

## 2 Permanente und mobile Hochwasserschutzsysteme

### 2.1 Versagensfälle von Deichen

Flussdeiche sind Dämme aus Erdbaustoffen an Fließgewässern zum Schutz des Hinterlandes gegen Hochwasser.

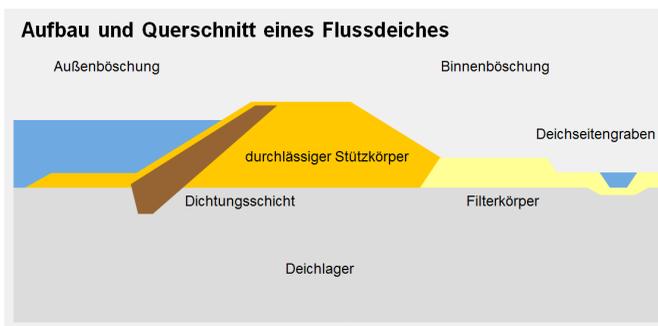


Bild 1: Prinzipieller Deichaufbau [I].

- Deichlager,
- durchlässiger Stützkörper,
- Dichtungsschicht,
- Außen- und Binnenböschung,
- Filterkörper/Auflastfilter,
- Deichseitengraben/Drainage.

Da viele alte Deiche diese Ansprüche nicht erfüllen, ist in den meisten Fällen der Einbau einer Spundwand die beste und wirtschaftlichste Möglichkeit, die nicht mehr standfesten Deiche zu stabilisieren.

Grundsätzlich wird in vier Versagensfälle unterschieden:

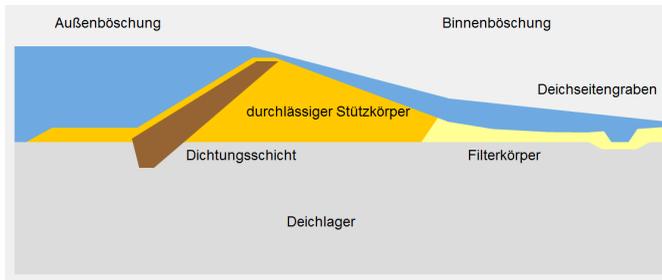


Bild 2: Versagensfall – Überströmen [I].

Das Wasser übersteigt die Deichkrone und fließt über die landseitige Böschung ab. Es wird in erheblichem Maße Bodenmaterial abgetragen. Es kommt zu „Auswaschungen“, beginnend an den Böschungskanten. Letztendlich bricht ein Teil der Deichkrone weg.

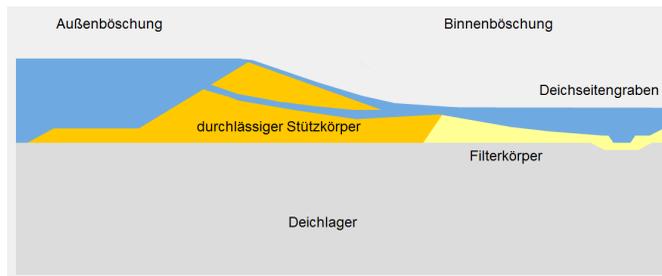


Bild 3: Versagensfall – Durchströmen [I].

Zum Durchströmen kommt es gerade bei langanhaltenden hohen Wasserständen und bei Deichkörpern mit Schwachstellen. Z. B.: bei inhomogenem Deichaufbau bzw. bei Schäden infolge Durchwurzelung oder durch Wühltiere. Es kommt zum punktuellen Wasseraustritt, Bodenteilchen werden ausgespült, es bilden sich röhrenförmige Hohlräume aus. Diese Röhren wachsen in Richtung Wasserseite.

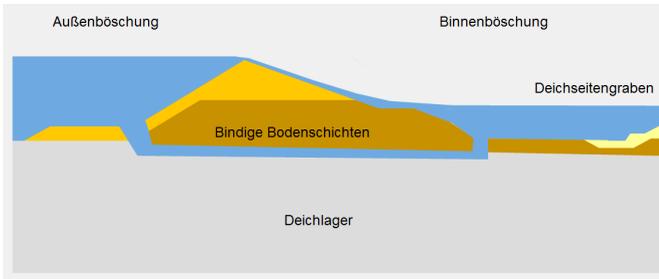


Bild 4: Versagensfall – Hydraulischer Grundbruch [1].

