,89E-09	-4,60E-02

Transekt II / GW 4 (22.04.98): berechnete hydrochem. Spezies (Anteile > 0,1 %)

Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)	Spezies	Molarität	Anteile	Aktivität	log f(X)
Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-	Formel	mol/l	%	-	-
Fulvate	1,60E-06	92,5			Ni	5,25E-07	100,0			Zn	2,77E-06	100,0		
Fulvate-2	1,56E-06	97,7	1,03E-06	-1,83E-01	Ni+2	3,37E-07	64,3	2,21E-07	-1,83E-01	Zn+2	2,21E-06	79,9	1,45E-06	-1,83E-01
CuFulvate	2,36E-08	1,5	2,37E-08	1,00E-03	NiCO3	1,15E-07	21,9	1,15E-07	1,00E-03	ZnSO4	3,78E-07	13,7	3,79E-07	1,00E-03
HFulvate-	6,71E-09	0,4	6,04E-09	-4,60E-02	NiSO4	4,72E-08	9,0	4,73E-08	1,00E-03	ZnHCO3+	1,49E-07	5,4	1,34E-07	-4,60E-02
FeFulvate+	6,54E-09	0,4	5,89E-09	-4,60E-02	NiHCO3+	2,50E-08	4,8	2,25E-08	-4,60E-02	ZnCO3	2,03E-08	0,7	2,03E-08	1,00E-03
H(0)	1,55E-30				NiCl+	6,46E-10	0,1	5,81E-10	-4,60E-02	Zn(SO4)2-2	6,98E-09	0,3	4,58E-09	-1,83E-01
H2	7,75E-31		7,77E-31	1,00E-03	P	3,78E-06	100,0			ZnCl+	2,00E-09	0,1	1,80E-09	-4,60E-02
Humate	1,30E-07	7,5			H2PO4-	2,71E-06	71,7	2,44E-06	-4,60E-02					
Humate-2	1,27E-07	97,7	8,33E-08	-1,83E-01	HPO4-2	6,59E-07	17,4	4,32E-07	-1,83E-01					
CuHumate	1,92E-09	1,5	1,92E-09	1,00E-03	CaHPO4	2,29E-07	6,0	2,29E-07	1,00E-03					
HHumate-	5,45E-10	0,4	4,91E-10	-4,60E-02	MgHPO4	7,31E-08	1,9	7,33E-08	1,00E-03					
FeHumate+	5,32E-10	0,4	4,78E-10	-4,60E-02	CaH2PO4+	6,65E-08	1,8	5,99E-08	-4,60E-02					
K	2,20E-04	100,0			MgH2PO4+	2,00E-08	0,5	1,80E-08	-4,60E-02					
K+	2,19E-04	99,4	1,96E-04	-4,70E-02	FeHPO4	1,09E-08	0,3	1,09E-08	1,00E-03					
KSO4-	1,43E-06	0,6	1,28E-06	-4,60E-02	FeH2PO4+	8,61E-09	0,2	7,75E-09	-4,60E-02					
Mg	5,47E-04	100,0			Pb	3,62E-08	100,0							
Mg+2	4,84E-04	88,4	3,24E-04	-1,74E-01	Pb+2	1,31E-08	36,0	8,56E-09	-1,83E-01					
MgSO4	6,04E-05	11,0	6,05E-05	1,00E-03	PbCO3	1,04E-08	28,7	1,04E-08	1,00E-03					
MgHCO3+	2,97E-06	0,5	2,67E-06	-4,60E-02	PbHCO3+	6,18E-09	17,1	6,19E-09	1,00E-03					
Mn(2)	6,51E-06	100,0			PbSO4	5,55E-09	15,3	5,00E-09	-4,60E-02					
Mn+2	5,61E-06	86,2	3,68E-06	-1,83E-01	PbOH+	5,86E-10	1,6	5,27E-10	-4,60E-02					
MnSO4	5,89E-07	9,1	5,91E-07	1,00E-03	PbCl+	2,50E-10	0,7	2,25E-10	-4,60E-02					
MnHCO3+	2,68E-07	4,1	2,41E-07	-4,60E-02	PbNO3+	1,25E-10	0,3	1,12E-10	-4,60E-02					
MnCO3	2,05E-08	0,3	2,05E-08	1,00E-03	Pb(SO4)2-2	6,38E-11	0,2	4,18E-11	-1,83E-01					
MnCl+	1,74E-08	0,3	1,57E-08	-4,60E-02	S(6)	2,31E-03	100,0							
Mn(3)	2,04E-25	0,0			SO4-2	1,95E-03	84,2	1,29E-03	-1,80E-01					
Mn+3	2,04E-25		7,88E-26	-4,12E-01	CaSO4	2,95E-04	12,8	2,96E-04	1,00E-03					
N(-3)	5,00E-06	0,5			MgSO4	6,04E-05	2,6	6,05E-05	1,00E-03					
NH4+	4,92E-06	98,3	4,42E-06	-4,60E-02	NaSO4-	6,63E-06	0,3	5,97E-06	-4,60E-02					
NH4SO4-	8,15E-08	1,6	7,34E-08	-4,60E-02	KSO4-	1,43E-06	0,1	1,28E-06	-4,60E-02					
N(5)	9,86E-04	99,5												
NO3-	9,86E-04	100,0	8,87E-04	-4,60E-02										
Na	1,16E-03	100,0												
Na+	1,16E-03	99,4	1,04E-03	-4,50E-02										
NaSO4-	6,63E-06	0,6	5,97E-06	-4,60E-02										

Aktivität = a(X), Molarität = c(X) $\quad a(X) = c(X) \cdot f(X)$

Programm PHREEQC Interactive RC1 V. 2.5.0.2021 (Rel. Oct. 2001)

Basisdatensatz : wateq4f.dat (BALL & NORDSTROM 1991 in: PARKHURST & APPELO 1999)