

Soziale Koordination durch Boundary Objects am Beispiel des heterogenen Feldes der Servicerobotik

vorgelegt von
Magister Artium
Martin Meister
aus München

an der Fakultät VI
Planen, Bauen, Umwelt
der Technischen Universität Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Philosophie

- Dr. phil. –

genehmigte Dissertation

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. Arnold Windeler

1. Bericht: Prof. Dr. W. Rammert

2. Bericht: Prof. Dr. I. Schulz-Schaeffer

Tag der wissenschaftlichen Aussprache: 30. August 2011

Berlin, 2011

D 83

Gliederung

1	Einleitung.....	5
2	Boundary Objects: Das Konzept.....	14
2.1	Das Standardkonzept der konstruktivistischen Wissenschafts- und Technikforschung und die Frage der Heterogenität von Hochtechnologien.....	15
2.2	Die Idee der Boundary Objects.....	44
2.3	Die Rezeption und Anwendung der Idee.....	55
2.3.1	Die Übernahme des Konzeptes in den Science and Technology Studies	56
2.3.2	Das Konzept in anderen Forschungskontexten	59
2.3.3	Boundary Objects in der Organisationssoziologie	61
2.3.4	Beschreibungen des scheiternden Einsatzes von Boundary Objects	79
2.3.5	Boundary Objects in CSCW und HCI.....	82
2.3.6	Verkürzungen des Konzeptes durch illegitimen Konzepttransfer?	91
2.3.7	Zwischenfazit	93
2.4	Konzeptionelle Dimensionen der Frage nach der koordinativen Wirksamkeit von Objekten.....	98
3	Boundary Objects in der Servicerobotik.....	107
3.1	Ein heterogenes F&E-Feld	107
3.2	Das “Pidgin” der Robotiker oder: die Handlungsbeteiligung der Algorithmen	112
3.3	Graphisch repräsentierte Design-Philosophien als Boundary Objects.....	126
3.4	Epistemische Spielzeuge als Boundary Objects	133
3.5	Robocup: Die Herstellung von Vergleichbarkeit im spielerischen Wettkampf	148
4	Sozialtheoretische Reflexion: Die ordnungsstiftende Rolle von Boundary Objects	155
5	Fazit	172
6	Literatur	186

1 Einleitung

„Pure mathematician, applied mathematician, physicist, bomb builder, statistician, numerical analyst, industrial chemist, numerical meteorologist, and fluid dynamicist: each has a view about what the Monte Carlo was. ... The symbols and procedures of the method, therefore, sit variously in each domain, and connect differently to the terms, theorems, and style of each discipline. ...

Two distinct attacks on Monte Carlo enthusiasm had ... emerged by the early 1950's. There were those who, in principle, remained deeply suspicious of the artificiality of ... the simulations themselves. And there were those ... who for pragmatic reasons doubted the methods reliability. Either way, it was the status of the enterprise itself that was in question. ... Viewed 'globally' the enterprise of simulating nature was on the shakiest of grounds. In the absolute absence of any agreed-upon interpretation of simulations, it might be thought the whole enterprise would collapse. It did not. Practice proceeded while interpretation collapsed.”

(Galison 1996a, S. 151f).

In diesen Worten charakterisiert der Wissenschaftshistoriker Peter Galison die soziale Konstellation, die der Entstehung und Durchsetzung der Computersimulation seit den späten 1940er Jahren zugrunde lag. Obwohl die Protagonisten dieser wissenschaftlich-technischen Innovation aus unterschiedlichsten Disziplinen und sozialen Kontexten stammten, mussten sie enge Kooperationsbeziehungen aufbauen, um hochkomplexe und intrinsisch „zufällige“ Gesamtprozesse in „Computerläufen“ nachbilden zu können, und zwar durch Nutzung und Weiterentwicklung der genannten „Monte Carlo“-Verfahren¹. Eine solche Unternehmung mag als esoterische Grundlagenforschung erscheinen – darum handelte es sich aber nicht. Das konkret zu bearbeitende Problem war die Berechnung oder zumindest fundierte Abschätzung des Verhaltens subatomarer Teilchen bei einer

¹ Mathematisch basieren diese Simulationen auf wahrscheinlichkeits- und spieltheoretischen Modellen – daher die Namensgebung. Ihre tatsächliche Erprobung und Verwendung wurde allerdings erst durch die ersten realisierten Computer möglich, v.a. den aus der Geschichte der KI gut bekannten ENIAC. Die Details finden sich bei Galison 1997b, Kapitel acht zu: “Monte Carlo Simulations: Artificial Reality”, S. 689-780.

Kernfusion, und der Projektrahmen dieser Arbeiten war das Design der ersten Wasserstoffbombe. Über diesen Anwendungsfall hinaus war bereits diese sehr frühe Version der Computersimulation überaus produktiv. Innerhalb weniger Jahre wurden durch die disziplinübergreifende Anwendung dieses Verfahrens weitere Forschungs- und Anwendungsgebiete erschlossen, von der physikalischen und mathematischen Grundlagenforschung über das Design neuartiger chemischer Verbindungen bis hin zu Wetterprognosen und globaler Klimaforschung². Galison rekonstruiert damit nicht nur eine wichtige Episode aus der Geschichte des Computers (den Funktionswandel vom bloßen Kalkulationswerkzeug zu einem neuartigen Instrument der Naturerkenntnis), sondern aus der gesamten Entwicklung von „intelligenten Maschinen“ oder der Hochtechnologie(n), als das Ergebnis einer kollektiven Unternehmung, und das heißt: als Bestandteil eines sozialen Prozesses.

Der entscheidende Punkt, den Galison im Eingangszitat zum Ausdruck bringt, ist jedoch eine tief greifende Irritation. Denn seine empirische Rekonstruktion ergibt den Befund, dass sich für diese so erfolgreiche wie gesellschaftlich folgenreiche kollektive Unternehmung keinerlei gemeinsame Basis der Kooperationsbeziehungen ausmachen lässt. Denn die Untersuchung der lokalen Perspektiven ergibt nur die Differenz der Motive, Zielstellungen, Sprachen und Vokabulare sowie konzeptionell-theoretischen Grundlagen der beteiligten Akteursgruppen – alle Beteiligten hatten substantiell unterschiedliche Interpretationen der „Monte Carlo“-Verfahren. Aber auch die Suche nach möglichen globalen Entwicklungen, besonders fokussierenden Kontextbedingungen – etwa von institutionellen Einbettungen, Vermittlungsagenturen oder geteilten kulturellen Hintergrundorientierungen oder Zielen – lässt keinerlei einigendes Band erkennen. Der Einsatz von Computersimulationen war vielmehr, so Galisons Rekonstruktion, von Anfang an umstritten, und ihr wissenschaftlicher Status war Gegenstand einer breiten und über viele Jahre fortdauernden Kontroverse, die sie in allen relevanten Kontexten in äußerstem Maße umstritten machte. Daher erscheint es auf einer

² *Edwards* 2001 beschreibt ausführlich, wie sich die (nicht zuletzt von von Neumann selbst bereits 1946 initiierte) Entwicklung der computergestützten Wetterprognose aus diesem historisch spezifischen Kontext heraus vollzogen hat, und er zeigt die unmittelbaren Querverbindungen zu ganz anders gelagerten Anwendungsbereichen, etwa militärstrategischen Planungsverfahren („Operations Research“) und halbautomatischer Nuklearverteidigung (SAGE) – Entwicklungen, die er im Zentrum der KI bzw. der gesamten Hochtechnologie im Rahmen des „World War Two-Regimes“ situiert; vgl. *Edwards* 1996.

basalen, fast schon alltagsweltlichen Ebene schlicht kontraintuitiv, dass eine derart fragmentierte soziale Konstellation produktive Kooperationsbeziehungen begründen, und mehr noch diese Kooperationsbeziehungen erfolgreich auf Dauer stellen konnte.

Ich habe Galisons prägnante Zusammenfassung vorangestellt, da mein eigener Versuch der soziologischen Rekonstruktion einer aktuellen hochtechnologischen Innovation – des inter- und transdisziplinären F&E-Feldes der Servicerobotik – auf eine vergleichbar heterogene Situation gestoßen ist, ein empirischer Befund, der zu einer ganz analogen Irritation wie im Fall der Rekonstruktion der frühen Computersimulation führt. Die unmittelbare Anschlussfrage ist, wie eine solche empirisch auftretende Irritation konzeptionell gefasst werden, und an welches bestehende Konzept bzw. an welchen Literaturkorpus bei der produktiven Aufklärung dieser Irritation angeschlossen werden kann.

Galisons eigene konzeptionelle Schlussfolgerung aus seiner eindrücklichen Beschreibung irreduzibler Heterogenität mündet in die Skizzierung einer „Trading Zone“, in deren Kern die kollektive Verwendung eines „Pidgins“ von mathematischen Berechnungsverfahren steht. Ich werde auf diesen konzeptionellen Ansatz noch ausführlich zurückkommen (in Kapitel 3.2), da er aus meiner Sicht einen zentralen Aspekt naturwissenschaftlicher wie ingenieurialer Arbeit – und damit auch der Kooperation – ins Zentrum der Betrachtung rückt: die Verwendung von formalisierten bzw. mathematischen Verfahren (oder ebensolchen ‚Sprachen‘ oder ‚Dialekten‘). Das ist jedenfalls für meinen Fall, die Robotik, mehr als nur augenfällig.

Ich werde die „Trading Zone“ allerdings nicht als zentrale konzeptionelle Referenz verwenden, weil sie von Galison selbst explizit als „metaphorischer Ansatz“ gekennzeichnet worden ist (Galison 1997, S. 51). Zudem haben bis vor kurzem nur sehr wenige Autoren auf die Idee der „Trading Zone“ aufgebaut. Und die jüngst angestoßene, mit vielen empirischen Beispielen versehene Diskussion dieses Konzeptes (vgl. den Sammelband Gorman 2010) folgt nicht der Grundidee der „Pidgins“ als formalisierten Verständigungssprachen, sondern versucht, im Anschluss an Collins et. al. 2007, verschiedene Formen des „Handels“ („trading“) oder ganz allgemein von „four inter-language trading zones“ (ebenda, S. 657) als verschiedene Formen von „Interactional Expertise“ (Formen des kooperationsrelevanten Wissens bzw. der Verständigung, die

zwischen dem disziplinar autorisierten und dem Laienwissen liegen) zu differenzieren³. In dieser Diskussion tauchen die „Pidgins“ zudem nur als eine mehr oder weniger kurzfristig wirksames Zwischenstadium auf dem Weg zu voll entwickelter Interaktion und Kooperation zwischen Disziplinen auf (vgl. *Collins et. al.* 2007, S. 646), womit die Irritation dauerhaft aufrechterhaltener Heterogenität konzeptionell zumindest der Tendenz nach eingeebnet wird.

Die Alternative zu Galisons „Trading Zones“ als zentrale konzeptionelle Referenz ist – zumindest in Bezug auf die Wissenschafts- und Technikforschung – nahe liegend. Leigh Star hat eine ganz ähnliche Irritationen aus ihrer empirischen Forschung als Ausgangspunkte geschildert, um das Konzept der Boundary Objects zu entwickeln. Während ihrer Untersuchung der sozialen Vorgeschichte der modernen Gehirnchirurgie im 19. Jahrhundert stieß sie auf einen sehr einflussreichen Aufsatz des zeitgenössischen Hirnforschers David Ferrier, in dem die Interpretation von experimentellen Untersuchungen an Affen in kleinteiligen grafischen Abbildungen von funktionalen Bereichen des Gehirns, so genannten Gehirnatlanten, zusammengefasst wird. Anschließend wurde in dem zeitgenössischen Aufsatz eine stark abstrahierte Version dieses Atlanten, die nur aus den Umrisslinien der funktionalen Bereiche des Gehirns bestand, über die spezifische Abbildung des menschliche Gehirn gelegt – obwohl schon damals bekannt war, dass das Gehirn von Affen nicht nur kleiner, sondern auch anders aufgebaut ist als das Gehirn von Menschen. Der Erfolg dieser Vorgehensweise konnte also nicht an den spezifischen Fragestellungen zur Physiologie des menschlichen Gehirnes liegen, sondern daran, dass die abstrahierten Umrisslinien gar nicht genau sein mussten, um ein allgemeines Prinzip darzustellen, mit dem in unterschiedlichen Forschungsbereichen (insbesondere physiologische und klinische Forschungen) etwas Sinnvolles getan werden konnte – dann konnten die Umrisslinien genutzt werden, um sich auszutauschen, auch im Sinne von Datenaustausch, oder im Wortsinn auf den Karten auf wechselseitig interessante Punkte zu zeigen. Die Umrisslinien konnten also, kurz gesagt, Kooperationsbeziehungen begründen. Sobald dann wieder zu fachspezifischen

³ Die Grundidee des Ansatzes von *Collins et. al.* 2007 ist in einem Vierfelderschema zusammengefasst (ebenda, S. 646): Auf der einen Achse steht die Unterscheidung „Kollaboration vs. Zwang“ (coercion“), auf der anderen Achse „homogen vs. heterogen“. Galisons Ursprungsidee der „Trading Zone“ taucht im Feld „heterogen/ Kollaboration“ auf, als „fractionated trading zones“ (ebenda) – ebenso wie die Boundary Objects, die gleich in den Mittelpunkt der Betrachtung rücken werden.

Fragen gewechselt wurde, konnte von den abstrahierten Umrisslinien wieder zu den detaillierten Atlanten zurückgewechselt werden:

„Its mediational qualities seemed to be that it ‘sat in the middle’ between different groups, very ill structured or sketchy in the common usage. But when a clinician or physiologist needed a real map, they would take the lineaments of Ferrier’s diagram and adjust it to their own needs” (Star 2010, S. 608).

Diese Begründung von Kooperationsbeziehungen durch den doppelten Bezug auf ein Objekt kann, jedenfalls wenn es sich nicht nur um eine punktuelle Episode (etwa einen kollektiv relevanten ‚Geistesblitz‘), sondern um längerfristige Handlungsabstimmung geht, nur funktionieren, wenn die innere Einheit zwischen der unspezifischen Repräsentation eines allgemeinen Prinzips einerseits und der Repräsentation fachspezifischen Wissens andererseits aufrecht erhalten bleibt. Oder anders gesagt: Wenn beide Repräsentationsformen von allen beteiligten Akteurgruppen dauerhaft als Repräsentationsformen desselben Objektes wahrgenommen werden.

Dieser doppelte Bezug auf dasselbe Objekt ist die Kernidee des Konzeptes der Boundary Objects⁴, das Leigh Star dann zusammen mit dem Wissenschaftshistoriker James Griesemer an einem ganz anderen empirischen Fall ausgearbeitet hat. In der viel zitierten Passage aus diesem Aufsatz ist die Kernidee in anderen Worten zusammengefasst:

„Boundary objects are objects which are both plastic enough to adapt to local needs and the constraints of the several parties employing them, yet robust enough to maintain a common identity across sites. They are weakly structured in common use, and become strongly structured in individual-site use” (Star & Griesemer 1989, S. 393).

In diesem Aufsatz tritt dann der Kooperation ermöglichende Charakter der Boundary Objects in den Vordergrund. Damit wird eine soziologische Programmatik formuliert, die im Kern besagt, dass eine Vielzahl von Akteuren durch den doppelten Bezug auf dasselbe Objekt erfolgreich kooperieren kann, ohne sich auf eine einzige Bedeutung des Objektes einigen zu müssen.

⁴ Ich werde im Folgenden zumeist diese Kernidee als „doppelten Bezug auf dasselbe Objekt“ bezeichnen, um die oben formulierte präzisere, aber sehr viel längere Fassung der Kernidee abzukürzen.

Star selbst hat das als das Programm der Erforschung der „Natur von kooperativer Zusammenarbeit unter der Bedingung des Fehlens von Konsens“ (Star 2010, S. 604) bezeichnet. was etwas missverständlich formuliert ist, denn viele Kooperationsformen beruhen ganz offensichtlich nicht im Wortsinn auf Konsens zwischen den beteiligten Akteursgruppen, sondern etwa auf der Akzeptanz von Machtungleichgewichten oder auf der wechselseitigen Anerkennung von Absprachen oder Verhandlungsergebnissen. Von Star gemeint ist eher eine Situation der irreduziblen Heterogenität der Sichtweisen auf den Kooperationsgegenstand (ganz ähnlich wie von Galison im Eingangszitat formuliert): Es lässt sich in solchen Situationen auf den ersten Blick einfach keinerlei gemeinsame Basis für dauerhafte Kooperation ausmachen, und es ist daher unklar, wieso die Akteursgruppen überhaupt kooperieren, und wie sie praktisch wirksame Kooperationsweisen überhaupt finden und dauerhaft praktizieren können. Der doppelte Bezug auf das Kooperationsobjekt soll nicht nur diese Frage klären, sondern auch, weshalb ‚anspruchsvollere‘ Abstimmungsweisen wie etwa machtförmige Beeinflussungsversuche oder Verhandlungen gleichsam umgangen werden können – die verschiedenen Fraktionen der Hirnforschung im 19. Jahrhundert konnten, obwohl sie an gänzlich unterschiedlichen theoretischen wie praktischen Fragen orientiert waren, ihre Ergebnisse über die Gehirnatlanten folgenreich aneinander anschließen, ohne in eine Verhandlung über den ‚wirklichen‘ Sinn der Topologie des Gehirns überhaupt eintreten zu müssen (was wissenschaftshistorisch ja auch nicht geschehen ist) – die Akteure konnten ja jederzeit auf die jeweils andere Repräsentationsform ‚derselben Sache‘ wechseln.

Genereller formuliert scheint das Konzept der Boundary Objects das Potential zu haben, Kooperationsbeziehungen unter Aufrechterhaltung der Heterogenität der Sichtweisen der Akteure auf dasselbe Objekt soziologisch erklärbar zu machen, oder, um es schwächer zu formulieren, es ist dafür zumindest ein viel versprechender Kandidat. Zudem ist der Aufsatz explizit als ein Programm für die Erforschung und Systematisierung unterschiedlicher empirischer Ausprägungen von solch heterogenen Kooperationsbeziehungen geschrieben. In diesem Sinne präsentiert der Aufsatz etwa eine erste Typologie von Boundary Objects, verbunden mit der Aufforderung, diese Typologie empirisch zu erweitern. Und das Konzept ist vielfach aufgegriffen und als

Interpretationsfolie für zahlreiche empirische Fallstudien verwendet worden – was zumindest die Möglichkeit eröffnet, den eigenen Fall im Lichte eines Literaturkorpus von empirischen Studien zu betrachten und die Interpretation entsprechend zu schärfen.

Argumentationsgang und Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit besteht aus drei Teilen, deren grundsätzliche Abfolge denkbar einfach ist. Ich werde zunächst das Konzept der Boundary Objects vorstellen und soweit auf konzeptionelle Leitfragen zuspitzen (Kapitel 2), dass mein eigener, im oben genannten Sinne irritierender empirischer Fall interpretierend erschlossen werden kann (Kapitel 3). Abschließend beziehe ich die an diesem speziellen Fall gewonnenen Ergebnisse in generalisierender Absicht auf die konzeptionellen Leitfragen, die Typik und nicht zuletzt die Erklärungsreichweite des Konzeptes zurück (Kapitel 4 und 5).

Um in diesem Dreischritt vorgehen zu können, muss aber bereits im ersten Schritt eine hinreichend klares – und damit hinreichend abstraktes – soziologisches Konzept gewonnen werden, und das ist dann bedauerlicherweise gar nicht mehr so einfach. Das liegt an der eigentümlichen Literaturlage. Denn das Konzept der Boundary Objects ist zwar prominent, d.h. es wurde viel zitiert und auch häufig als Interpretationsmuster für empirische Studien zu Einzelfällen verwendet, allerdings nicht in seinen beiden Herkunftskontexten, der soziologischen Traditionslinie des symbolischen Interaktionismus und den Science and Technology Studies (STS)⁵. In diesen

⁵ Bei den STS handelt es sich um eine interdisziplinäre sozialwissenschaftliche Unternehmung, die weit eher durch eine „common culture of investigation“ bzw. durch „scholarship“ zusammen gehalten und tradiert wird denn durch im engeren Sinne disziplinäre Ausrichtungen (vgl. *Bowden* 1994, der das ganze Feld nach einer inter-, multi- oder transdisziplinären Grundorientierung zu sortieren versucht). Da somit eine Spannung zu genuin soziologischen Fragestellungen und Zugangsweisen besteht, habe ich mich bemüht, bei der Zuordnung der diskutierten und verwendeten Konzepte so genau als möglich zu sein. Trotz der notwendigen Markierung dieser Differenz sollte allerdings nicht vergessen werden, dass der ‚Grundimpuls‘ der STS zumindest eine große ‚Nähe‘ zu genuin soziologischen Fragestellungen aufweist; *Edge* 1994 hat das so ausgedrückt: „STS holds out the ‘new’ view of science and technology as essentially and irredeemably human (and hence social) enterprises – both in the context that nourishes, supports, and directs them and in their inner character. And this is a triumphant, positive humanism: not the miserable confession that ‘scientists are only human’ because you can catch them making mistakes, getting angry, being secretive and fraudulent. What STS scholarship has gained is a view of science and technology as human achievements, hewn precariously out of the recalcitrant ambiguity of nature, the random

beiden Traditionslinien ist das Originalkonzept ein Solitär geblieben. Es gibt im Wesentlichen nur den *einen* Originaltext, der an *einem einzigen* empirischen Fall entwickelt wurde. Dagegen ist die Verwendung – oder zumindest die Anrufung – des Konzeptes für die Interpretation von Einzelfällen in ganz anderen Teilsoziologien in den letzten gut zehn Jahren nachgerade Mode geworden. Diese Interpretationen machen jedoch mehr oder (zumeist) weniger systematischen Gebrauch von der Kernidee des Konzeptes, und können deshalb jedenfalls nicht umstandslos als Verbreiterung der empirischen Fallbasis angesehen werden. Aufgrund dieser Literaturlage operiert das zweite Kapitel absichtlich auf zwei Abstraktionsebenen: Der Vorstellung der Verwendungsweisen des Konzeptes im Rahmen der unterschiedlichen Grundfragestellungen seiner soziologischen Verwendungskontexte, also verschiedener soziologischer Teilgebiete und Traditionen, einerseits, und einer abstrakteren sozialtheoretischen Ebene, auf der ich dann auch die angesprochenen Leitfragen formuliere.

Im dritten Kapitel werde ich die vier verschiedenen Formen der Ermöglichung von dauerhafter Kooperation unter Aufrechterhaltung der Differenz vorstellen, die ich meine im Feld der Servicerobotik identifiziert zu haben. Der Forschungsprozess, der zu dieser Identifikation geführt hat, kann als eine (zugegebenermaßen etwas ‚wilde‘) Form von „theoretical sampling“ (Glaser & Strauss 1967; Strübing 2003) bezeichnet werden, und zwar in zweierlei Hinsicht. Ich habe in mehreren Anläufen verschiedene gegenstandsbezogene Interpretationsangebote (vor allem aus den Science and Technology Studies) daraufhin überprüft, ob sie als Arbeitshypothesen typische Muster im Material, bezogen auf die Fragestellung, erkennbar werden lassen. Und ich habe umgekehrt immer dann, wenn ich den Verdacht gewonnen hatte, einen Kandidaten für ein solches Muster gefunden zu haben, nach entsprechenden Interpretationsangeboten gefahndet – drei der empirischen Teilkapitel beginnen deshalb mit der kurzen Vorstellung des Ansatzes aus den STS, der diesen Prozess angeleitet hat.

Mindestens ebenso wichtig war in diesem Prozess allerdings, welche Kooperation ermöglichenden Koordinationsweisen in der Robotik *nicht* vorliegen. Das sind, da es sich um ein heterogenes Feld handelt, natürlich vor

contingencies of history, and the exacting disciplines of social negotiation by humankind's imagination, ingenuity, and wit“ (ebenda, S. 5).

allem solche Koordinationsweisen, die auf einer konsensualen oder mehr oder weniger erzwungenen Vereinheitlichung basieren – etwa Paradigmen, Denkstile, Leitbilder, feldweit orientierende Forschungsprogrammatiken oder Förderprogramme. Die Abwesenheit solcher Vereinheitlichungen führt ja gerade zu der eingangs geschilderten Irritation. Viele aktuelle Beiträge stellen, ob bei der Diagnose der „disunity of science“ (Galison & Stump 1996) oder etwa den viel abstrakter gefassten „heterotopischen“ Verhältnissen (Willke 2003), ganz auf die Beschreibung von Entgrenzungsvorgängen ab. Mir geht es, umgangssprachlich formuliert, darum, was solche Verhältnisse dennoch zusammenhält, und darauf konzentriert sich auch meine Darstellung. In Kapitel 2.1 werde ich allerdings die lange dominante, Vereinheitlichung voraussetzende Interpretationsfolie zumindest für die Wissenschafts- und Techniksoziologie darstellen: das bekannte Motiv der „Aushandlung und Schließung“ im sozialen Prozess der Technikentwicklung.

Im vierten Kapitel kehre ich auf die abstraktere sozialtheoretische Ebene zurück und versuche, die spezifische koordinative Wirksamkeit der Boundary Objects sehr allgemein zu formulieren. Das fünfte Kapitel enthält als Fazit eine Beantwortung der Leitfragen und eine Einordnung der Boundary Objects der Robotik in die entwickelte Typik.

Schließlich möchte ich deutlich herausstellen, dass diese Arbeit keineswegs alle soziologisch möglicherweise relevanten Aspekte der Servicerobotik behandelt. Eher im Gegenteil: Der offensichtlich interessanteste Punkt an der ‚neuen Robotik‘ ist die Einschätzung der Entwickler, dass diese Gerätschaften inzwischen soweit technisch fortgeschritten sind, dass sie mit Menschen in deren Alltag ‚zusammenleben‘ können (vgl. etwa die Einleitung zum aktuellen Handbuch der Robotik, *Siciliano & Khatib 2008, Vorwort S. XVII*). Damit stellt sich ersichtlich die soziologische Frage nach erweiterten und eventuell qualitativ veränderten Formen der Mensch-Technik-Interaktivität. Obwohl in der Robotik in jüngster Zeit viel von der unmittelbaren Relevanz der „Interaktion mit dem Menschen“ für die Entwicklungspraxis die Rede ist, hat sich eine entsprechende Kooperationspraxis noch nicht herausgebildet und ist deshalb nicht Gegenstand dieser rekonstruktiven Studie.

2 Boundary Objects: Das Konzept

Gegenstand dieses Kapitels ist die Vorstellung des Konzeptes mit dem Ziel, es so prägnant zu formulieren, dass es als Grundlage für die Interpretation des empirischen Falles – und für eine konzeptionelle Generalisierung dieses Falles – nutzen zu können. Ich habe in der Einleitung bereits darauf hingewiesen, dass das kein ganz einfaches Unterfangen ist. Zwar bedeutet jede konzeptionell angeleitete Interpretation von empirischen Beschreibungen den Wechsel zwischen Abstraktionsebenen. Aufgrund der eigentümlichen Literaturlage zum Konzept der Boundary Objects scheint es aber, so werde ich jedenfalls argumentieren, geboten, die Kernidee des Konzeptes nochmals abstrakter zu formulieren. Im Fortgang des Kapitels wechseln deshalb die Abstraktionsebenen in der nachfolgend geschilderten Weise.

Ich beginne in 2.1 mit einem konzeptionellen Blick auf einen der Herkunftskontexte des Konzeptes, die STS, um den eingangs skizzierten irritierenden Charakter des Konzeptes in diesem Kontext zu konkretisieren. In 2.2 entwickle ich die Idee der Boundary Objects aus dem Originalaufsatz und einem Blick auf die interaktionistische Herkunft des Konzeptes, um die – wie ich zu zeigen versuchen werde – dort nachgerade verstellte Definition von Boundary Objects klarer zu fassen und um die im Originalaufsatz vorgestellte Typik der Boundary Objects – der dort angelegten Grundidee durchaus folgend – wiederum abstrakter zu reformulieren. In 2.3 stelle ich die Rezeption der Ursprungsidee und den breiten Stand der Literatur zu den Boundary Objects dar, gegliedert nach den jeweiligen soziologischen Teildisziplinen, in denen das Konzept rezipiert und verwendet wurde. Dabei habe ich diejenigen Einzelfallbeschreibungen etwas ausführlicher gehalten, die entweder sehr nah an der Kernidee des Konzeptes bleiben, oder die einen möglicherweise interessanten konzeptionellen Aspekt behandeln. Diese Darstellung mündet in die Zusammenfassung von offenen Fragen, insbesondere die generelle Frage nach den ganz unterschiedlichen Koordinationsweisen, die quer zu den Verwendungskontexten mit dem Konzept verbunden werden. In 2.4 schlage ich eine solche soziologisch abstraktere Sicht auf die Kernidee der Boundary Objects vor, mit der sich die wesentlichen unklaren Punkte aus dem Literaturstand – insbesondere die Frage, zu welchen allgemeinen Koordinationsweisen die Boundary Objects beitragen – in zugespitzte konzeptionelle Leitfragen umformulieren lassen. Zugespitzt deshalb, um die

Möglichkeit des Rückbezugs auf ‚tiefere‘ Abstraktionsebenen und insbesondere die systematische Interpretation empirischer Befunde oder Regelmäßigkeiten zu erlauben⁶.

2.1 Das Standardkonzept der konstruktivistischen Wissenschafts- und Technikforschung und die Frage der Heterogenität von Hochtechnologien

Die aus der Empirie stammende Irritation, die wie eingangs gezeigt die Formulierung der Grundidee der Boundary Objects motiviert hat, lässt sich in ähnlicher Weise in vielen empirischen Untersuchungen der Techniksoziologie bzw. der STS finden, und zwar besonders wenn der empirische Gegenstand Kooperationsbeziehungen sind, die für die Genese von hochtechnologischen Artefakten und Systemen sowie für die Künstliche Intelligenz-Forschung konstitutiv sind. Deswegen erscheint es mir sinnvoll, die Behandlung des zweiten Herkunftskontextes des Konzeptes der Boundary Objects auf dieses empirische Feld zu beschränken, dem ja auch mein eigener Gegenstand entstammt.

In den meisten Ansätzen zu einer Soziologie der künstlichen Intelligenz (vgl. als Übersichten *Bloomfield 1987a; Collins 1994; Edwards 1994, Rammert 1995c*) bzw. der „Hochtechnologie“ (*Ahrweiler 1995; Edwards 1996; Rammert 1995b*) wird die Untersuchung der Genese von Konzepten und Artefakten mit der Frage nach jenen sozialen Faktoren verbunden, die wechselseitige Bezugnahmen und langfristige Kooperationsbeziehungen, die für die Realisierung solcher Artefakte und Systeme notwendig sind, begründen⁷ und

⁶ Diese Leitfragen sind deshalb bewusst einfach formuliert, um von theoretischen Vorlieben und ‚Geschmäckern‘, die bekanntlich nicht nur für Theorietraditionen, sondern auch für Bindestrichsoziologien prägend sind, nun ja, eben zu abstrahieren, soweit das in der Soziologie überhaupt möglich ist.

⁷ Das gilt jedenfalls für empirisch-rekonstruktive Arbeiten, die sich nicht auf sozialphilosophische Fragen wie die nach der „Ersetzbarkeit des Menschen“ (zur Robotik vgl. etwa *Decker 1997* und *Christaller et. al. 2001*) beschränken, oder durch eine sozialtheoretisch angeleitete KI-Kritik (stilbildend *Collins 1990*) motiviert sind. In der letzten Dekade sind rekonstruktive Studien zu diesem Feld, aus Gründen, über die ich hier nicht spekulieren will, eher seltener geworden - eine Abnahme der gesellschaftlichen Relevanz kann jedenfalls ganz offensichtlich nicht der Grund sein. Jedenfalls war das Thema „Science Studies and Machine Intelligence“ (*Collins 1994*) noch ein Thema des den Forschungsstand zusammenfassenden Handbuches der STS, im aktuellen Handbuch kommt das Thema nurmehr im Kontext von „Emerging Technologies“ vor, als Bestandteil des „engagiert“, d.h. transdisziplinär gewendeten

damit zu einer sozial rekonstruierbaren Vereinheitlichung führen. Diese Vereinheitlichungsannahme wird in zwei Richtungen vertreten: Entweder als soziale Durchsetzung und Verfestigung eines wissenschaftlichen oder technologischen Paradigmas, oder als Ergebnis eines Aushandlungs- und Schließungsprozesses, also dem Standardmodell der STS und der Technikgeneseforschung, wobei für letzteres drei verschiedenen Varianten unterschieden werden können. Ich will im Folgenden zeigen, dass zu allen diesen Richtungen und Varianten auch empirisch informierte Stimmen vorliegen, die ganz im Rahmen des jeweiligen konzeptionellen Ansatzes überzeugend zeigen können, dass es sich bei der Entstehung und Etablierung von Hochtechnologien eben nicht um Vereinheitlichungsprozesse handelt – sondern um etwas anderes, das aber konzeptionell weitgehend ungefasst bleibt. Damit will ich die empirische Basis der Ausgangsirritation verbreitern und das ‚Einsatzgebiet‘ des Konzeptes der Boundary Objects (ohne sie zur einzig möglichen oder per se ‚besten‘ konzeptionellen Lösung stilisieren zu wollen) weiter umreißen. Daran anschließend will ich, unter nochmaligem Rückgriff auf Galisons Rekonstruktion der sozialen Geschichte der Computersimulation, die Heterogenitätsproblematik und damit die Abweichung von Standardkonzept der STS – der Rekonstruktion eines sozialen Aushandlungs- und Schließungsprozesses – noch weiter zuspitzen.

Die Etablierung hochtechnologischer Paradigmen als Ergebnis von Community-Bildung

Eine erste Richtung der Rekonstruktion von sozialen Prozessen der Verfestigung von hochtechnologischen Artefakten und Systemen stellt auf die Entstehung von kulturellen Hintergrundmustern ab, die einen vorgängigen Konsens zwischen den beteiligten Akteursgruppen und damit ein Paradigma im Sinne einer translokalen „Gemeinschaft“ ausmachen. Diese Ansätze können also im weitesten Sinne als Ausarbeitungen der „soziologischen Bedeutung“ des Ausdrucks „Paradigma“⁸ verstanden werden (so Kuhn selbst im

Großthemas „Bridging STS and Communication Studies: Scholarship on Media and Information Technologies“ (Boczkowski & Lievrouw 2007).

⁸ Da diese Bedeutung des Paradigma-Begriffes der alltagsprachlichen Verwendung entspricht, und jeder Versuch einer Differenzierung (vgl. die Unterscheidung von 26 Versionen des Paradigmen-Begriffes bei Masterman 1970) in eine ganz eigene vor allem wissenschaftstheoretische Diskussion führt, werde ich den Begriff ohne Anführungszeichen benutzen. Explizite Bezugnahmen auf bzw. Einschränkungen der Kuhnschen Begrifflichkeit werde ich entsprechend kennzeichnen.

„Postscriptum“ Kuhn, S. 186), worunter „die ganze Konstellation von Meinungen, Werten, Methoden usw., die von den Mitgliedern einer gegebenen Gemeinschaft geteilt werden“ (ebenda) verstanden wird.

Eine direkte Anwendung des Kuhnschen Paradigmenkonzeptes findet sich etwa bei Hayles 1994, die die gesamte Entwicklung der Maschinenintelligenz auf die Abfolge vom „kybernetischen“ über das „autopoetische“ (bzw. „selbstreflexive“) zum „Virtual-Reality“-Paradigma zu bringen versucht. Ein ganz anderes Bild zeichnet die Untersuchung von Breiter 1995, der durch einen bibliometrischen Ansatz auf die „sanduhrförmige“ Abfolge von fünf „dominierenden Forschungsansätzen“ der KI-Forschung gestoßen ist, die einander historisch ablösen: von Kybernetik und neuronalen Netzen (I.) zur Simulation kognitiver Prozesse (die ‚klassische‘ symbolische KI; II.) zu Mikrowelten (der Nachbildung gegrenzter alltäglicher Situationen; III.) zu Expertensystemen (IV.) und schließlich zu künstlichen neuronalen Netzen und parallelen Systemen (V.). Das „wellenförmige Verlaufsmuster“ dieser Abfolge von Paradigmen führt er auf eine übergeordnete soziale Logik zurück, die jede einzelne Phase strukturiert: auf „Optimismus und Euphorie“ (bei der Formierung nach innen und der Darstellung nach außen) folgt „Ernüchterung“ und „Stagnation“ sowie eine letztendlich pessimistische Einschätzung, die den Raum freigibt für den Start des nächsten Forschungsansatzes. Aus diesem übergreifenden Verlaufsmusters schließt Breiter dann auf das Vorliegen des immer gleichen inhaltlichen Problems – jeder Versuch einer Stabilisierung der Forschungen zur „Nachbildung menschlicher kognitiver Fähigkeiten“ muss das Problem des „Flaschenhalses“ (der reduzierenden Formalisierung; ebenda, S. 311f) in Anlehnung an Collins 1990) lösen, bevor paradigmatische Forschungsfragen langfristig verfolgt und entsprechende „Anwendungen“ erfolgreich gebaut werden können⁹.