Vorwiegend bei geschichteten Untergründen – über einer gut wasserdurchlässigen Schicht liegt bindiger Boden. Bei steigendem Wasserstand erhöht sich der Porenwasserüberdruck in der wasserführenden Schicht und es entsteht eine nach oben gerichtete Kraft. Das Gewicht des Deichkörpers erzeugt einen ausreichenden Gegendruck. Im Bereich des Deichfußes ist die Bodenauflast geringer, der von unten kommende Wasserdruck ist größer und der Boden bricht plötzlich auf. Die Böschung rutscht ab, der Deich versagt.

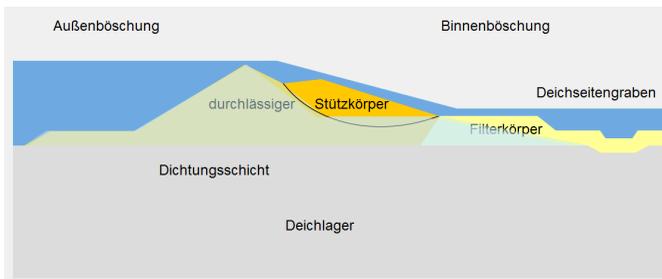


Bild 5: Versagensfall – Böschungsbruch [1].

Mit steigendem Wasserstand und stärker werdender Durchsickerung erhöht sich der Strömungsdruck im Deichkörper. Übersteigt dieser die widerstehenden Kräfte, so bildet sich eine Gleitfläche aus und der Böschungskörper rutscht auf dieser Gleitfläche ab. Der verbleibende Stützkörper des Deiches kann dem Wasserdruck nicht mehr standhalten und bricht. Die Böschung rutscht ab, der Deich versagt.

Stahlspundwände sorgen schnell und dauerhaft für Sicherheit und Standfestigkeit.

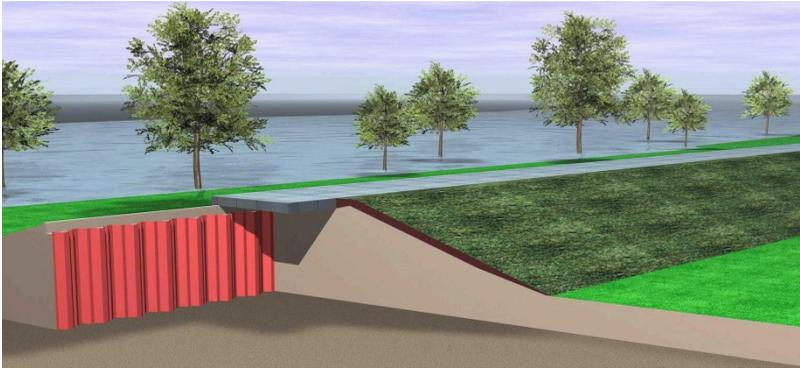


Bild 6: Modell Spundwandbauweise [I].

Die Vorteile der Spundwandbauweise sind:

- der schnelle und einfache Einbau kann witterungsunabhängig mit modernen Geräten erfolgen;
- bauliche Veränderungen sind jederzeit möglich (tiefer rammen und aufständern, umsetzen);
- es sind gute Anschlussmöglichkeiten an Sielbauwerke, für Durchörterungen oder Deichscharten vorhanden;
- sie ist hervorragend für den nachträglichen Einbau in vorhandene Dämme geeignet;
- der Werkstoff Stahl garantiert dauerhafte Sicherheit und ist 100%ig recycelbar;
- die Eigenschaften des Werkstoffs Stahl sind exakt definiert und berechenbar;
- sie bietet genug Stabilität für eine weitere Erhöhung der Deichkrone;
- die Spundwand übernimmt im Deich dauerhaft dichtende, lastabtragende und auch stabilisierende Funktionen;
- sie verhindert ein Unter- und Durchströmen und gibt dem Deich selbst dann Stabilität wenn die Deichvorderseite weggespült wird;

- die Spundwand ist undurchdringbar für Wühltiere und Baumwurzeln und verhindert somit dauerhaft das Entstehen von Sickerwegen;
- im Boden eingebracht, ist die Spundwand korrosionsunempfindlich und unsichtbar;
- die Spundwand macht problemlos Bewegungen im Deich mit, Risse sind nicht möglich.

## 2.2 Einsatzmöglichkeiten für Spundwände in Deichen

### 2.2.1 Wasserseitige Deichfußdichtung

Die wasserseitige Böschung wird durch Spundwände stabilisiert und kann somit steiler ausgebildet werden. Die Spundwand bietet sehr guten Kolk-schutz und ist daher auch bei vielen Deichneubauten sinnvoll.

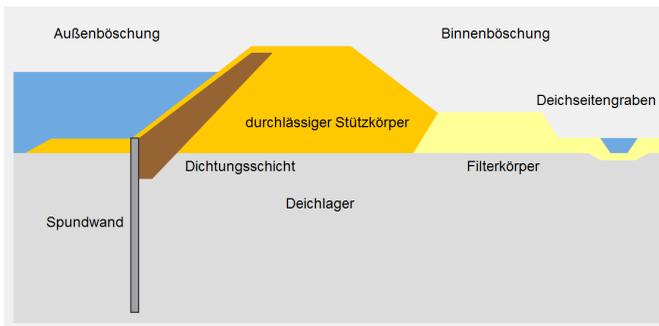


Bild 7: Wasserseitige Deichfußdichtung [I].

### 2.2.2 Landseitige Böschungsstabilisierung

Die Spundwand überträgt die Lasten aus der Böschung in das Deichauflager. Deiche können erhöht werden, ohne dass sie verbreitert werden müssen. Deichbau ist auch bei engen Platzverhältnissen (Bebauung) möglich.

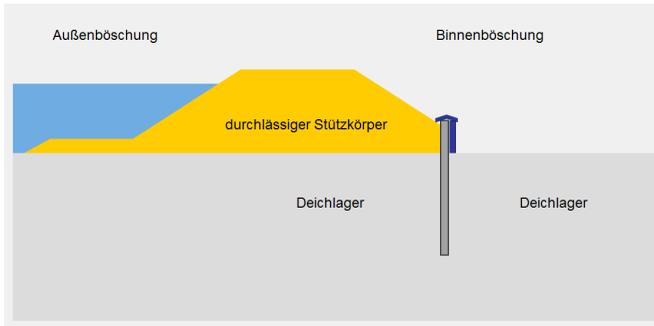


Bild 8: Landseitige Böschungsstabilisierung [I].

### 2.2.3 Unsichtbare Innendichtung

Die Spundwand stabilisiert die wasserseitige Böschung und die Deichkronen, da sie die Gleitkreise quert. Die landseitige Böschung wird durch Absenkung der Sickerlinie stabilisiert.

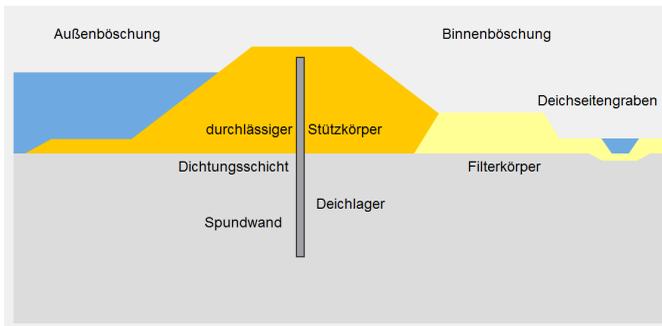


Bild 9: Unsichtbare Innendichtung [I].

## 2.2.4 Sichtbare Innendichtung, evtl. mit Verblendung

Der Deich mit Spundwänden ist einfach an ein erhöhtes Bemessungshochwasser anzupassen. Das System ist auch bei beengten Platzverhältnissen einsetzbar. Es ist keine Deichverbreiterung erforderlich.

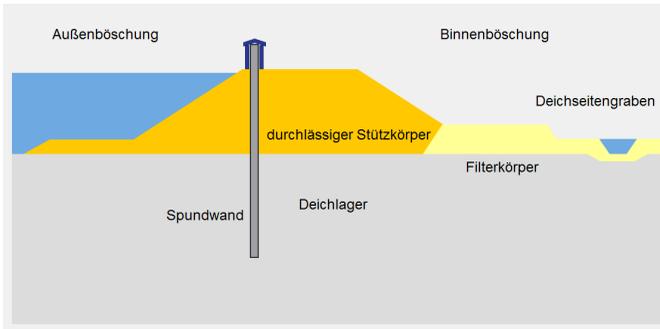


Bild 10: Sichtbare Innendichtung [1].