⁹ Auf Grund dieser Verschiebung der „Sanduhr“-Metapher von der Untersuchung der sozialen Form auf den inhaltlichen Kern jedweder KI-Forschung reduziert sich die Untersuchung auf einen ‚Unmöglichkeitsbeweis‘. Unabhängig von der grundsätzlichen Sinnhaftigkeit dieser Argumentation bleibt die Behandlung der zahlreichen Anwendungsgebiete der KI (Breiter 1995, S. 310) seltsam ambivalent: Einerseits wird die Dominanz von Systemen, die natürliche Sprache maschinell reproduzieren sollen, auf den Grundansatz der KI insgesamt zurückgeführt. Andererseits aber endet der Aufsatz mit einem Plädoyer für eine Entkoppelung zwischen den „Ansprüchen“ der KI und den anders gelagerten (und einer eigenen Dynamik entstammenden?) konkreten Anwendungs- bzw. Konstruktionsproblemen: „Die Zukunft der KI als Hauptforschungsrichtung über maschinelle Intelligenz ist auf Grund prinzipieller konzeptioneller Mängel in Frage zu stellen, außer es gelingt der Forschung, von ihren

Das „Leitbild“-Konzept soll dagegen die Einbettung solch geteilter kognitiver Muster (Paradigmen) in professionelle „Konstruktionstraditionen“ wie in organisationale „Konstruktionsstile“ erklären (Knie 1989; vgl. zusammenfassend Dierkes et. al. 1992), wobei Kooperation stiftender „Konsens“ (ebenda, S. 107) und „kollektive Projektionen“ (S. 119) letztlich auf eine mehr oder minder starke „Horizont- und Perspektivenverschmelzung“ (ebenda) zurückgeführt werden. Auf einer sehr viel konkreteren Ebene angesiedelt sind Ansätze zur „Community“-Bildung durch die „world view of AI“ (Bloomfield 1987b, S. 59; vgl. auch Fleck 1982 zur Professionalisierung der „AI community“), sowie besonders der „hidden curriculum“-Ansatz, der die kognitive und die soziale Seite bzw. „Konzeptentwicklung und Community-Entwicklung“ über die Identifikation einer „geteilten forschungsleitenden Idee“ im Sinne von „shared beliefs“ (Ahrweiler 1995, S. 15 ff) aufeinander zu beziehen versucht. Die Untersuchung der Etablierung als multidisziplinäres „Fach“, das sich aus einem „invisible college“ (Mullins 1973) zu einem „kommunikationsintensiveren „Science-Policy-Economy-Netzwerkes“ (vgl. Ahrweiler 1995, bes. S. 84, S. 164ff und S. 172) mit entsprechender „interner Schulung“ entwickelt, wird von der Autorin dann als ein Beleg für die Unangemessenheit von soziologischen Differenzierungstheorien (v.a. systemtheoretischer Provenienz; ebenda, S. 3) interpretiert:

„Empirisch kann in Bezug auf Hochtechnologie-Fächer nicht mehr von einer Ausdifferenzierung sozialer Systeme, sondern muss von einer wechselseitigen Durchdringung der verschiedenen Orientierungen gesprochen werden“ (ebenda, S. 174).

In anderer Weise hat Rammert 1995b den Begriff des „hidden curriculum“ auf ein „implizites kulturelles Modell“ der Hochtechnologien bezogen, welches das „Forschungs- und Konstruktionshandeln orientiert“ (S. 66) – das „gemeinsam geteilte Modell technischer Kommunikation und Kontrolle“, das eine „neuartige Koppelung von stofflichen, energetischen und informatischen Prozessen“ ermöglichte (ebenda, S. 81) und so zur Grundlage einer „neuen Technikgeneration“ (ebenda, S. 65) wurde. Entstanden durch die „wechselseitige Bezugnahme und Befruchtung“ mehrerer „unterschiedlicher Forschungskulturen“ (ebenda, S. 101) und erstmals (man könnte sagen: als

Ansprüchen abzulassen und sich auf die ohnehin schwierigen Anwendungsgebiete zu konzentrieren“ (ebenda, S. 315).

„paradigmatisches Exemplar“ im Kuhnschen Sinne¹⁰) in der „informationsverarbeitenden kybernetischen Maschine“ (ebenda, S. 81) realisiert, wurde dieses Modell als „harter Kern“ in die Technik „eingeschrieben“ (ebenda, S. 66). Eine solche „Härtung“ in einem bestimmten Zuschnitt von Artefakten geht allerdings bereits über die Ansätze zur „Community“-Bildung hinaus, und versucht einen Anschluss an eine zweite Richtung von Ansätzen.

Etablierung von Hochtechnologien als Ergebnis eines sozialen Aushandlungs- und Schließungsprozesses

In einer zweiten, vor allem in den STS wesentlich weiter verbreiteten Untersuchungsrichtung wird die Genese von hochtechnologischen Produkten und Konzepten als Ergebnis eines sozialen Aushandlungsprozesses thematisiert, der konflikthaft¹¹ oder jedenfalls selektiv verläuft. Die Aufmerksamkeit richtet sich auf die Stabilisierungsphase¹², in der spezifisch soziale Mechanismen zum Ausschluss von prinzipiell möglichen Alternativentwicklungen führen. Erst im Zuge dieser „sozialen Schließung“ kommt es zur Verfestigung eines Paradigmas oder eines „dominanten technischen Designs“ (Tushman & Rosenkopf 1992), das dann den forschungsinternen wie gesellschaftlichen ‚take-off‘ ermöglicht, und auch die für die weitere Entwicklung relevante Akteurskonstellation auf lange Zeit festlegt.

¹⁰ Bei Kuhn selbst werden solche „Exemplare“ bezeichnet als „die konkreten Problemlösungen, die, als Vorbilder oder Beispiele gebraucht, explizite Regeln als Basis für die Lösung der übrigen Probleme der ‚normalen Wissenschaft‘ ersetzen können“ (Kuhn 1976, S. 186). In Form von „Musterbeispielen“ (ebenda, S. 199) ermöglichen sie, „noch vor dem Gesetz etwas über mögliche und nichtmögliche Naturzustände zu lernen. Dieses Lernen geht nicht mit ausschließlich verbalen Mitteln vor sich, sondern im Zusammenspiel von gegebenen Formulierungen und konkreten Beispielen für ihren Gebrauch; Natur und Worte werden gemeinsam gelernt. Um es mit Michael Polanyis hilfreicher Formulierung zu sagen: das Ergebnis dieses Prozesses ist ‚stillschweigendes Wissen‘, das durch die wissenschaftliche Betätigung und nicht durch Aneignung von Regeln dafür erworben wird“ (ebenda, S. 202f).

¹¹ Bereits die „Leitbilder“ wurden – neben einer eher vermittelnden als vereinheitlichenden Funktion als „Verständigungsangebote“ (Schlese 1995, S. 375) – auch als „metaphorisch gebündelte Durchsetzungsinstrumente“ (ebenda) oder als „Medien der Erzeugung von Überlegenheit“ bei der „Härtung technischen Wissens“ (Knie 1991b) bezeichnet.

¹² Vgl. zu einer ausführlichen Übersicht der Phasenmodelle der Technikgeneseforschung, die in verschiedenen Varianten die Abfolge von „Variation, Selektion und Stabilisierung“ durchspielen, Rammert 1995a.

Eine direkte wissenschaftssoziologische Anwendung dieses Ansatzes auf die Geschichte der KI ist die Untersuchung von *Olazaran* 1996, der die bekannte „Perceptron-Kontroverse“ in den 1960er Jahren (den ‚Paradigmenstreit‘ zwischen der sich erst etablierenden symbolischen KI und den damals verbreiteten subsymbolischen neuronalen Netzen) als Ausdruck „interpretativer Flexibilität“ (*Collins* 1985) dechiffriert. Das Argument ist, dass weder intern wissenschaftliche Gründe noch die Abschätzung des technischen Potentials diese Kontroverse zugunsten der symbolischen KI entschieden haben, sondern zwei soziale Faktoren: eine geschickt gewählte rhetorische Strategie (ein „impossibility proof“¹³) für die „AI-community“ selbst, und die erfolgreiche Propagierung der Anwendungsrelevanz gegenüber Förderinstitutionen (besonders der ARPA). Mit der „Schließung“ der Kontroverse (und der Verfestigung der ‚Siegerperspektive‘ in einer „offiziellen Geschichtsschreibung“; ebenda, S. 612f) kam eine soziale Dynamik in Gang, die zur Marginalisierung der neuronalen Netze bis in die 1980er Jahre führte, und den symbolischen Ansatz trotz spektakulärer Fehlschläge über viele Jahre als einzig sinnvolle bzw. quasi-natürliche Ausrichtung der KI erscheinen ließ:

„Once an interpretation has emerged as dominant after the closure of a controversy, time runs against the ‚losers‘ as the organizational and cognitive structures supporting the winning side develop and institutionalize. As the institutionalization of a new social order (with its resource allocation system and authority structure) advances, it increasingly comes to be seen as the only possibility (as a ‚natural order‘)“ (ebenda, S. 642).

Olazarans Rekonstruktion ist sicherlich detailliert, als Durchführung eines allgemeinen soziologischen Erklärungsmodells für die Genese der KI (oder anderer Hochtechnologien) allerdings in zweierlei Hinsicht kritikwürdig. Der

¹³ In einem seinerzeit allgemein bekannten (und lange vor der offiziellen Veröffentlichung kursierenden) Papier hatten zwei der bekanntesten Vertreter des symbolischen Ansatzes (*Minsky & Papert* 1969) die konkreten Stärken von neuronalen Netzen in einer Weise hervorgehoben, die auch deren ganz prinzipielle Begrenztheit beweisen sollte – und zwar genau an jenen Problemstellungen, für die die Protagonisten der Netze langfristige Lösungsmöglichkeiten in Aussicht gestellt hatten (besonders die Entwicklung von lernfähigen Systemen als „multi-layer nets“). Minsky und Papert haben damit (so *Olazaran*) keineswegs die Leistungsfähigkeit von analogen und digitalen Maschinen verglichen, sondern auf eine vordergründig positive, in Wirklichkeit aber perfide Weise die visionäre Attraktivität der Netze und damit des gesamten „brain style computing“ untergraben.

direkte Bezug zwischen der „Schließung der Kontroverse“ und der Form der daraus entstehenden stabilen Konstellation zwischen wissenschaftlicher „community“, Technikentwicklung und Förderinstitutionen (d.h. in den USA: dem Militär) wird kaum behandelt (und von *Guice* 1998 für den Fall von ARPA auch stark relativiert); stattdessen greift Olazaran auf den Einfluss eines zusätzlichen, sehr allgemeinen kulturellen Musters zurück: „AI was closer to the arithmetic (and rationalist) ideal ... of science“ (ebenda, S. 635). Die Renaissance der neuronalen Netze seit Beginn der 80er Jahre wird dagegen als „reopening of the debate“ bezeichnet (ebenda, S. 648; vgl. auch *Meyer* 2004; *Meyer & Schulz-Schaeffer* 2006) und so als ein weiterer Beleg für die prinzipielle „interpretative Flexibilität“ der KI-Entwicklung herangezogen. Bei der Erklärung dieser Renaissance (die ja die Dominanz der symbolischen KI, die erklärt werden soll, wieder auflöste) verzichtet Olazaran aber auf jedweden Versuch einer Verschränkung der rein sozialen und der rein technischen Faktoren¹⁴. Als Fazit lässt sich überspitzt formulieren, dass er über den Beleg sozialer (oder externer) Einflüsse auf die Etablierung eines disziplinübergreifenden Paradigmas nicht hinaus kommt. Was die „Härte“ der als ‚quasi-naturwüchsig‘ beschriebenen „sozialen Ordnung“ der KI ausmachte kann so ebenso wenig erklärt werden wie der Wandel in die neue „Ordnung“ eines seit den 1980er Jahren nun offenbar multiparadigmatischen Feldes¹⁵. Wodurch dieses Feld dann koordiniert wird bleibt dann gänzlich offen.

Mit der Übertragung des „Schließungs“-Konzeptes von der Wissenschafts- auf die Technikforschung (*Pinch & Bijker* 1984; *Bijker et. al.* 1987) sollte nicht nur die „black box“ der technischen Artefakte und Techniklinien (der Schein ihrer „Naturwüchsigkeit“ bzw. Alternativlosigkeit) für die sozialwissenschaftliche Untersuchung geöffnet werden¹⁶, sondern es sollten auch jene mit der

¹⁴ Er führt unter anderem als sozialen Faktor die „Migration“ aus anderen „übervölkerten“ Forschungsgebieten an (*Olazaran* 1996, S. 644), und verweist auf den Einfluss der „Demokratisierung“ der Computernutzung durch die drastisch gesunkenen Anschaffungskosten (S. 643) sowie die Verfügbarkeit von funktionierenden Parallelcomputern und besseren Techniken (wie „backpropagation“ in Mehrschichtennetzen; S. 648).

¹⁵ Für meine weitere Argumentation ist besonders wichtig, dass er die offensichtliche Frage nach dem ‚Überwintern‘ des Konnektionismus bzw. des „brain-style computing“ mit der Bemerkung abhandelt, dass „neural net activity ... was displaced to areas outside AI ... it was considered as ‚deviant‘ within AI (*Olazaran* 1996, S. 642).

¹⁶ Die Übertragung auf die Techniksoziologie (bzw. die Begründung der später so bezeichneten „neuen Technikforschung“) erfolgte von vornherein in einem Bündel von mindestens vier unterschiedlich gelagerten sozialwissenschaftlichen Programmatiken (vgl. zu dieser Einteilung

Selektivität von „Schließungsprozessen“ entstehenden spezifischen „sozialen Ordnungen“ freigelegt werden, die von Olazaran nur unzureichend angesprochenen werden. Dabei wurde allerdings die ursprüngliche wissenssoziologische Grundlage (insbesondere das zugrunde gelegte Interessenmodell und die Erklärung inhaltlicher Festlegungen aus ihrem sozialen Kontext¹⁷) schnell verlassen, und zwar entlang von zwei Forschungslinien die, soweit ich sehen kann, bis heute die dominanten techniksoziologischen Herangehensweisen an die Frage des sozial gemachten Charakters von Artefakten und technischen Systemen sind. Auf der ersten Linie stehen die Durchsetzungsstrategien, die zur Schließung führen, im Zentrum

der „sociohistorical technology studies“ *Bijker* 1994, S. 250-252), was manche spätere Verwerfung und Streitigkeit erklärt: der „social construction of technology“ (SCOT), der Untersuchung des „social shaping of technology“, der bereits zu diesem Zeitpunkt entwickelten „actor-network theory“ (ANT) sowie der stärker and ökonomische Theorien zurückgebundenen Innovationsforschung (vgl. zu einer Darstellung der unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen besonders für soziologische Fragestellungen *Schulz-Schaeffer* 2000, sowie zu einer ganz anderen Einteilung der Ansätze *Callon* 1994). Die gemeinsame Grundannahme lässt sich rückblickend ganz einfach zusammenfassen: „the idea of a ‚pure‘ technology is nonsense“ (*Bijker & Law* 1992b, S. 3). In die deutsche Diskussion ist dieser „Eröffnungszug“ (*Schulz-Schaeffer* 2000, S. 28) als Kritik des sog. „Technikdeterminismus“ eingeführt worden, der als eine Art ‚Gründungsakt‘ (oder auch ‚Gründungsmythos‘ im Sinne der Konstruktion eines ‚Watschenmannes‘; vgl. zur „Schwäche des Technikdeterminismus als Schwäche der Techniksoziologie“ ebenda, S. 31ff) der Technikgeneseforschung angesehen werden kann. Vgl. etwa zur begründenden Abgrenzung von der Technikfolgenabschätzung *Lutz* 1987, zum soziologischen Nachweis eines „weichen Bauches der Wissenschaften“ für die Industrie- und Technikforschung *Hack* 1988, sowie die Übersichten bei *Rammert* 1992 und *Rammert* 2000. Auf dem Weg zu einer umfassenden soziologischen Theorie der Technik findet die Übertragung des wissenschaftssoziologischen „empirical programme of relativism“ allerdings sehr bald zwei Grenzen, die sich aus dem Unterschied der Gegenstandsbereiche ergeben. Erstens vermag ein ‚Aufdecken‘ des „gemachten Charakters“ von Technik in der Öffentlichkeit wie den Wissenschaften weit weniger zu provozieren als die radikale Relativierung der „Wahrheit“ und „Gültigkeit“ von wissenschaftlichen Aussagen (vgl. zu einer entsprechenden Kritik des „turn to technology“ in den STS *Woolgar* 1991a). Und zweitens lässt sich zwar sagen, dass „technologies are born out of conflict, difference, or resistance“ (*Bijker & Law* 1992b, S. 9), und dass „such differences may or may not break out into overt conflict or disagreement“ (ebenda). Aber die methodische Operation der Freilegung einer generellen „interpretativen Flexibilität“ von technischen Artefakten erscheint problematisch – was daran liegt, dass der Gebrauch von Technik, im Gegensatz zur Akzeptanz von wissenschaftlichen Theorien und Interpretationen, vermutlich ein hohes Maß an unbefragter Funktionalitätsunterstellung voraussetzt (vgl. zu einer umfassenden Behandlung dieser Frage *Schulz-Schaeffer* 2000, besonders S. 44-48 zur „Antinomie von Leistung und Einsicht“ sowie zum Versuch einer strukturationstheoretischen Auflösung dieses Dualismus S. 234-252).

¹⁷ Vgl. zu dieser wissenssoziologischen Grundlage der „sociology of scientific knowledge“ *Heintz* 1993b. Dort wird auch und die Herkunft dieses Erklärungsansatzes aus wissenschaftstheoretischen Debatten zusammengefasst, mit denen erst der Einsatzpunkt soziologischer Erklärungen quasi ‚freigeschaufelt‘ worden war.

des Interesses, während auf der zweiten Linie der Fokus auf den sozialen Kontexten liegt, die mit der ‚Härtung‘ von Artefakten und technischen Systemen mit entstehen – dann ist häufig von „sozio-technischen Konstellationen“ die Rede.

Die erste Forschungslinie führte über Fallstudien, die nicht im allgemeinen Sinne Aushandlungsprozesse, sondern dezidiert Durchsetzungsstrategien, die im Ergebnis zur „Schließung“ führten, detailliert untersucht haben. Dabei stellte sich heraus, dass solche Durchsetzungsprozesse sehr unterschiedliche Formen annehmen können – anstatt nur von der Verdrängung prinzipiell möglicher Alternativen auszugehen, kann „Schließung“ etwa auch in Form eines Kompromisses erfolgen¹⁸, den (das ist der entscheidende Punkt) keine Akteursgruppe in Form von vorher feststehenden Interessen ins Spiel gebracht hat – das Ergebnis der sozialen Aushandlung kann also eine emergente Qualität gegenüber den ursprünglichen Interessen der Akteursgruppen aufweisen¹⁹. Diesen Gedanken hat *Bowker* 1993 in seiner Studie zu den rhetorischen Durchsetzungsinstrumenten der Kybernetik (also, den oben genannten Argumentationen von *Rammert* 1995b und *Olazaran* 1996 folgend, zum Beginn der Hochtechnologien) weiter ausgebaut. Er zeichnet das Bild von zwei koexistierenden Rhetoriken, einer „imperialistischen“ und einer eher vermittelnden Begründung des universalistischen Anspruches der Kybernetik²⁰. Der geschickten Wechsel zwischen zwei sich vordergründig ausschließenden

¹⁸ So etwa *Bijker* 1992, S. 97: „In the load controversy that originated from the competition between these two artifacts ... closure was reached by designing a third artifact ... as kind of a compromise“.

¹⁹ Die unmittelbar anschließende Vermutung ist, dass sich die soziale Form des Aushandlungsprozesses und sogar die Interessen selbst im Verlauf des „Schließungsprozesses“ verändern; *Bijker & Law* 1992a drücken das so aus: „the assumption that the rules of the game are fixed before the game starts ... is doubtful, and usually wrong, in sociotechnical analysis“ (, ebenda, S. 10), und weiter: „both strategies themselves and the consequences of those strategies should be treated as emergent phenomena“ (ebenda).

²⁰ *Bowker* selbst unterscheidet diese beiden Rhetoriken als „content rich“ versus „context free“ (*Bowker* 1993, S. 117), und führt jeweils mehrere typische Argumentationsstrategien an. Für die imperialistische Rhetorik nennt er u.a. den „Parsons-effect“ (S. 116), der darin besteht, die Theoriesprache so umfassend und hermetisch anzulegen, dass allein die Investition in das Verstehen dieser Sprache einen ‚Sog‘ erzeugt, die eigenen Überlegungen und Fragestellungen in dieser Sprache und den entsprechenden theoretischen Konzepten auszudrücken (in Deutschland sollte wohl vom ‚Luhmann-Effekt‘ gesprochen werden). Die vermittelnde Rhetorik basiert *Bowker* zufolge dagegen u.a. auf dem „triangulation effect“ (ebenda, S. 116), d.h. auf der Einnahme einer dritten Position zwischen konkurrierenden Theorien, wobei die Legitimität von beiden Seiten quasi ‚geliehen‘ wird. Ich komme auf die Details dieser Rekonstruktion des kybernetischen Universalismus in Kap. 3.4 ausführlicher zurück.

rhetorischen Repertoires kann als die entscheidende Durchsetzungsstrategie interpretiert werden, wie er in einer weiteren Fallstudie (Bowker 1992) zu zeigen versucht. Als erfolgreich kann sich gerade die Aufrechterhaltung einer Kontroverse an zwei Fronten unter Benutzung von zwei verschiedenen Rhetoriken (einer objektivistischen für die Außendarstellung und einer offenkontroversiellen für die eigene „technical community“²¹) erweisen, weil so ein Zeitfenster geöffnet wird, das zur Veränderung der Realität genutzt werden kann. Anders als bei Prozessen der „sozialen Schließung“ wird dabei geschickt ausgenutzt „that historical truths change over time, and that historical accounts feed recursively into this change“ (ebenda, S. 68). Damit wird, so Bowker weiter, die gesamte Anlage einer (wissens)soziologischen Erklärung in Frage gestellt, jedenfalls dann, wenn die Durchsetzung einer Technologie auf isolierbare (externe) soziale Faktoren zurückgeführt werden soll:

„What we are left with is a situation in which ‚nature‘ and ‚society‘ are both emergent realities that are constructed by their components at the same time as their components construct them“ (ebenda, S. 70).

Bereits die Untersuchung der Durchsetzungsprozesse der Akteure bringt, so Bowkers Schlussfolgerung, ein „heterogenes“ Gesamtgeschehen zum Vorschein.

Zu ähnlichen Schlussfolgerungen führte auch die zweite Forschungslinie, die über das wissenschaftssoziologische Modell (die Erklärung der „Härte“ von Artefakten aus externen, d.h. genuin sozialen Faktoren) hinaus führte. Dabei stand nicht mehr nur der „Schließungsvorgang“ selbst, sondern zugleich dessen kontextuelle Auswirkung im Zentrum der Aufmerksamkeit. „Shaping technology“ ist zugleich „building society“ (Bijker & Law 1992b), so der programmatische Titel des wenige Jahre nach Übertragung des wissenschaftssoziologischen Modells auf die Techniksoziologie erschienenen einflussreichen Sammelbandes. Der Grundgedanke dieser ganzen Richtung von Forschungen lässt sich so zusammenfassen: Die „Härtung“ von Artefakten und technischen Systemen im Zuge von Durchsetzungsprozessen bringen in sehr viel unmittelbarer Weise als die „Schließung“ wissenschaftlicher

²¹ Die Fallstudie behandelt die Durchsetzung eines bestimmten Verfahrens, um unterirdische Rohstoffvorkommen aufzuspüren – eine unmittelbar ökonomisch relevante Frage. Die Kontroverse wurde zugleich als Patentstreit zwischen zwei Unternehmen vor Gericht und als wissenschaftlicher „Schulstreit“ in Zeitschriften ausgetragen

Kontroversen auch die tief greifende und lang anhaltende Veränderung gesellschaftlicher Verhältnisse mit sich²². Eine Dekonstruktion des Anscheins der Alternativlosigkeit und damit der Beleg des „sozial konstruierten“ Charakters der damit aufgebauten „Irreversibilitäten“ (vgl. zu dieser Begrifflichkeit *Callon* 1991) erfordert, so der anschließende Argumentationsschritt, die Umstellung der grundlegenden Untersuchungseinheiten auf „heterogene“ Entitäten.

In der deutschen Diskussion wird zumeist das Adjektiv „sozio-technisch“ verwendet, um solche „heterogenen“ Untersuchungseinheiten zu bezeichnen, die aus „Koppelungen zwischen technischen und sozialen Komponenten“ (*Rammert* 1992, S. 197)²³ aufgebaut werden. Zu den Fragen, wie solche Basiseinheiten konzeptionell anzulegen sind, und wodurch ihre „Irreversibilität“ eben im Zuge eines „Schließungsprozesses“ zustande kommt (bzw. wie „irreversibel“ sie überhaupt sind), besteht allerdings keine weiter reichende Übereinstimmung in der Technikgeneseforschung. Daher will ich drei aus empirischen Studien gewonnene Ansätze kurz skizzieren, um den Grundansatz dieser Forschungslinie, aber auch die Unterschiede exemplarisch zu verdeutlichen.

Eine der ersten Übertragungen des „Schließungs“-Konzeptes in die deutsche Techniksoziologie war die Studie von *Knie* 1991a, die – in Weiterentwicklung des bereits genannten „Leitbild“-Ansatzes – zeigen sollte, dass bereits in den frühen Phasen der Entstehung einer Technologie (in diesem Fall: des Automobils) ein ganz bestimmtes Grundmodell festgeschrieben wurde, da die Durchsetzung dieser Technologie auf den bündnispolitischen Fähigkeiten der zentralen Akteure (die Übernahme von ‚politischen‘ Rollen wie „Promotor“ oder „Bannerträger“) gegenüber der Industrie und besonders den bestehenden „Konstruktionstraditionen“ der Ingenieure beruht. Wird ein solches

²² Diese gesamte Argumentation sitzt – das sollte m.E. bei allen sozialtheoretischen Diskussionen und STS-internen Grabenkämpfen berücksichtigt werden – zumindest auch auf der vorwissenschaftlichen Evidenz auf, dass die Verfestigung eines bestimmten Designs des Fahrrades oder von Staudämmen, oder der Ausschluss von Elektroautos (um einige bekannte Beispiele zu nennen) in einer ganz offensichtlichen Weise schlicht ‚gesellschaftsrelevanter‘ ist als etwa die Frage, ob sich ein bestimmtes Experiment mit einem Laser in einem anderen als dem Ursprungslabor reproduzieren lässt (so das bekannte Beispiel bei *Collins* 1985).

²³ Vgl. auch zu einem so angelegten Begriff „sozio-technischer Projekte“ und der analytischen Unterscheidung von Typen der „Technisierung“ nach der „Differenz der Medien“ *Rammert* 1998.

Grundmodell (ein „Konstruktionstyp“ als Spezifikation eines „Konstruktionsstiles“) in den „Stand der Forschung“ eingeschrieben und damit „sozial gehärtet“, so wird bereits mit der scheinbar ‚rein technischen‘ Grundentscheidung ein ganzer „Technologiepfad“ sowie die Ausprägung einer umfassenden gesellschaftlichen Infrastruktur (in diesem Fall: eines Mobilitätsmodells) „eingefroren“ bzw. „versteinert“ Knie & Hard 1993. Generierung und Härtung technischen Wissens liegen – so das zentrale Argument dieses Erklärungsansatzes – nah beieinander; entsprechend werden Alternativentwicklungen (ganz unabhängig von Fragen der technischen Funktionalität oder der gesellschaftlichen Sinnhaftigkeit) auch zu späteren Zeiten oder Entwicklungsphasen sehr unwahrscheinlich, da sie den Aufbau vergleichbar mächtiger Bündnisse erfordern. Technikentwicklung wird hier also direkt auf die Etablierung einer kollektiven Unternehmung zurückgeführt, allerdings im Sinne einer machtpolitischen Durchsetzung.

Eine enge Verzahnung von sozialen und technischen Komponenten hat Bender 1996 ins Zentrum seiner Rekonstruktion der Aushandlung und Kodifizierung eines technischen Standards (des europäischen Mobilkommunikationsstandards GSM) gestellt. Diesen Prozess beschreibt er als Aufbau einer „soziotechnischen Konfiguration“ (ebenda, S. 55f), worunter die Festlegung „technischer Funktionsanforderungen“ und zugleich „bestimmter Akteurskonstellationen“ verstanden wird (vgl. auch ebenda, S. 184). Die „Schließung“ dieses „ex-ante Standards“ und seine materialisierte Verfestigung hat, so die These, einen gesellschaftlich folgenreichen „Sachzwang“ i.S. der „Realisierung einer ‚sachlich notwendigen‘ künftigen Gegenwart“ (ebenda, S. 187) mit sich gebracht, da die sukzessive Spezifikation dieses Standards (also die Abnahme von Interpretationsmöglichkeiten und Handlungsalternativen) in „Kontextbedingungen stillgestellt“ wurde (ebenda, S. 55). Stabilisierung stellt sich hier als „Verschanzung“ eines sehr viel umfangreicheren „soziotechnischen“ Zusammenhanges dar. Schon bevor das erste Handy-Gespräch geführt werden konnte, war eine umfassende kollektive Unternehmung realisiert und verfestigt worden, denn zahlreiche Akteure hatten ihre „Aktivitäten zeitlich koordiniert“ bzw. durch den Standard „synchronisiert“ (Bender 1996, S. 174), was unmittelbar etwa zu neuen Firmenkonstellationen, der Ausgestaltung eines neuen Marktes und nicht zuletzt einem neuen Modell europäischer Integration geführt hat. Insofern handelt es sich hier nicht in dem

Sinne um einen „doppelten Transformationsprozess“ (ebenda, S. 178f), als sich die Phasen der De- und der anschließenden Rekontextualisierung sauber trennen ließen; es handelt sich vielmehr um den „antizipativen“ „Um- und Neubau bestehender sozialer Verhältnisse“ (ebenda). Auch wenn der Autor vor einer direkten Übernahme der „Heterogenitäts“-Begrifflichkeit zurück scheidet, so wird der Rede von „sozio-technischen“ Prozessen in diesen Ansatz doch ein systematischer Stellenwert zugewiesen, denn Techniksoziologie (oder Technikgeneseforschung) soll, so das Plädoyer, nicht als eine weitere ‚Bindestrichsoziologie‘ verstanden werden, sondern unmittelbar als Gesellschaftsforschung, denn:

„Die gesellschaftliche Bedeutung von Technologieentwicklung in modernen kapitalistischen Industriegesellschaften kann nicht bestimmt werden, wenn man sie ausschließlich als Produktion von Artefakten und technischen Systemen begreift, die erst ‚sozialisiert‘ werden, wenn ... sie in anderen als den Generierungskontexten genutzt werden ... Entscheidend für ihre Bedeutung ist vielmehr, dass mit der und teilweise auch als Technologieentwicklung bestehende soziale Formationen um- und neu aufgebaut werden und dass das auch gesellschaftsstrukturelle Veränderungen implizieren kann“ (ebenda, S. 192f).

In Abgrenzung von der linearen Logik (und dem „konservativen“ Bias) dieses Ansatzes haben *Weyer et. al.* 1997 ein offeneres Phasenmodell vorgeschlagen²⁴ und an einer Reihe von Fallstudien zu exemplifizieren versucht, die im weiteren Sinne durchaus in den Bereich der Hochtechnologien fallen (besonders die Entwicklung des PC und der Satellitenkommunikation). Die grundlegende Untersuchungseinheit bildet ein jeweils frühzeitig festgelegter „sozio-technischer Kern“, der die „Identität der technischen Innovation begründet“ (ebenda, S. 37), und der einerseits aus „Technik“ im Sinne eines „allgemeinen Konstruktionsprinzips“ sowie andererseits aus einer „sozialen Konfiguration in Form eines antizipierten Arrangements der beteiligten Akteure“ (ebenda) besteht. Bei der Rekonstruktion der Verfestigung im Zuge des Innovationsverlaufes wird dann von einem mehrfachen Wechsel von Öffnungs- und Schließungsvorgängen (und der entsprechenden Aushandlungsmodi) ausgegangen. Die These lautet dann allerdings, dass „soziale Netzwerke die soziale Basis für die Stabilisierung technischer

²⁴ Vgl. zur Systematisierung dieses Ansatzes auch *Weyer* 2008.

Innovationen“ (ebenda, S. 42) sind, da sie neben der Selektion aus der Vielzahl der „unstrukturierten Entwürfe“ der „Bastler- und Erfinderszene“ (ebenda, S. 35ff) vor allem die „wechselseitige Abstimmung der Strategien“ (ebenda, S. 41) zwischen den beteiligten Akteursgruppen (bzw. die „wechselseitige Verschränkung der Handlungsstrategien“ (ebenda, S. 89) ermöglichen. Erst die mit der Einbindung in ein soziales Netzwerk einhergehende „Erwartungssicherheit“, aber auch die „Erhöhung der Hürde für die exit-Option“ (ebenda, S. 43), ermöglichen die „systematische Exploration ... über eine gewisse ‚Durststrecke‘ hinweg ... und so die Entwicklung von Prototypen“ (ebenda, S. 42). Auch für die anschließende „Durchsetzung“ einer Technologie (also deren „Diffusion“ in die Gesellschaft), die (im Gegensatz zum Ansatz von Knie) als eine eigenständige Entwicklungsphase konzeptualisiert wird, stellen die „sozialen Netzwerke“ den entscheidenden Erfolgsfaktor dar – sie sorgen dafür, dass bei der „Dekontextualisierung der Technik“ sowie der „Produktion von Nachfragestrukturen“ (ebenda, S. 47) durch „soziale Schließung eine Situation der Unsicherheit“ bewältigt werden kann, die sich „aus den Risiken der Markteinführung einer neuen Technik“ ergibt“ (ebenda, S. 51). Hier kommen also neue Akteursgruppen ins Spiel. Entsprechend wird von einer „Rekombination der sozialen, aber auch der technisch-apparativen Komponenten“ gesprochen (ebenda, S. 47)²⁵. Es bleibt unklar, welchen Status die Rede von der „Identität“ des „sozio-technischen Kerns“ dann noch für die empirische Rekonstruktion des Innovationsverlaufes hat. Und auch bei der Anlage des Erklärungskonzeptes, das Phasen der Technikgenese auf unterschiedliche Ausprägungen der „Koppelung heterogener Handlungsprogramme“ (ebenda, S. 42) zurück führt, wird der Begriff der „Heterogenität“ nicht mehr auf den „sozio-technischen Zusammenhang“ bezogen, sondern nurmehr auf dessen genuin soziale Seite, d.h. auf die unterschiedlichen Handlungslogiken der Beteiligten in Verhandlungsnetzwerken, deren „grenzüberschreitende Kooperation“ durch

²⁵ „Die spezifische Leistung dieser Phase besteht darin, den Kreis der Akteure zu erweitern, indem beispielsweise Betroffene oder potentielle Nutzer mit einbezogen werden“ (Weyer et. al. 1997, S. 51). Insofern sichern, so die Autoren, Verhandlungsnetzwerke die „Einbettung der Technik“: „Nur wenn es gelingt, die Verhaltensweisen potentieller Nutzer vorab auf die neue Technik abzustimmen und umgekehrt im Design der neuen Technik Nutzungsinteressen und potentielle Verhaltensmuster zu berücksichtigen, besteht eine Erfolgchance für die sozio-technische Innovation“ (ebenda, S. 50).

das Netzwerk als „Mikro-Makro-Scharnier“ (ebenda, S. 67ff) zusammengehalten wird.

Die drei knapp skizzierten Ansätze liegen ganz auf der zweiten, über das wissenschaftssoziologische Modell hinausführenden Linie, da sie die Untersuchung von Technikentwicklungsprozessen nicht als bloße ‚Demaskierung‘ der sozialen Einflüsse auf den Gang der Technikentwicklung anlegen. Bei aller Unterschiedlichkeit versuchen sie vielmehr zu zeigen, dass mit „Schließungsvorgängen“ nicht nur der (sei es frühzeitige oder sukzessive) Ausschluss von Alternativen bzw. die sozial verursachte Einengung auf einen bestimmten technischen Entwurf einhergeht, sondern zugleich die Prägung sozialer Kontexte, was übereinstimmend vor allem auf das fortschreitende ‚Festzurren‘ einer bestimmten Akteurskonstellation bezogen wird. Insofern werden nicht nur „Interdependenzen zwischen sozialem und technischem Wandel“ (Rammert 1992, S. 177) zum Thema, sondern deren sehr enge Verschränkung um den „sozio-technischen Kern“ herum. Deshalb bleiben diese Ansätze zwar im Rahmen des Aushandlungs- und Schließungsmodells, erweitern aber, so kann man das zusammenfassend formulieren, die technische Homogenisierung durch Schließung um eine damit einhergehende soziale Homogenisierung.

Wenn in diesem Zusammenhang dann dennoch von Heterogenität die Rede ist, so ist die ontische Heterogenität gemeint, die der Bindestrich zwischen „sozio“ und „technisch“ gemeint – Elemente aus ganz unterschiedlichen Wirklichkeitsbereichen werden eng miteinander gekoppelt und dadurch stabilisiert. Diese Heterogenität wird heute in erster Linie mit der Actor-Network-Theory in Verbindung gebracht, doch war sie wie gesehen in einer deutlich unaufgeregteren Weise bereits früh in der Technikgeneseforschung angelegt, aber auch bei der geschilderten Übertragung des Schließungsmotivs aus der Wissenschafts- in die Technikforschung. So hatten etwa *Law & Bijker* 1992 ihr Konzept der „technological frames“ programmatisch wie folgt eingeführt:

„There are commitments, explicit or otherwise, to economic investments, normal practice, and skills. There is dependence ... on networks of resources that enable certain courses of action while more or less frustrating others. And there is the question of the differential availability of those networks of resources. ... The result is a model ...

about ... certain socio-technical circumstances and the malleability of others. It is, moreover, a theory that is neither socially nor technologically reductionist: the concept of 'technological frame' is intrinsically heterogeneous" (ebenda, S. 303).

Und um jeden Zweifel auszuräumen heißt es weiter: "Technology is never purely technological: it is also social. The social is never purely social: it is also technological" (ebenda, S. 305). Immerhin fügen die Autoren dann an: „This is something easy to say but difficult to work with" (ebenda). Ganz auf dieser Linie sind in der STS und der Techniksoziologie bekanntlich eine ganze Reihe von konzeptionellen Vorschlägen für eine Umstellung von Akteursinteressen auf „heterogene“ Untersuchungseinheiten und damit letztlich auf ein wechselseitiges Konstitutionsverhältnis von Sozialem und Technischem (wie oben am Beispiel von Bowkers Untersuchung von „Schließungsrhetoriken“ verdeutlicht) gemacht worden, etwa als Typik von „socio-technical ensembles“ (Bijker 1994, S. 252), oder eben „sozio-technischer Konstellationen“ (Rammert 2003), mit dem Ziel, sowohl „Technikdeterminismus“ als auch „Sozialdeterminismus“ zu vermeiden (so etwa der Rahmen des Bandes *Dolata & Werle* 2007).