Des Weiteren können Spundwände einen Deich teilweise oder auch vollständig ersetzen. Es werden unterschiedliche Anforderungen für die Dichtigkeit von Spundwänden in Deichen gestellt:

- Wird eine hohe Dichtigkeit gefordert, so können die Spundwandschlösser zusätzlich gedichtet werden. Eine kostengünstige Variante ist die plastische Bitumendichtung, für besonders hohe Ansprüche an die Dichtigkeit empfehlen wir die elastische Kunststoffdichtung.
- Wird andernfalls eine hohe Durchlässigkeit gefordert, so können Schlitze in regelmäßigen Abständen angeordnet werden. Außerdem kann eine Staffelrammung vorgesehen werden.
- Zur Prüfung der Schlossintegrität können Schlosssprungdetektoren als Signalgeber eingesetzt werden. Bei Schlosssprungdetektoren mit induktivem Näherungsschalter besteht die Kontrolle an jeder Stelle bzw. zu jedem Zeitpunkt des Rammvorgangs.

## 2.2.5 Statische Funktion der Spundwand, am Beispiel einer innenliegenden Deichdichtung

Solange der Deich intakt ist, hat die Spundwand nur Dichtfunktion. Sie stabilisiert allerdings den Deich dadurch, dass sie mögliche Gleitflächen quert. Erst wenn ein Teil des Deiches weggebrochen ist, übernimmt die Spundwand die statische Funktion.

### Lastfall 1: Höchstes Hochwasser

Statisch nicht angesetzt wird hierbei ein Teil der landseitigen Böschung, die durch überlaufendes Wasser weggeschwemmt werden könnte.

### Lastfall 2: Sunk/Polderseitiger Wasserdruck

Wasser im Fluss sinkt schneller als der Grundwasserspiegel. So kommt es bei abfließendem Hochwasser zur Belastung aus entgegengesetzter Richtung. Die wasserseitige Böschung wird statisch nicht angesetzt, da sie durch die erhöhte Strömung während des Hochwassers weggeschwemmt werden kann. In diesem Lastfall hat das Versagen der Spundwand weit weniger schwere Folgen, da das Wasser bereits abfließt.

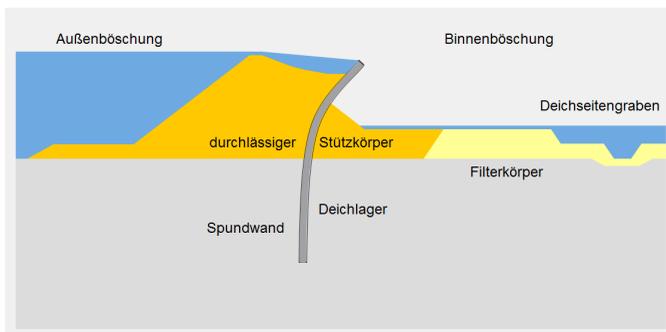


Bild 11: Überströmendes Wasser – Tragfähigkeit überschritten [I].

Kommt es beim höchsten Hochwasser zum Überströmen der Spundwand, ist das Schadenspotential sehr groß! Aber genau hier zeigt sich der große Vorteil der Spundwand, denn anders als beim Deichbruch kommt es nicht zum Totalausfall. Das wellenförmige Blech der Spundwand zieht sich glatt, aber die Schlösser bleiben intakt. Die Spundwand hält!

Die Gebrauchstauglichkeit der Wand ist zwar nicht mehr gegeben, aber es bleibt eine Resttragfähigkeit. Diese kann auch erhalten bleiben, da sich durch die Verformung eine andere Belastungssituation einstellt. Selbst bei extremer Überbelastung muss es nicht zum Totalausfall kommen.

### 2.3 Einbringverfahren

Das Einbringen der Spundwandprofile erfolgt hauptsächlich mit den drei bekannten Verfahren:

#### Vibrationstechnik

erschütterungsbehaftet



- mäklergeführte Hochkantvibratoren,
- freireitende Geräte,
- mittlere bis große Geräte frei am Kran hängend,
- für den Offshoreeinsatz geeignet,
- für kleinere Anwendungen: Baggeranbaugeräte.