Ich will diesen ganzen Fragenkomplex und insbesondere die breite Diskussion um sozialkonstruktivistische Ansätze an dieser Stelle nicht weiterverfolgen, und hier nur folgendes festhalten: Alle Versuchen der Konzeptualisierung von „Schließungsprozessen“ als „sozio-technischer“ Ordnungsbildung stoßen offensichtlich auf die Hintergrundfragestellung, wie eng und vor allem auf welche Weise genuin Soziales und genuin Technisches verschränkt werden. Es ist dann eine ganz andere Frage, wie eng diese Verschränkung ist, und wie eine sehr enge Verschränkung (das wäre Schließung etwa als Netzwerkirreversibilität formuliert, wie von *Callon* 1991 vorgeschlagen) konzeptionell gefasst werden kann. Wichtig ist hier, dass die Rede von der ontischen Heterogenität (sozio-technischer Konstellation) erst einmal nichts mit dem von mir bislang – und auch im Folgenden – als Heterogenitätsproblematik bezeichneten Problemstellung zu tun hat. Jene Problemstellung meint zunächst einmal soziale Heterogenität – koordiniertes Zusammenwirken von Akteuren ohne Schließung.

Diese begriffliche Unterscheidung ist deswegen so wichtig, weil beide Bedeutungsvarianten in den programmatischen Texten, die unmittelbar nach

der Übertragung des Aushandlungs- und Schließungsmotivs in die Technikforschung entstanden sind, verwendet wurden, um den Unterschied des Gegenstandes Technologie von den (Labor-)Wissenschaften abzugrenzen:

„Unlike the case of science, in which it is possible to identify communities of practitioners who produce and ratify scientific knowledge ... one of the difficulties facing any study of technology is heterogeneity“ (Bijker/Hughes/Pinch 1987b, S. 191),

denn es sind eine Vielzahl von Akteursgruppen beteiligt, und Aushandlungs- und Verfestigungsprozesse gehen an einer ganzen Reihe von Orten vor sich. Die Rede von der „Heterogenität“ sozio-technischer Prozesse bezeichnet hier also die der eigentlichen Analyse und Interpretation vorgelagerte Schwierigkeit, wie die relevanten Akteursgruppen und Forschungsaktivitäten sowie die „strategic research sites“ (ebenda) überhaupt zu identifizieren sind. In einem anderen programmatischen Text wird das so formuliert:

„Part of the task of the emerging new field of technology studies is the identification of research sites at which the complexity of the seamless web is manageable but which at the same time serve to capture key aspects of technological development“ (Law & Bijker 1992, S. 192).

Das führt unmittelbar zu der Folgefrage, wie unter solchen Bedingungen Schließung möglich ist bzw. auf welche anderen Weisen Koordination von sozio-technischen Konstellationen erreicht werden kann. Dafür ist, obwohl das grundsätzliche Problem wie gesehen bereits in der Gründungsphase der STS gesehen und formuliert worden ist, ein soziologisch überzeugender Konzeptualisierungsvorschlag aus meiner Sicht bislang nicht vor²⁶.

Indizien für die „Disunity“ hochtechnologischer Entwicklungen

Es ist auffällig, dass bei der Vielzahl der Forschungen der „New Technology Studies“ (bzw. der Technikgeneseforschung) meines Wissens, mit Ausnahme der wenigen genannten Studien, bislang keine Studien vorliegen, die die

²⁶ Aus der Actor-Network Theory etwa stammt der Vorschlag, bei dieser Frage nicht bei sozialer Koordination, sondern bei den Artefakten anzusetzen. So konzeptualisieren *de Laet & Mol* 2000 „fluide“ Netzwerke als einen eigenständigen Konstellationstypus, in dessen Zentrum ein „postheroisches Artefakt“ steht: Eine modulare Wasserpumpe, die je nach Kontext unterschiedlich zusammgebaut werden kann – etwa in Afrika ganz anders als in Holland, und auch für unterschiedliche Zwecke. Der Fall ist sehr instruktiv, die Konzeptualisierung reine ANT-Metaphorik.

Entstehung und Etablierung von im engeren Sinne hochtechnologischen Artefakten und Konzepten als Ergebnis eines „Schließungsprozesses“ zu rekonstruieren versuchen. Hier lässt sich die Frage stellen, ob es dafür einen systematischen Grund gibt, der, so kann weiter vermutet werden, in der Natur dieses Gegenstandsbereiches begründet sein könnte – was dann umgekehrt auf eine den „Schließungs“-Ansätzen inhärente Selektivität verweisen würde: Die in das Konzept der Schließung eingelassene Annahme, dass das Ergebnis des Prozesses eine Vereinheitlichung von kulturellen Vorstellungen und des „dominanten Designs“ (*Tushman & Rosenkopf* 1992) von Artefakten und technischen Systemen ist. Die Gegenthese ist die der „disunity of science“ (*Galison & Stump* 1996), übertragen auf Technik. Dafür gibt es aus konzeptionell ganz unterschiedlich gelagerten empirischen Rekonstruktionen starke Indizien.

Um dieser Vermutung systematisch nachzugehen, will ich auf zwei basale Argumente eines der Protagonisten aus der Formierungsphase der STS zurück greifen – auch weil ich denke, dass in den STS, obwohl oder vielleicht sogar weil sie inzwischen eine riesengroße Community geworden sind, in Bezug auf die kritische Weiterentwicklung des Aushandlungs- und Schließungskonzeptes nichts wirklich Weiterführendes entwickelt wurde. Ich will mich deshalb auf die bekannte Polemik von *Winner* 1993 gegen den sozialkonstruktivistischen „Mainstream“ in den STS beziehen. Was, so seine wunderbare Formulierung, wenn es zwar gelingt, die „black box“ der Technik zu öffnen, jene sich dann aber als leer erweist? Für den Kontext meiner Argumentation sind zwei von *Winners* Argumenten von Bedeutung²⁷. Er kritisiert erstens, dass die STS (wie oben dargestellt) ausschließlich auf der Ebene der Akteure und ihrer Strategien operieren, und damit „the possibility that the ebb and flow of social interaction among social groups may reflect other, more deeply seated processes in society“ (ebenda, S. 371) von vornherein gar nicht in den Blick bekommen können. Er meint damit „deeper cultural, intellectual, or economic origins of

²⁷ *Winner* führt ein ganzes Arsenal von weiteren Argumenten an, die hier eben so wenig von Interesse sind wie seine generelle Schlussfolgerung. Er möchte letztlich den ursprünglich parteiischen „political stance“ (*Winner* 1993, S. 372) der älteren Technikforschung und insbesondere Technikphilosophie gegen die Neutralität des Konstruktivismus der neueren STS verteidigen, und polemisiert gegen den „postmodern-ironischen“ Gestus, in den deren Orientierung an „interpretativer Flexibilität“ führt (ebenda, S. 374) – anstatt den politischen Charakter der mit Technik immer verbundenen „sozialen Wahlen“ zu thematisieren, haben sich die STS seiner Meinung nach auf einen „blasé, depoliticized scholasticism“ (ebenda, S.376) zurück gezogen.

social choices about technology or deeper issues surrounding these choices" (ebenda), also latent wirkende, weder den Akteuren selbst bewusste noch in der jeweils untersuchten Situation offen zu Tage tretende Grundlagen der jeweiligen Handlungsorientierungen, wie etwa Klassenzugehörigkeit, die nur ein umfassenderer Analyserahmen überhaupt thematisieren kann. Daher kann diese Kritik als das Argument der Relevanz höherer Skalierungsebenen bezeichnet werden (1.). Winner kritisiert zudem, dass ein zu enges Bild von Aushandlungsprozessen zugrunde gelegt wird:

„The premise of interpretative flexibility works especially well in cases in which social consensus is achievable, where all or most of the parties can say at the end of the process: ‘Thank god we came together around this set of design features’. ... But what about circumstances in which there are serious disagreements about the design or use of an artifact or technological system?“ (ebenda, S. 372).

Da es bei einer solchen Form von Koordination nicht darauf ankommt, ob sie durch Verhandlung oder Durchsetzung (oder, weit wahrscheinlicher, eine Mischung von beidem, etwa als Kompromiss; vgl. oben) zu Stande kommt, kann diese Kritik als das Argument des machtpolitischen Zentrismus der sozialkonstruktivistischen Studien bezeichnet werden (2.). Beide Argumente sind hier geeignet, da sie es erlauben, eine Reihe von sozialwissenschaftlichen Studien zu hochtechnologischen Entwicklungen als recht ausdrückliche Infragestellung der Übertragbarkeit von „Schließungs“-Konzeptes auf diesen spezifischen Gegenstand zu verstehen.

Ad (1.) Als Ausarbeitungen des Arguments der Relevanz höherer Skalierungsebenen lassen sich Arbeiten verstehen, die die zahlreichen Linien und Anschlüsse, aus der die soziale Geschichte des Computers besteht, in einer übergeordneten kulturellen Einheit – letztlich der Entstehungsepoche – situieren. Ein bekanntes Beispiel ist die Studie von *Heintz* 1993a, die, in expliziter Abgrenzung von rein ideengeschichtlichen Rekonstruktionen, die Entstehung und Durchsetzung des Grundmodells des Computers als „Turing-Maschine“ auf die kulturelle Dominanz eines „mechanistischen Rationalitätsverständnisses“ in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zurück führt, welches sich auch in zahlreichen anderen Bereichen gesellschaftlicher Modernisierung (von der Rationalisierung betrieblicher Abläufe bis hin zur Choreographie der Ballettgirls) wirksam war. In anderer Weise hat *Edwards*

1996 die konkreten Entstehungs- und Nutzungsbedingungen von Computersystemen (und der sie umgebenden wissenschaftlichen Theoriestränge) innerhalb des umfassenden „World War Two-Regimes“ situiert. Darunter versteht er das übergreifende „Ensemble“ von leitenden Metaphern, Praktiken, Technologien und Institutionen, welche die Epoche des „Cold War America“ kennzeichneten. In expliziter Abgrenzung von den oben skizzierten Ansätzen der STS versucht er, „the relationship between the meanings of scientific facts and technological artifacts and their sociopolitical milieu“ (ebenda, S. 34) herauszuarbeiten. Dieser Versuch, auch „the technological construction of social worlds“ (ebenda) in den Blick zu nehmen, kann die zahlreichen konzeptionellen und technischen Entwicklungen rund um den Computer in politischen und insbesondere militärischen Kontexten („Command and Control“-Systeme) ‚erden‘²⁸, und zugleich den Kontakt zur Prägung des weiteren kulturellen Umfeldes durch diese Systeme halten (bis hin zu einer m.E. durchaus gelungenen Interpretation des Mensch-Maschine-Verhältnisses anhand von Science Fiction-Filmen). Der große Vorteil von Edwards Vorgehensweise besteht darin, dass es die Annahme einer übergeordneten, die Einheit des Untersuchungsgegenstandes sicherenden kulturellen Entität (eben des „World War Two-Regime“) erlaubt, die detaillierte Rekonstruktion zahlreicher Einzelentwicklungen (und insbesondere inter- und transdisziplinärer Bezugnahmen) in einem systematischen Zusammenhang zu stellen, ohne in die bekannte Plattitüde „Da steckt ja doch wieder das Militär dahinter!“ zurück zu fallen: „Computers were a primary example of the inseparability of weapon from tool, tools from metaphor, and metaphor from political action“ (ebenda, S. 14). Die genauere begriffliche Bestimmung der übergeordneten kulturellen Entität bleibt jedoch bei Edwards sehr vage (vgl. zu

²⁸ Ein hervorragendes Beispiel für die Fruchtbarkeit dieser Herangehensweise ist Edwards Rekonstruktion der Entstehung der „symbolischen KI“ (vgl. *Edwards* 1996, S. 239-272). Denn durch Einbeziehung der militärischen Entwicklungen der späten 50er und 60er Jahre gelingt es ihm, die „symbolische“ und die „verkörperte“ KI nicht (wie bei Olazaran) als Feinde einer wissenschaftlichen Kontroverse, sondern als „komplementäre“ (wenngleich auch in unterschiedlicher Weise sichtbare) Richtungen zu charakterisieren: „Both could be integrated into combat machines through an analysis of two complementary problems in high-technology war“ (ebenda, S. 271). Durch diesen historischen Rückbezug werden, so Edwards, auch die übergeordneten Paradigmen der „Automatisierung“ (also der „Ersetzung des Menschen“) und der „Integration“ (also der „human-machine symbiosis“) auf den gleichen Ursprungskontext bezogen – wobei er sich den ‚Seitenhieb‘ nicht verkneifen kann, dass auch der gesamte (normaler Weise als KI-Kritik bzw. als Kritik der Automatisierung verstandene) Bereich des „human factors research“ den zeitgenössischen Militärprogrammen entstammt.

seinem ausgeweiteten „Diskurs“-Begriff durch knappe Bezugnahme auf Wittgenstein und Foucault ebenda, S. 34-40), ebenso wie die Kennzeichnung eines bestimmten epochalen „Rationalitätsverständnisses“ bei Heintz stellt auch die Annahme der Einheit des „Diskurses“ oder „Regimes“ eine sinnvolle, ja sogar sehr produktive Heuristik dar – mehr aber auch nicht. Ein systematischer Rückbezug auf die konkreten Aushandlungsprozesse auf der Akteursebene (etwa im Sinne des Beleges einer kulturellen oder sonst wie gesellschaftlichen Rahmung dieser Aushandlungen) findet nicht statt – und ist zumindest in den beiden skizzierten Studien wohl auch gar nicht intendiert.

Ad (2.) Das Argument des machtpolitischen Zentrismus der sozialkonstruktivistischen Studien zielt, wie oben gesehen, auf die unangemessene Verallgemeinerung einer bestimmten Form von Aushandlungsprozessen auf der Akteursebene. Der gesamte Ansatz, so die Kritik, lässt sich nur auf jene Formierungsprozesse anwenden, die sich rückblickend eben als ein „Schließungsprozess“ mit einem eindeutigen Ergebnis i.S. eines verpflichtenden Konsenses darstellen – oder anders gesagt, bei denen sich ein „sozio-technischer Kern“ bzw. eine „soziotechnische Konfiguration“ identifizieren lässt. Eine Reihe von vorliegenden Studien zur KI bzw. zu den Hochtechnologien haben jedoch starke Indizien erbracht, die gegen die Möglichkeit einer solchen Identifikation eines Kernes (bzw. für die notwendige Berücksichtigung von Winners „disagreement“) sprechen. So sind etwa ethnographische Studien immer wieder darauf gestoßen, dass die Praxis vor Ort von höchst unterschiedlichen Entwicklungs- und Konstruktionsstilen geprägt ist, die nachgerade das Gegenteil von vorab ausgehandeltem Konsens darstellen. Eine typische Situation schildert etwa *Forsythe* 1993, die bei ihrer ethnografischen Suche nach der Einheit der Praxis (bzw. eines „Ethos“) des „knowledge engineering“ auf folgendes gestoßen ist:

„For example, asked to define ‚artificial intelligence‘, some knowledge engineers respond that they do not know what AI is. Rather than debate about the definition of ‚intelligence‘, or discuss whether AI is or is not part of computer science, they prefer to get on with their business“ (ebenda, S. 457).

Aber auch Versuche, die „Community“ der KI (vgl. oben) an geteilten „Leitvorstellungen“ oder gemeinsamen Konzepten fest zu machen, berichten von mehr als gravierenden Schwierigkeiten. So endet etwa der Versuch von

Fleck 1984, den „core“ der KI zum Zeitpunkt Mitte der 1980er Jahre zusammen zu fassen, bei der Konstatierung einer unübersichtlichen Ansammlung von Verfahren und Anwendungsgebieten, auf die sich theoretische Konzeptionen und Disziplinen je unterschiedlich beziehen:

„Rather than being a substantive area oriented to the elaboration of a theoretical structure which comprises its subject matter, artificial intelligence so far has been based on a body of programming languages and practices, methods, techniques and approaches ... The central core of research tools is applied in a strange and bewildering and increasing variety of application areas ...“ (ebenda, S. 202).

Fleck selbst hat diesen Befund als Ergebnis der seinerzeit einsetzenden „Ernüchterung“ des ursprünglichen Optimismus der KI-Forschungen interpretiert; Breiters oben eingeführtes „Sanduhr“-Modell legt es jedoch nahe, den Befund eines solcherart ‚zerfledderten‘ Zustandes als typisch anzusehen.

Diese Sichtweise wird jedenfalls aus einer nochmals anders gelagerten Untersuchungsrichtung gestützt. Auf der Grundlage eines organisationssoziologischen Ansatzes hat *Hohn* 1998 die Sozialgeschichte des „Faches Informatik“ bzw. genauer des Dreiecks aus KI-Forschung, akademischer Informatik und Softwaretechnik als eine „fragmentierte adhocracy“ (nach *Whitley* 1984) beschrieben. Damit ist ein soziales Gebilde gemeint (vgl. ebenda, S. 55ff), dessen institutionelle Form sich (kognitiv) durch „hohe Ungewißheit der Arbeitsaufgaben“ und (sozial) durch geringe „Interdependenz der Arbeitsbeziehungen“ (sprich: wenig organisierte Kooperation bzw. eine „schwache Form der Koordination“; *Hohn* 1998, S. 313) auszeichnet. Das Ergebnis sind „permanente Richtungskämpfe“ (ebenda, S. 231), „immer neue Forschungsrichtungen“, „stark fluktuierende Forschungsprioritäten“, „schnell wieder verschwindende Modeerscheinungen“ (ebenda, S. 318) usw. Kurzum: Alle beteiligten Bereiche führen ein „Eigenleben“ (ebenda, S. 218). Auch wenn dieses Bild hochgradiger Fragmentierung bis zu einem gewissen Grade der organisationssoziologischen Konstruktion eines „Extratypus“ (ebenda, S. 313) in stilisierter Abgrenzung von der Geschlossenheit einer „professionellen Bürokratie“ (ebenda) geschuldet ist²⁹, so ist die Beschreibung doch eindrücklich, zumal auch die Seite der

²⁹ Der organisationssoziologische Zuschnitt der Fragestellung wird von *Hohn* mit einer Kritik der „Hyperkontingenzttheorie“ der STS (*Hohn* 1998, S. 310) begründet. Beim Versuch einer

Artefakte und Verfahren durchaus ihren Platz in dieser Beschreibung hat: „Das Fach [Informatik] hat sich ... nie um ein stabiles Set von Forschungsaufgaben zentrieren, geschweige denn ... eine optimale Technologie definieren und sich an dieser Technologie kognitiv und sozial orientieren können“ (ebenda, S. 136). In diesem Sinne behandelt Hohn durchaus die „anfänglich zentrierende Funktion des Computers“, aus der sich aber zu keinem Zeitpunkt ein „Konsens über das Design informationstechnischer Systeme entwickeln konnte“ (ebenda, S. 317).

Die organisationstheoretische Grundlage von Hohns Rekonstruktion ist nicht zuletzt eine Kritik an der „Hyperkontingenztheorie“ der konstruktivistischen STS (ebenda, S. 310). Daher mutet es durchaus wie eine ungewollte Ironie an, wenn die wohl am weitesten getriebene Spielart dieser Kontingenzannahme (bzw. der „interpretativen Flexibilität“) zu einem in der Sache ganz komplementären Ergebnis führt. Diese Spielart ‚überspringt‘ die Kritik am Zentrismus der Konzepte der „sozialen Schließung“ und negiert jedwede Form der mit der Festlegung einer Kernbedeutung verbundene Koordinationsweise schon konzeptionell, und zwar der alten, schon von Mannheim formulierten, Problematik der „Reflexivität“ folgend, insbesondere die der eigenen sozialwissenschaftlichen Rekonstruktion. So stellt etwa ein im Sinne des Schließungsansatzes auf den ersten Blick viel versprechender Titel wie „Configuring the user“ (Woolgar 1991b) nicht auf die sukzessive „Härtung“ eines „dominanten Designs“ des untersuchten Softwaresystems ab, um dann zu untersuchen, wie im Zuge von Aushandlungsprozessen (und zwar ex-ante) ein bestimmtes Nutzungsverhalten in dieses Design „eingeschrieben“ und somit „gehärtet“ wird. Die durchaus vorgestellte und auch im Aushandlungsprozess nicht vereinheitlichte Vielfalt (oder eben: die soziale Heterogenität) der Vorstellungen der beteiligten Gruppen, in diesem Fall von Abteilungen der Entwicklungsfirma, sowie die Struktur des Aushandlungsprozesses selbst werden vielmehr als ein Beleg dafür interpretiert, dass die Grenze zwischen Mensch und Maschine in jedem Schritt dieses Prozesses gänzlich neu eingerichtet wird. Das wird dann – wie schon in den bekannten Aufsätzen zur

Überwindung der „konstruktivistischen Konfusion“ (ebenda, S. 46) führt er dann die Konzeption des „robusten Problemlösungshandelns“ an, wobei er sich v.a. auf interaktionistische Konzeptionen beruft – jene beschreiben allerdings gerade formale Organisationen und professionelle Bürokratien in einer Weise, die Hohns Verdikten über den Konstruktivismus wohl recht nahe kommen.

KI (Woolgar 1985) und zu den Kognitionswissenschaft (Woolgar 1987) – „reflexiv“ auf die Grundbegrifflichkeit der soziologischen Rekonstruktion selbst bezogen. Jene solle sich, so dann das Argument, immer klarmachen, dass sie selbst an der Herstellung und Verfestigung von ontologischen Zuschreibungen wie dem „genuin Menschlichen“ und dem „genuin Maschinellen“ beteiligt bzw. darin verstrickt ist³⁰.

All diese Befunde lassen sich als Indizien dafür lesen, dass sich im Falle von Hochtechnologien oder der KI eben keine Schließungsprozesse rekonstruieren lassen, denn die vielfach beschriebene Heterogenität steht nicht nur der Identifikation von „strategic research sites“ als Orten der Paradigmenbildung, des ‚Festzurrens‘ dominanter Designs oder der sozio-technischen Ordnungsbildung im Wege. Es könnte allerdings sein, dass die zusammengefassten Untersuchungen schlicht einen falschen Zeitpunkt ins Auge gefasst haben – einen Zeitpunkt, an dem die Schließung, und damit irgendeine Form von paradigmatischer Vereinheitlichung, noch nicht vollzogen waren. Und es könnte auch sein, dass es im Feld selbst Aushandlungsprozesse gab, die einer Schließung vorausgingen, die weder der organisationssoziologischen, der der ethnografischen oder der an Actor-Network Theory orientierten Rekonstruktion aufgefallen sind. Es gibt aber, glücklicherweise, eine empirische Rekonstruktion über einen sehr langen Zeitraum, die genau diese Frage empirisch informiert und, wenngleich nicht soziologisch, behandelt: Die bereits in der Einleitung genannte Rekonstruktion der Geschichte der Computersimulation und insbesondere der „Monte Carlo“-Verfahren von Peter Galison. Daher will ich im Folgenden zu zeigen versuchen, dass auch die empirisch detaillierte Verfolgung einer jahrzehntelangen Kontroverse nicht zu einem Ergebnis führt, das im konzeptionellen Rahmen eines sozialen Aushandlungs- und Schließungsprozesses gefasst werden kann.

Der irritierende Befund, der sich aus Galisons Rekonstruktion der Entstehung und Etablierung der Computersimulation ergibt (vgl. das Eingangszitat dieser Arbeit), beruht nicht nur auf der „disunity“ dieser kollektiven Unternehmung (Galison & Stump 1996), also darauf, dass alle beteiligten Akteursgruppen je unterschiedliche Sichtweisen auf und Umgangsweisen mit der „künstlichen“ Abbildung und Berechnung von komplexen Zusammenhängen hatten.

³⁰ Zu harschen, aus meiner Sicht aber zutreffenden Kritiken an solch „reflexivem Regress“ vgl. Schulz-Schaeffer 2000, S. 128ff und wiederum Winner 1993.

Mindestens ebenso irritierend ist, dass die gesamte Unternehmung nicht nur zum Entstehungszeitpunkt, sondern historisch weit darüber hinaus in buchstäblich allen relevanten Kontexten in höchstem Maße umstritten war. In *Galison* 1997 wird detailliert nachgezeichnet, dass in der weiteren Forschungslandschaft der (bereits damals so bezeichneten) „artificial reality“³¹ entweder die theoretische Dignität oder aber die experimentelle Solidität ganz grundsätzlich abgesprochen wurde. Dabei richtete sich der Widerstand nicht gegen die neuen Inhalte und Vorgehensweisen im Einzelnen, sondern gegen die unklare Situierung des gesamten Unternehmens. Computersimulationen hatte den Status eines wissenschaftlichen „Hybriden“ (ebenda, S. 730), denn sie lagen „between the traditional epistemic poles of bench and blackboard“. (ebenda). Die meisten Physiker und Mathematiker konnten Wahrscheinlichkeitsverteilungen nicht als eine ernst zu nehmende Form der Naturerkenntnis akzeptieren, da sie die Möglichkeit der Analyse und damit jegliches klassische Verständnis von Theoriebildung vermissen ließen (die Identifikation der zugrunde liegenden Prinzipien und deren mathematische Fassung insbesondere durch Differentialgleichungssysteme). Für die meisten Experimentatoren dagegen lagen die Untersuchung rein symbolischer Entitäten

³¹ Es ist interessant, die damaligen Kontroversen mit den heutigen Debatten um Computersimulation bzw. um „virtuelle Welten“ zu vergleichen. Dabei sind mindestens zwei Unterschiede augenfällig. Anders als heute handelte es sich in den 50er Jahren nicht um eine philosophische und massenmediale Begleitdebatte, sondern um eine forschungsinterne Kontroverse – Schärfe und Niveau der Auseinandersetzung erklären sich daraus, dass disziplinäre Identitäten auf dem Spiel standen. Und die Kennzeichnung als „künstliche Realität“ zielte in den 1950er Jahren nicht auf die Abgrenzung der technisch erzeugten Welten von der „wahrhaft humanen“ Wahrnehmung und Kognition, sondern auf die Frage, wie sich die Herstellung und stochastische Berechnung von zufälligen, diskontinuierlichen Einzelereignissen zu den allgemein gültigen Gesetzen der „wirklichen Natur“ verhält. Auf der Agenda stand nicht die „virtual reality“, sondern die „random reality“. Dass diese beiden Bedeutungen von computergenerierter „Künstlichkeit“ auf eine übergeordnete Thematik verweisen, und zwar auf die Verwischung der Grenze zwischen physischen und computergenerierten Realitäten (*Galison* 1997b, S. 711), scheint mir eine recht gewagte Interpretation zu sein. Interessanter ist wohl die Strukturähnlichkeit zwischen der fundamentalen Kritik an den „Monte Carlo“-Verfahren und der Tradition der fundamentalen KI-Kritik. In beiden Fällen handelt es sich um ein Zirkularitätsargument. Der Letzteinwand gegen die Möglichkeit, Maschinen mit einer Eigenintelligenz zu konstruieren, lautete in den letzten Jahrzehnten immer wieder: Es mag ja sein, dass das Verhalten dieser Maschinen intelligent aussieht, aber letztlich reproduzieren sie nur, was ihnen vorher einprogrammiert wurde. Ganz analog lautete die Fundamentalkritik an den frühen Simulationen, dass die zufälligen Einzelereignisse zunächst im Computer hergestellt werden, um anschließend aus ihrer Wechselwirkung in den Simulationsläufen auf den zufälligen Charakter von natürlichen Entitäten zu schließen – kurz gesagt: Was man aus der Simulation heraus bekommt, hat man vorher hinein gesteckt.

und deren rein mathematische (und später dann algorithmische) Berechnung weit jenseits der klassischen Vorstellungen von Naturbeobachtung oder Hypothesenüberprüfung. Die seinerzeit eingeführte Rede von Simulationsläufen als einem „theoretischen“ oder „mathematischen Experiment“ wurde in der Kultur der experimentellen Physik entsprechend als ein Bruch mit elementaren methodologischen Standards bewertet, ja geradezu als eine absurde Wortschöpfung. Es gab also nicht nur massive Differenzen, sondern jene wurden auch in einer jahrelangen Kontroverse explizit ausgetragen.

Es könnte nun aber sein, dass Galisons Rekonstruktion den Akteuren (um die bekannte Latoursche Formulierung zu verwenden) zu sehr gefolgt ist, um eine mögliche tiefer liegende Homogenität der Praxis der frühen Computersimulation in den Blick zu bekommen. So könnte mit den oben skizzierten wissenschaftssoziologischen Enkulturationsmodellen angenommen werden, dass sich hinter der Differenz der expliziten Thematisierungen eine „community“ gebildet hatte, die um „implizite“, d.h. den zeitgenössischen Akteuren gar nicht bewusste (oder jedenfalls latent bleibende) Wissensbestandteile, Routinen und skills (*Collins* 1985) gruppiert war, oder als ein „hidden curriculum“ (etwa im Sinne der oben vorgestellten Ansätze von *Ahrweiler* 1995 und *Rammert* 1995b) den noch nicht sichtbaren ‚Nährboden‘ für spätere Institutionalierungsphasen darstellte.

Eine so angelegte Suche nach der verschwiegenen Homogenität erscheint im Falle der frühen Computersimulation aber wenig erfolgversprechend, und zwar aus zwei Gründen. Erstens stellt Galison darauf ab, dass sich die Differenzen gerade aus den Hintergrundüberzeugungen und den an die Umgangsweisen mit Forschungsinstrumenten gebundenen skills speisten – die zeitgenössische Kontroverse lässt sich deshalb auch als ein gewisser Explizierungszwang dieser zumeist implizit bleibenden „skills“ und Zuordnungen verstehen. Und zweitens wurde (anders als im Standardmodell der STS angenommen) der fragmentierte und umstrittene Charakter der Computersimulation von den Protagonisten selbst als das wesentliche Hindernis für erfolgreiche Kooperation und die Etablierung des Gesamtunternehmens angesehen. Daher setzten die Befürworter der Computersimulation ganz ausdrücklich weder auf die Durchsetzung eines neuen Paradigmas noch auf die Etablierung einer eigenständigen

„community“, sondern sie unternahmen eine ganze Reihe von Versuchen, das gesamte Unternehmen an die traditionellen Domänen der ihrer je unterschiedlichen Forschungstraditionen zurückzubinden. Diese programmatischen Versuche liefen darauf hinaus, den anfänglich rein pragmatischen und entsprechend undifferenzierten „Monte Carlo enthusiasm“ zu schärfen, und diesem Enthusiasmus damit zwangsläufig ein einheitlicheres Profil zu geben. Folgende Versuche lassen sich ganz grob unterscheiden:

- Eine erste Programmatik zielte auf die Herstellung von ‚Waffengleichheit‘ mit den theorieorientierten Kritikern, um sie auf dem eigenem Terrain heraus zu fordern. Die „Monte Carlo“-Verfahren wurden als Nukleus eines neuen naturwissenschaftlichen Paradigmas dargestellt, dem zu Folge die Natur selbst in ihrem innersten Kern aus Zufallsprozessen besteht, und stochastische Verfahren somit keine bloße Annäherung an die natürlichen Gegebenheiten, sondern deren direkte („mimetische“) Abbildung sind: „Monte Carlo ... offers a direct gaze into the face of nature“; (*Galison* 1997, S. 743).
- Eine zweite Programmatik zielte dagegen auf eine Wiederannäherung an eben jenes klassische Paradigma, allerdings nach der Seite des Experimentes. Zu diesem Zweck wurde eine Strukturähnlichkeit zwischen der Handhabung von Simulationsläufen und den vertrauten Prozeduren der Handhabung von klassischen Messapparaturen heraus gestellt. So wurden etwa sinnvolle Einschränkungen dieser Simulationsläufe (also des Prozessierens von rein symbolischen „Daten“) in Analogie zur „Justierung“ eines Untersuchungsinstrumentes oder zur Erhöhung der Präzision einer „Beobachtung“ beschrieben.
- Eine dritte Richtung versuchte, eine Art skeptischen Pragmatismus zum Programm zu erheben, und zwar mit dem expliziten Interesse, den Fortgang der konkreten Anwendungsprojekte von den Kontroversen der Wissenschaftler unabhängig zu machen. Das Kriterium sollte dieser Position zufolge eher das effiziente Management von heterogenen Projekten als die ‚Wahrheit‘ einer Methodik oder einer theoretischen Position sein. Die „Monte Carlo“-Verfahren sollten demnach als ein vorläufig sinnvoller Weg beschritten werden, aber nur solange, wie sie sich in Konkurrenz mit anderen Berechnungs- und Abschätzungsverfahren bewähren konnten.

Es ist auf den ersten Blick zu erkennen, dass all diese Programmatiken³² in vollkommen unterschiedliche Richtung liefen. Somit führten die Vereinheitlichungsstrategien und inhaltlichen Schwerpunktsetzungen der Protagonisten zum genauen Gegenteil der intendierten Zuspitzung im Lager der Verteidiger – der „hybride“ und daher umstrittene Charakter der Gesamtunternehmung wurde nicht nur von Außen, durch die ‚Feinde‘ der neuartigen Zugangsweise, sondern durch die Durchsetzungsstrategien der zeitgenössischen Protagonisten selbst noch verschärft:

„Not only was the broader community split over whether these new simulations were legitimate; it was split even further within the camps of the defenders and the attackers“ (*Galison* 1996, S. 151).

Dieser offen ausgetragene Aushandlungsprozess führte also gerade nicht zu einer „wechselseitigen Durchdringung der Orientierungen“ und in der Folge zu „Schulenburg nach Innen“ (*Ahrweiler* 1995, S. 15f), und ebenso wenig zu einem wie immer gearteten „Schließungsprozess“. Erst die Berücksichtigung des weiteren historischen Schicksals dieser sehr prononcierten Vereinheitlichungsbemühungen macht daher den vollen Umfang des fragmentierten Charakters der sozialen Gesamtkonstellation deutlich. Denn all diese Programmatiken waren – wie auch die ausgearbeiteten Positionen der Kritiker – für den weiteren Gang der Dinge schlichtweg nicht ausschlaggebend. Sie blieben als ungewöhnlich reflektierte Metakommentare am Wegesrand liegen, oder: „[they] moved to the periphery“ (*Galison* 1997b, S. 703).

Zwischenfazit

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es eine ganze Reihe von deutlichen empirischen Hinweisen darauf gibt, dass sich Hochtechnologien bzw. die KI

³² Aus heutiger Sicht ist schließlich eine vierte Programmatik interessant. Als Simulationsläufe zu einer Frage der geeigneten Programmierung von Computern geworden waren, tauchte folgendes Problem auf: In jedem lokalen Arbeitszusammenhang wurde eine andere Form der Programmierung verwendet, und die damit generierten Simulationsergebnisse waren weder in den Nachbararbeitsgruppen anschlussfähig, noch in der weiteren ‚community‘ nachvollziehbar. Als Ausweg aus diesem Dilemma wurden nun nicht einheitliche technische Standards eingefordert, sondern die Einhaltung von sozialen Konventionen. Dekaden vor den Debatten um „open source“ entstand die Forderung, die Art der Programmierung (den „Code“) öffentlich zu publizieren. Weiterhin wurde gefordert, eine zumindest soweit einheitliche Programmiersprache und –methodik zu verwenden, um die lokal erarbeiteten Ergebnisse andernorts weiter verwenden (also „portieren“) oder wenigstens in Teilen (als einzelne „Module“) nutzen zu können.

nicht dem Standardmodell der STS bzw. der Technikgeneseforschung fügen, ja mehr noch jenem diametral entgegenstehen. Schließungsprozesse von „dominant designs“, Akteurskonstellationen oder sozio-technischen Konstellationen lassen sich eben nicht feststellen, und Galisons Rekonstruktion bringt darüber hinaus noch Aushandlungsprozesse ins Bild, die zu keinem entwicklungsrelevanten Ergebnis führen. Aus meiner Sicht wird dieses Bild noch dadurch verstärkt, dass die empirischen Befunde aus ganz unterschiedlichen sozialwissenschaftlichen Forschungstraditionen stammen, weswegen dieses Bild auch nicht auf Einseitigkeiten eines bestimmten Forschungs- oder Konzeptualisierungsansatzes geschoben werden kann.

Es ergibt sich vielmehr wiederum die bereits in der Einleitung geschilderte irritierende Frage, wie sich auf der Grundlage eines derart fragmentierten und nachgerade ‚zerfledderten‘ Zustandes (wie besonders drastisch bei Hohn und Forsythe beschrieben) Hochtechnologien und insbesondere die KI überhaupt zu so erfolgreichen und ja zweifellos einflussreichen Unternehmen entwickeln konnten. Für diesen Erfolg sind Beiträge aus höchst unterschiedlichen Disziplinen notwendig gewesen – irgendwie müssen diese Beiträge dauerhaft aufeinander bezogen, also koordiniert worden sein. Aber wie? Auf diese Frage geben die skizzierten Untersuchungen, wie gesehen, weder eine empirische noch eine konzeptionelle Antwort. Sie konstatieren nur – gestützt auf ganz unterschiedliche soziologische Forschungstraditionen und jeweils nah am Gegenstand – das Nichtvorhandensein einer Schließung, und damit die Abwesenheit einer vereindeutigenden und verfestigten – und damit ‚starken‘ – Koordinationsweise. Ich habe in Kapitel 2.1 und 2.2 argumentiert, dass es genau die Leerstelle ist, die das konzeptionelle Potential der Boundary Objects ausmacht. Sie sind zumindest eine Kandidatin für die von Hohn genannte „schwache Koordination“ (Hohn 1998. S. 313). Wie eine solche „schwache“ koordinative Leistung erzielt werden kann ist Gegenstand des nächsten Kapitels.

Ich will mir abschließend noch eine Seitenbemerkung erlauben. Aus dem konstruktivistischen Aushandlungs- und Schließungsmodell wird nicht selten die Konsequenz gezogen, dass das Ausbleiben von Schließung bzw. das Fehlen eines eindeutigen, von allen Protagonisten geteilten „sozio-technischen Kernes“ gleichbedeutend ist mit dem Scheitern eines Technologieprojektes. Und als Beispiel für solches Scheitern wird dann gelegentlich der Fall der Servicerobotik

angeführt (etwa bei *Weyer et. al.* 1997, S. 48 und bei *Dierkes & Marz* 1992). Selbstredend werde ich gegen dieses Urteil argumentieren, denn ‚schwache‘ Koordination ist keineswegs Scheitern, nur etwas, das der Brille des Aushandlungs- und Schließungsansatzes entgeht³³.

2.2 Die Idee der Boundary Objects

Das Konzept der Boundary Objects ist von Leigh Star in Kooperation mit dem Wissenschaftshistoriker James Griesemer 1989 eingeführt worden. Dort ist die schon in meiner Einleitung zusammengefasste Kernidee des Konzeptes formuliert, dass eine Vielzahl von Akteuren durch den doppelten Bezuges auf dasselbe Objekt erfolgreich kooperieren kann, ohne die Heterogenität der Kooperationssituation aufgeben zu müssen. Allerdings ist das Konzept in seiner originalen Formulierung nicht sehr systematisch dargestellt. So werden Boundary Objects auch als Übersetzungswerkzeuge („n-way translations“; *Star & Griesemer* 1989, S. 390) definiert, und die Abgrenzung zwischen den Boundary Objects und den am selben Fall ebenfalls beschriebenen Standards ist unklar. *Strübing* 2005 hat die Boundary Objects in seiner kompakten Zusammenfassung des Originalaufsatzes als „Medien der Koordination“ (ebenda, S. 257) bezeichnet, weist dem Konzept dann im Rahmen eines interaktionistischen Theorieverständnisses nur einen „heuristischen Wert“ (ebenda, S. 276) zu als „Indikatoren, die auf dahinter liegende Prozesse verweisen“ (ebenda, S. 274) und betont – ganz in Stars Sinne, dass das Konzept „rein analytisch“ zu verstehen sei: „Jedes Objekt, sei es materiell oder immateriell, hat das Potential, zu einem vermittelnden Grenzobjekt zu werden“ (ebenda, S. 276).

Leigh Star selbst ist erst kurz vor ihrem Tod noch einmal auf das Konzept zurückgekommen³⁴, indem sie rückblickend die sicherlich entscheidende Frage

³³ Ich sollte gerecht bleiben: In diesen beiden Ansätzen geht es um den notorischen Pflegeroboter für Senioren und Behinderte, und der ist schon technisch noch längst nicht soweit – und es ist zu hoffen, dass die betroffenen Senioren und Behinderten in die jeweilige Projektkonstellation ausreichend einbezogen werden, worauf die Autoren ja sinnvollerweise auch hinaus wollen.

³⁴ Zeitlich ziemlich genau in der Mitte zwischen dem Originaltext und dem rückblickenden Kommentar taucht das Konzept nochmals auf in *Bowker & Star* 1999 (S. 297ff), allerdings nur als größtenteils wörtlich übernommene Paraphrase des Originaltextes – und ohne jedweden systematischen Bezug auf die sicherlich sehr interessante Fragestellung dieser Monografie: die

gestellt hat, was *kein* Boundary Object ist (Star 2010). Dabei hat sie zwar die Kernidee des Konzeptes nochmals sehr klar formuliert:

„The object ... resides between social worlds (or communities of practice) where it is ill structured. When necessary, the object is worked on by local groups who maintain its vaguer identity as a common object, while making it more specific, more tailored to local use within a social world, and therefore useful for work that is NOT interdisciplinary. Groups that are cooperating without consensus *tack back-and-forth between both forms of the object*“ (ebenda, S. 604f, meine Hervorhebung).

Allerdings gibt sie dann auf die Frage, ob nicht die Beatles oder die Nationalflagge ein Boundary Object sein können, die nonchalante Antwort: Ja, das können sie aufgrund ihrer interpretativen Flexibilität (ebenda, S. 613). Und sie schildert, dass sie ursprünglich an den Begriff „marginal objects“ gedacht hatte (ebenda, S. 603), um ein Zwischenstadium zu bezeichnen, das zwischen „Residualkategorien“ (aus denen diese Objekte hervorgehen) und Standards (zu denen sich diese Objekte entwickeln können) liegt³⁵. Boundary Objects sind demzufolge Teil der

„battles and dramas between the formal and informal, the ill structured and the well structured, the standardized and the wild“ (ebenda, S. 614).

Das ist ersichtlich ein gänzlich anderer thematischer Zusammenhang als die Begründung von Kooperation durch den doppelten Bezug auf ein Objekt³⁶.

fundamentale soziologische Bedeutsamkeit der vielfältigen – und nicht zuletzt durch technische Medien konstituierten – Formen der Klassifikation von Menschen oder Dingen.

³⁵ Stars Begründung dafür, warum sie diesen Begriff dann doch nicht verwendet hat, ist vor den Hintergrund der Kernidee erstaunlich: Marginalität würde heute die Idee von „Peripherie“ und „die Fiktion eines Zentrums“ (Star 2010, S. 603) evozieren – wenn es kein disziplinäres Zentrum gibt, woran sollte sich dann die disziplinäre Spezifikation des Objektes orientieren?

³⁶ Man denke nur an ihr eigenes Beispiel der doppelten Nutzung von Gehirnatlanten von Affen und Menschen im 19. Jahrhundert. Die Darstellungen der Gehirnregionen von Affen, die dann für die Forschung zum Gehirn des Menschen verwendet wurden (und damit eine erfolgreiche Kooperationsbeziehung zwischen zwei Akteurgruppen konstituiert haben) sind aus der Sicht aller beider Disziplinen unzulässig abstrahiert und damit „ill-structured“, keine Frage. Aus beiden disziplinären Sichtweisen könne sie damit wohl als „marginal“ gekennzeichnet werden. Aber diese Darstellungen sind Bestandteil der ‚ganz normalen‘ disziplinären Praxis –es ist eine seltsame Idee, die Herkunft dieser gemeinsamen Nutzung der Gehirnatlanten aus etwas „Residuaalem“ oder gar „Wildem“ rekonstruieren zu wollen.

Der interaktionistische Herkunftskontext

In der Tradition des symbolischen Interaktionismus, der das Konzept entstammt (vgl. *Strübing* 1997, 2005), stehen die Boundary Objects allein auf weiter Flur – mit einer wichtigen Ausnahme, den Studien von Kathryn Henderson zu visuellen Repräsentationen (*Henderson* 1991, 1998b). In diesen Studien wird sehr überzeugend argumentiert, dass grafische Darstellungen deshalb Verständigung in heterogenen Konstellationen ermöglichen können, weil dieselbe Idee oder dasselbe Objekt sowohl sehr spezifisch (etwa mit einem CAD-Programm) wie auch sehr einfach (etwa als handgemalte Skizze) dargestellt werden kann – und die Beteiligten zwischen beiden grafischen Repräsentationsformen, der disziplinär spezifischen und der allgemeinen, unmittelbar verständlichen, hin- und herwechseln können. Das funktioniert auch und besonders dann, wenn die Beteiligten keinen Weg finden, sich natürlichsprachlich (durch gesprochene Worte oder Texte) zu verständigen. Zwar beeilt sich Henderson, für diese Leistung der ‚grafischen Sprache‘ einen eigenen Begriff („conscription devices“) zu prägen, aber das ist die gleiche Kernidee wie die der Boundary Objects. Deshalb werde ich auf Hendersons Ansatz noch ausführlich eingehen und darauf aufbauen. Von dieser einen Ausnahme abgesehen, stand die Untersuchung von Standards (*Fujimura* 1988, 1992) und insbesondere von standardisierten Werkzeugen für die Wissenschaft („the right tools for the job“; *Clarke & Fujimura* 1992) im Fokus des Interesses interaktionistischer Studien. Dabei war es immer das zentrale Anliegen zu zeigen, wie schwierig erfolgreiche Standards zu finden sind, da sie so beschaffen sein müssen, dass sie in die Praxis die Wissensbestände und die Interessenlage aller beteiligten Akteurgruppen (oder „sozialer Welten“; *Strauss* 1978; *Strübing* 2005, S. 178-185) ‚passen‘, und wie viel Abstimmungsarbeit die Herstellung dieser ‚Passung‘ bedeutet.³⁷ Aus dieser Sicht sind erfolgreiche Standards zwar irgendwie zwischen den Akteurgruppen situiert, und in diesem Sinne auch an der Grenze zwischen ihnen. Aber Standards sind eindeutige Festlegungen der Erfassung und Bewertung von Daten (und damit

³⁷ Die prägnanteste Definition von sozialen Welten, die auch von *Strauss* 1993, S. 212) aufgegriffen wurde, stammt von *Clarke* 1991, S.131). Ihr zufolge sind soziale Welten „groups with shared commitments to certain activities, sharing resources of many kinds to achieve their goals, and building shared ideologies about how to get about their business“.

Objekten)³⁸, auch wenn Akteure dann mit Standards selbstredend kreativ umgehen (ein weiteres zentrales Thema der interaktionistischen Forschung), aber dann biegen die Akteure diese Eindeutigkeitszusage bis hin zur Obstruktion. Ein doppelter Bezug auf dasselbe Objekt im Sinne der Kernidee eines Boundary Objects ist das gewiss nicht.

Die Typik der Boundary Objects im Originalkontext

Um zu versuchen, das im Originalaufsatz wie kurz skizziert etwas unklar gebliebene Konzept von einer anderen Seite konzeptionell zu schärfen, kann auch der Versuch unternommen werden, der grundsätzlichen Idee der dort vorgestellten Typik von Boundary Objects nachzugehen. Im Originalaufsatz ist der Gegenstand das Museum of Vertebrate Zoology, an dem der Museumsdirektor, Joseph Grinnell, eine neue Spielart der Ökologie fundieren wollte. Dafür benötigte er kooperative Beiträge von ganz unterschiedlichen Akteursgruppen – Finanziers, die Universitätsverwaltung, Amateurnaturalisten, Trappern usw. (vgl. *Star & Griesemer* 1989, S. 399ff) – mit ganz unterschiedlichen Interessen, Zielen und Praktiken, und die produktive Lösung genau dieser heterogenen Kooperationssituation konnte, so das zentrale Argument des Originalaufsatzes, durch die Boundary Objects erreicht werden.

Im Originalaufsatz wird nun eine, erweiterbare, Liste von vier Typen von Boundary Objects vorgestellt, und als Grundlage der Typisierung werden, so könnte man das zusammenfassen, unterschiedliche epistemische Kooperationsprobleme mit jeweils einer zur Lösung herausgezogenen Objekteigenschaft korreliert (*Star & Griesemer* 1989, S. 410f). Auf den ersten Typus, Idealtypen, war ich schon in meine Einleitung eingegangen: Hier wird das Problem des Vorliegens verschiedener Abstraktionsniveaus durch den gemeinsamen Bezug auf abstrakte, aber „vage“ (ebenda) Objekte gelöst. Das Beispiel sind die schon genannten Gehirnatlantane, genannt wird aber auch das Konzept der biologischen Spezies. Der zweite Typus im Originaltext soll das Problem räumlich verteilten Arbeitens durch den gemeinsamen Bezug auf ein Objekt mit gemeinsamen Grenzlinien, aber unterschiedlichem Inhalt lösen. Hier

³⁸ Dieser Unterschied wird in der interaktionistischen Tradition prononciert diskutiert bei *Fujimura* 1992. Dort werden „standardized packages“ zwischen den Boundary Objects und den ‚harten‘ (politisch vereindeutigten) Übersetzungen der frühen Akteur-Netzwerk-Theorie situiert – ein Anstoß zu einer konzeptionellen Diskussion, die von niemandem weiter verfolgt wurde.

wird, systematisch betrachtet, allerdings nicht recht klar, wo auf der Objektseite der Unterschied liegen soll – abstrakte Karten sind beide Objekttypen. Als dritter Typus werden standardisierte Formen eingeführt, die das Problem der Verständigung zwischen verschiedenen Arbeitsgruppen, so wird das im Text genannt, durch ein Objekt lösen, das Unterschiede der Arbeitsweise löst (ebenda, S. 411). Es kann in der Beschreibung keinerlei Zweifel geben, dass das Standards sind (den Trappern wird eine standardisierte Form der Dokumentation von Funden im Feld im Wortsinn abgekauft). Es bleibt völlig rätselhaft, wie dieser Typus in die Typik gelangen konnte. Der vierte Typus schließlich ist richtig schwierig einzuordnen. Das sind „repositories“, also Magazine. Dieser Typ von Objekt soll Kooperationsprobleme, die durch unterschiedliche Untersuchungseinheiten entstehen, durch Modularisierung lösen. Beispiele sind „ordered piles of objects“ (ebenda) in Bibliotheken und Museen. Es wird allerdings weder klar, was dieser Typus mit der Grundidee des Konzeptes zu tun hat (was ist bei Modularisierung der doppelte Bezug auf ein Objekt), noch wieso die Klassifikation und Ausleihe von Büchern das genannte Problem löst. Der einzige Anknüpfungspunkt für eine Interpretation dieses Typus ist die empirische Beschreibung der Wichtigkeit der akkuraten Sammlung, Präparierung, Lagerung und vermutlich Ausstellung von Präparaten für Grinnells wissenschaftlichen Ansatz.

Um der Charakterisierung einer Anordnung von Präparaten als Boundary Object auf die Spur zu kommen ist es sinnvoll, den Originaltext mitsamt dem Typus „Repositories“ zur Seite zu legen und einen nahe liegenden Umweg zu nehmen. James Griesemer hat Grinnells Museum wissenschaftshistorisch detailliert untersucht, und die Rekonstruktion dieses Falles zur Entwicklung eines allgemeinen wissenschaftsphilosophischen Argumentes genutzt. Dieses Argument macht er im Kontext der Debatte um den erkenntnistheoretischen Status von wissenschaftlichen Modellen. Dem philosophischen Mainstream zufolge werden Modelle als mathematisch eindeutige Spezifikationen von formal ebenso eindeutig formulierten Theorien definiert. Griesemer schließt an eine diesem Mainstream gegenüber kritische Position an, die darauf hinweist, dass in vielen Wissenschaften, etwa in der Biologie, mit einer ganz anderen Art von Modellen gearbeitet wird – „physischen Entitäten“, die eine theoretisch gefasste Eigenschaft oder einen abstrakten Zusammenhang durch ein materialisiertes Analogon repräsentieren (Griesemer 1990a, S. 7). Diese Klasse

von Modellen charakterisiert er als „non-linguistic entities“³⁹ (ebenda,), die sich wiederum in zwei Teilklassen unterscheiden lässt, je nachdem ob das Modell aus demselben Substrat wie das Modellierete besteht oder in einem ganz anderen Medium gefertigt wurde.

Die erste Teilkategorie bilden physisch realisierte „Analogiemodelle“, die einen abstrakten Zusammenhang (das zu Modellierende) in einfach zu bearbeitendem Material anschaulich oder auch manipulierbar machen, wie etwa bei einem physisch realisierten Planetenmodell der Atome. Die Rolle von solchen Analogiemodellen beschränkt sich nicht auf die Illustration von bereits ‚fertigem Wissen‘, sondern sie können in der wissenschaftlichen Erkenntnisproduktion eine wichtige Rolle spielen. Der wissenschaftshistorisch wohl bekannteste Fall ist die physische Realisierung des Modells der Doppelhelix von Watson und Crick, ein zwei Meter hohes Strukturmodell aus Metall, das der Legende zufolge bei der Entschlüsselung der chemischen Struktur der DNA eine wichtige Rolle gespielt hat⁴⁰.

Die zweite Teilkategorie sind Griesemer zufolge „remnant models“ oder, ganz generell formuliert, „material models“ (Griesemer 1990b), die ein sorgfältig bearbeitetes Fundstück aus dem Feld zu „tangible representatives“ (Griesemer 1990a, S. 20) machen:

„Not only do these share properties with the things modeled, they are actually *made from* the very individuals modeled, so the ‘sharing’ of many relevant properties is a consequence of the identity of individuals (and/or their parts) over time. Natural history specimens, e.g., animal and plant remains preserved in museums, are important exemplars of

³⁹ Diese Bezeichnung als „nichtlinguistisch“ ist der genannten Abgrenzung vom philosophischen Mainstream geschuldet, also der Abgrenzung von der ausschließlichen Definition von Modellen als mathematisch eindeutigen Repräsentationen der modellierten Gegenstände. Ob diese Abgrenzung auf eine fundamentale Kritik der rein analytischen Erkenntnistheorie oder aber – wie das Griesemer selbst formuliert – eher auf deren Erweiterung durch historische und soziologische Untersuchung der Pragmatik der Verwendung von wissenschaftlichen Modellen hinauslaufen soll (ebenda, S. 11f), ist hier nicht weiter von Belang. Allerdings verliert Analogiebildung durch Metaphern, obwohl in diesem Zusammenhang von Griesemer diskutiert, in dieser Klassifizierung ihren Ort – denn dabei handelt es sich ja zumeist um Worte, also linguistische Entitäten.

⁴⁰ Watson beschreibt das in seinen Erinnerungen wie folgt: „In place of pencil and paper, the main working tools were a set of molecular models superficially resembling the toys of preschool children. ... All we had to do was to construct a set of molecular models and begin to play – with luck, the structure would be a helix“ (Watson 1968, S. 50f).

this class of models. These are physical objects which, for specific scientific purposes, are taken to represent the whole, living individuals of which they were once part“ (*Griesemer 1990a*, Hervorhebung im Original).

Die Bezeichnung als „remnant models“ ergibt sich daraus, dass im Fall von Grinnells Museum diese Modelle aus „Überresten“ („remnants“) von lebenden Tieren gefertigt sind.

Aufbauend auf diese Auseinandersetzung mit der wissenschaftsphilosophischen Debatte um den Status und die die Definition von Modellen formuliert Griesemer die These, dass den „remnant models“ pragmatisch eine Doppelfunktion zukommt, eine „dual role of models as representations of natural systems and as a material basis for theorizing“ (ebenda, S. 1), und dass entsprechend in der wissenschaftshistorischen Rekonstruktion zwei unterschiedliche, sich aber wechselseitig beeinflussende Abstraktionsprozesse analysiert werden müssen (ebenda, S. 20). Diese thesenartige Zuspitzung ist etwas irreführend, da die empirische Rekonstruktion sich eher als die Abfolge von fünf aufeinander aufbauenden „Abstraktionsschritten“ (ebenda) liest:

Im ersten Schritt werden aus dem (wissenschaftlich weder kontrolliert beobachtbaren noch umfassend dokumentierbaren) Verhalten und räumlichen Vorkommen von Tieren sorgfältig konservierte und mit Ortsangaben versehene Präparate dieser Tiere. Das ist die Leistung der geschilderten Standards.

Im zweiten Schritt werden durch taxonomische Bestimmung aus diesen Präparaten Repräsentanten einer biologischen Spezies (sie werden, wie das die Biologen nennen, zu „taxa“).

Im dritten Schritt, wird die räumliche Verteilung dieser (und aller anderen) Spezies zu bestimmten Zeitpunkten ermittelt. Die Sammlung von Präparaten wird dadurch zum Modell von Populationen.

Erst im vierten Schritt beginnt die im eigentlichen Sinne theoriebezogene Abstraktion, indem die räumliche Verteilung der Spezies mit geologischen und klimatischen Umweltbedingungen korreliert wird, etwa dem Vorhandensein von natürlichen Barrieren wie Gebirgszügen oder unterschiedlichem Grad an Luftfeuchtigkeit. Dadurch werden die

Präparate zu empirischen Belegen für theoretische Einheiten der Ökologie, etwa von „Habitaten“.

Im fünften Schritt wird die Rekonstruktion der Entwicklung dieser theoretischen Einheiten schließlich genutzt, um die generelle ökologische Evolutionstheorie weiterzuentwickeln. In diesem Zusammenhang repräsentiert die Sammlung von Präparaten dann das (erst über lange Zeiträume hinweg beweisbare) Theorem, wonach die natürliche Selektion in erster Linie durch den Wandel der geografischen Gegebenheiten zu erklären ist⁴¹.

All diese Abstraktionsstufen bleiben systematisch auf die Sammlung der konkreten Präparate zurückbezogen, und zumindest Grinnell selbst war es offenbar möglich, zwischen den Modellen von Organismen zu den Modellen der Spezies, der Population, des Habitats sowie der evolutionsbiologischen Theoriebildung ganz zwanglos hin- und herzuwechseln, ohne den inneren Zusammenhang – die Identität der ‚einen Sache, um die es geht‘ – zu verlieren. Das ist ein sehr schönes Beispiel für die Skalierung, die in diesem Beispiel mehrere klar identifizierbare Stufen überspannt. Aus genau diesem Grund hat das Beispiel ja auch Eingang in den Originaltext (*Star & Griesemer* 1989) gefunden. Um ein Boundary Object handelt es sich bis zu diesem Punkt der Beschreibung selbstredend (noch) nicht, da ja nur *eine* Aktivität (oder eine „soziale Welt“) geschildert wird – eine besondere Form von Modellbildung für *eine* wissenschaftliche Spezialdisziplin. Darauf weist Griesemer selbst mehrfach hin, um sich dann seinem eigentlichen Anliegen zuzuwenden: dem Beleg, dass es sich bei den „remnant models“ um eine ebenso leistungsfähige wie erkenntnistheoretisch legitime Klasse von Modellen handelt wie bei mathematisch eindeutig formulierten Modellen:

„I consider work with physical models a substitute for work with complex and difficult to formulate statements about natural systems or

⁴¹ Grinnells Version einer Darwin spezifizierenden theoretischen Ökologie war so angelegt, dass geografische Faktoren die evolutionäre Dynamik von großen Einheiten (etwa Habitaten oder Arten) erklären sollten, die Interaktion zwischen den Organismen dagegen die Dynamik kleinerer Einheiten (etwa ökologischer Nischen). Da dieses theoretische Programm explizit am Anspruch einer „kausalen Erklärung“ von Dynamiken selbst auf den hohen Abstraktionsniveaus orientiert war, musste das Sammlungsprojekt aus theoretischen Gründen (und weniger aus Gründen empirischer Vollständigkeit) auf sehr lange Zeiträume (die seine eigene Lebensspanne weit überstiegen) und für die Beiträge von sehr vielen Personen angelegt werden.

difficult to articulate mathematical abstractions" (Griesemer 1990a, S. 12).⁴²

Aufgrund dieses erkenntnistheoretischen Anliegens hat Griesemer keinerlei Anlass, das Heterogenitätsproblem zu adressieren, und weil er auf Grinnells Rolle als theoretischer Ökologe fokussiert, funkt ihm Heterogenität auch nicht als empirische Irritation dazwischen. Er benennt allerdings einige der Anschlusspunkte für das Konzept der Boundary Objects (ebenda, S. 28f) aus dem Originaltext. Diese Anschlusspunkte ergeben sich dort, wo andere Gruppen von Akteuren die geordnete Sammlung von Präparaten für ganz andere als die von Grinnell vorgesehenen Zwecke genutzt und – das ist hier entscheidend – darauf ganz andere Züge von Abstraktionsschritten aufgebaut haben. Das können nicht nur andere wissenschaftliche Interpretationen im selben Spezialgebiet sein, die etwa Theorien über die Evolutionsdynamik von ökologischen Entitäten auf andere Weise zu belegen versuchen⁴³. Es können auch ganz andere biologische Teilgebiete sein, die die Sammlung der Präparate als ein „warehouse of specimen“ (ebenda, S. 28) nutzen; Griesemer selbst erwähnt morphologische Untersuchungen der Präparate, die für Grinnells Projekt gänzlich unerheblich waren und deshalb damit auch überhaupt nichts gemeinsam haben. Es kann sich aber auch um Zwecke jenseits der im engeren Sinn wissenschaftlichen Biologie handeln, und davon werden im Originaltext zwei genannt (die Grinnell in seiner Mehrfachrolle als Person ja ebenfalls verkörpert hat): Zum einen die Ziele der Naturkundler, die an der Erhaltung oder zumindest an der Dokumentation der einzigartigen Natur Kaliforniens

⁴² Dieses Anliegen verfolgt Griesemer mit zwei unterschiedlichen, bis zum einem gewissen Grad sogar gegenläufigen Argumentationsstrategien: Einerseits charakterisiert er Grinnells Vorgehensweise eher defensiv als „stellvertretende theoretische Modellierung“ (Griesemer 1990a, S. 30), die – als eine Art „Subtheorie“ – nur die Methodik und damit den Weg zur zukünftigen Vollendung einer hinreichenden Spezifikation der Theorie vorgibt: „Grinnell constructed a few exemplars of a class of models and built an institution which would teach successors how to do the same. Grinnell ‘specified’ his theory vicariously in the same way that a mathematician could specify a sequence of numbers by writing a few members of the sequence down and getting a student to see how to fill in the rest“ (ebenda, S. 31). Andererseits betont er, durchaus offensiv, die partielle Überlegenheit von materiell ‘geerdeten’ gegenüber rein mathematischen Modellen: „One may indirectly specify a class of models (or model-types) by directing others to do the work of assembling the structures. This seems odd if we focus on mathematical models, because we usually think of mathematical work as the work of individual thinkers (ebenda, S. 28).

⁴³ Leider kommt der interessanteste empirisch mögliche Fall in der historischen Rekonstruktion nicht vor: eine konkurrierende mathematische Modellierung, etwa ab der Abstraktionsebene der Habitate.

orientiert waren, und zum anderen die ‚Museumsprofis‘, die an einen übergreifenden Ansatz zur Ordnung der Sammlung, also kuratorischen Fragen, und eventuell auch zu deren Präsentation orientiert waren⁴⁴. Für all diese unterschiedlichen Gruppen repräsentieren die Präparate je eigene abstraktere Ideen: wissenschaftliche Theorien (die gleiche oder andere Versionen der Darwinschen Evolutionstheorie), Kalifornien als besonders bedrohtes und besonders schützenswertes „natürliches Erbe“, oder Designphilosophien für Museumssammlungen.

Wie diese Abstraktionszüge im Detail aussehen, das hat Griesemer aufgrund seiner genannten Schwerpunktsetzung nicht beschrieben. Seine wissenschaftshistorische Rekonstruktion des Falles ist aber dennoch für die Definition von Boundary Objects wichtig, und ebenso für den Versuch einer ersten Klärung ihrer Typik. Die empirische Rekonstruktion klärt die im Originaltext als Typus von Boundary Objects unklar gebliebenen „repositories“, am konkreten Fall das Magazin der Präparate. Es sind die geschilderten unterschiedlichen Abstraktionszüge, die an denselben Präparaten ansetzen und damit einen für alle Beteiligten erkennbaren geteilten Bezugspunkt setzen (eben die ‚eine Sache, um die es geht‘), und nicht die Logik der Anordnung dieser Präparate, wie das die Rede vom „repository“ und insbesondere die Analogie mit einer Bibliothek im Originaltext (*Star & Griesemer* 1989, S. 410) nahe legt. Eine „Modularisierung“ des Wissensbestandes, im Originaltext als Definitionskriterium genannt (ebenda), ist für die Herstellung und unterschiedliche Interpretation der Präparate, wenn der Begriff der Modularisierung hier überhaupt irgendeinen Sinn macht, zumindest kein wesentliches Merkmal für die koordinative Wirksamkeit dieser Objekte. Deshalb denke ich, dass es sich aus der Logik der Rekonstruktion des Originalfalles ergibt, anstelle des unklaren und eine Definition von Boundary Objects doch arg überdehnenden Typus der „repositories“ in direktem Anschluss an Griesemer die „materialisierten Modelle“ in die Typologie aufzunehmen.

Damit lässt sich eine Typik von Boundary Objects aus der Systematik des Originalfalles in zwei quasi spiegelverkehrte Typen differenzieren. Während die Gehirnatlanten und die Grenzlinie Kaliforniens einen abstrakten

⁴⁴ Vgl. zu einer aktuellen Fallbeschreibung von heterogenen Bedeutungen von Objekten bei der Konzeption eines Museums *Lee* 2007.

Zusammenhang auf einfache Weise darstellen, der dann von unterschiedlichen Akteursgruppen je unterschiedlich konkretisiert werden kann, ist es bei „materialisierten Modellen“ wie den Präparaten wie gesehen genau umgekehrt. Ein konkretes Ding, zum Beispiel ein – sorgsam und mit hohem Aufwand hergestelltes – Präparat wird zum allgemein erkennbaren Ausgangspunkt höchst unterschiedlicher abstrahierender Kontextualisierungen. Eine zweite Dimension ergibt sich daraus, dass manche Boundary Objects, offenbar auf Grund ihrer medialen Form, über mehrere Stufen (auf einem wie immer definierten Maßstab) skalierbar sind, während andere Boundary Objects sich gerade dadurch auszeichnen, dass sie nur die Kontur eines für alle Beteiligten erkennbaren Objektes festlegen, das aber inhaltlich gänzlich ‚leer‘ bleibt und ohne weitere Zwischenschritte höchst unterschiedlich ‚gefüllt‘ werden kann (wie der Umriss der Landkarte Kaliforniens).

Aus der Relationierung dieser beiden Dimensionen ergibt sich dann als eine Annäherung an eine am Originalfall orientierte Typik von Boundary Objects die folgende Einteilung:

		Richtung der Kontextualisierung	
		Spezifikation vom Abstrakten zum Konkreten	Abstraktion vom Konkreten zum Abstrakten
mehrere Skalierungsstufen	Idealtypen (z.B. Gehirnatlant)	Materialisierte Modelle (z.B. Präparate)	
zweistellige Skala	übereinstimmende Grenzziehung (z.B. Umriss der Karte Kaliforniens)	xx	

Abbildung 1 Typik von Boundary Objects auf der Grundlage der Originalaufsätze

Wenn dieser Systematisierungsversuch Sinn macht, dann ergibt sich – obwohl der Versuch eng am Originalfall bleibt – eine ganz andere Typik als im Originaltext beschrieben. Und diese Typik folgt, anders als im Originaltext, einer systematischen Begründung. Dabei ist natürlich augenfällig, dass ein Feld leer bleibt. Und ich kann nicht sehen, womit dieses Feld aus den beiden Originalarbeiten sinnvoll gefüllt werden könnte. Das ist nicht weiter bedenklich, denn solche Schemata sind ja nichts anderes als ein theoretisch angeleiteter Weg zur Ordnung von Fragen, und nicht in jedem empirischen Fall

kommen zwangsläufig alle systematisch möglichen Formen auch tatsächlich vor. Allerdings ist ein solches freies Feld ein attraktiver Kandidat für einen Suchfokus. Gefahndet wird hier nach einem konkreten Objekt, das nicht wie die Präparate zur „Plattform“ für Abstraktionen über mehrere Ebenen hinweg wird (wie bei Griesemer), sondern in ihrer kollektiven Nutzung eine Zwei-Ebenen-Logik aufweisen (wie der Umriss der Karte Kaliforniens). Ich werde weiter unten argumentieren, dass in der Vielzahl organisationssoziologisch beschriebener Fallstudien etwas zumindest sehr ähnliches – als „tangible objects“ (Bechky 2003) – beschrieben wird, auch wenn die Autorin selbst das nicht sieht.

2.3 Die Rezeption und Anwendung der Idee

Das Konzept der Boundary Objects hat in den letzten Jahren eine veritable Konjunktur erfahren, allerdings nicht in seinen beiden Herkunftskontexten, der Interaktionistischen Tradition der Soziologie und den Science and Technology Studies. Da es dort ein Solitär geblieben ist, liegen hier Versuche eines Abgleichs der ersten Formulierung der Grundidee mit weiteren empirischen Fällen oder ein aus sozialtheoretischen Gründen motivierter Versuch einer konzeptionellen Schärfung schlicht nicht vor. Dagegen ist das Konzept in ganz anderen Teildisziplinen breit angewendet worden, vor allem in der Organisationssoziologie und in den interdisziplinären – und transdisziplinär orientierten – Feldern des Computer Supported Cooperative Work (CSCW) und der Human-Computer Interaction (HCI). Wenn man nun Konzepttransfer, also die Übertragung einer aussichtsreichen konzeptionellen Idee in einen anderen Forschungskontext mit einer anderen Fragestellung, nicht von vornherein für Teufelszeug hält, dann macht es sicherlich Sinn, diesen ‚fremden‘ Verwendungsweisen des Konzeptes zumindest auch nachzugehen. Bei diesen ‚fremden‘ Verwendungsweisen ist allerdings in verschiedenen Abstufungen unklar, inwieweit sie überhaupt noch dieselbe Kernidee verfolgen.

Auch die wenigen Überblicke zum Konzept helfen hier nicht weiter. So haben etwa *Trompette & Vinck* 2009 in ihrer groß angelegten Übersicht über die Entwicklung und den Einfluss des Konzeptes nicht nur dessen Herkunft nachgezeichnet, sondern auch eine auf den ersten Blick beeindruckende Liste von Fallstudien in verschiedensten Fachgebieten zusammengetragen, die von

diesem Konzept „inspiriert“ sind („engage in the notion of boundary object“, ebenda, S. g). Allerdings müssen sie dann folgendes konstatieren:

„Sometimes moving away from what the notion means from the implicit standardisation point of view, [the authors] have used it as a translation vehicle between heterogeneous worlds. In the end, the notion describes any interface mechanism between knowledge or actors. It seems to have lost its original analytical momentum“ (ebenda, S. k).

Nach welchem Kriterium die Grenze zwischen einer „Inspiration“ durch das Konzept und einer analytisch fragwürdigen Anrufung des bloßen Begriffes gezogen werden kann, dazu sagen die Autoren dann allerdings nichts weiter.

2.3.1 Die Übernahme des Konzeptes in den Science and Technology Studies

In den STS, neben dem symbolischen Interaktionismus der zweite Herkunftskontext des Konzeptes, wurde der Originaltext oft zitiert, wenn in empirischen Einzelfällen eine Konstellation zutage trat, bei der die beteiligten Akteure zwar kooperieren müssen, um ihre Ziele zu erreichen, die Differenz der Interessen, Sichtweisen und Sprachen aber offensichtlich aufrechterhalten blieb – also die dauerhafte Heterogenität der Akteurkonstellation ins Auge stach bzw. empirisch irritierte. Es gibt jedoch keine einzige Studie, in der die Kernidee der Boundary Objects systematisch angewendet, geschweige denn weiterentwickelt wurde. Jenseits der bereits genannten Studien aus der interaktionistischen Tradition gibt es in den Kernjournalen der STS – den „Social Studies of Science“ und „Science, Technology and Human Values“ – nur einen einzigen Aufsatz, der die Boundary Objects im Titel führt, und der wendet das Konzept einfach nicht an. *Sundberg* 2007 bestimmt zwar die Leistung der Boundary Objects als „translation without coercion“ (ebenda, S. 483), aber was das bedeuten soll wird nicht weiter ausgeführt, es taucht nur als eine unter vielen Leistungen dieser Objekte auf – und der gesamte Fall handelt ganz offensichtlich von Nötigung und Zwang, also „coercion“⁴⁵.

⁴⁵ In der Einzelfallstudie von *Sundberg* 2007 geht es darum, wie der Trend zur Klimasimulation, nicht zuletzt in Hinsicht auf die Forschungsförderung, die empirisch orientierte Meteorologie nachgerade nötigt, sich mit der Welt der Klimamodellierer zu arrangieren. Das geschieht durch Parametrisierungen, die empirische Daten in vereinfachte physikalische Modelle 'pressen', was den Meteorologen naturgemäß nicht gefallen kann. Durch Parametrisierung können diese

Goodwins Beispiel der Ethnografie einer kooperativen Meeresuntersuchung

Zur Illustration der Verwendung des Konzeptes bei der Interpretation von Einzelfällen in den STS sei ein typisches Beispiel herausgegriffen. In einer sicherlich interessanten und für die Heterogenitätsproblematik ohne Frage einschlägigen Einzelfallstudie ist Charles Goodwin der Frage nachgegangen, wie es gelingt, einen bestimmten Teil des Meeres in einer interdisziplinären Expedition zu erforschen, obwohl die an Bord eines entsprechend ausgerüsteten Schiffes vertretenen Disziplinen – Ozeanografie, physikalische Chemie, Biologie – höchst unterschiedliche Erkenntnisinteressen verfolgen und ebenso unterschiedliche Verfahren der Datenerhebung und Datenauswertung verwenden (Goodwin 1995). Es ist Goodwins zentrales Anliegen zu zeigen, dass es sich in allen Stadien dieser Expedition um „distributed cognition“ (Hutchins 1990, 1996) handelt – der kooperative „course of action“ (Goodwin 1995, S. 265) wird aus dieser Sichtweise gleichermaßen von theoretischen Annahmen, medialen Repräsentationen, der vorgegebenen arbeitsteiligen Positionierung der Akteure, Instrumenten für Probenentnahme und Datenaufzeichnung sowie von sozial vorstrukturierten physischen Räumen bestimmt.