#### Schlagende Technik (Rammen)



- Dieselhämmer benötigen keine externe Energieversorgung
- sie sind robust, zuverlässig und einfach in der Bedienung,
- hydraulische Freifallhämmer mit kraftvollem Schlagverhalten bei optimaler Geräuschdämpfung.

#### Einpresstechnik

erschütterungsfrei



- mäklergeführte Pressen mit relativ geringem Eigengewicht für leichtere Anwendungen,

Freischreitende Press-technik für die anspruchsvolleren Aufgaben:

- das Einpressen von Doppelbohlen ist möglich,
- bei schwierigen Bodenverhältnissen kann mit integrierten Einbringhilfen (Vorbohren, Wasserspülung) gearbeitet werden.

Bilder 12–14: Einbringverfahren [II].

## 2.4 Praktische Einsatzbeispiele



Bild 15: Neubau von Hochwasserschutzanlagen [II].



Bild 16: Sanierung und Ertüchtigung von bestehenden Hochwasserschutzanlagen [II].



Bild 17: Sofortmaßnahmen im Notfall [II].

## 2.5 Kombinationsmöglichkeiten mit permanenten oder temporären Aufsatzelementen

### 2.5.1 Permanente Aufsätze



**Kombinationsmöglichkeiten mit Beton/Mauerwerk bzw. Stahlpundwänden** (Bild 18/19 [II]).

- sehr robuste, permanente Lösung,
- hohe Lebensdauer,
- geringer Wartungsaufwand & Unterhaltskosten.



**Kombinationsmöglichkeiten mit Glaswänden** (Bild 20 [II]).

- ästhetische und elegante Lösung,
- lässt sich optimal in das Stadtbild einpassen,
- bruchsichere Glasscheiben,
- permanenter Einsatz ohne Sichtbehinderung,
- ideal für schwer zugängliche Stellen.

## 2.5.2 Mobile Aufsätze



**Kombinationsmöglichkeiten mit mobilen Spundwandelementen** (Bild 21/22 [II]).

- sehr robuste Lösung,
- hohe Lebensdauer,
- geringer Wartungsaufwand,
- geringe Unterhaltskosten.



**Kombinationsmöglichkeiten mit mobilen Dammbalkensystemen** (Bild 23 [II]).

- einfache Konstruktion mit wenigen Bauteilen,
- schneller Aufbau ohne Spezialwerkzeuge,
- optimierte Lagersysteme verfügbar,
- robust, hohe Einsatzsicherheit.



**Das optimierte TKR-System** (Bild 24 [II]).

- Bajonettverschluss,
- Montage ohne Spezialkenntnisse,
- deutlich verkürzte Aufbauzeit,
- unempfindlich gegen Verschmutzung.



**Die weiterentwickelte „Schnellbaustütze“** (Bild 25 [II]).

- vereinfachte Konstruktion,
- kein Verdrehen der Stütze erforderlich,
- Verriegelung wird um 90° gedreht und arretiert,
- einfacher Transport durch geringes Gewicht.

## 2.5.3 Neueste Entwicklung „Köcher-Direktanschluss auf Stahlspundbohlen“

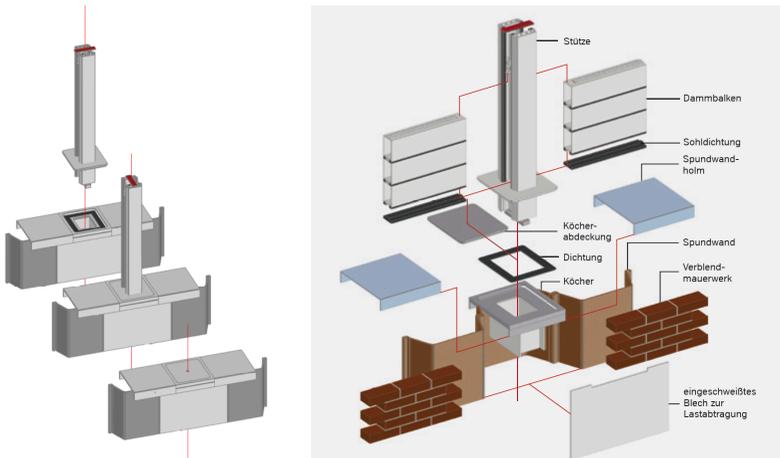


Bild 26: Köcher-Direktanschluss auf Stahlspundbohlen [I].