Goodwins Interpretation seines ethnografischen Beobachtungsmaterials lässt sich in eine Aufeinanderfolge mehrerer Stadien zusammenfassen. Das erste Stadium ist die Planung der Expedition und dabei besonders der Auswahl der einzelnen Orte, an denen Proben entnommen werden sollen. Obwohl dafür

Daten dann entweder direkt in die Simulation eingehen oder jene zumindest um weitere berechenbare Prozesse ergänzt werden. Parametrisierungen sind laut Sundberg nun zwar Fokus eines veritablen Deutungskampfes, erstaunlicherweise zugleich aber auch Boundary Objects. Letzteren werden, wenn man die konzeptionellen Aussagen im Text systematisiert, vier verschiedene Leistungen zugeschrieben: Sie ermöglichen erstens "multiple Übersetzungen" zwischen allen Akteuren (ebenda, S. 484), sie werden zweitens zu den zentralen Knoten eines „Netzwerkes“, das alle Beteiligten aufbauen (ebenda, S. 483), sie konstituieren drittens konkrete Kontaktpunkte (ebenda, S. 483) und somit Kooperationsgelegenheiten (ebenda, S. 474). Und die genannte Leistung kommt erst als vierte ins Spiel, worunter wohl eine Art Abfederung des konflikthaften Charakters des Aushandlungsprozesses zu verstehen ist – jedenfalls würde ich die folgende Passage so verstehen: Die Argumentationsstrategie der Modellierer gegenüber den Förderagenturen ist "part of the process of interesement, through which modellers seek to lock experimental research into the proposed role by defining what such research should be like if it is to be defined as climate research (...). Interesement is facilitated by boundary objects, through which researchers accomplish translation without coercion" (ebenda, S. 483). Wie diese sehr unterschiedlichen Leistungen von einer einzigen Sorte von Objekten geleistet werden können, darüber erfahren wir bedauerlicherweise gar nichts. Deshalb ist wohl müßig zu betonen, dass die Grundidee des Konzeptes der Boundary Objects in diesem Aufsatz mit keinem Wort erwähnt wird.

nicht nur detaillierte geografische, sondern auch stark idealisierte Karten verwendet werden, wird diese Auswahl als das Ergebnis eines rein politischen Aushandlungsprozesses interpretiert (ebenda, S. 241f). Nach dem Ende der Expedition werden diese idealisierten Karten allerdings genutzt, um die Messungen an unterschiedlichen Orten aufeinander zu beziehen – sie zu „koordinieren“ – und deswegen werden, für das Stadium der Datenauswertung, ebendiese Karten als Boundary Objects bezeichnet (ebenda, S. 245). Im zweiten Stadium sind die Beteiligten dann an einem dieser konkreten Orte auf dem Meer, und dieser Ort (genauer gesagt: die Wassersäule unter dem Schiff) wird nun als ein weiteres Boundary Object bezeichnet, da die beteiligten Wissenschaftler „das Meer“ höchst unterschiedlich theoretisch fassen und entsprechen unterschiedliche Stoffe als Proben und unterschiedliche Daten entnehmen wollen, aber trotzdem lokal bei der Steuerung der Messinstrumente kooperieren müssen und langfristig zu einem interdisziplinären Verständnis von Meeresphänomenen beitragen (ebenda, S. 247). Nach der Bestimmung der Wassersäule unter dem Schiff liegt das dritte Stadium, die Probenentnahme mit einem eigens für diesen Zweck entwickelten Instrument, das so beschaffen sein muss, dass in einem einzigen Erhebungsakt einschlägige Daten für alle beteiligten Disziplinen generiert werden können (S. 249ff). Goodwin verweist nun darauf, dass das Design eines solchen Sensorenbündels das Ergebnis eines langjährigen Abstimmungsprozesses unterschiedlicher Expertisen ist – ob es allgemeine Prinzipien für diese „Tradition“ des Designs von Erhebungsinstrumenten gibt, darüber erfahren wir aber nichts. Und als viertes Stadium wird schließlich die lokale Erstauswertung der Daten beschrieben, die an Bord von interdisziplinär zusammengesetzten Teams geleistet wird, und dafür sind, wie überzeugend gezeigt wird, entsprechend gestaltete Interfaces zentral. Die Fenster auf den Computerbildschirmen sind so angeordnet, dass Akteure aus allen beteiligten Disziplinen das erkennen können, was sie jeweils interessiert, und sich zugleich situativ austauschen können (ebenda, S. 251ff). Auch für die Gestaltung solcher Interfaces könnte es allgemeine Gestaltungsrichtlinien geben, aber auch darüber erfahren wir nichts.

Die Verwendung des Konzeptes der Boundary Objects in dieser Fallstudie ist deshalb typisch für die STS, weil ganz offensichtlich an allen beschriebenen Stationen der Expedition praktische (und allesamt auch irgendwie

objektbezogene) Lösungen für die Heterogenitätsproblematik (alle Beteiligten definieren „das Meer“ unterschiedlich) gefunden worden sind, was ja auch beschrieben wird. Da die Kernidee des Konzeptes bei dieser Beschreibung aber schlicht keine Rolle spielt, kann aber überhaupt nicht entschieden werden, warum manche diese genannten praktischen Lösungen als Boundary Object gefasst werden und andere nicht⁴⁶. Es könnte genauso gut so sein, dass in allen Stadien unterschiedliche Typen von Boundary Objects verwendet werden, das klingt auf den ersten Blick mindestens genauso plausibel. Und genau das ist typisch für die Verwendung des Konzeptes in den Einzelfallbeschreibungen der STS: Dieser konzeptionellen Frage wird über die Einzelfallbeschreibung hinaus einfach nicht nachgegangen.

2.3.2 *Das Konzept in anderen Forschungskontexten*

Während das Konzept der Boundary Objects in seinen Herkunftskontexten im skizzierten Sinne ein Solitär geblieben ist, hat es in einem sehr breiten Spektrum von ganz anderen wissenschaftlichen Gebieten eine veritable Mode erlebt⁴⁷. So taucht das Konzept seit einiger Zeit häufig in Managementstudien und praxisorientierter Organisationsberatungsliteratur auf, meist versetzt mit Aktor-Netzwerk-Vokabular. Dabei wird das Konzept verwendet, um die Ergebnisse von empirischen Einzelfallstudien konzeptionell zu rahmen. Diese Studien zeigen (so zumindest die Übersicht bei *Spee & Jarzabkowski* 2009), dass Werkzeuge der strategischen Planung und Wissensintegration nicht einfach der neutralen oder „instrumentellen“ Optimierung von Prozessen dienen, sondern unterschiedliche Interpretationen der zu optimierenden Situation wie der Managementwerkzeuge selbst zutage treten lassen und auch (nicht zuletzt machtförmige) Aushandlungsprozesse in Gang setzen. Ich will auch hier nur ein typisches Beispiel kurz zusammenfassen. *Briers & Chua* (2001) rekonstruieren das langwierige Ringen um die Einführung einer neuen Accounting Software, die auf einem Modell der quantitativen Leistungserfassung beruht, in einer großen transnationalen Firma. Die Phasen

⁴⁶ Auch die naheliegende konzeptionelle Frage, wie sich die Boundary Objects zur allgemeinen Interpretationsfolie des Aufsatzes – der „Distributed Cognition“ – verhält, wird mit keinem Wort erwähnt, obwohl es – neben Einschüssen aus Aktor-Netzwerk-Theorie und Workplace Studies – die beiden zentralen konzeptionellen Interpretationsraster des Aufsatzes sind.

⁴⁷ Sage, der Verlag der „Social Studies of Science“, bietet einen Alarm an, wann immer ein bestimmter Aufsatz in irgendeinem Journal des Verlages referenziert wird. Der Originalaufsatz zu den Boundary Objects wird seit einigen Jahren alle paar Tage referenziert.

dieses Einführungsprozesses werden sehr detailliert als harte interessegeleitete Verhandlungen beschrieben (gefasst als „*trials of strength*“ im Sinne von *Latour* 1987), in denen die standardisierenden Artefakte nicht als ein neutrales Berechnungswerkzeug auftauchen, sondern nachgerade als ‚Waffe‘ eingesetzt werden. Zugleich wird diese Accounting Software aber auch als eine Ansammlung von mindestens fünfzehn verschiedenen Boundary Objects vorgestellt, die im Aushandlungsprozess die Rolle von „Mediatoren“ spielen (*Briers & Chua* 2001, S. 242). Und die Fallbeschreibung wird genutzt, um zusätzlich einen bislang nicht beschriebenen Typus von Boundary Objects einzuführen – „*Visionary Objects*“, die bei verschiedenen Akteurgruppen „ähnliche emotionale und affektive Reaktionen hervorrufen“, deshalb eine „heilige Qualität“ besitzen und „schwer bestreitbar“ sind (ebenda). In diesem empirischen Fall ist damit der allgemeine „Glaube“ von allen Managern an die Idee der „Effizienz“ gemeint, die in unterschiedlichen Abteilungen (oder in unterschiedlichen Schulen) dann im Detail höchst unterschiedlich verstanden und, das scheint mir hier entscheidend, höchst unterschiedlich berechnet wird. Letzteres klingt nun konzeptionell durchaus interessant, denn es ist nicht unplausibel, dass die Idee der Effizienz (oder die Idee der quantitativen Berechenbarkeit von Effizienz, oder Artefakte, die eine Berechnung dieser Effizienz versprechen) ein Typus des doppelten Bezuges auf ein Objekt im Sinne der Grundidee der Boundary Objects sein könnten. Dieser Gedanken spielt allerdings bei der Beschreibung des empirischen Falles buchstäblich keine Rolle, sondern wird nachträglich gleichsam ‚angeklebt‘. Und auch der nahe liegenden konzeptionellen Frage, wie sich die ‚harte‘ Verhandlung zur ‚weichen‘ (eventuell auf „heiligen“ Prinzipien basierenden) Mediation verhält, wird in dieser Literatur einfach nicht weiter nachgegangen.

Neben der breiten Streuung des Konzeptes in verschiedensten Forschungsfeldern gibt es eine systematischere Verwendung in drei Wissenschaftsbereichen, wenn als Kriterien für „systematisch“ nicht nur der Bezug auf den Originalaufsatz, sondern erstens eine wechselseitige Referenzierung der Einzelstudien und zweitens eine explizite Diskussion der Relevanz des Konzeptes für Kernfragen der jeweiligen Fachgebiete angelegt wird – dann handelt es sich in einem anspruchsvollen Sinne um einen Konzepttransfer aus dem Ursprungskontext. Das ist sowohl für die Organisationssoziologie wie auch für die interdisziplinären

Forschungsrichtungen der Human-Computer-Interaction und des Computer Supported Cooperative Work der Fall.

2.3.3 *Boundary Objects in der Organisationssoziologie*

In der Organisationssoziologie (oder den Organization Studies) ist seit etwa dem Jahr 2000 ein in sich geschlossener Literaturkorpus zum Konzept der Boundary Objects entstanden, wobei die Zahl der einschlägigen Publikationen gegenüber der Zahl an Publikationen in den Ursprungskontexten um etwa den Faktor zehn größer ist (Zeiss & Groenewegen 2009, S. 84ff).⁴⁸ Innerhalb dieses Literaturkorpus ist auffällig, dass das Konzept in Untersuchungen zu organisationalen Formen, die Heterogenitätsprobleme vermuten lassen – etwa große Interorganisationsnetzwerke oder auf den ersten Blick schwach strukturierte regionale Cluster (Grabher 2001) – nur sehr selten und eher nebenbei zur Anwendung kommt. In einer Studie zu „grenzüberschreitender Koordination“ in „postbürokratischen Organisationen“ (Kellogg et. al. 2006, S. 42) wird sogar das Argument entwickelt, dass Boundary Objects ‚zu langsam‘ und zu statisch sind, um für die sich schnell verändernden Bedingungen und nur temporären Vereinbarungen in solchen Organisationen ein geeignetes Koordinationsinstrument zu sein (das Beispiel ist selbstredend eine Internetfirma).

Dagegen wird das Konzept im oben genannten Sinne systematisch in einer Vielzahl von Einzelfallstudien verwendet⁴⁹, die sich mit Problemen der „cross-functional integration“ (Bechky 2003, S. 312) befassen, d.h. ‚klassisch‘ arbeitsteiligen Produktions- oder Entwicklungsprozessen in einer Organisation, bei denen das Gesamtziel und die Rolle aller Beteiligten klar definiert sind und die Akteurskonstellation über einen längeren Zeitraum konstant bleibt. Dennoch werden die Kooperationsbeziehungen durchaus eindrücklich so beschrieben, dass sie überhaupt nicht funktionieren, was in all diesen Studien

⁴⁸ Selbst wenn man eine gewisse Skepsis gegenüber bibliometrischen Verfahren der Auswertung von Primär- und Sekundärzitationen wie bei Zeiss & Groenewegen 2009, S. 84ff hat; und die Gegenüberstellung von „Organization and Management Studies“ und „History and Philosophy of Science“ (was die STS mit umfasst) etwas arg pauschal findet, bleibt die rein quantitative Differenz der bei der Verwendung des Konzeptes dennoch erstaunlich.

⁴⁹ Diejenigen dieser Studien, die am häufigsten zitiert werden, liegen schon von Publikationsort her ohne Zweifel im Kernbereich der Organisationssoziologie. Viele Studien sind in den Kernzeitschriften wie „Organization Studies“, „Organization Science“ und „Organization“ veröffentlicht.

als das empirische Indiz für eine grundlegende Wissensproblematik gefasst wird. Gelingende innerorganisationale Kooperation setzt demzufolge ein hinreichend geteiltes Wissen – oder zumindest hinreichenden Wissenstransfer – voraus, und beides ist in der Praxis schwer zu erreichen. Das liegt, diesen Studien zufolge, daran, dass das relevante Wissen in „Communities of Practice“ erlernt, tradiert und auch weiterentwickelt wird, und dieses praktische Wissen ist, wie es in dieser Forschungsrichtung heißt, „sticky“ (also „klebrig“, vgl. etwa *Brown & Duguid* 2001), d.h. implizit und an praktisch erlernte Verrichtungen gebunden, nicht zuletzt an die ‚richtige‘ Benutzung von Artefakten oder Verfahren. Deshalb „klebt“ das Wissen an den „Communities of Practice“ und tendiert dazu, nur in jenen gespeichert und weiterentwickelt zu werden, was eine Dynamik der Überspezialisierung oder „Balkanisierung“ (ebenda, S. 200) in Organisationen wahrscheinlich macht. Da nur Insider verstehen können, ‚um was es gerade geht‘ und ‚wie man das macht‘, ist es sehr schwierig bis unmöglich, dieses praktische Wissen in formale Regularien zu gießen oder in für andere Akteurgruppen auch nur verstehbarer Weise zu explizieren, schon weil die Art der Verständigung selbst in den jeweiligen „Communities of Practice“ sehr unterschiedlich ist.

Diese Studien sind allesamt Interpretationen von in Einzelfällen ethnografisch erhobenen Beobachtungen, und die Mikrobeschreibung der Kooperationsprobleme ist durchaus eindrücklich – die beteiligten Akteurgruppen verstehen wechselseitig nicht, ‚um was es gerade geht‘ und ‚wie man das macht‘, und stimmen selbstredend auch nicht darin überein, ob es gerade ein relevantes Kooperationsproblem gibt oder nicht. Als Boundary Objects werden in allen diesen Studien nun einfach all jene Objekte bezeichnet, die zur Problemlösung eingesetzt werden und damit zu einer zumindest partiellen Überwindung von „Wissensgrenzen“ (*Carlile* 2002, S. 452) beitragen. Und als „Objekte“ werden umstandslos Artefakte bezeichnet⁵⁰:

⁵⁰ Diese extreme Ausweitung der Reichweite des Objekt-Begriffes lässt sich wohl nicht zuletzt darauf zurückführen, dass die breit angelegte (und auf eine fast schon populärwissenschaftliche Weise systematische) Einführung des Terminus „Communities of Practice“ bei *Wenger* 1998, die eine Art Zwischenglied zwischen dem Originaltext und den hier geschilderten organisationssoziologischen Studien darstellt, als Boundary Objects alle „Inskriptionen“ fasst, die zwischen Communities of Practice situiert sind – und zwischen jenen gibt es sonst nur noch „brokers“ (ebenda, S. 108), also Einzelakteure, die in mehreren Kontext trainiert und ‚zu Hause‘ sind. „Inskriptionen“ sind dabei alle materialen oder medialen Formen, die Ideen oder

„‘Objects’ refer to the collection of artefacts that individuals work with – the numbers, blueprints, faxes, parts, tools, and machines that individuals create, measure, or manipulate“ (Carlile 2002, S. 446).

Die beschriebenen Artefakte sind Designzeichnungen (Carlile 2002, 2004), realisierte Prototypen (Bechky 2003), Projektmanagementwerkzeuge (Sapsed & Salter 2004), Zeitmanagementsoftware (Yakura 2002) oder Simulationswerkzeuge (Dodgson et. al. 2007), um einige Beispiele aus viel zitierten Studien zu nennen. Zu der Frage, warum gerade diese Artefakte zu der erstaunlichen Leistung in der Lage sind, die fundamentalen Differenzen zwischen verschiedenen Communities of Practice zu überbrücken, gibt es dann aber keinerlei Erklärungsangebote (mit einer Ausnahme, auf die ich gleich kurz eingehen werde). Das liegt sicherlich auch daran, dass die Kernidee des Originalkonzeptes in diesen Studien einfach nicht angewendet, zumeist nicht einmal erwähnt wird. Dagegen wird durchgängig behauptet, dass die Überbrückung der Differenzen zwischen verschiedenen praktischen Wissensbeständen nur durch eine Verringerung dieser Differenzen erreichbar ist. Die in diesen Studien entwickelte konzeptionelle Figur lässt sich so zusammenfassen: Der Einsatz eines geeigneten Objektes ‚triggert‘ Verständigungsprozesse, womit natürlichsprachliche Diskussionen gemeint sind, und die wiederum führen zur Ausbildung eines – natürlichsprachlich hergestellten – gemeinsamen Verständnisses des vorliegenden Koordinationsproblems.

Carliles konzeptioneller Vorschlag einer Unterscheidung von syntaktischen, semantischen und pragmatischen Boundary Objects

Diese konzeptionelle Figur wird in dem einzigen Aufsatz aus diesem Literaturkorpus, der ausdrücklich ein konzeptionelles Angebot macht, entfaltet. Carlile 2002 hat (als ein „integratives Framework“) vorgeschlagen, drei aufeinander aufbauende Typen von „Wissensgrenzen“ zu unterscheiden (eine syntaktische, eine semantische und eine pragmatische), und diese Unterscheidung dann sowohl mit drei Typen wissensbezogener Interaktion zwischen Angehörigen unterschiedlicher „Communities of Practice“ („transferring, translating, transforming“; ebenda, S. 451ff) als auch mit drei

Wissensbeständen eine gewisse „thingness“, also eine materiale oder mediale Form verleihen (ebenda, S. 58f).

entsprechenden Typen von Boundary Objects parallel zu führen. Dieser Vorschlag sieht zusammengefasst wie folgt aus:

- Boundary Objects an einer syntaktischen Grenze stellen eine gemeinsame Sprache (ein gemeinsames Vokabular oder Lexikon) bereit, mit dem das jeweilige Wissen anschlussfähig repräsentiert und transferiert werden kann.
- Boundary Objects an einer semantischen Grenze sind "konkrete Mittel" (ebenda, S. 452), um die Interpretation des eigenen Beitrages in einem Verständigungsprozess zu spezifizieren, und so nicht nur Interpretationsdifferenzen zu überwinden, sondern auch durch wechselseitige Übersetzung zu „lernen“ (ebenda), dass und wie andere Akteurguppen mit ihrem spezifischen Beitrag zur Erreichung des kollektiven Ziels beitragen.
- Boundary Objects an einer pragmatischen Grenze dienen der „kollektiven Veränderung des Wissens“ (ebenda), womit die Veränderung der Definition des gemeinsamen Zieles, oder jedenfalls der Mittel, um dieses Ziel zu erreichen, gemeint ist.

Mit diesem Vorschlag wird ersichtlich versucht, recht unterschiedliche Themen in einem einzigen Dreierschema unterzubringen. Und der Vorschlag wirkt zumindest dann recht eigentümlich, wenn der empirische Fall, aus dem der Vorschlag durch Abstraktion entwickelt wurde, mit berücksichtigt wird. Der Fall stellt sich in aller Kürze so dar: In arbeitsteiliger Produktentwicklung sollte in einer großen Firma eine neuartige und hochkomplizierte Pumpe für die Automobilindustrie entwickelt werden, bei großen finanziellen Einsatz und unter hohem zeitlichem Druck. Ein Fertigungstechniker (der ‚Held‘ der Geschichte) schlägt ein neuartiges, modularisiertes Design vor, aber niemand kann von diesem Vorschlag überzeugt werden. Dann ereignet sich die Kernepisode, auf der die ganze konzeptionelle Interpretation basiert: Es wird eine neue 3D-Designsoftware eingeführt, und anhand dieser Repräsentationsform können die verschiedenen beteiligten Abteilungen zum ersten Mal im Wortsinn ‚unmittelbar sehen‘, wie ihr je eigener Beitrag zum neuartigen Design konkret aussehen würde. Und an dieser Zeichnung (das ist hier das Boundary Object) beginnt eine „engagierte Diskussion über die Vorteile und Nachteile des veränderten Designs“ (ebenda, S. 450), d.h. die

Beteiligten markieren und verschieben grafische Elemente. Es kommt im Angesicht der Zeichnung zur Einigung, und die Innovation setzt sich durch.

An dieser Episode wird sehr gut deutlich, was Carlile unter der Überwindung einer „syntaktischen Grenze“ versteht. Die Beteiligten haben durch Benutzung eines geeigneten grafischen Vokabulars erfolgreich kommuniziert, also durch die kollektive Anordnung von Signifikanten, obwohl jene für die Akteure eine höchst unterschiedliche Semantik (und Pragmatik) konnotieren⁵¹. Damit konnte die Verwendung rein grafischer Signifikanten ein Ergebnis erzielt werden, das natürlichsprachlich offenbar nicht erreichbar war. Es bleibt dagegen unklar, warum in dieser Episode die semantische Ebene in der von Carlile eingeführten Weise eine Rolle spielen soll. Weder in der geschilderten Interaktionsepisode noch in den anderen empirischen Schilderungen lässt sich auch nur ein Hinweis darauf finden, dass den beteiligten Akteuren ihre Interpretationsdifferenzen bewusst werden und sie dann ein gemeinsames Verständnis entwickeln. Sicherlich, die Situation würde eine Gelegenheit dafür bieten – aber warum sollten sich die Beteiligten auf eine Verhandlung und Klärung von Interpretationsdifferenzen überhaupt einlassen, wenn die Demonstration an der 3-D-Darstellung vollkommen ausreichend ist, um das konkrete Problem zu lösen? Ebenso unklar bleibt die pragmatische Ebene, die „kollektive Veränderung des Wissens“. Es ist viel plausibler, die Episode so zu lesen, dass die Wissensbestände und Beiträge der Beteiligten auf eine Weise aneinander angeschlossen wurden, die eben keine Reinterpretation ihres je eigenen Verständnisses oder eine Verhandlung des Gesamtzieles verlangt.

Vielleicht sind die Unklarheiten dieses konzeptionellen Vorschlages der Grund, weshalb die von Carlile vorgeschlagene Dreiteilung des Boundary Objects-Ansatzes in der organisationssoziologischen Literatur zwar häufig als sinnvolle Unterscheidung zitiert, aber von buchstäblich niemandem systematisch als konzeptionelle Interpretationsfolie für empirische Studien oder gar für weiterführende Konzeptbildung verwendet worden ist – auch nicht vom Autor selbst in einer unmittelbaren Nachfolgestudie, in der er die

⁵¹ Hier scheint mir die Stärke dieser Studien zu liegen: Sie beschreiben empirisch, wie unterschiedlich das Verständnis derselben Artefakten, etwa derselben Designzeichnung, sein kann: “For the design engineer, the assembly drawing represented critical tolerances and functional specifications. For the manufacturing engineer, the assembly drawing provided a more three-dimensional representation of the orientation of parts and critical issues for assembly and testing” (Carlile 2002, S. 451).

Erklärungsreichweite des Konzeptes ausdrücklich auf die syntaktische Funktion einschränkt (Carlile 2004). Auf diese Einschränkung der Erklärungsreichweite des Konzeptes in der organisationssoziologischen Literatur komme ich gleich zurück. Zuvor möchte ich noch zwei organisationssoziologische Studien kurz zusammenfassen, die zwar nicht im Sinne einer systematischen Bezugnahme, aber in Gang und Duktus der Argumentation ähnlich gelagert sind – und sicherlich sehr interessante Einzelfälle schildern.

Bechkys „Tangible Definitions“

Die erste dieser Studien (Bechky 2003) beschäftigt sich mit einer gerätevermittelten Lösung von Problemen arbeitsteiliger Produktionsprozesse, in einer Ausgangssituation, die der von Carlile 2002 geschilderten Situation sehr ähnlich ist. In der Fallbeschreibung wird die zunächst scheiternde Zusammenarbeit von „Engineers“ (Designern, die konzeptionelle Zeichnungen eines komplexen Produktes erstellen), „Technicians“ (die erste, nur für den Entwicklungsprozess verwendete Prototypen in Hardware realisieren) und „Assemblers“ (Montagetechnikern, die das letztendliche Produkt zusammenbauen) beschrieben. Wie bei Carlile zeigt die Mikroanalyse sehr schön, wie massiv Heterogenitätsprobleme selbst bei einer klar definierten Aufgabenstellung sein können, und wie sehr sich entsprechende Missverständnisse – auch bei gutem Willen auf allen Seiten – als „Unterbrechungen des Workflows“ (ebenda, S. 321) auswirken können.

Das konkrete Kooperationsproblem wird wie folgt dargestellt: Im formal wohlorganisierten Entwicklungsprozess entwerfen die Designer detaillierte Zeichnungen des Produktes und geben sie anschließend an die Montagetechniker weiter, woraufhin jene den Einwand erheben, dass das Produkt nach den Vorgaben gar nicht zusammenzubauen sei, jedenfalls nicht sinnvoll, da etwa Beschädigungen im Herstellungsprozess nicht zu vermeiden seien. Es folgt eine verbale Diskussion, die häufig in wechselseitiges Miss- oder Unverständnis mündet. Das liegt, so Bechkys Analyse, daran, dass nicht nur unterschiedliche Verständnisse der gleichen Sache vorliegen, sondern auch unterschiedliche „Sprachen“ gesprochen werden. Die Designer haben ein konzeptionell-schematisches Verständnis des Produktes, sind an „Form, Passung und Funktion“ (ebenda, S. 318) von Einzelteilen im Gesamtgerät und

nicht zuletzt auch ästhetischen Erwägungen orientiert. Und sie sprechen die „engineering drawing language“:

„[They] used drawings as their primary means of communication, often pulling documents out in the course of conversation, and they spoke the language of engineering documentation fluidly“ (ebenda, S. 318).

Die Montagetechniker dagegen haben ein „raum-zeitliches, prozessorales Verständnis“ (ebenda, S. 321), d.h. sie pflegen ein praktisches Wissen darüber, wie Einzelteile und Komponentengruppen problemfrei anzuordnen und insbesondere in welcher Reihenfolge sie nacheinander eingebaut werden müssen. Sie sprechen „the language of the physical machine“ (ebenda, S. 319f), die im Wesentlichen aus zeigenden Gesten besteht (und zwar auch dann, das ist eine schöne Beobachtung, wenn gar kein Gerät in der Nähe ist) und mit einem Minimum an gesprochenen Worten auskommt. Und wenn sie doch einmal natürlichsprachlich kommunizieren, dann handelt es sich vorwiegend um deiktische Wendungen wie „Das da!“ oder „Das Teil links hinten!“⁵².

An einer Reihe von empirisch beobachteten Einzelepisoden wird dann die typische Lösung für das dem Kooperationsproblem zugrunde liegende Sprachproblem geschildert: Die Montagetechniker holen die Designer aus ihren perfekt geordneten Büros und bringen sie in einen Raum mit einem Prototypen, um ihnen an diesem physisch realisierten Exemplar zu zeigen, worin das konkrete Problem besteht. Das erfolgt durch gestische ‚Argumente‘ wie etwa: „Man sieht doch, dass die Anordnung dieses Bauteils an dieser Stelle zu Beschädigungen anderer Teile führt!“, oder: „Dieses Bauteil lässt sich nicht an dieser Stelle einbauen, denn nach der üblichen Abfolge der Arbeitsschritte kommen wir dann an diese Stelle überhaupt nicht mehr dran!“ Diese gestisch-zeigende Lösung wird von Bechky als „Tangible Definition“ bezeichnet:

⁵² Es wird bei Bechky nicht ganz klar, was die Rede von unterschiedlichen ‚Sprachen‘ bedeutet. Es kann entweder gemeint sein, dass die von technischen Hilfsmitteln (CAD-Programme, Prototypen) geprägten Praktiken massiv auf die in natürlichsprachlicher Rede formulierten Aushandlungsprozesse ‚abfärbt‘, die Begriffe und Wendung also dominiert („engineers talk echoed the precise, standardized language of the drawings“, ebenda, S. 318). Oder es kann gemeint sein, dass Kommunikation bzw. Verständigung im Kern nicht natürlichsprachlich geschieht, sondern in anderen Medien: in der visuellen Sprache der Zeichnungen oder im Medium des Zeigens am Gerät. Auch wenn diese Frage bei Bechkey nicht vertieft wird, so legt die Darstellung des empirischen Falles die zweite Alternative doch sehr nahe. Der Ansatz der Kommunikation im Medium visueller Darstellungen wird in Kapitel 3.3 aufgegriffen.

„a physical touchstone, a demonstration that served as a basis for linking different contexts together ... [It] allowed people to ground their divergent understandings in the physical world – essentially providing a concrete hook on which to hang their conceptual interpretations“ (ebenda, S. 325).

Wesentlich für diese Praktik der Demonstration ist das Vorhandensein eines Artefaktes, das so aufgebaut ist, dass das händische Zeigen der problematischen Stellen auch materiell möglich ist⁵³. Dann kann die nonverbale Kommunikation genutzt werden, um die Sprachdifferenzen zwischen den beteiligten Akteursgruppen zu überbrücken und somit, so Bechky, nicht nur eine punktuelle Auflösung von Verständigungsblockaden, sondern auch langfristig eine erfolgreiche Kooperation zu befördern. Die Designer lernen aus solchen praktischen Interaktionsepisoden etwas darüber, welche Probleme ihre grafischen Entwürfe den Montagetechnikern – also denjenigen, die den Bau letztendlich realisieren müssen – bereiten, und berücksichtigen das in der weiteren Kooperation. Demonstration führt so zu praxistauglicheren und Missverständnisse vermeidenden Bauzeichnungen.

Bechkys konzeptionelle Generalisierung dieser Abstimmungsepisoden bzw. dieses Abstimmungsprozesses fasst die Wirkung von „tangible definitions“ – und das sind hier die Boundary Objects – dann allerdings ähnlich wie Carlile

⁵³ Bei genauerem Hinsehen werden zwei recht unterschiedliche materielle Voraussetzungen für einen funktionierenden Demonstrator geschildert: In der ersten Variante müssen die problematischen Teile direkt einsehbar sein, z.B. nicht abgedeckt, um ein Problem daran zeigen zu können. In der zweiten Variante muss das Gesamtgerät auf einfache Weise manipulierbar, und zwar vor allem demontierbar sein. Für die zweite Variante werden von Bechky mehrere Interaktionsepisoden geschildert, in denen die Montagetechniker das Gerät teilweise auseinander nehmen um zu demonstrieren, dass die zeichnerisch dargestellte Anordnung der Baugruppen bei der üblichen Reihenfolge der Montageschritte zu einem bestimmten Zeitpunkt materiell gar nicht realisierbar ist: „Man kommt dann einfach nicht mehr dran!“ oder: „In diesem Stadium ist an dieser Stelle überhaupt kein Platz mehr!“ Das Herzeigen dieser materiellen Widerständigkeit erklärt wohl die Wahl des Adjektivs bei Bechkys Begriffsschöpfung „tangible definition“: „it could be touched“ (ebenda, S. 324). Wie im Falle des STS-Konzeptes der „material resistance“ (Pickering 1995) tritt eine Widerständigkeit gegen die Intentionen und Pläne eines Akteurs auf (und genau das sind Bauzeichnungen). Anders als in diesem Konzept tritt hier allerdings nicht die „material agency“, die „brute force“ der nicht erklärbaren und damit voraussehbaren materiellen Welt, direkt mit dem Akteur in Interaktion, sondern ein zweiter Akteur, der aufgrund professioneller Erfahrung in der Interaktion quasi ‚für die Maschine sprechen‘ kann. Anders als bei Pickering handelt es sich hier also nicht um eine dyadische, sondern um eine triadische Interaktionssituation. Diesen Gedanken werde ich in den beiden Kapiteln zu Demonstration (3.4 und 3.5) weiter vertiefen.

als Ausbildung eines hinreichend geteilten Verständnisses bzw. Wissens der beteiligten Akteure als Voraussetzung für gelingende arbeitsteilige Kooperationsbeziehungen, und diese Vereinheitlichung wird als das Kooperationserfordernis schlechthin vorgestellt. Diese generalisierende Interpretation erfolgt bei Bechky in zwei Schritten:

- Der erste Schritt wird als „Dekontextualisierung“ bezeichnet, welche die „cocreation of common ground“ (ebenda, S. 324) ermöglicht. Damit ist gemeint, dass durch die Demonstration erkannt wird, wie begrenzt das eigene Verständnis des zu erstellen Produktes ist. Erkannt wird darüber hinaus auch die Begrenztheit der eigenen Verständigungsmöglichkeiten. Erst durch diese Wahrnehmung von Differenz, und damit die Verunsicherung der lokalen praktischen Gewissheit, entsteht die Notwendigkeit von Verständigung.
- Der zweite, darauf aufbauende Schritt ist Bechky zufolge die Entwicklung eines geteilten Verständnisses. Das geschieht, indem Mitglieder der einen Akteursgruppe – z.B. die Designer – den Kern des Verständnisses einer anderen Akteursgruppe – z.B. der Montagetechniker – in ihre eigene Wissensbasis aufnehmen und jene somit erweitern.

„In transformation, an individual’s understanding of the product, process, or organization was expanded [...] by placing new knowledge within her own locus of practice in such a way that it enhanced the individual’s understanding of her work world“ (ebenda, S. 321), und weiter:

“By exposing members of different communities to the perspectives and work of others, those interactions also reduced the differences in the understanding of the groups, making future work easier“ (ebenda, S. 325f).

Die „Transformation des lokalen Verständnisses“ (ebenda, S. 324) wird von Bechky zwar nicht wie bei Carlile als bloßer Auslöser eines (natürlichsprachlichen) Aushandlungsprozesses vorgestellt, aber doch als eine Verminderung von Differenz durch die Erweiterung der individuellen Situationsdefinitionen interpretiert (was an Carliles „pragmatische Funktion“ der Boundary Objects mehr als stark erinnert). Inwieweit diese Generalisierung

an die Kernidee der Boundary Objects – den doppelten Bezug auf ein Objekt – zurückbezogen werden kann, lässt sich auf der Basis von Bechkys Schilderungen dann aber nicht entscheiden⁵⁴. Und die Interpretation eines auf wechselseitigem individuellem Lernen basierende Ausbildung eines „geteilten Verständnisses“ erscheint schon auf der Basis von Bechkys eigenem Fallbeispiel zumindest eigentümlich. So werden erstens als Auswirkung der Demonstration nur „Aha-Effekte“ (ebenda, S. 325) geschildert, was eher auf punktuelle Anpassungen von Einzelaspekten als auf die systematische Übernahme von Wissensbeständen der Kooperationspartner hinweist. Die gesamte empirische Beschreibung legt eher den Schluss nahe, dass es gerade der Vorteil von Demonstration ist, Verständigungsprobleme und Aushandlungskosten, die mit der Herstellung eines geteilten Verständnisses verbunden sind, zu vermeiden und dennoch zu tragfähigen Problemlösungen gelangen zu können. Und zweitens ist die Rede von einer „cocreation of common ground“ vor dem Hintergrund des empirischen Settings zumindest verkürzt, denn das Gerät ist – als Prototyp – ja schon vorhanden, und zwar wie gesehen in einer zum Zwecke der problemlösenden Demonstration durchaus geeigneten Weise. Es scheint mir auf der Basis der Fallbeschreibung viel plausibler anzunehmen, dass die räumliche Platzierung des als Demonstrator nutzbaren Prototypen in der Organisationsstruktur auch genau so vorgesehen ist – und zwar unabhängig von der Frage, ob diese Platzierung das Ergebnis expliziter Entscheidungen, etwa eines vorausschauenden oder gut beratenen Managements ist, oder sich als funktionierende praktische Lösung eher evolutionär herausgebildet hat⁵⁵.

Das alles spricht aus meiner Sicht stark dafür, dass in diesem Fall nicht die über individuelles Lernen erzeugte Verminderung von Differenz für den Kooperationserfolg entscheidend ist, sondern eine kluge organisationale Lösung gefunden wurde, die es durch eine entsprechende Platzierung des Prototypen im Workflow erlaubt⁵⁶, um die spezifischen Vorteile der

⁵⁴ Um dies entscheiden zu können müsste geschildert werden ob und wie die verschiedenen Akteure den Prototypen nicht nur punktuell nutzen, sondern auch je unterschiedliche allgemeine Interpretationen mit diesem konkreten Artefakt, oder allgemeiner: mit einer vermittelnden Rolle von Demonstratoren, verbinden. Das aber geschieht im Text nicht.

⁵⁵ Diese Frage könnte nur auf der Grundlage von etwas genauerem Wissen über die offizielle Funktion der Prototypen im arbeitsteiligen Fertigungsprozess entschieden werden. Darüber ist in Bechkys Text allerdings nichts zu erfahren.

⁵⁶ Bei der konzeptionellen Generalisierung wird auch nicht auf die offensichtlichsten Intermediäre in der Fallbeschreibung eingegangen – die Techniker, die die Prototypen bauen. Dabei werden die Techniker durchaus so charakterisiert, dass sie ein Verständnis der beiden

Demonstrationspraktik zu nutzen, wodurch ein Problem arbeitsteiliger Kooperation durch wiederholte Episoden des ‚Zeigens am Gerät‘ dauerhaft gelöst werden können. Die Ausbildung eines gemeinsamen Verständnisses aller Arbeitsschritte durch alle beteiligten Akteure, und auch damit ein lokaler Aushandlungs- und Vereinheitlichungsprozess, scheinen dafür gerade nicht notwendig zu sein.

Wilson und Herndl: Boundary Objects als „Rhetorical Exigence“

Die Konzeptualisierung eines Boundary Objects als Auslöser eines diskursiven Verständigungs- und Vereinheitlichungsprozesses wird – ganz auf der Linie von *Carlile* 2002 und *Bechky* 2003 – auch in der Studie von *Wilson & Herndl* 2007 vorgestellt. Diese Studie ist allerdings die einzige, die in Entfaltung einer explizit rhetorischen Argumentation zu fassen versucht, dass Boundary Objects Kooperationsprozesse nicht nur ermöglichen oder unterstützen, sondern nachgerade erzwingen – oder zumindest eine Situation schaffen, in der kooperationsförderndes Verhalten ‚dringlich nahe gelegt‘ wird, so die wohl zutreffende Beschreibung der titelgebenden „rhetorical exigence“.