Damit ermöglichen wir den direkten Kraftfluss aus den Stützen in die Spundwand.

➔ Vorteile: geringere Kosten, verkürzte Bauzeit.

Bisher wurde auf die Spundwand ein Betonholm aufbetoniert, das bedeutet: Die Lasten werden von den Dammbalken in die Stützen eingeleitet. Diese müssen vom Betonholm aufgenommen und von diesem in die Spundwand weitergeleitet werden.

➔ sehr ungünstig (verschiedene Bauweisen: Stahlbau – Stahlbetonbau – Stahlbau).

## 2.5.4 Wenn ´s schnell gehen muss – Das Klapptafel-System

Das Klapptafel-System ist permanent vorhanden und temporär aufklappbar:



Bilder 26–28: Klapptafel-System [II].



Bild 29: Die freie Sicht auf die Landschaft bleibt erhalten, ausreichend Sitzgelegenheiten für Spaziergänger [II].

Neukonstruktionen können so konzipiert werden, dass die Spundwandoberkante um bis zu 1,00 m tiefer ausgeführt werden kann.

In hochwasserfreien Zeiten bleiben die schwenkbaren Wände heruntergeklappt und bilden eine begehbare Fläche bzw. eine Sitzfläche, sofern sie ein Stück aus dem Boden herausragen.

Die Vorteile des Klapptafel-Systems sind:

- es ist eine patentierte Neuentwicklung,
- die ideale Ergänzung für neue oder bestehende HWS-Anlagen,
- die meisten HWS-Wände (auch Beton) können nachgerüstet werden,
- schnelle Erhöhung um 50 cm bis zu 1,00 m möglich,
- verblüffend einfach – aber hoch effektiv,
- die Reaktionszeiten werden durch den Wegfall der Verlade- und Transportleistungen bedeutend verringert,
- manueller Aufbau von einer Person, ohne Hebezeuge, kein Strom erforderlich,
- das System ist immer vor Ort,
- kein Transport und keine Lagerhaltung notwendig,

- Nachrüstung bei Spundwänden mit Tragreserven möglich,
- ist sicher vor Vandalismus.

## 2.6 Fazit

Spundwände können alte Deiche stabilisieren und wieder standsicher machen. Beim Neubau von Deichen bieten sich viele Einsatzmöglichkeiten für die Spundwand. Spundwandlösungen sind besonders wirtschaftlich, der Einbau erfolgt sehr schnell. Spundwände gewähren eine hohe Lebensdauer – der Wartungsaufwand und die Unterhaltskosten sind gering. Die Spundwand bietet viele Kombinationsmöglichkeiten mit permanenten und temporären Aufsatzkonstruktionen. Es gibt eine Vielzahl praktischer Lösungen, die zugleich elegant und von hohem ästhetischem Anspruch sind.

## Bildnachweis

[I] Alle Abbildungen © ThyssenKrupp Bautechnik GmbH.

[II] Alle Aufnahmen © ThyssenKrupp Bautechnik GmbH.

## Ansprechpartner

Gerd Stüber  
ThyssenKrupp Bautechnik GmbH  
Leiter Technisches Büro  
Postfach 102253, 45022 Essen  
Hollestraße 7a, 45127 Essen

Tel.: 0201 / 844 56 2804

Fax 0201 / 844 56 2015

E-Mail: [gerd.stueber@thyssenkrupp.com](mailto:gerd.stueber@thyssenkrupp.com)  
[www.thyssenkrupp-bautechnik.com](http://www.thyssenkrupp-bautechnik.com)

Dieser Aufsatz ist Teil des folgenden Sammelbandes:  
Innovationen im Spezialtiefbau : Fachseminar am 05. Dezember 2013 an  
der Technischen Universität Berlin. – Hrsg.: Bernd Kochendörfer. -  
(Bauwirtschaft und Baubetrieb : Berichte ; 2). –  
Berlin: Universitätsverlag der TU Berlin, 2013  
ISBN 978-3-7983-2663-7 (print)  
ISBN 978-3-7983-2664-4 (online)  
URN urn:nbn:de:kobv:83-opus4-44427  
[<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:83-opus4-44427>]