In der Fallbeschreibung ist das Objekt ein grafikbasiertes Managementwerkzeug, mit dem die heterogene Expertise der an einem Projekt beteiligten Technikentwickler repräsentiert und zielführend aufeinander bezogen werden sollte. Das ethnografisch untersuchte Projekt selbst ist ohne Zweifel spektakulär. Das Ziel war die hinreichend profunde Abschätzung der Performanz und Zuverlässigkeit eines in Entwicklung befindlichen militärischen Raketenabwehrsystems. Diese Aufgabe wurde von einem interdisziplinären Konsortium am Los Alamos National Laboratory angegangen, unter Federführung der „Statistical Sciences Group“, die über eine lange Erfahrung mit dem Einsatz von Abschätzungs- wie auch Wissensmanagementverfahren verfügte⁵⁷. Die Aufgabenstellung selbst war

anderen Gruppen haben, v.a. weil sie beide ‚Sprachen‘ sprechen. Daher werden sie ganz zutreffend als „Boundary Spanners“ oder „Mediators“ charakterisiert: „The dual understanding allowed the technicians to smooth the relations in the production process and ease the transition of the machine from an abstract idea to a concrete finished product“ (*Bechky* 2003, S. 320). Auf diese organisationale Rolle – und ihre mögliche Verbindung mit den „Tangible Definitions“ – wird allerdings nicht weiter eingegangen.

⁵⁷ Interessanterweise war die „Systems Ethnography and Qualitative Modeling Group“, eine Unterabteilung der Statistik-Gruppe, in einer wichtigen Funktion an dem Projekt beteiligt. Einer

außergewöhnlich schwierig. Klassische Testverfahren waren entweder nicht durchführbar⁵⁸ oder schlicht zu teuer, der Zusammenhang der Komponenten im Gesamtsystem war hochkomplex, und die Entwicklung der einzelnen Komponenten des technischen Systems unterschiedlich weit fortgeschritten. Um eine Gesamtabstimmung generieren zu können, musste die bestehende Expertise zu Triebwerk, Raketenstufen, Steuerung, Kommunikation, Energieversorgung und Gefechtskopf gewonnen und in einer Weise aufeinander bezogen werden, die eine belastbare Abschätzung der Funktionswahrscheinlichkeit des Gesamtsystems möglich machen konnte – was die Überwindung der epistemischen Differenzen zwischen den Wissensträgern zur Voraussetzung hatte:

„Furnished with only a fairly crude schematic of how the major components should fit together to accomplish this mission, the consortium’s global view of the problem is limited and too sketchy to facilitate cross-group discussion. Much like the fabled blind men grasping different parts of the elephant, each group within the consortium brings its own tools, mental schema, and vocabulary, but these tools, schema, and vocabularies are to varying degrees incommensurable to those of the other groups. And no Rosetta stone or integrated methodology exists to foster the collaborative effort” (ebenda, S. 139).

Wie konnte Kooperation unter solchen Umständen erreicht werden? Die Antwort der Autoren lautet: Durch den Einsatz einer semistrukturierten Wissenslandkarte (eine mit voller Absicht einfach gehaltene Version der bekannten „knowledge maps“) wurden in moderierten Diskussionsrunden die heterogenen Expertisen gehoben und konsensual aufeinander bezogen. Der Erfolg dieser Vorgehensweise beruhte den Autoren zufolge darauf, dass die Operationsweise dieser Wissenslandkarte sich – um in der Begrifflichkeit des Falles zu bleiben – auf mehrere Stufen verteilte.

der Autoren ist als Ethnograph Mitglied dieser Unterabteilung und beschreibt daher den Erfolg seiner eigenen Arbeit in diesem Projekt.

⁵⁸ Diese Wissenslandkarten sind ursprünglich als ein Instrument am Los Alamos National Laboratory für eine andere Art von Technologie entwickelt worden, die sich ebenfalls mit klassischen Verfahren nicht testen lässt: Atomwaffen, deren Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit seit dem Testmoratorium 1992 nicht mehr realweltlich überprüft werden dürfen. Dennoch muss es Verfahren geben – so sollten wir alle jedenfalls inständig hoffen – die Funktionsfähigkeit und Sicherheit von Atomwaffen regelmäßig zu überprüfen.

Auf der ersten Stufe wurde ein rudimentäres logisches Schema zur Anwendung gebracht, das lediglich in einer grafikbasierten „Dekomposition“ der Gesamtaufgabe („system mission“) in die hierarchisch gegliederten Komponenten „Ereignisse“ (Teilaktionen im Gesamtablauf), „Funktionen“ (dafür notwendige technische Funktionalitäten) und Bestandteile (dafür notwendige technische Komponenten; ebenda, S. 136) bestand. Damit konnten entsprechend grobe Karten, eine Art ‚Gerüst‘ der basalen Abhängigkeiten zwischen den technischen Komponenten erstellt werden (Abb. 2).

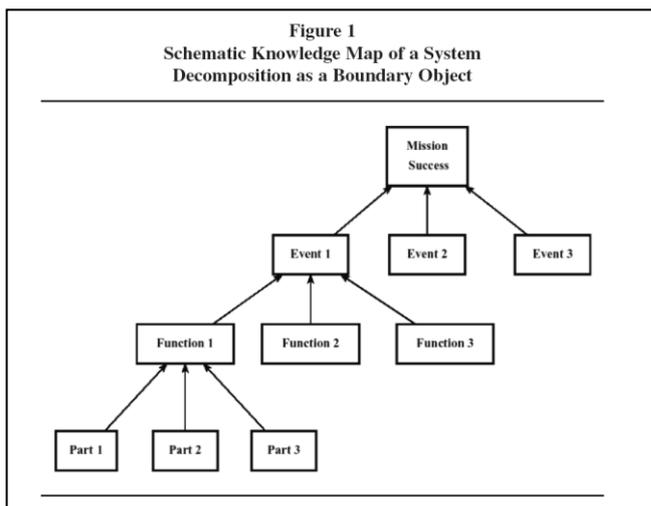


Abbildung 2 Grobes Gerüst der Systemkomposition (Quelle: Wilson und Herndl 2007, S. 137).

Auf der zweiten Stufe wurden diese groben Karten verfeinert, um das Detailwissen über einzelne Komponenten in einem Baum funktionaler Abhängigkeiten zu repräsentieren (Abb. 3).

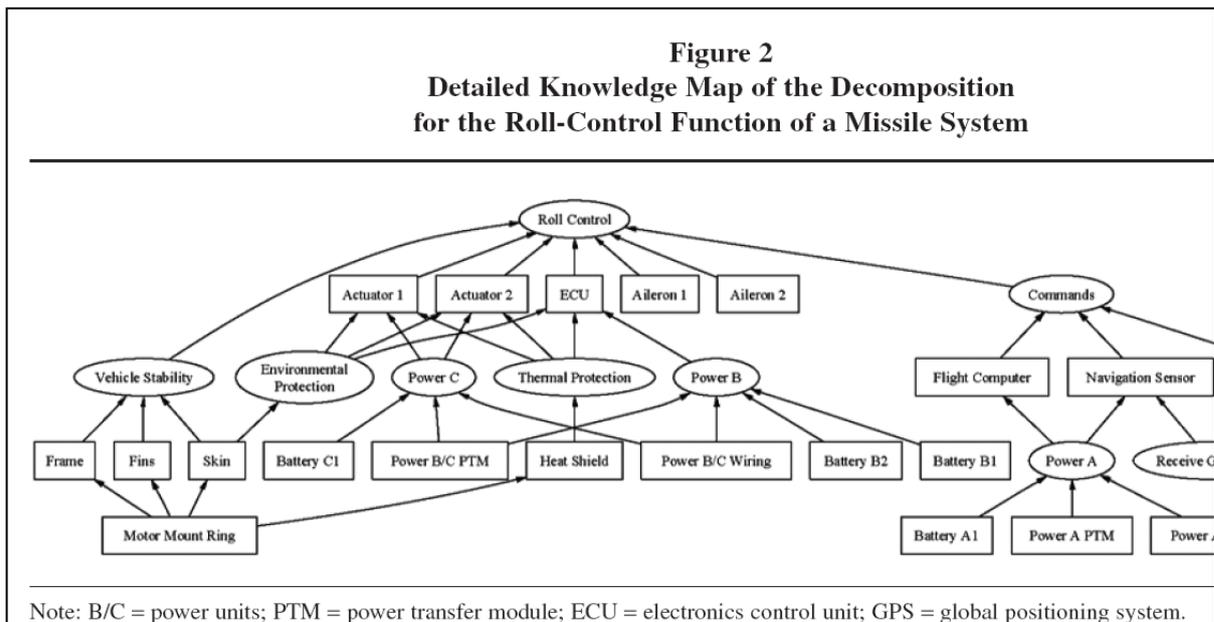


Abbildung 3 Detailliertes Gerüst der Systemkomposition (Quelle: Wilson und Herndl 2007, S. 141).

Die Autoren beschreiben nun, wie die Teilnehmer an den Diskussionsrunden zwischen der sehr abstrakten und der spezialisierten Repräsentationen der funktionalen Zusammenhänge hin- und herwechseln (ebenda, S. 142), wodurch der Prozess der kollektiven Explikation und Relationierung der für das Gesamtziel benötigten Expertisen verstetigt wurde – eine schöne empirische Illustration für Leigh Stars Metapher des „tack back and forth between both forms of the object“. Allerdings gehen Wilson und Herndl diesem Gedanken nicht weiter nach, sondern springen zu der sehr viel weiter gehende Interpretation, dass die Wirksamkeit des Boundary Objects „über die Koordination von sich wechselseitig ausschließenden Diskursen hinausgeht“ (ebenda, S. 146). Die kollektive Nutzung des Objektes stoße vielmehr die Ausbildung eines „geteilten Verständnisses des Gesamtsystems“ (ebenda, S. 142), an, und führe über die Erkenntnis der „Begrenztheit der eigenen Expertise“ (ebenda) dazu, die je eigenen „ersten Prinzipien zu transzendieren“ (ebenda, S. 150). Die kollektive Nutzung des Objektes mache „die Grenzen prorös“ (ebenda, S. 143) und führe letztlich zu einem Prozess, der die ursprünglich heterogene Situation vereinheitlicht und zu „gemeinsamem Handeln motiviert“ (ebenda, S. 151).

Diese Interpretation des empirischen Falles als ein Vereinheitlichungsprozess liegt ganz auf einer Linie mit den Interpretationen von Carlile und Bechky, und diese Interpretation lässt sich ebenso kritisch hinterfragen. Vor allem erscheint

es auch in diesem Fall unplausibel, aus möglichen punktuellen Lerneffekten auf Seiten der Akteure gleich auf einen Prozess der umfassenden Überwindung von Differenzen zu schließen. Doch die Konzeptualisierung der Wirkung von Boundary Objects bei Wilson und Herndl ist aus zwei prinzipielleren Gründen eigentümlich.

Die Autoren schreiben den Wissenslandkarten die Eigenschaft zu den wechselseitigen „Austausch von Wissen zu einer dringenden Notwendigkeit“ zu machen („pressing the need“, ebenda S. 146) und gründen diese Interpretation auf Überlegungen aus der Theorie der Rhetorik. Sie beziehen sich dabei auf die „Theorie der rhetorischen Situation“ von *Bitzer* 1968, in der neben der Anwesenheit von Publikum akteurseitig vor allem die titelgebende „rhetorical exigence“ als wesentlicher Bestandteil der rhetorischen Situation gefasst wird. Diese „exigence“ ist – soziologisch gesprochen – ein als nach Auflösung ‚drängend‘ wahrgenommener Situationsbestandteil:

„Any exigence is an imperfection marked by urgency; it is a defect, an obstacle, something waiting to be done ... An exigence is rhetorical when it is capable of positive modification and when positive modification requires discourse or can be assisted by discourse“ (ebenda, S. 6f).

Diese Definition übertragen Wilson und Herndl auf die Interpretation der Wirkweise ihrer Wissenslandkarten: Die materiale Anordnung der Kanten „zwingt die Teilnehmenden zu sehen, wie ihre Interessen und ihre Expertise die Arbeit der anderen Projektbeteiligten beeinflusst“ (*Wilson & Herndl* 2007, S. 149), und dies ‚drängt‘ zu diskursiver Aushandlung und Einigung. Dabei ist mit Diskurs ohne jeden Zweifel natürlichsprachlicher Dialog gemeint, und die Autoren lassen ebenso wenig Zweifel daran, dass sie die Wissenslandkarten nicht als Träger – oder Medium – des Vereinheitlichungsprozesses interpretieren, sondern nur als dessen Auslöser. Im Zuge dieser Interpretation verändert das grafikbasierte Managementsystem (das Boundary Object) seine Rolle:

„Under the influence of the boundary object, the knowledge map, a technical project in assessing system reliability, became a rhetorical process of understanding and increased cooperation“ (ebenda, S. 142).

Die Plausibilität dieser Interpretation hängt freilich ganz davon ab, ob eine solch umfassende natürlichsprachliche Verständigung auch empirisch

beobachtet wurde. In der Fallbeschreibung werden aber nur punktuelle Verständigungsepisoden geschildert, die den eigentlichen Zweck des Einsatzes des Werkzeuges – die Explizierung und Relationierung von Expertisen – ganz offensichtlich nur begleiten⁵⁹. In Bezug auf diesen Zweck, und die gegebenen Ziele der Akteure, erscheint es wesentlich plausibler, die Wirkweise der Wissenslandkarten auf die von den Autoren selbst angeführte „Repräsentationskraft des Objektes“ (ebenda, S. 138), also die durch die grafischen Anordnung der Kanten ermöglichte grafische Repräsentation unterschiedlicher Expertisen⁶⁰, zurückzuführen – und dieser koordinativen Leistung, ganz im Sinne der Kernidee des Konzeptes der Boundary Objects, weiter nachzugehen.

Die volle Berücksichtigung des Zweckes, für den die Wissenslandkarten eingesetzt wurden, verweist aber noch in einer ganz anderen Hinsicht auf die Kernidee des Konzeptes der Boundary Objects, und lässt die Vereinheitlichungs-Interpretation von Wilson und Herndl noch viel fragwürdiger erscheinen. Die Autoren selbst sind, als Ethnograph und Literaturwissenschaftler, Teil eines größeren Teams, das ein Wissensmanagementpaket entwickelt hat, welches neben den geschilderten grafikbasierten qualitativen Verfahren auch darauf aufbauende quantitative Verfahren der „Wissensintegration für komplexe Systeme“ umfasst (eine Gesamtbeschreibung dieses Paketes findet sich in *Wilson et. al.* 2007). Der quantitative Teil des Gesamtverfahrens baut zwar auf die beiden geschilderten qualitativen Bestandteile (oder ‚Stufen‘) auf, d.h. behält die Grundstruktur der grafischen Repräsentation der funktionalen Zusammenhänge (die Anordnung der Kanten) grundsätzlich bei. Allerdings werden nunmehr die Einzelwahrscheinlichkeiten aller Knoten gewichtet (sehr einfach als grün für unkritisch, gelb für möglicherweise kritisch oder rot für wahrscheinlich zu finalem Scheitern führend). Dabei werden die aus den Expertendiskussionen

⁵⁹ Die Differenz zwischen der weit reichenden konzeptionellen Interpretation und den doch recht unspektakulären empirischen Befunden zur Auslösung von natürlichsprachlichen Debatten wird an dem folgenden Zitat deutlich: “The logical relationships between the boxes, indicated by the network of lines drawn between them, often lead to dialogues between participants that open up the black box and materialize the different understandings and the different professional experiences” (ebenda, S. 143).

⁶⁰ Das Verfahren “makes visible the place of each activity and each community of practice” (ebenda, S. 138) – mit dieser grafisch hergestellten Evidenz können die Akteure allerdings sehr unterschiedlich umgehen.

gewonnenen Einschätzungen in die genannten Wichtungen übersetzt, und durch weitere Informationen über die Plausibilität dieser Wichtungen ergänzt, die sich aus den Gruppendiskussionen nicht als belastbares Datum ergeben haben. Diese Zusatzinformationen werden insbesondere durch Experteninterviews und Einschätzungen der Ergebnisse von realweltlichen Tests von Komponenten des Gesamtsystems generiert (diese zusätzlichen Informationsquellen tauchen in der nachfolgenden Grafik als „data collect“ und „exp“ auf). Bei diesem Schritt der „Elizitierung von Information“ (ebenda, S. 127) tauchen die Experten nicht mehr als einigungsfähige Akteure auf, die ihre epistemischen Differenzen – unterschiedliche Definitionen von Werkzeugen, mentalen Schemata und Vokabular (*Wilson & Herndl 2007, S. 130*) überwinden, sondern letztlich nunmehr als Quelle für – mehr oder weniger belastbare – Einschätzungen, die methodologisch geprüft werden müssen⁶¹.

⁶¹ Deshalb diskutieren *Wilson et. al. 2007* (S. 127) ausdrücklich die verschiedenen „biases“, die sich methodologisch aus den verwendeten Verfahren ergeben können und das Urteil der Experten verfälschen könnten – inklusive des „groupthink bias“ (ebenda): „Group interviews prompted discussion among colleagues and consensus estimates that weeded out individual biases that might have come into play. Group interviews are less productive, however, where status or personality differences make it difficult for the experts to freely offer and discuss opinions. To mitigate groupthink bias, we also took the probabilities the experts provided, propagated them through the [Bayesian Network], and fed the initial answers back to the experts to check the coherence of the set of judgments“ (ebenda).

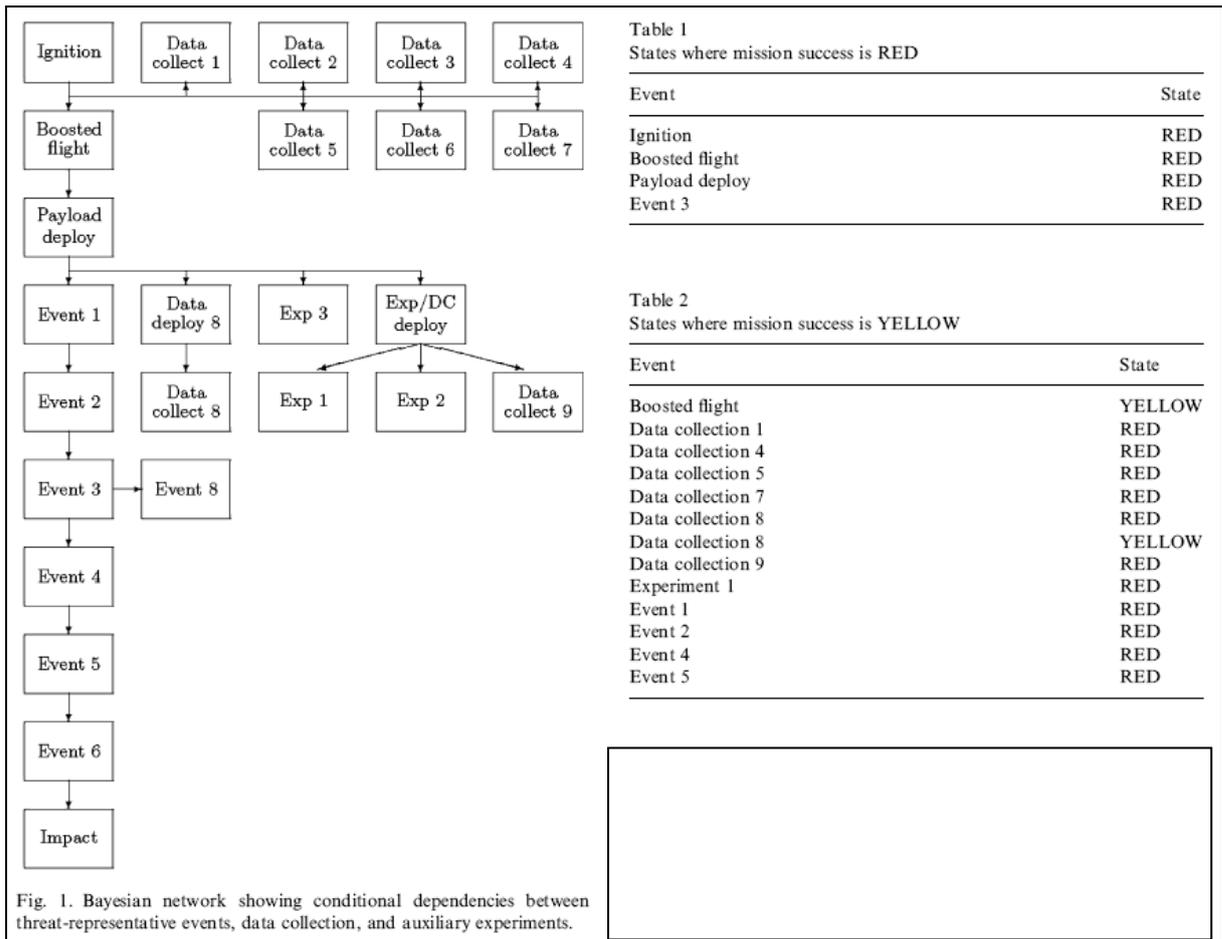


Abbildung 4 Lokale Spezifizierung der Systemkomposition (Quelle: Wilson et. al. 2007, S. 127)

In einem abschließenden Schritt des Methodenpaketes (auf dessen vierter ‚Stufe‘) werden die Wichtungen aller gesammelten („elizitierten“) Informationen statistisch verrechnet, woraus sich ein quantitativer Wert für die abschätzbare Wahrscheinlichkeit des Erfolges des Gesamtprojektes errechnen lässt.

Legt man das geschilderte vollständige Wissensmanagementpaket neben die empirische Fallbeschreibung von Wilson und Herndl, so wird der verkürzte Charakter der letzteren sofort augenfällig. Die Differenz der Perspektive der Akteure wird durch eine überverallgemeinerte rhetorische Grundüberlegung ausgeblendet. Aus der Perspektive des Wissensmanagementteams wird die einfache grafische Darstellung der funktionalen Zusammenhänge zum Ausgangspunkt eines Spezifikationszuges, bei dem selbst die späteren quantitativen Stufen auf den Ausgangspunkt, das ‚Gerüst‘ der basalen Abhängigkeiten, zurück verwiesen bleiben. Alle anderen Beteiligten können die

einfache grafische Darstellung ebenfalls als Repräsentation desselben Objektes erkennen – die Herausbildung eines hinreichend ähnlichen Grundverständnisses ist ja die Voraussetzung dafür, dass ihre Expertise gehoben und relationiert werden kann. Inwieweit die anderen Beteiligten je eigene Spezifikationszüge entwickelt haben, sie also eine aktivere Rolle als die des bloßen Informationslieferanten für das Management eingenommen haben (oder jedenfalls ob dafür überhaupt eine Gelegenheit entstand), wird in der Beschreibung von Wilson und Herndl mit der Nennung von Diskussionsepisoden nur angedeutet. Es scheint mir aber klar zu sein, dass dieser Fall keineswegs ein Beispiel für eine Vereinheitlichung von Wissen und Interessen darstellt, sondern ein schönes Beispiel für die Kernidee des Konzeptes der Boundary Objects ist: Während der innere Zusammenhang zwischen Spezifikationsstufen desselben Objektes erhalten bleibt, bleiben die Spezifikationszüge grundverschieden. Die Differenz zwischen den Akteuren bleibt trotz des geteilten Bezugspunktes erhalten.

2.3.4 Beschreibungen des scheiternden Einsatzes von Boundary Objects

Neben den geschilderten Erfolgsgeschichten des Einsatzes von Boundary Objects wird im organisationssoziologischen Literaturkorpus wesentlich seltener das Scheitern von Managementinstrumenten beschrieben – was die Gelegenheit bietet, nach konzeptionellen Gründen für die Begrenzung der Erklärungsreichweite des Konzeptes zu fragen. So hat, wie oben bereits genannt, der meist zitierte organisationssoziologische Autor (*Carlile* 2002) in seiner unmittelbaren Nachfolgestudie (*Carlile* 2004) zum selben Thema, dem grenzüberschreitenden Wissensmanagement, an einem sehr ähnlich gelagerten Beispiel aus der Produktentwicklung, die Typisierung von syntaktischen, semantischen und pragmatischen Grenzen ganz explizit nicht mehr mit entsprechenden Typen von Boundary Objects parallel geführt. *Carlile* legt dort vielmehr nahe, dass das in diesem Fall untersuchte Boundary Object – wiederum ein Computerprogramm zur 3-D Modellierung eines technischen Produktes – nur auf der syntaktischen Ebene wirken kann, nicht aber auf den beiden höheren und „anspruchsvolleren“ Ebenen (ebenda, S. 565). Und er gibt auch einen möglichen Grund für diese Einschränkung der Erklärungsreichweite des Konzeptes der Boundary Objects an:

„Given the time horizons and performance constraints that product-development organizations face, convergence is a desired outcome. However, in more loosely coupled systems such as science and the arts, a certain amount of divergence generates more robust outcomes in the long term“ (ebenda, S. 566).

Das heißt, dass bestimmte Klassen von Kooperationserfordernissen – solche, die schnelle und vereinheitlichende Lösungen erfordern – für eine jedenfalls „anspruchsvolle“ Verwendung des Konzeptes nicht geeignet sind, weil sie in ‚harten‘ ökonomischen Kontexten nicht geeignet sind. Damit wird die Erklärungsreichweite des Konzeptes eingeschränkt auf soziale Kontexte, in denen kurzfristiger Änderungsdruck keine Rolle spielt und die ergebnisoffene Kooperationsformen eher tolerieren oder sogar befördern, wie etwa „die Wissenschaft“ (ebenda).

Sapsed und Salters drastische Kritik der Boundary Objects

Zu einer ähnlichen Beschränkung der Erklärungsreichweite des Konzeptes kommen auch *Sapsed & Salter 2004*, aber sie formulieren diese Einschränkung viel grundsätzlicher. In ihrer Studie geht es um den Versuch der Einführung eines Softwarebündels (die ist hier das Boundary Object), das die wichtigsten Aspekte des Supply Chain-Managements eines transnationalen Unternehmens „rationalisieren“ und damit unternehmensweit standardisieren sollte. Damit verband sich auch das unternehmenspolitische Ziel, die eingespielte föderale Organisationskultur aufzubrechen und unter die Kontrolle der Firmenzentrale zu bringen. Die Rekonstruktion des Falles hebt darauf ab, dass dieser Versuch an einem Machtkampf zwischen Zentrale und nationalen Standorten sowie der Verweigerungshaltung und „lokalem Ausreißerverhalten“ (ebenda, S. 1525) von Abteilungen gescheitert ist.

Im Kern der Interpretation dieses Scheiterns durch Sapsed und Salter steht der „marginale Charakter“ der Boundary Objects, der sich daraus ergibt, dass sie nicht mit den Kernaktivitäten aller Beteiligten verbunden sind und deshalb „an der Peripherie der Aufmerksamkeit“ (ebenda, S. 1527) liegen. Das führt den Autoren zufolge zu zwei grundsätzlichen Schwächen von Boundary Objects. Da die Beteiligten nur ein „marginales Interesse“ (ebenda, S. 1531) an diesem Projekt (und damit auch an der Benutzung der Managementinstrumente) haben, kann erstens aus der Interaktion keine dauerhafte und belastbare

wechselseitige Bindung („real reciprocal interdependency“; ebenda, S. 1528) an das gemeinsame Projekt entstehen. Alle Beteiligten, so lassen sich die Autoren paraphrasieren, bewerten die Kosten für den Ausstieg aus dem Projekt deshalb als sehr niedrig. Und zweitens werden Boundary Objects gleichsam zerstört, wenn sie zum Gegenstand einer machtförmigen Verhandlung werden. Denn wenn das Objekt für einen Beteiligten an Relevanz und damit Aufmerksamkeit gewinnt, etwa als Instrument eines Durchsetzungsversuches, dann entsteht laut den Autoren – da ja keine eigenständige Bindung an das Objekt vorhanden ist – ein „Nullsummenspiel“⁶², und damit letztlich eine Situation der Verhandlung oder des Kampfes. Wenn zusätzlich, wie dem geschilderten Fall, keine Autorität vorhanden ist, die die Verhandlung oder den Kampf entscheiden und damit beenden kann, eine Rückkehr zu einer gleichsinnig peripheren Wahrnehmung des Objektes aber ausgeschlossen ist, bleibt nur den Ausweg, das Boundary Object kollektiv aufzugeben. Die Autoren fassen diese am Einzelfall illustrierten Überlegungen zu einer drastischen Einschätzung des Konzeptes zusammen:

“Boundary objects ... are ‘high-maintenance’ items with a limited shelf life, have no independent potency for alignment and if conveying any meaningful knowledge exchange cannot be maintained ... without legitimate authority or interdependence. Because of their marginal

⁶² Es wird nicht recht klar, wieso ein Nullsummenspiel entsteht: “Boundary objects necessarily are situated at the periphery of the implicated communities’ attentions; to be of greater importance to any one group may (probably would?) entail a corresponding debit to the others. In this case the negotiation over boundary objects is a zero sum game” (*Sapsed & Salter* 2004, S. 1527). Die Unklarheit in diesem Zitat steckt ersichtlich in der Klammer mit dem Fragezeichen. Aber es scheint mir, dass das für das grundsätzliche Argument nicht wichtig ist. Es scheint mir eine sinnvolle Annahme zu sein, dass die Aufmerksamkeitsökonomie gestört wird, wenn einzelne Beteiligte die Relevanz von vorher bei allen an der Peripherie der Aufmerksamkeit liegenden Repräsentationen von Wissen auf eine Weise ändern, die den anderen Beteiligten nicht nur auffallen kann, sondern auffallen muss. Das ist sicherlich der Fall, wenn eine bestimmte Abteilung des Unternehmens versucht, eine standardisierte Anforderung für die Repräsentation von Wissen für alle anderen einzufordern. Dann wird eine Koordinationsweise, die darauf beruht, dass für alle Beteiligten der Inhalt wie die Form des mit anderen zu teilenden Wissens peripher ist, nicht mehr greifen können. Ob das immer zu Verhandlung und Kampf führen muss, ist eine andere Frage: Es gibt viele Möglichkeiten, darauf zu reagieren, dass implizit als Selbstverständlichkeit erwartete Reziprozität gebrochen wird. Und selbst wenn es zu Verhandlung und Kampf kommt muss sich das keineswegs als Nullsummenspiel darstellen – es kann zum Beispiel auch sein, dass alle verlieren (wie offenbar in dem beschriebenen Einzelfall).

nature ... they are prone to be relegated to the edge of projects, which is after all where they belong" (ebenda, S. 1531).

Die Autoren konzedieren allerdings, dass sich dieses Urteil in seiner Schärfe⁶³ auf die Kooperationserfordernisse beschränkt, die ein ganz bestimmter sozialer Kontext mit einer ganz bestimmten organisationalen Verfasstheit mit sich bringt: den Einsatz von Boundary Objects im „hard-nosed business context of rationalizing production sites“ (ebenda). Für diesen Kontext sind ‚harte‘ Anforderungen an Wissensakquise und Wissensbereitstellung, interne Machtkämpfe und Reaktionen auf eine von Konkurrenz geprägte Umwelt charakteristisch. Für soziale Kontexte, in denen der langfristige Austausch von Wissensbeständen selbstverständlich, also eine Norm, ist, gilt das Sapsed und Salter zufolge nicht, jedenfalls nicht in dieser Schärfe. Sie nennen als Beispiel den Herkunftskontext des Konzeptes: die Wissenschaft (ebenda).

2.3.5 *Boundary Objects in CSCW und HCI*

Ein zweiter großer Literaturkorpus zum Konzept der Boundary Objects ist in den interdisziplinären Forschungsfeldern der Human-Computer-Interaction (HCI) und des Computer Supported Cooperative Work (CSCW) entstanden. Diese beiden Felder unterscheiden sich zwar von der Schwerpunktsetzung und den beteiligten Disziplinen, sie verfolgen aber ein gemeinsames transdisziplinäres Ziel: Die Verbesserung von softwaretechnischen Artefakten und Systemen durch die systematische Einbeziehung des Wissens über Nutzungskontexte und Nutzungsweisen in die Konzeption und Entwicklung dieser Artefakte und Systeme. Bei den sehr vielen Zitationen des Konzeptes⁶⁴ gibt es auch in diesen beiden Feldern, wie in den Managementstudien und der Organisationssoziologie, ein breites Spektrum, das sich aufspannt zwischen der

⁶³ Diese Überlegungen zur „Marginalität“ scheinen mir auch dann bedenkenswert, wenn die Besonderheiten des Falles berücksichtigt werden. Der beschriebene Versuch einer Firmenzentrale, harte Standards einzuführen, nur um kurz nach dem Start des Projektes einem der wesentlichen Faktoren für den Anfangserfolg des grafikbasierten Softwaresystems – face-to-face-Aushandlungen mit Hilfe des Systems – durch eine Streichung der Reisekosten die Grundlage zu entziehen, lässt sich auch ganz unambitioniert als organisierte Dummheit charakterisieren.

⁶⁴ Die Übernahme in diesen beiden Feldern wurde wesentlich nicht durch den Originalaufsatz, sondern durch *Star* 1989 angeregt, und zumeist wird auch nur dieser Text zitiert. In diesem Text wird die Grundidee der Boundary Objects zwar weitgehend wortgleich wie im Originaltext zusammengefasst, aber der Fokus liegt auf dem Problem des verteilten Problemlösens, einer prominenten Fragestellung beim Design von Software-Architekturen.

Verwendung des Begriffes Boundary Object als Synonym für alle Artefakte, die irgendwie zwischen Akteursgruppen vermitteln, bis hin zu Vorschlägen, die sich eng an die Grundidee des Konzeptes anlehnen. Ich will mich auf letztere konzentrieren.

Das allgemeine Ziel des CSCW ist, die Bedingungen zu identifizieren, unter denen die Kooperationsbeziehungen zwischen unterschiedlichen Akteursgruppen technisch unterstützt werden können, und darauf aufbauend entsprechende Softwaresysteme zu entwickeln bzw. fortlaufend anzupassen. Es gehört seit der Konstitution der CSCW zu den Grundüberzeugungen zumindest viele Forscher in diesem Feld, dass am Reißbrett entworfene Systeme (die etwa den Work Flow rein als logische Abfolge von Arbeitsschritten oder auf der Grundlage abstrakter psychologischer Theoreme modellieren) ebenso wie Standardisierungsversuche, die die Spezifika der jeweiligen Einsatzkontexte nicht berücksichtigen, scheitern müssen, nicht zuletzt deshalb, weil informationstechnische Artefakte von den Beteiligten höchst unterschiedlich interpretiert und verwendet werden. Daher ist die sehr kleinteilige (meist ethnografische) Beobachtung des praktischen Umgangs der Akteure mit den Artefakten ein zentraler Forschungsansatz im CSCW. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf der Identifikation jener Umgangsweisen, die im Überlappungsbereich (oder an einer gemeinsamen Grenze) zwischen den unterschiedlichen Praktiken der Artefaktnutzung liegen (vgl. *Gasson 2005*). Kann dieser Überlappungsbereich identifiziert und hinreichend genau beschrieben werden, dann kann – so der grundsätzliche Ansatz – diese Beschreibung genutzt werden, um Software zu konstruieren, die die Kooperationsbeziehungen ‚flüssiger‘ und ‚einfacher‘ macht. Es handelt sich dann um „coordinative artifacts“ (*Schmidt & Wagner 2005*), die in bislang problematischen oder blockierten Kooperationsbeziehungen koordinierend wirken können, ohne die Interpretation der Artefakte oder die Umgangsweise mit ihnen in Gänze vereinheitlichen zu müssen. Genau an dieser Überlegung setzt die breite Bezugnahme auf das Konzept der Boundary Objects im CSCW an.

Boundary Objects als „number one goodfeel term“ im CSCW

Die Verwendung des Konzeptes in den CSCW weist zunächst eine ganze Reihe von Parallelen zur ‚Mode‘ des Konzeptes in der Organisationssoziologie auf.

Auch hier wird die Grundidee des Konzeptes selten, wenn überhaupt, in Verbindung mit der untersuchten Fragestellung gebracht, und als „Objekte“ werden umstandslos Artefakte (hier: Softwaresysteme) verhandelt. Auch die Vorgehensweise ist ähnlich: In ethnografischen Einzelstudien werden eher kleinräumigen Kooperationskonstellationen mit wenigen Akteursgruppen detailliert untersucht. Aber anders als in der organisationssoziologischen Literatur zu den Boundary Objects lässt sich in den CSCW eine gewisse Dynamik von der anfangs sehr zuversichtlichen Übernahme des Konzeptes hin zu ausgesprochener Skepsis gegenüber dessen empirischer Anwendbarkeit feststellen – und zwar, das mutet fast schon ironisch an, obwohl die CSCW gar kein soziologisches (oder ein anderes disziplinäres), sondern ein transdisziplinäres Ziel verfolgen,

Etwa Mitte der 1990er Jahre wurde in den CSCW die Notwendigkeit formuliert, dem gesamten Feld eine stärkere konzeptionelle Grundlage zu geben, um das Feld zu stabilisieren, aber auch, um die zahlreichen Einzelstudien aufeinander beziehen zu können. In den entsprechenden programmatischen Aufsätzen taucht häufig das Konzept der Boundary Objects als ein Erfolg versprechender konzeptioneller Bezugspunkt auf (viel zitierte Aufsätze sind etwa *Bannon & Bødker 1997*, *Schmidt & Bannon 1992*, *Mambrey & Robinson 1997* und *Subrahmanian et. al. 2003*). Und auch nach der „honeymoon period“ (*Van de Ven et. al. 1999*, S. 172) bleibt das Konzept im Feld prominent, wie das folgende Zitat zeigt:

„‘Boundary object’ is probably the number one ‘feel good term’ in user centered approaches to interaction design, at least in CSCW contexts. In fact many visions about good CSCW can be summed up in the hope that the systems may serve as boundary objects within and in between communities of users. But can a boundary object be designed?“ (*Christiansen 2005*, S. 1).

Doch es gibt auch Studien, die auf der Grundlage detaillierter ethnografischer Beobachtung das Konzept grundsätzlich in Frage stellen, oder jedenfalls seine Erklärungsreichweite grundsätzlich beschränken⁶⁵. Ich will die Begründungen

⁶⁵ Es gibt auch neuere Studien, die das Konzept gänzlich fallenlassen, zugunsten empirisch offener Vorgehensweisen. So haben etwa *Schmidt & Wagner 2005* ein großes Spektrum der koordinativen Leistungen verschiedener Klassen von Artefakten in der Architektur beziehen, was aus der Sicht der Autoren nur möglich ist, wenn die Orientierung an ‚Großkonzepten‘

für diese kritische Position anhand der beiden meistzitierten Studien kurz zusammenfassen.

Lees „Boundary Negotiating Artefacts“

Charlotte Lee hat die Rolle von Artefakten bei der kooperativen Erstellung eines Museumskonzeptes untersucht (Lee 2005; Lee 2007). Untersuchungsgegenstand ist eine Wanderausstellung zur Kulturgeschichte des Hundes, und dafür mussten Ausstellungsdesigner, Museumspädagoginnen, auf Ausstellungen spezialisierte Handwerker, der Kurator und ein wissenschaftlicher Beirat zusammenarbeiten – Akteursgruppen, die so noch nie zusammengearbeitet hatten und entsprechend unterschiedliche Vorstellungen darüber mitbrachten, was für eine erfolgreiche Ausstellung wirklich wichtig ist. Lee unterscheidet vier Typen von Artefakten nach ihrer Leistung für die Kooperation („inclusion, compilation, structuring, and borrowing“). Zumindest die Inklusions- und die Strukturierungsartefakte fügen sich, so Lee, aber nicht der Grundidee der Boundary Objects, denn sie

- sind nicht standardisiert, sondern werden vor Ort angepasst oder sogar erfunden, und verändern sich fortlaufend im Prozess,
- dienen nicht nur dem Austausch über die Grenzen verschiedener professioneller Expertisen hinweg, sondern machen den Beteiligten das Vorhandensein dieser Grenzen überhaupt erst bewusst und
- werden auch als Instrumente einer Auseinandersetzung über die grundsätzliche Anlage des kollektiven Projektes genutzt, wobei auch die Grenzen zwischen den Expertisen selbst Teil der Verhandlung werden können⁶⁶.

aufgegeben wird. Das gilt, neben anderen konzeptionellen Orientierungspunkten im CSCW, auch für das Konzept der Boundary Objects: “The concept of ‘boundary objects’, in turn, highlights practices in which activities in distinct local settings are partially concerted by ‘objects’ on the ‘boundary’ between the settings. This is all well and fine but cannot hide the fact that this array of frameworks, when taken together as a conceptual foundation for CSCW is defective (ebenda, S. 353). Die Autoren beschränken die Erklärungsreichweite des Konzeptes dann konsequenterweise auf die Interpretation von grafischen Repräsentationen, etwa CAD-Plänen (ebenda, S. 376). .

⁶⁶ So wurden in diesem Fall Artefakte wie das „Object Theater“ (ein Modell der Anordnung der Exponate) und das „Storyboard“ (die Beschreibung der grundsätzlichen Abfolge der Themen bei einem Museumsrundgang) zum Fokus von Auseinandersetzung darüber, ob Museumsdesign, Museumspädagogik oder der Kurator am meisten von einer „guten

Konsequenterweise prägt Lee für diese Artefakte dann einen alternativen Begriff, den der „boundary negotiating artifacts“. Und sie sieht jene, einem analytischen Vierfelderschema von *Strauss* 1988 folgend, als besonders geeignet für Kooperationskontexte, die „komplex und nicht routinisiert“ (*Lee* 2005, S. 403) sind. Im Umkehrschluss vermutet sie eine generelle Begrenzung der Erklärungsreichweite der Boundary Objects:

„Perhaps boundary objects are found primarily in fairly routine or fairly simple work projects (ebenda, S. 404).

Lutters and Akerman: „Beyond Boundary Objects

Gegenstand einer zweiten viel zitierten Fallstudie aus dem Feld des CSCW ist die „kollaborative Wiederverwendung“ (*Lutters & Ackerman* 2007) von formalisierten Wissensbeständen in einem Unternehmen, das die Schwere von kurzfristigen Problemen⁶⁷ beim Betrieb von Flugzeugen einschätzt und diese Probleme nach Möglichkeit zeitnah behebt. Als Boundary Objects firmieren hier die standardisierten Formulare, in denen die bisherig gelösten Fälle strukturiert abgelegt werden – auf dieses Archiv greifen die verschiedenen Abteilungen des Unternehmens bei jedem neuen Fall zu, um für die Einzelfallbewertung und -lösung relevante Informationen schnell gewinnen zu können. Zudem benutzen sie andere Formulare auch für die Kommunikation mit den Flugzeugherstellern und den Fluglinien (diese Formulare bilden quasi die Schnittstelle zwischen der Aufgabenbeschreibung des Einzelfalles und dem Archiv). Der zentrale Punkt der Autoren für die Interpretation ihrer empirischen Beobachtungen ist, dass jeder einzelne Fall eine komplexe Rekontextualisierung der formalisierten Fallbeschreibungen aus dem Archiv notwendig macht, und das geht aus ihrer Sicht über die Grundidee der Boundary Objects hinaus. Die Autoren spezifizieren diesen Punkt mit zwei Argumenten:

- Die formalisierte Fallbeschreibung stellt nur einen „Schnappschuss“ bzw. eine temporäre „Kristallisation“ dar (ebenda, S. 365), denn in der

Ausstellung“ verstehen: „the practices surrounding compilation artifacts and structuring artifacts were not well-developed and required the development of new practices. This resulted in confusion and conflict. The curators, educators, and the exhibit designer each produced their own structuring artifacts and they each had their own expectations for how their own artifacts and those of others would be used“ (*Lee* 2005, S. 403).

⁶⁷ Solche Probleme sind etwa mögliche Beschädigungen des Flugzeugumpfes oder der Türen beim Beladen des Flugzeuges, oder die Folgen von Blitzschlag.

Abschätzungs- und Reparaturpraxis spielen das Know-how und Workarounds eine wichtige Rolle, die dann bei der Dekontextualisierung (der formalisierten Beschreibung als ein neuer Fall für das Archiv) wieder verloren gehen. Die Autoren nennen das „punctuated crystallization“ (ebenda), und sie verallgemeinern das für das Konzept wie folgt:

„Boundary objects, as a term, connote a static, archival artifact. However, boundary objects are created within an information flow. Each boundary object is a unique object, but it is also a unique event within an information process. A specific [document] is created as crystallization at one point in time about an entire situation and its information processes ... It is not a continuous crystallization, but rather one that is punctuated“ (ebenda).

- Die erfolgreiche Anwendung der formalisierten Fallbeschreibung (das ist hier: die Anwendungsbedingungen des Boundary Objects) wird erst durch Kontextinformationen möglich (die von den Autoren als „meta-negotiations“ bezeichnet werden; ebenda, S. 366), etwa das Vertrauen der Klienten in die ausgewiesene Expertise der Serviceingenieure, aber auch in das Archiv selbst, die Abschätzung der finanziellen Dimension des Einzelfalles, oder die Kenntnis unterschiedlicher „Inspektionsregimes“ (ebenda). All diese Bedingungen, so die Autoren, sind für eine situativ funktionierende Rekontextualisierung der formalisierten Fallbeschreibung essentiell – ein weiteres Kennzeichen, das von der Grundidee der Boundary Objects abweicht.

Aufgrund dieser beiden Argumente kommen die Autoren zu der Einschätzung, dass das Konzept der Boundary Objects zwar nach wie vor ein guter „Startpunkt“ für die Interpretation von empirischen Studien ist, dass das Konzept aber erweitert werden sollte um „die vielfältigen Prozesse, die das Boundary Object selbst umgeben“ (ebenda, S. 369). Sie prägen dafür zwar keinen eigenen Begriff, aber der Titel des Aufsatzes ist Programm: Die CSCW sollte sich in einen konzeptionellen Bereich begeben, der „jenseits des Konzeptes der Boundary Objects“ liegt.

Boundary Objects im HCI

Die grundlegende Fragestellung der Forschung zum Human-Computer-Interaction (HCI) ist, wie sich das an rein technischen Fragen orientierte Software Engineering (SE) mit den Forschungen zum tatsächlichen Umgang von Nutzern mit computertechnischen Artefakten (wie sie in der Usability-Forschung oder im Interaction Design betrieben werden) systematisch verbinden lassen, ohne den „Graben“ (so die gängige Redeweise im Feld⁶⁸) zwischen diesen beiden sehr unterschiedlichen Forschungs- und Entwicklungstraditionen nach der einen oder anderen Seite hin auflösen zu können, und das auch gar nicht zu wollen (vgl. etwa *Walenstein* 2003 und den Überblick bei *Sutcliffe* 2005). Für eine solche Vereinheitlichung sind die Grundannahmen und Vorgehensweisen zu unterschiedlich, und die Beteiligten auf beiden Seiten wissen das auch: Designentscheidungen sind im SE an analytischen Modellen und formal spezifizierter Beschreibung orientiert, in der HCI an der kreativen Exploration von einzelnen Beispielen (ebenda, S. 72). Zudem ist das Verständnis von elementaren wissenschaftlichen Vorgehensweisen sehr unterschiedlich. Das betrifft etwa die Frage, wie theoretische Generalisierung zu erreichen ist – und ob eine solche Generalisierung überhaupt ein sinnvolles Ziel darstellt. Ebenso unterschiedlich ist der Grad der Kodifizierung von Verfahrensweisen und des verwendeten Vokabulars. Versuche, das gesamte Feld der HCI auf eine vereinheitlichte Grundlage zu stellen, seien das nun geteilte Theorien, Verfahren oder Vokabulare, werden deshalb im Feld als wenig Erfolg versprechend angesehen. An dieser Stelle wird auf das Konzept der Boundary Objects zurückgegriffen. häufig allerdings nur im Sinne eines rhetorischen Werkzeuges, das die Diskussion zwischen den beiden unterschiedlichen Forschungstraditionen weiter treiben könnte (so etwa im Überblick⁶⁹ von *Rogers* 2004). Mitunter

⁶⁸ Es gab Mitte der 2000er Jahre eine Workshopreihe unter dem Titel „Identifying gaps between HCI, software engineering, and design, and boundary objects to bridge them“ (*John et. al.* 2004), in der das Potential der Boundary Objects als „Brückenkonzept“ („bridging device“) für das gesamte Feld durchaus kontrovers diskutiert wurde.

⁶⁹ In dieser Übersicht über das Feld wird, in Abgrenzung zur Strategie der Entwicklung einer gemeinsamen Beschreibungssprache oder zumindest eines geteilten Vokabulars im Sinne einer natürlichsprachlichen „Lingua Franca“, die Verwendung des Konzeptes wie folgt charakterisiert: „Utilizing poignant metaphors as a .. rhetorical device .. could be extended for concretizing the intangible and the difficult. For example, Star’s notion of ‘boundary objects’ has been taken up by numerous researchers and designers as a way of better articulating previously nebulous and ill-formed ideas“ (*Rogers* 2004, S. 132).

werden aber auch Ansätze formuliert, die nicht nur den diskursiven Austausch befördern sollen, sondern auf die Zusammenarbeit beim Design von Softwaresystemen und damit auf den Kern der Forschungs- und Entwicklungspraxis der beiden Forschungstraditionen zielen:

„Theses attempts go beyond merely packaging contents from HCI for use by SE [or] improving cross-discipline training, [They] involve creating objects that are expected to sit between loosely-coupled HCI and SE processes and coordinate them. These boundary objects would leave flexibility in interpretation and usage for parties on different sides of the SE/ HCI divide“ (*Walenstein* 2003, S. 95).

Als solche praxisnähere „Brücken zwischen Domänen“ (ebenda) werden zwar nicht im zitierten Text, wohl aber in anderen Texten aus der HCI mehrere Formen der Repräsentation von Designideen (wiederum explizit als Boundary Objects) diskutiert und untersucht. Das sind neben beispielhaft realisierten Softwarewerkzeugen (mehr oder weniger ausgearbeiteten Prototypen) vor allem Modelle und Szenarien (*Sutcliffe* 2005, S. 76ff). Diese Repräsentationsformen sind Ansatzpunkte für die genannte „Brückenfunktion“, weil sie in der Praxis auf beiden Seiten eine unzweifelhaft wichtige, wenn auch jeweils höchst unterschiedliche Rolle im Designprozess einnehmen (ebenda, S. 72). So werden etwa Szenarien im Software Engineering verwendet, um die Nutzungsanforderungen an eine Software daran zu testen, wie stark von einem vordefinierten Pfad von logisch aufeinander folgenden Nutzungsschritten abgewichen wird (im Sinne des Requirements Engineering). Im HCI dagegen dienen Szenarien der Herstellung einer Untersuchungssituation, in der aus einem reichen Nutzungskontext die Nutzungsanforderungen, aber auch Nutzungsvisionen identifiziert werden können („requirements elicitation“, ebenda, S. 76). Der Begriff „Nutzungsanforderungen“ bedeutet auf beiden Seiten des „Grabens“ sehr Unterschiedliches, aber Szenarien bieten die Gelegenheit, diese unterschiedlichen Bedeutungen an konkreten Beispielen solcher Anforderungen aufeinander beziehen und kombinieren zu können – deswegen werden diese in Szenarien eruierten Beispiele von Sutcliffe als Boundary Objects bezeichnet⁷⁰.

⁷⁰ Bei *Sutcliffe* 2005 ist der Fluchtpunkt der Diskussion allerdings das Ziel einer wechselseitigen Anerkennung und Integration der Verfahren von Software Engineering und HCI, also ein

Von anderen Autoren werden nicht konkrete Beispiele, sondern abstrakte, aber einfach darstellbare Designprinzipien⁷¹ als Boundary Objects vorgestellt, die aus der Perspektive der Modellierung von Nutzerverhalten wie aus der Perspektive der Entwicklung von Softwarearchitekturen nicht nur anschlussfähig, sondern als vereinfachte Modelle unmittelbar verständlich sind (etwa bei *Walenstein* 2003). Daher können aus dieser Perspektive solche Darstellungen von Designprinzipien der wechselseitigen Verständigung wie der gemeinsamen Entwicklung von Ansätzen und Architekturen dienen, gerade weil sie auf beiden Seiten nur das Prinzip fassen, aus der Sicht der jeweiligen Detailüberlegungen dagegen eine unzulässige Verallgemeinerung darstellen (sie sind auf beiden Seiten „ill-structured“ im Sinne von Star):

„This means an eager acceptance of approximation, simplification, and general rules (ebenda, S. 96).

Die umrissene „Brückenfunktion“ von vereinfachten Modellen (von „model based boundary objects“, *de Paula & Barbosa* 2007), von handgemalten Skizzen (*Johansson & Arvola* 2007), von Prototypen (*Stevens et. al.* 2007, *Mark et. al.* 2007) oder von Szenarien, oft auch in Kombination, wurde in zahlreichen empirischen Fallstudien untersucht. Dabei handelt es sich nicht wie im CSCW oder der Organisationssoziologie um ethnografische Untersuchungen der praktischen Nutzung von Artefakten, sondern um Untersuchungen in Laborsettings, in denen potentielle Nutzer mit Repräsentationen des zu entwickelnden Softwaresystems konfrontiert werden (häufig unter Beteiligung der Softwaredesigner). Das Konzept der Boundary Objects dient dann auch hier dazu, die vielfältigen Untersuchungsergebnisse konzeptionell zu rahmen.

Durchlässigmachen und eine Verschiebung der Grenze: „Once [in SE] functional allocation decisions have been taken, design moves into the realm of SE, and HCI specifications adopt SE notations ... SE, in contrast, has a rich tradition of notations, which enable transformation and refinement of specifications from requirements to detailed designs. Models, therefore, form one class of boundary object between the disciplines, where HCI has adopted SE models. An open question is whether SE will adopt HCI influences to augment the space of software-oriented modelling notations with others which represent people-oriented concerns ... although software engineers would currently not even consider social issues in analysis“ (*Sutcliffe* 2005, S. 78).

⁷¹ Im Text ist von „design theories“ als Boundary Objects die Rede, aber damit sind Prinzipien gemeint, denn diese „Designtheorien“ zeichnen sich laut *Walenstein* (und das ist sicherlich ein in Feld gängiges Verständnis) dadurch aus, dass sie implizit („latent“) und unvollständig bleiben können und trotzdem in generalisierender Hinsicht wirksam sind: „History has shown that engineering disciplines get ideas essentially right even before explicit theories are developed to explain the reasons why“ (*Walenstein* 2003, S. 98).

Dabei werden typischerweise unterschiedliche Leistungen dieser Objekte für die Ermöglichung von Kooperationsbeziehungen aufgelistet. Anhand einer Studie zur Nutzung eines Prototypen von Groupware unterscheiden etwa *Stevens et. al.* 2007 drei unterschiedliche Funktionen von Boundary Objects: Eine „epistemische Funktion“, worunter sie eine Reflektion verstehen, mit der eine in die Krise geratene Nutzungsroutine an eine neue Situation angepasst wird; eine „mediale Funktion“, die zur Ausbildung eines geteilten Verständnisses von Problemen beiträgt; sowie eine „politische Funktion“, die sie auf die Ermöglichung einer „Aushandlung“ zwischen den verschiedenen Akteursgruppen (Hersteller, Nutzer, Communities) beziehen. Und *Mark et. al.* 2007 unterscheiden vier Eigenschaften von Boundary Objects (das sind in ihrem Fall elementare Architekturskizzen für neue Flugzeugtypen, also eine in jeder Hinsicht ernste Angelegenheit): die Fähigkeit, die Ausbildung von geteiltem Verständnis, aber auch der kollektiven Veränderung von Designwissen zu befördern, sowie die Fähigkeit, für die Kooperation zu mobilisieren und das kollektiv entwickelte Design zu legitimieren. Diese Auflistung erinnert stark an die vielfältigen Leistungen, die, wie oben skizziert, in den organisationssoziologischen Fallstudien den Boundary Objects zugeschrieben werden.

2.3.6 Verkürzungen des Konzeptes durch illegitimen Konzepttransfer?

Die breite Übernahme des Konzeptes in anderen als den Ursprungskontexten könnte als eine Verkürzung des ursprünglich Gemeinten und damit letztlich als eine Art von illegitimem Konzepttransfer verstanden werden; so argumentieren *Zeiss & Groenewegen* 2009 in der einzigen Behandlung des Verhältnisses zwischen der Verwendung des Konzeptes in den STS und der Verwendung in anderen Forschungsbereichen (hier: der Organisationssoziologie). Das Kernargument von Zeiss und Groenewegen lautet dabei, dass die für die STS konstitutiven „Sensibilitäten“ (ebenda, S. 92), die aus ihrer Sicht qua Herkunft in das Konzept eingeschrieben sind, in den Organization and Management Studies wegfallen und damit fundamental verletzt werden. Sie führen dafür drei Gründe an: In der Organisationssoziologie sei erstens auf die „Transformation des kollektiven Wissens“ (ebenda, S. 90) scharf gestellt worden, zweitens auf eine feste Kategorisierung von Boundary Objects, und drittens auf die Frage der „Effektivität“ dieser Objekte (ebenda, S. 91) für die lokale Koordination unterschiedlicher Akteursgruppen. Alle drei Gründe seien,

so die Autoren, Hinweise für eine „stärker funktionalistische, instrumentelle und präskriptive“ (ebenda) Verwendung des Konzeptes in der Organisationssoziologie, während das Konzept in den STS im Lichte einer „antiessentialistischen Philosophie“ zu verstehen sei (ebenda, S. 94). Zugespitzt formuliert: Nach Zeiss und Groenewegen geht mit diesem Konzepttransfer eine doppelte Reifikation einher, denn der Blick der STS auf Boundary Objects sei „antiessentialistisch“ und „kritisch“ (oder „engagiert“, S. 94), die Beschreibung von „Managementwerkzeugen“ (ebenda, S. 90) in der Organisationssoziologie dagegen nicht. Die naheliegende Frage, wie in „antiessentialistischer Perspektive“ eine dauerhaft koordinierende Leistung von Objekten überhaupt konzeptualisiert werden kann, adressieren Zeiss und Groenewegen nicht. Es drängt sich vielmehr der Eindruck auf, dass sie jedweder konzeptionellen Generalisierung ganz prinzipiell skeptisch gegenüberstehen – eine Haltung (und darum handelt es sich bei der Anrufung von bloßen „Sensibilitäten“), die zur Frage eines gelungenen oder legitimen Konzepttransfers nichts beitragen kann.

Unabhängig von dieser allgemeinen Überlegung zur Beurteilung von Konzepttransfers können die Erwägungen und Urteile von Zeiss und Groenewegen in diesem speziellen Fall eines Konzepttransfers schon aufgrund der Literaturlage nicht tragen, weil das Konzept in seinen Ursprungskontexten und, wie gesehen, auch und gerade in den STS, ein Solitär geblieben ist. Die wenigen Studien, die das Konzept so ernst genommen haben, dass sie überhaupt die Frage stellen konnten, was aus konzeptionellen Gründen *kein* Boundary Object ist, entstammen wie gesehen allesamt nicht dem Herkunftskontext, sondern der Organisationssoziologie (besonders *Sapsed & Salter* 2004) und dem CSCW, also etwa der Definition von „Boundary Negotiating Artefacts“ (*Lee* 2005, *Lee* 2007, und ähnlich *Lutters & Ackerman* 2007). Und wenn es überhaupt Studien gibt, die versucht haben, die Kernidee des Konzeptes anzuwenden und weiter zu entwickeln, so entstammen sie wie gesehen ebenfalls den transdisziplinären Feldern des CSCW und der HCI – und nicht den STS. Dem Urteil von Zeiss und Groenewegen, dass es sich bei der Verwendung des Konzeptes in anderen als den Herkunftskontexten um

verkürzenden Konzepttransfer handelt, ist durch die Literaturlage einfach nicht gedeckt⁷².

2.3.7 Zwischenfazit

Das Konzept der Boundary Objects ist wie gesehen nicht nur prominent, weil häufig zitiert, sondern auch breit verwendet worden, zumeist als Rahmen für die Interpretation von Einzelfallstudien. Das Konzept hat dabei vielfältige Überlegungen zur Mediation sozialer Beziehungen durch Artefakte (oder mediale Repräsentationen) inspiriert, in Akteurskonstellationen, in denen die Ausgangssituation von großer Heterogenität geprägt ist. Deshalb erscheint die mehrfach verwendete Rede von einer „Brückenfunktion“ dieser Artefakte und Repräsentationen für die beschriebenen Fälle sehr treffend zu sein. Doch in Hinsicht auf eine Anwendung, oder gar auf eine auf empirischer Evidenz basierende Weiterentwicklung des Konzeptes der Boundary Objects ist die Literaturlage ersichtlich wenig ergiebig. Es lassen sich in der Zusammenschau der skizzierten Einzelfallstudien zwar einige auffällige thematische Blöcke identifizieren, von denen ich nachfolgend die vier, die mir in konzeptioneller Hinsicht am wichtigsten erscheinen, quer zu den Verwendungskontexten zusammenfassen will. Doch selbst wenn nur diejenigen Studien, die sich an Kernidee des Konzeptes orientiert haben, berücksichtigt werden⁷³, bleibt in jedem dieser thematischen Blöcken die zentrale Frage, was Boundary Objects sind (und noch wichtiger: was nicht), und wie diese Objekte handlungsabstimmend wirken, unklar⁷⁴.

(1.) Einige Studien behandeln offensichtlich die mehr oder weniger erfolgreiche Einführung von Standards (etwa von softwarebasierten Managementwerkzeugen, Parametrisierungen von Information oder

⁷² Zudem hat Leigh Star selbst mehrfach darauf hingewiesen (am klarsten in *Star* 1996), dass eine konzeptionelle ‚Wahlverwandtschaft‘ des Interaktionistischen Konzeptes nicht nur mit anderen Theorietraditionen (besonders der Activity Theory) besteht, sondern auch mit allgemeinen Fragestellungen des Designs von computerbasierten Informationssystemen.

⁷³ Das bedeutet, alle Studien aus den weiteren Erwägungen auszuschließen, in denen *alle* Artefakte, die irgendwie zwischen Akteursgruppen positioniert sind und dort irgendetwas bewirken, als Boundary Objects bezeichnet werden – etwa das Beispiel von *Briers & Chua* 2001, in denen es – mindestens – fünfzehn Boundary Objects gibt.

⁷⁴ Das liegt natürlich nicht zuletzt daran, dass der Bezug auf das Originalkonzept häufig (wie in der Organisationssoziologie) über Zwischenglieder (besonders den konzeptionell entgrenzenden Ansatz von *Wenger* 1998) erfolgt, und eine wechselseitige Zitation, geschweige denn systematische Bezugnahme zwischen den Forschungsfeldern STS, Organisationssoziologie, sowie CSCW und HCI nicht vorhanden ist.

Messwerkzeugen) als Boundary Objects. Andere Studien (insbesondere die ethnografischen Untersuchungen aus dem CSCW, aber auch vereinzelt aus der Organisationssoziologie) kritisieren dagegen eine inhärente Inflexibilität der Boundary Objects, gerade weil sie Standards zu ähnlich seien und deshalb die empirisch vorgefundene beständige lokale Aushandlung und die Kontextabhängigkeit der untersuchten Objekte nicht zu fassen vermögen (so besonders Lee 2007, Lee 2005, und die „punctuated crystallization“ bei Lutters & Ackerman 2007). Das Verhältnis zwischen Standards und Boundary Objects ist also eine zwar vielgenannte, aber in den vorliegenden Literaturkorpora gänzlich ungeklärte Frage.

(2.) Ebenso unklar bleibt die Frage, welche Eigenschaften materieller oder symbolischer Natur irgendein Objekt haben muss, um als Boundary Object identifiziert und anschließend als solches empirisch beschrieben werden zu können. In vielen Studien werden wie gesehen umstandslos alle Artefakte, die irgendwie zwischen verschiedenen Akteursgruppen liegen und zwischen den Akteursgruppen vermitteln (etwa Softwaresysteme oder Prototypen), als Boundary Objects bezeichnet, während andere Studien die abstrakte Fassung konkreter Gegenstände ins Spiel bringen (etwa „das Meer“ bei Goodwin 1995, oder die Idee „der Effizienz“ bei Briers & Chua 2001) oder auf mediale Repräsentationen von großen, aber unspezifischen Ideen abstellen (etwa Skizzen von Designideen, Modellen und Szenarien, oder die Gestaltung von Computerbildschirmdarstellungen, wie etwa im Diskussionsstrang in den HCI). Häufig ist dabei schon innerhalb der einzelnen Beschreibungen nicht entscheidbar, warum bestimmte Artefakte oder mediale Repräsentationen als Boundary Objects auftauchen und andere nicht. Auch die wenigen Versuche, die im Originaltext vorgeschlagen Typisierung von Boundary Objects zu erweitern (was ja immerhin den Rückschluss auf Objekteigenschaften möglich machen würde) führen hier nicht weiter, da je nach empirischen Einzelfall einfach ein neuer Typus von Boundary Objects eingeführt wird (etwa die „visionary objects“ bei Briers & Chua 2001, oder die „temporal boundary objects“ bei Yakura 2002), ohne eine Typisierungsanstrengung zu versuchen.

(3.) Offen bleibt auch die Frage, ob das Konzept als Interpretationsfolie für alle oder nur für bestimmte Kooperationskontexte geeignet ist. So beschreibt die Mehrzahl der skizzierten Studien, zumeist ethnografisch, Probleme der Handlungsabstimmung zwischen wenigen Akteuren in deren Nahbereich, d.h.

für Situationen, die sich durch die dauerhafte Kopräsenz der Akteure und – durch die Nutzung von in der Situation anwesenden Artefakten irgendwie vermittelte – direkte Interaktion auszeichnen. Solche Situationen bringen aber ganz andere Kooperationserfordernisse (und auf die Dauer auch Gefährdungen des Kooperationsprozesses) mit sich als etwa die inter- und transdisziplinäre Kooperation in großen, räumlich verteilten Kontexten, etwa denen in transnationalen Firmen, regionalen Clustern oder ganzen F&E-Feldern (wie sie in manchen Studien der Organisationssoziologie und in der HCI beschrieben werden). Kooperationskontexte werden in den Studien aber auch danach unterschieden, wie stabil oder turbulent sie sind. Einige Studien zu gescheiterten Boundary Objects kommen, wie gesehen, ja ganz ausdrücklich zu dem Urteil, dass die Kernidee der Boundary Objects nicht aus dem eher freundlichen (an der Norm des freien Austausches von Wissen orientierten) und eher statischem Kontext der Wissenschaften in den ganz anderen Kooperationskontext eines schnelllebigen „hard-nosed business context“ transferierbar sei (*Sapsed & Salter* 2004, S. 1531, ähnlich argumentieren wie gesehen *Carlile* 2004, *Kellogg et. al.* 2006 und auch *Lutters & Ackerman* 2007). Diese Fallbeschreibungen scheinen für die Makro- und die Mesoebene den konzeptionellen Schluss nahe zu legen, dass der Einsatz von Boundary Objects in Akteurskonstellationen, die sich nicht nur durch die Notwendigkeit permanenter Anpassungen, sondern vor allem durch aktive wechselseitige Beeinflussungsversuche auszeichnen, wenig Erfolg versprechend ist. Diese Objekte scheinen (wie *Sapsed & Salter* 2004 argumentieren aufgrund ihres „marginalen Charakters“) besonders anfällig dafür zu sein, von machtförmigen Beeinflussungsversuchen zersetzt oder zum Kampfmittel umfunktioniert zu werden. Diese Überlegung scheint, auf der Mikroebene, die Beschreibung des ‚ganz gewöhnlichen‘ Einsatzes von koordinierenden Artefakten von *Lee* 2005 zu korrespondieren, die ja ebenfalls als Mittel von Aushandlung und Kampf an den Grenzen vorgestellt werden. Eine konzeptionelle Fassung des Verhältnisses zwischen der Koordination durch ein als ähnlich wahrgenommenes Objekt einerseits und der Koordination durch machtförmige Beeinflussung (oder auch Verhandlung) bleibt in der gesamten Literatur unklar.

(4.) Und schließlich interpretieren die meisten der genannten Studien das Ergebnis der über ein als hinreichend ähnlich wahrgenommenes Objekt erreichten Handlungsabstimmung überaus unterschiedlich, wie auch den zu

diesem Ergebnis führenden Prozess. Trotz der auf den ersten Blick unübersichtlichen Vielfalt der Bezugnahmen auf das Konzept denke ich, dass sich quer zu den unterschiedlichen Literaturkorpora zwei generelle Sichtweisen bzw. Interpretationslinien unterscheiden lassen.

In allen organisationssoziologischen, und in nahezu allen auf ethnografischer Beobachtung basierenden Studien wird das Ergebnis des Einsatzes von Boundary Objects wie gesehen als die Annäherung an ein „geteiltes Verständnis“ des in Frage stehenden Kooperationsproblem gefasst, oder zumindest als die Herstellung von hinreichend „geteiltem Wissen“ über dieses Problem inklusive des Bewusstwerdens von und des reflexiven Umganges mit den Grenzen zwischen unterschiedlichen Expertisen. Der Prozess wird, wie ebenfalls gesehen, so beschrieben, dass das Objekt nur der Auslöser (der syntaktische Bezug bei *Carlile* 2002) einer natürlichsprachlichen Verständigung bzw. diskursiven Aushandlung ist, welche in gleichgerichtetes kollektives Handeln mündet (Carliles „semantischer“ und „pragmatischer“ Bezug). Das heißt aber, dass zumindest dauerhaft gelingende Kooperation aus dieser Sicht die hinreichende Auflösung von Differenz bzw. die Verminderung von Heterogenität voraus setzt. Es ist zumindest zweifelhaft, ob diese auf Vereinheitlichung in Prozess setzende Sichtweise irgendetwas mit dem Kerngedanken des Konzeptes der Boundary Objects zu tun hat. Zudem ist die Schlussfolgerung von aus der empirischen Beschreibung gewonnenen Einschätzungen, wonach in den untersuchten Fällen *nach* dem Bezug auf ein als hinreichend ähnlich wahrgenommenes Objekt eine natürlichsprachliche Diskussion, also Prozesse der wechselseitigen Beeinflussung oder der Verhandlung ansetzen und zur Vereinheitlichung des Wissens von unterschiedlichen Akteursgruppen führen, schon beim etwas genaueren Blick auf die Fallstudien der Autoren sehr fragwürdig (wie knapp geschildert etwa anhand der Fallbeschreibungen bei *Carlile* 2002, *Bechky* 2003 und *Wilson & Herndl* 2007). Konzeptionell entscheidbar ist diese Frage anhand des geschilderten Datenmaterials aber nicht.

Dagegen stellt eine zweite Sichtweise auf die direkte (d.h. nicht nur auslösende) koordinative Wirkung von Objekten und insbesondere von medialen Repräsentationen ab, die im Überlappungsbereich (oder an einer gemeinsamen Grenze) zwischen den unterschiedlichen Praktiken der Artefaktnutzung liegen – und verzichten (wie besonders in den konzeptionellen Überlegungen im HCI)

auf jedwede Vorstellung einer Vereinheitlichung insbesondere von theoretischen Vorstellungen und verwendetem natürlichsprachlichem Vokabular. Als „Brücken zwischen Domänen“ werden vielmehr abstraktere Repräsentationen (etwa Modelle, Skizzen, Szenarien) oder vereinfachte konkrete (Prototypen, basale Grafiken) von zu entwerfenden oder zu verbessernden Artefakten vorgestellt. Diese Artefakte (oder medialen Repräsentationen) sollen so gewählt werden, dass sie auf allen Seiten als hinreichend ähnlich, aber auch für die jeweilige Praxis relevant wahrgenommen werden können – sie bilden, so lässt sich diese Sichtweise metaphorisch paraphrasieren, einen materialen ‚Anker‘ der wechselseitigen Bezugnahme und Beobachtung. Auch der etwas genauere Blick auf die einzelnen Fallbeispiele, gegen die Interpretationen der (insbesondere organisationssoziologischen) Autorinnen und Autoren gelesen, scheint sich dieser Sichtweise zu fügen. Worin die koordinative Wirksamkeit der „Brückenfunktion“ dieser Artefakte oder medialen Repräsentationen im Sinne der Kernidee des Konzeptes – dem doppelten Bezug auf ein Objekt – genau besteht, wird dann allerdings nicht genauer gefasst: Im CSCW tritt die Figur der permanenten Anpassung in den Vordergrund (Lees „boundary negotiating objects“), während im HCI der Ansatz einer konzeptionellen Fundierung des gesamten inter- und transdisziplinären Feldes offenbar kaum weitergeführt wurde und die experimentellen Studien zwar eine Vielzahl möglicher vermittelnder Funktionen von Artefakten und Repräsentationen herausarbeiten (darunter immer: Vereinheitlichung des Wissens), aber keinerlei Systematik entwickeln. Und auch der Fall, der wohl die Kernidee des Konzeptes am klarsten zu illustrieren scheint (der mehrstufige Spezifikationszug des von *Wilson & Herndl* 2007 bearbeiteten Falles) stellt keine Erklärung für die koordinative Wirksamkeit des doppelten Bezuges auf eine als hinreichend ähnlich wahrgenommene grafische Repräsentation vor.

Auf Grund dieser Literaturlage erscheint es wenig aussichtsreich zu versuchen, das grundsätzliche Potential des Konzeptes über die Durcharbeitung des bestehenden Textkorpus genauer zu fassen als bis hierhin erreicht – dafür sind schon die verwendeten Definitionen, so überhaupt vorhanden, zu unterschiedlich, und die relevanten konzeptionellen Leitfragen, wenn überhaupt formuliert, zu disparat. Der direkte Rückbezug auf den Originalkontext erscheint ebenso wenig aussichtsreich, da das Konzept, wie

knapp skizziert, im Interaktionismus wie in den STS ein Solitär geblieben ist. In dieser Situation erscheinen zwei grundsätzliche Entscheidungen für jeden weiteren Versuch der konzeptionellen Schärfung angezeigt: Sich erstens so eng wie möglich an der Kernidee des Konzeptes der Boundary Objects zu halten, und zweites auf eine höhere Abstraktionsebene zu wechseln, um diesen Kerngedanken allgemeiner formulieren zu können. Diese beiden Entscheidungen strukturieren auch die Entwicklung von Leitfragen im folgenden Teilkapitel.

2.4 Konzeptionelle Dimensionen der Frage nach der koordinativen Wirksamkeit von Objekten

Wenn auf eine höhere Abstraktionsebene gewechselt wird, so ist zunächst die allgemeine Frage zu formulieren. Nach der Zusammenfassung des Literaturstandes scheint mir diese Frage auf der Hand zu liegen. In einer sehr allgemeinen soziologischen Formulierung sind Boundary Objects der Begriff für eine bestimmte Art der Handlungsabstimmung von Akteuren (oder gleich orientierten Akteurgruppen), die sich von anderen Arten der Koordination unterscheidet. Und zwar für eine ganz erstaunliche Koordinationsleistung: die dauerhafte – und in Bezug auf das Ergebnis: dauerhaft erfolgreiche – Handlungsabstimmung von Akteuren, die ganz unterschiedlichen epistemischen Praktiken und handlungsleitenden Interessen folgen, *allein* durch den Bezug auf ein als hinreichend ähnlich wahrgenommenes Objekt⁷⁵. Wenn man diese allgemeine Frage nach der Seite der Objekte hin formuliert, dann steht die Erklärung der koordinativen Wirksamkeit dieser Objekte im Zentrum jeder konzeptionellen Fassung der Boundary Objects.

Der Wechsel auf ein höheres Abstraktionsniveau, die Ebene der sozialtheoretischen Bestimmung von unterschiedlichen Arten der Handlungskoordination, bedeutet, ein allgemeineres soziologisches Vokabular zu verwenden. Dennoch ist auch für diesen Wechsel die Orientierung an einem bestimmten Ansatz natürlich hilfreich. Als Orientierungspunkt scheint mir in diesem Zusammenhang Unterscheidung von drei „elementaren Mechanismen“

⁷⁵ Empirisch kann diese Koordinationsleistung, jedenfalls im Prinzip, in Kombination mit anderen Arten der Handlungsabstimmung auftreten, etwa mit Verhandlungen – es ist aber sehr viel einfacher, die abstrakte Beschreibung ‚nackt‘ zu halten, um den grundsätzlichen Mechanismus abstrakt fassen zu können.

gut geeignet zu sein, die in *Schimank* 2007 kompakt dargestellt⁷⁶ (und in *Schimank* 2010, S. 186-352 breiter hergeleitet und dargestellt) sind. Es geht ihm darum, basale Ausprägungen des Mikro-Makro-Zusammenhanges zu unterscheiden, also wie sich aus unterschiedlichen Formen der Verstetigung der Handlungsabstimmung von Akteuren (er nennt das „Interdependenzbewältigung“) entsprechend unterschiedliche Muster von sozialer Ordnung herausbilden, also Strukturen auf der Meso- und Makroebene.

Schimanks Darstellung erscheint mir hier aus zwei Gründen ein geeigneter Orientierungspunkt zu sein. Erstens weil diese Fassung als eine Art von informiertem Konsens soziologischer Theoriebildung gelten kann – ich denke es werden sich nur wenige Stimmen finden, die gegen diese Formulierung des Mikro-Makro-Problems grundsätzliche Einwände formulieren würden, sofern sie die Berechtigung dieser Abstraktionsebene nicht aus anderen theoriegeschichtlichen Präferenzen prinzipiell bestreiten. Und zweitens unterscheidet er, als „elementare“ Koordinationsmechanismen Verhandlung, wechselseitige Beeinflussung und wechselseitige Beobachtung. Das entspricht recht genau jenen Koordinationsweisen, die, jedenfalls nach meiner eigenen Zusammenfassung am Ende des letzten Teilkapitels, in der Literatur den Boundary Objects zugeschrieben werden: In den Beschreibungen von Objekten als bloßen ‚Auslösern‘ von diskursiven Aushandlungsprozessen, in den Beschreibungen einer besonderen Anfälligkeit dieser Objekte für machtförmige Beeinflussungsversuche, und in den Beschreibungen, die auf die koordinative Wirkung einer hinreichend ähnlichen Wahrnehmung der materialen oder medialen Repräsentation eines Objektes hinauslaufen. Die zuletzt genannte Koordinationsweise basiert, so wird in dieser abstrakteren Beschreibung deutlich, rein auf Beobachtung, oder anders gesagt: Sie umgeht Interaktion im engeren Sinne⁷⁷.

⁷⁶ Diese Darstellung ist zwar für eine Frage aus einem anderen soziologischen Teilgebiet – die prinzipielle Unterscheidung von Formen von Governance – geschrieben worden, fasst aber allgemein sozialtheoretische Überlegungen zusammen, und zwar wie gesagt kompakt, was auf dieser Abstraktionsebene ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist.

⁷⁷ Wohl deshalb wird Koordination durch Beobachtung in den meisten sozialtheoretischen Ansätzen kein systematischer Stellenwert zugewiesen, da sie jenseits von formalisierten (oder jedenfalls in ihrer koordinativen Wirkung klar sichtbaren) Formen sozialer Ordnung wie Markt, Hierarchie, Netzwerk oder durchgesetzter Hegemonie liegen, auf die sich sozialtheoretische Systematisierungsbemühungen zumeist ausschließlich beziehen. Die potentiell

Schimank bezeichnet die genannten unterschiedlichen Koordinationsweisen als „Mechanismen“, und diese Wortwahl ist in der Soziologie natürlich erklärungsbedürftig. Der Begriff „Mechanismus“ steht hier für den Anspruch, dass es in der Soziologie im Prinzip möglich sein muss, Arten des Mikro-Makro-Mikro-Zusammenhanges „erklärend nachzuvollziehen, anstatt für einen interessierenden Effekt nur additiv Ursachenfaktoren zu benennen“ (Schimank 2007, S. 31). Der „interessierende Effekt“ ist auf dieser Abstraktionsstufe die Entstehung und Verfestigung eines bestimmten Musters sozialer Ordnung aus handelndem Zusammenwirken und – auch wenn das bei Schimank eher am Rande genannt wird – dessen Entstehung aus der und dessen Rückwirkung auf die Mikroebene. Dieser Erklärungsanspruch ist also nicht in erster Linie als eine im landläufigen Sinne ‚mechanistische‘ Erklärung gemeint, also als Versuch, empirische Phänomene auf belegbare wenn-dann-Ketten zwischen isolierbaren abhängigen und unabhängigen Variablen herunter zu brechen⁷⁸. Wichtiger ist ihm die Unterscheidung verschiedener Abstraktionsebenen, zwischen denen dann ein kontrollierter Zusammenhang hergestellt werden muss. Es geht deshalb eher um ein „Gefüge von Generalisierungsniveaus“ (vgl. Schimank 2002). In der Soziologie werden, ganz grob formuliert, üblicherweise drei solche Ebenen unterschieden: die Ebene der Systematisierung von naturgemäß unterschiedlichen empirischen Mustern, die Ebene der begrenzt verallgemeinerbaren Konzepte, und die Ebene der allgemeinen soziologischen Theoriebildung, auf der es um das Verständnis der grundsätzlichen Logiken des Sozialen geht. Schimank formuliert das wie folgt:

„Je abstrakter ein Mechanismus gefasst ist, desto prägnanter lassen sich die ihn auszeichnende Logik der Interdependenzbewältigung und das daraus hervorgehende Muster sozialer Ordnung formulieren und desto

ordnungsbildende Funktion von Beobachtung wird zumeist als „implizites Wissen“ oder „praktische“ Koordination zwar empirisch beschrieben und als ‚das Andere‘ oder ‚die Grenze‘ formalisierter Koordination betont, aber nicht sozialtheoretisch gefasst. Insbesondere die oben zusammengefasste organisationssoziologische Literatur zu den Boundary Objects scheint mir ein einschlägiges Beispiel dafür zu sein.

⁷⁸ Die Frage, ob sich die Soziologie solche Ansprüche auf ‚echte‘, d.h. den Naturwissenschaften analoge Ansprüche auf Erklärung zu Eigen machen sollte, ist in den letzten Jahren neu aufgetaucht; vgl. etwa die breite Übersicht bei Mayntz 2002. Einer Position zufolge muss auch in der Soziologie ‚echte‘ Erklärung möglich sein, formuliert etwa als „struktur-individualistisches Erklärungsprogramm“, und auch Schimank scheint das nahe zu legen, etwa mit einer Formulierung wie der folgenden: Es muss „ausbuchstabiert“ werden, „wie diese Faktoren ineinander greifen und eine soziale Dynamik erzeugen, die dann Schritt für Schritt diesen Effekt [ein Muster sozialer Ordnung, MM] hervorbringt“ Schimank 2007, S. 31).

größer ist ceterus paribus sein Verwendungsbereich – aber desto unvollständiger ist er als Erklärung für reale Phänomene ... Er muss dann immer erst auf empirische Fälle hin spezifiziert werden, und das kann das Gros der zu leistenden Erklärungsarbeit ausmachen“ (Schimank 2007, S. 31).

Mit der Anwendung dieser abstrakten Überlegungen auf das Konzept der Boundary Objects will ich nicht suggerieren, dass das Konzept per se in dieser ‚sozialtheoretischen Liga spielt‘. Es geht mir vielmehr in eben zitierten Sinne darum, die Logik der Handlungskoordination und der daraus hervorgehenden Form sozialer Ordnung so „prägnant“ als möglich hervortreten zu lassen. Dafür genügt es an dieser Stelle der Argumentation, die Boundary Objects dem „Mechanismus“ Koordination durch Beobachtung, und ihre strukturellen Effekte entsprechend einer Wahrnehmungsordnung, zuzuordnen⁷⁹.

Diese Formulierung fasst das allgemeine Erklärungsproblem, ist aber naturgemäß zu abstrakt, um als konzeptionelle Folie die empirische Interpretation anleiten zu können, und auch um zu einer möglichen Typik von empirischen Fällen gelangen zu können. Dafür muss die generelle Frage nach der koordinativen Leistung von Objekten in speziellere Fragen zerlegt werden. Ich denke, dass es sinnvoll ist, dabei zwei Dimensionen zu differenzieren. Beide Dimensionen sind in den Formulierungen der vorhergehenden Absätze bereits genannt worden und daher nahe liegend.

Die erste Dimension ist die Zeit, denn es ist soziologisch ein Unterschied, ob versucht wird, eine koordinative Leistung für eine jeweilige Situation zu erklären (wie diese Leistung zu einem bestimmten Zeitpunkt ‚funktioniert‘ oder diese Situation mitdefiniert) oder ob versucht wird zu erklären, wie diese Leistung auf Dauer gestellt werden kann – was in einer bestimmten Situation alternativlos erschienen mag, bleibt es nicht zwangsläufig auf Dauer, denn dann bekommen die Akteure (wenn man sie nicht als stupide Routinenfolger oder verblendete Opfer übergeordneter Systemzwänge konzipiert) die Gelegenheit, die Bedingungen und die Folgen des jeweils koordinierten Zusammenhanges zu reflektieren. Und es ist wahrscheinlich, dass sie das tun

⁷⁹ Auf den selbstredend wichtigen Unterschied zwischen den Subkategorien „direkte wechselseitige Beobachtung von Akteuren“ (nur darauf baut Schimank auf) und „indirekte Beobachtung über ein als ähnlich wahrgenommenes Objekt“ werde ich in der sozialtheoretischen Reflexion (Kapitel 4) eingehen.

werden. Deshalb muss jeder Erklärungsversuch dauerhafter Koordination nicht nur versuchen zu erklären, wie die Verstetigung einer bestimmten Koordinationsweise vonstatten geht, sondern auch, wie Gefährdungen der Handlungsabstimmung, die sich schlicht über die zeitliche Dauer ergeben, abgewehrt werden können.

Sowohl der Versuch einer Erklärung der situativen als auch der dauerhaften koordinativen Wirkung bestimmter Objekte kann – das ist die zweite Dimension – entweder nach der Seite der Akteure wie nach der Seite der Objekte selbst hin aufgelöst werden.

Kreuzt man beide Dimensionen, so lässt sich die Frage nach der koordinativen Wirksamkeit der Boundary Objects in vier Felder aufteilen und jeweils eine Leitfrage formulieren.

Für das erste Feld (situative Wirksamkeit/ Fokus auf die Akteure) scheint mir die Leitfrage wie folgt zu stellen zu sein:

Wie wird der Bezug auf ein von allen Beteiligten als hinreichend ähnlich beobachtetes Objekt so zum Bestandteil der Situationsdefinition des einzelnen Akteurs, dass er in der Lage ist, aktiv Beiträge zu einem kollektiven Unternehmen beizusteuern?

In Bezug auf die Boundary Objects ist der spezifizierende Nebensatz notwendig, da es nicht um alle irgendwie kollektiv relevanten Objekte geht, sondern nur um solche, die relevant für Kooperationsbeziehungen sind, oder noch klarer gesagt: die dafür konstitutiv sind⁸⁰.

Für die weitere Differenzierung der Frage nach den Objekten in der Situationsdefinition der Akteure scheinen mir zwei Punkte zentral zu sein. Zum einen die Anforderungen, die sich aus der Art und dem Ziel der Zusammenarbeit ergeben. Ich will das im Folgenden als „Kooperationserfordernisse“ bezeichnen. Jene können selbstredend empirisch

⁸⁰ Die wie oben gesehen nonchalante Bejahung der Frage, ob die Beatles ein Boundary Object sein können (*Star* 2010, S. 613) geht mit diesem Punkt eher spielerisch um. Ein Beatles-Song kann entweder einen ähnlichen Hintergrund, vielleicht sogar einen Teil der Identität einer Generation, aufrufen, wenn er im Radio gespielt wird. Das allein aber hat mit Kooperation noch nichts zu tun. Dieser Song könnte aber auch im Zentrum des aktiven Engagements einer Gemeinde von Beatles-Enthusiasten stehen – oder der Fokus eines interdisziplinären Projektes sein, in dem der ultimative Beatles-Song durch das Einfüttern von musikwissenschaftlichen, kulturtheoretischen und neurowissenschaftlichen Beiträgen in ein intelligentes Softwaresystem generiert werden soll.

sehr unterschiedlich sein. Ich hatte etwa schon bei der Zusammenfassung der Literaturlage auf die offene Frage hingewiesen, ob Boundary Objects in gleicher Weise für Kooperationen im Nahbereich weniger Akteure oder für große, auch räumlich verteilte Kooperationsbeziehungen geeignet sind. Dennoch lassen sich die Erfordernisse prinzipiell danach unterscheiden, ob die notwendigen Beiträge zum kollektiven Unternehmen gleichartig oder ob sie ungleichartig sind, und es sich damit um eine arbeitsteilige Kooperationsbeziehung handelt. Um gleichartige Beiträge geht es etwa dann, wenn Objekte wie etwa grafische Darstellungen von Modellen, Skizzen oder Artefakte genutzt werden, um wechselseitige Verständigung zu ermöglichen. Um ungleichartige Beiträge geht es etwa dann, wenn einige Akteure relevante Informationen beschaffen oder abgeben, während andere Akteure diese Informationen zusammenführen und weiterbearbeiten (das ist etwa bei der Nutzung von Werkzeugen des Wissensmanagements der Fall). Ein zweiter zentraler Punkt ist die Frage, ob das Objekt ein dem Akteur bewusstes Ziel repräsentiert und Fixpunkt einer entsprechend bewussten Absicht ist, zur Erreichung des kollektiven Zieles Beiträge zu leisten, oder ob das Objekt so in die Situation ‚eingebaut‘ ist, dass das Erbringen von Beiträgen mangels aktueller Relevanzzuschreibung einfach mitvollzogen wird⁸¹.

Für das zweite Feld (situative Wirksamkeit/ Fokus auf die Objekte) liegt die Leitfrage auf der Hand und lautet:

Wie müssen die Objekte intern beschaffen sein, um zum Fokus eines doppelten Bezuges der Akteure werden zu können?

Auch diese Frage war bereits Bestandteil der unklaren Punkte nach dem Durchgang durch die Literaturlage, kann nunmehr aber etwas genereller formuliert werden. In vielen Texten vor allem konstruktivistischer Provenienz fällt es schon unter das Verdikt des „Essentialismus“ oder der „Reifikation“, diese Frage überhaupt zu stellen (so etwa, wie gesehen, bei *Zeiss & Groenewegen* 2009, S. 91), und auch in interaktionistischen Texten wird nahezu immer davor gewarnt, das Objekt ohne seine Nutzung zu betrachten. In der Kernidee des Konzeptes ist diese Frage allerdings angelegt, denn die koordinative Wirkung

⁸¹ Das ließe sich (etwa Essers Unterscheidung von „Modi der Selektion“ von situationsrelevanten Informationen folgend, *Esser* 1999, S. 52 ff) auf einer Achse vom vollständig reflektierten Bestandteil einer situationalen Abwägung von Handlungsalternativen bis hin zur routinisierten (d.h. auf der Basis von Vorerfahrungen abgekürzten) Situationsdefinition auffächern.

der Boundary Objects entsteht ja dadurch, dass der innere Zusammenhang zwischen zwei Formen des Bezuges auf dasselbe Objekt erhalten bleibt – und die Beschaffenheit des Objektes muss den Erhalt dieses inneren Zusammenhanges befördern oder zumindest erlauben. Ob diese spezielle Beschaffenheit im materiellen Substrat oder in der medialen Form begründet ist, oder eine rein symbolische Konvention ist, kann damit natürlich nicht vorentschieden werden. Es kann sich natürlich auch um eine Kombination handeln – dann wären Boundary Objects zusammengesetzte Entitäten. Die Frage einer solchen Kombination ist angelegt bei *Rammert* 1993 (S. 302f). Dort wird für die soziologische Konzeptualisierung von Technik argumentiert, dass die „Unterschiede in der Materialität und ihrer Wirkungen berücksichtigt werden können, ohne sofort in die Annahme deterministischer Zusammenhänge zu verfallen“ (S. 302). Allerdings weist die „Relationierung von Technik und Sinn“ im Falle der Boundary Objects der „Offenheit [der] Vielfalt sozio-kultureller Ausdrucksformen“ (ebenda) Grenzen auf, denn bei Reinterpretationen von Technik (oder generell Objekten) kann der innere Zusammenhang der beiden Bezugnahmen auf ein Objekt sehr schnell verloren gehen – damit wäre dann auch deren koordinative Leistungsfähigkeit zumindest in Frage gestellt.

Wie immer die Frage nach einer für die koordinative Leistung dieser Objekte der geeigneten Beschaffenheit auch gefasst wird, ich denke, dass diese Frage – ob nun durch konzeptionelle Überlegungen oder die Interpretation empirischer Fälle – entscheidbar sein sollte.

Für das dritte Feld (auf Dauer gestellt/ Fokus auf die Objekte) lautet die Leitfrage:

Wie kann die innere Beschaffenheit der Objekte und insbesondere ihre Skalierbarkeit dauerhaft aufrechterhalten werden?

Diese Frage kann ganz analog zur eben formulierten gefasst werden, nur eben nach der Seite der Objekte hin aufgelöst. Wenn die koordinative Wirksamkeit von Boundary Objects auf dem inneren Zusammenhang zwischen zwei Formen des Bezuges auf dasselbe Objekt beruht (wie oben vermutet), dann muss dieser Zusammenhang über einen längeren Zeitraum erhalten bleiben. Objekte können sich durch kollektive Nutzung aber ändern. Der symbolische Gehalt und die materiale oder mediale Form eines grafisch dargestellten

Designprinzips zum Beispiel kann, wenn es dauerhaft zu grafikbasierter Verständigung (wie in einigen der Fallbeschreibungen in der Literatur beschrieben) genutzt wird, dazu führen, dass ein Maß an Detaillierung zumindest bei einigen Beteiligten erreicht wird, das die „ill-structured“-Seite des Objektes gleichsam beschädigt (oder für die ebenfalls beschriebenen Versuche eines machtgetriebenen ‚Kaperns‘ des Objektes ermöglicht). Umgekehrt kann natürlich auch durch zu intensiven (und eventuell durch zu absichtsvollen) Einsatz dieser Objekte die Verbindung zu dieser „ill-structured“-Seite verloren gehen⁸².

Für das vierte Feld (auf Dauer gestellt/ Fokus auf die Akteure) ist die Formulierung der Leitfrage ebenso nahe liegend:

Wie kann der Bezug auf ein Objekt dauerhaft zu Erwartungssicherheit bei den an der Kooperation beteiligten Akteuren führen?

Die Bildung sozialer Ordnung wird, jedenfalls aus Schimanks (und jeder anderen) akteurtheoretischen Perspektive, auf die Herausbildung dauerhafter Erwartungssicherheit zurückgeführt, die alle beteiligten Akteure an ein einmal erreichtes (oder als erreicht wahrgenommenes) Ergebnis eines sozialen Prozesses bindet. In Verhandlungskonstellationen sind es etwa die aus dem Prozess resultierenden Verträge, die die Akteure binden. In analoger Weise stellt sich für die koordinative Wirksamkeit eines Boundary Objects dann die Frage, wie die hinreichend ähnliche Wahrnehmung (die indirekte wechselseitige Beobachtung) dieses Objektes dazu führt, dass die Erfüllung von Kooperationserfordernissen als etwas Selbstverständliches wahrgenommen wird. Das Objekt muss also – umgangssprachlich formuliert – auf eine noch zu ergründende Weise die Beobachtung befördern oder sogar hervorbringen, dass „man das hier so macht“, dass man „das hier so erwartet“, oder dass „das hier also das Prinzip“ ist.

Auf Kooperation bezogene Erwartungssicherheit als „struktureller Effekt“ von Boundary Objects hat aber noch eine zweite Seite. Die Sicherheit der wechselseitigen Erwartungen muss, soll sie dauerhaft sein, auch gegen Gefährdungen abgesichert werden, die sich entweder aus veränderten Kontextbedingungen oder aber als Nebenfolgen aus der fortgesetzten

⁸² Hinter dieser Formulierung steckt ersichtlich die Frage, ob sich Boundary Objects bewusst einsetzen oder gar absichtsvoll designen lassen.

Interaktion selbst ergeben können. Die Geltungsvoraussetzungen von Verträgen zum Beispiel können sich natürlich ändern. Gravierender ist, wenn sich bei einem oder allen Vertragspartnern allein aus der Interaktionsepisoden oder Einzelbeobachtungen der Verdacht bildet, dass die anderen Beteiligten nur auf eine günstige Gelegenheit zum Ausstieg lauern. Diese Frage stellt sich für rein auf Beobachtung basierende Formen von Erwartungssicherheit besonders deutlich, denn anderes als bei kodifizierten Verträgen liegen dort der Bewertung nur die im Gedächtnis gespeicherten Beobachtungsergebnisse zugrunde, und es ist eine naheliegende Vermutung, dass die Stärke der Bindungswirkung deshalb anders gelagert und eventuell ‚schwächer‘ ist. Ich werde später (in Kapitel 4) in die Richtung argumentieren, dass Boundary Objects zwar indirekte Beobachtung auf Dauer stellen, dafür in ihrer medialen Form aber eine Art materialen Anker für die Wiedererkennbarkeit der repräsentierten Inhalte bereitstellen.

Ich werde diese Formulierungen der Leitfragen für alle weiteren Schritte mitführen und am Ende als Gliederungsfolie für das Fazit verwenden. In Kapitel 4 komme ich nochmals auf die Schimankschen „elementaren Mechanismen“ zurück, dann aber unter dem speziellen Gesichtspunkt der „Leistungsvoraussetzungen“ dieser Mechanismen in Bezug auf die Verwendung von Boundary Objects in Beobachtungskonstellationen.

Mit den vorgestellten Fragen sind zugleich eine ganze Reihe von Kandidaten für eine Typisierung von Boundary Objects genannt und eingeordnet worden. Ich denke, dass es sinnvoll ist, diejenigen Begriffe und Zusammenhänge, die offenbar für den Versuch einer Antwort auf die ‚großen‘ sozialtheoretischen Fragen wichtig sind (etwa unterschiedliche Modi von Situationsdefinitionen, oder die „elementaren Mechanismen“ selbst) auf dieser Abstraktionsebene zu belassen und nicht mit auf die Empirie gerichteten Typisierungsversuche zu vermengen. Die Anlage einer solchen Typik habe ich bereits aus dem Originalaufsatz zu den Boundary Objects abgeleitet (vgl. 2.2).

3 Boundary Objects in der Servicerobotik

3.1 Ein heterogenes F&E-Feld

Servicerobotik ist, um eine typische Definition aus dem Feld zu verwenden,

„ein interdisziplinäres Forschungs- und Entwicklungsgebiet, das nicht nur in der Fachwelt, sondern auch in den breiten Medien einiges an Aufmerksamkeit und Interesse erweckt hat. Allgemein betrachtet handelt es sich bei Servicerobotern um Roboter, die Dienstleistungen für den Menschen verrichten“ (*Gesellschaft für Informatik* 1997).

Eine schärfer konturierte Definition und Abgrenzung findet sich in einem der Beiträge zur Grundlagendiskussion, die auf dem „International Workshop on Biorobotics: Human-Robot Symbiosis“ geführt und an prominenter Stelle veröffentlicht wurden:

„We define service robots as reprogrammable, sensor-based mechatronic devices that perform useful service to human activities in an everyday environment. Under this definition, service robots reside somewhere between industrial and field robots“ (Kawamura u.a. 1996, S. 110).

Abbildung 5 fasst diese Definition zusammen und illustriert sie.

	Industrial Robots Welding Robot no autonomy	Service Robots Intelligent robotic aid system semi-autonomy	Field Robots Mars Rover full autonomy
Robot intelligence			
Environmental modification			
User-robot interaction (communication/ intervention/ training)			

Abbildung 5 Definition von Servicerobotern (Quelle: Kawamura u.a. 1996, S. 110)⁸³

⁸³ Die Graphik ist aus Gründen der Übersichtlichkeit gegenüber dem Original leicht modifiziert: In der Zeile mit den Beispielen wird die allgemeine Bezeichnung „intelligent robotic aid system“ (ebenda, S. 109) anstelle des Acronyms („ISAC-HERO“) des konkreten Demonstrationssystems der Autoren (einer Arbeitsgruppe der Vanderbilt University)

Es scheint nun durchaus so, dass diese Definition (der Wortwahl vieler Protagonisten folgend) als Kern eines „neues Paradigmas“ der Robotik bezeichnet werden kann, denn es handelt sich ausdrücklich nicht um die Anwendung bisheriger Ansätze auf eine neue Anwendungsdomäne. Die Eignung für eine so dynamische und unstrukturierte Einsatzumgebung wie das alltägliche Habitat des Menschen macht es, wie in der Abbildung ausgedrückt, vielmehr notwendig, von einem grundlegend veränderten Verständnis von maschineller Intelligenz auszugehen. Serviceroboter müssen adaptiv und semi-autonom sein. Das Stichwort der Adaptivität wird zu einer scharfen Abgrenzung von den Industrierobotern verwendet, denn jene weisen (aus Sicht der gesamten „new wave of robotics“ (zusammenfassend *Brooks* 2002) die irreparable Schwäche auf, nur dann funktionieren zu können, wenn die immergleichen Bedingungen herrschen. Industrieroboter sind, in einem Wort zusammen gefasst, vollkommen „unflexibel“ und erfordern daher eine massive Strukturierung und Kontrolle ihrer Einsatzumgebungen⁸⁴. Am anderen Ende des Spektrums stehen vollständig autonome Systeme. Bereits die Bezeichnung als „field robots“, besonders aber das Beispiel des Marsroboters weisen darauf hin, dass diese Roboter letztlich für eine ‚menschenfreie‘ Einsatzumgebung ausgelegt sind. Dagegen, das wurde schon vor längerer Zeit formuliert, „findet bei den meisten Serviceaufgaben eine enge Interaktion zwischen Benutzer und Roboter statt“ (*Bischoff et. al.* 1998, S. 67), und diese Benutzer sind Laien: „Serviceroboter sollen in erster Linie Menschen dienen, die keine Roboterexperten sind“ (ebenda), und auch nicht werden wollen, denn sonst fände ja keine Handlungsentlastung durch das technische System statt. Die Problematik einer möglichst reibungsfreien und intuitiven Nutzbarkeit wird nun keineswegs nur als eine technische Aufgabenstellung diskutiert, sondern als ein Bestandteil des Verständnisses von intelligenten Systemen überhaupt: Diese Roboter sollen „Kooperationsfähigkeit“ (ebenda) besitzen, und letztlich wird als Trägerin der Intelligenz nicht das isolierte technische System, sondern die schon genannte „Mensch-Maschine-Symbiose“ verstanden.

verwendet. Und die Zeile mit den Graden der Autonomie ist von mir eingefügt, nach der expliziten Wortwahl im Text.

⁸⁴ Daher verändert auch die jüngste Verschiebung durch Fokussierung auf die sog. „personal robots“ oder „Roboterassistenten“, wie sie etwa der Programmatik des größten deutschen Verbundprojektes zugrunde liegt (vgl. etwa *Prassler et. al.* 2001), nichts am Prinzip. Vorgeschlagen wird eine ganz andere Sicht auf Industrieroboter, in deren Zentrum Fragen der Mensch-Maschine-Interaktion stehen.

Bereits ein erster Blick auf die tatsächlichen F&E-Schwerpunkte in der Robotik (etwa das aktuelle Handbuch der Robotik (*Siciliano & Khatib* 2008) zeigt, dass es sich bei der geschilderten Abgrenzung einer eigenständigen Servicerobotik keineswegs um bloße Programmatik oder abgehobene Philosophie handelt. Auf der lokalen Ebene (den Arbeitsgruppen bzw. Instituten) existieren zahlreiche Einzelprojekte und Verbundvorhaben, deren translokaler Zusammenhalt in der durchaus ‚üblichen‘ Weise institutionalisiert ist, etwa durch eigene Konferenzzyklen, eigene Professionsgruppen (etwa in der VDI/VDE und der GI), oder die kontinuierliche Förderung in nationalen wie internationalen Programmen. Wichtiger noch scheint die Verankerung in der disziplinären Praxis, etwa durch Seminare und Qualifikationsarbeiten zum Thema, oder schlicht dadurch, dass entsprechende Roboter den Fokus der Arbeit in zahlreichen Labors bilden. Es handelt sich also jenseits einer bloßen Interdisziplinaritätsrhetorik um eine kollektive Gesamtunternehmung.

Die Thematisierung der lokalen Bedeutung der Geräte selbst liefert jedoch auch einen ersten Hinweis darauf, dass die erläuterte Basisdefinition keineswegs den Zusammenhalt und die Stabilität dieser kollektiv Unternehmung herstellt, jedenfalls nicht im Sinne eines die Einheitlichkeit vorgängig versichernden „paradigmatischen Exemplars“ im Kuhnschen Sinne⁸⁵. Denn die Roboter selbst werden durchgängig als „Experimentier- oder Forschungsplattformen“ bezeichnet, welche Zielstellungen dienen, die so vielfältig sind wie die relevanten Komponenten eines Robotersystems: Fragen der Hardwarekomponenten und der Mechanik, der Steuerungs- und Regelungstechnik, der Aktuatorik und Sensorik, der Software und der Algorithmen ... und vieles mehr. Es kann sich aber auch um Fragen handeln, die bestenfalls am „praxisrelevanten“ Ende von theoriegeleiteten Bereichen wie der KI-Forschung („Was ist das Wesen der Intelligenz?“), aber auch Teildisziplinen von Biologie und Psychologie zu verorten sind. Entsprechend unterschiedlich wird der Status der „Roboterplattformen“ thematisiert: Das Spektrum reicht von der Vorstufe vermarktbarer Prototypen bis hin zu reinen

⁸⁵ Solche „Musterbeispiele“ (*Kuhn* 1976, S. 199) ermöglichen es, den Kern eines „Paradigmas“ (d.h. „die ganze Konstellation von Meinungen, Werten, Methoden etc., die von den Mitgliedern einer gegebenen Gemeinschaft geteilt werden“; ebenda, S. 186) auf eine nicht explizite, praktische Weise am Artefakt zu vermitteln: Es handelt sich um die „konkreten Problemlösungen, die, als Beispiele gebraucht, explizite Regeln als Basis für die Lösung der übrigen Probleme der ‚normalen Wissenschaft‘ ersetzen können“ (ebenda).

Forschungsinstrumenten, mit einer Vielzahl von anderen Antworten, die sich wiederum nicht auf einer einheitlichen Skala auftragen lassen.

In einer zugegebenermaßen hochaggregierten Form lassen sich die disparaten Bedeutungen der Rede von der „Roboterplattform“ vier disziplinären Orientierungen zuordnen⁸⁶, die nicht nur unterschiedliche (im Kuhnschen Sinne: „inkommensurable“) Fragestellungen verfolgen, sondern etwa auch ganz unterschiedliche Gründe haben, sich überhaupt einen (oder mehrere) Roboter anzuschaffen:

1. Für die Informatik stellt eine solche „Plattform“ eine besonders herausfordernde Testumgebung für die Überprüfung oder Weiterentwicklung bestimmter Algorithmen und informatischen Verfahrensklassen dar;
2. Für die KI-Forschung sind Roboter auf Grund ihrer physischen Materialität der Testfall schlechthin für einer „realitätsnähere“ Maschinenintelligenz, welche sich von den idealisierenden Annahmen der „GofAI“ (Szenejargon für „good old fashioned artificial intelligence“) sichtbar abgrenzt (eben als beobachtbares Roboterverhalten);
3. Teilbereiche von Biologie und Psychologie verwenden Roboter als „realisierte Simulationen“, d.h. als ein Werkzeug zur experimentellen Erschließung von Grundlagenfragen (besonders der Erforschung von „verkörperter Intelligenz“);

⁸⁶ Die Zahl der tatsächlich beteiligten Disziplinen und Bindestrichdisziplinen ist selbstverständlich wesentlich höher. Dazu kommen seit langem etablierte multidisziplinäre Zusammenhänge mit eigener Tradition und einem eigenständigen „scholarship“ (etwa die Forschungen zu „Vision“, „Neural Computation“ oder „Machine Learning“) sowie eher lose „communities“ oder Szenen (wie etwa die „Artificial Life-Forschung“). Die Erstellung einer ‚institutionellen Landkarte‘ aller beteiligten Institute und Arbeitsgruppen wäre daher eine ganz eigene soziologische Aufgabe, zumal sich Disziplinen, multidisziplinäre Forschungsrichtungen und „communities“ in vielfacher und oft uneindeutiger Weise überlappen. Die Einteilung in vier Orientierungen stellt die meines Erachtens wesentlichen Differenzen in Zielstellung und Perspektive in Bezug auf Roboter heraus. Es ist wichtig zu betonen, dass das Ausmaß dieser Differenz (etwa im Sinne von ‚Nähe‘ und ‚Ferne‘) nichts über die Möglichkeit und das Verlauf von interdisziplinären Kooperationen aussagt – das höchste Maß an wechselseitiger Abgrenzung findet sich (wenig überraschend) nicht zwischen den, sondern innerhalb der Orientierungen, etwa zwischen verschiedenen „Schulen“ der KI-Forschung oder zwischen Maschinenbauern und Elektrotechnikern.

4. Für die Ingenieure schließlich ist der konkrete Roboter eine „Entwicklungsplattform“, die der Weiterentwicklung von Steuerungs- und Regelungsverfahren, aber auch von Hardwarekomponenten dient.

An dieser Auflistung wird nicht nur die gravierende Differenz der Orientierungen deutlich, sondern auch, dass der konkrete Roboter selbst nirgends im Zentrum des Interesses steht – er stellt nur ein geeignetes Mittel (eben eine „Plattform“) für die Verfolgung der jeweiligen Ziele dar. Daher ist es keineswegs übertrieben zu sagen, dass der Serviceroboter aus buchstäblich jeder disziplinären Perspektive peripher ist.

Der periphere Charakter der Roboter selbst findet seine direkte Entsprechung in der eigentümlich dezentrierten, oder besser: zentrumslosen Struktur der Gesamtunternehmung Servicerobotik. Ich will hier nur einige offensichtliche Indizien anführen. So ist die Extension der Basisdefinition Gegenstand von diametral entgegengesetzten Etablierungsstrategien: Dem Bemühen um eine möglichst scharfe Abgrenzung von Industrie- und Feldrobotik, die in Institutionen wie etwa dem „Service Robots Technical Committee“ der IEEE „Robotics and Automation Society“ voran getrieben wurden, steht eine so breite und damit an Beispielen reiche Definition gegenüber, dass lediglich die klassischen ‚dummen‘ Montageroboter ausgeschlossen werden (etwa in den einflussreichen Monographien des Fraunhofer-Institutes für Produktionstechnik und Automatisierung; z.B. *Schraft & Schmierer* 1998). Diese Monographien bilden auch einen Eckpunkt einer weiteren Strategiedifferenz, denn dort werden ausführliche Projektionen der zukünftigen Entwicklung benutzt um zu prognostizieren, dass Serviceroboter die Industrieroboter „in zwanzig Jahren“ an Zahl und Marktpotential überholen werden; Deutschland sollte also die kommende „technische Revolution im Dienstleistungssektor“ nicht verschlafen. Im Feld ist aber auch eine tiefgreifende Skepsis gegenüber den „überzogenen“ Prognosen der KI-Forschung weit verbreitet, die als sehr schädlich wahrgenommen wird: „Wenn man sich rückblickend die Prognosen ansieht, die in den letzten Jahrzehnten Aussagen über das Aufkommen unserer robotischen ‚Verwandten‘ und Helfer getroffen haben, so muss man wohl eingestehen, dass in dieser Frage Wunsch und Wirklichkeit weit auseinanderliegen. So kündigten bereits 1964 Fachleute für 1984 Haushaltsroboter an, welche die gebräuchlichsten Haushaltstätigkeiten selbständig verrichten könnten“ (*Bischoff u.a.* 1998, S. 67). Und schließlich wird

im Feld immer wieder die Forderung nach „technischen Standards“ für Serviceroboter erhoben, mit dem Argument, dass erst ein solcher einheitlicher Referenzrahmen für wechselseitige Bezugnahme und Bewertung „the end of the beginning“ (Lawitzky 1999, Shofield 1999) einleiten kann.

Die Koexistenz von divergierenden Etablierungsstrategien wie die Forderungen nach Vereinheitlichung haben allerdings (zumindest bislang) keinen Einfluss auf den Fortgang der kollektiven Gesamtunternehmung gehabt, ihr aber offensichtlich auch nicht geschadet. Dieser Befund ist zunächst irritierend, da er der grundlegenden Annahme unserer alltäglichen Einstellung widerspricht, dass langanhaltende Kooperationsbeziehungen einen geteilten Kern an orientierendem Wissen und verlässliche Rahmenbedingungen voraus setzt.

3.2 Das „Pidgin“ der Robotiker oder: die Handlungsbeteiligung der Algorithmen

Die Konstruktion von Servicerobotern wird, wie oben beschrieben, als eine besonders herausfordernde Aufgabe betrachtet, da sie in einer dynamischen und komplexen Umwelt ‚agieren‘ müssen – dem natürlichen Habitat des Menschen:

„Im Gegensatz zu industriellen Robotersystemen operieren Serviceroboter typischerweise in unstrukturierten, komplexen, sich schnell verändernden und möglicherweise gefährlichen Umgebungen. ... Der Entwurf solcher intelligenten Regelungs-, Planungs- und Betriebssysteme stellt eine Herausforderung dar, der sich die Informatik und die Künstliche Intelligenz in den nächsten Jahren stellen müssen“.
(Gesellschaft für Informatik 1997)

Für diese Herausforderung hat sich seit längerem die Bezeichnung „real world problems“ eingebürgert. Umgekehrt gelten mobile Roboter als *die* geeignete „Plattform“ oder Testumgebung, um solche „real world problems“ beforschen, und letztlich den Bau „intelligenter Systeme“ neu orientieren zu können. In einer Überblicksmonographie zu den „computational principles of mobile robotics“ wird das so formuliert:

„Mobile robots are not only a collection of algorithms for sensing, reasoning, and moving about space; they are also physical embodiments of these algorithms and ideas that must cope with all the vagaries of the

real world. As such, mobile robots provide a reality check for theoretical concepts and algorithms. Mobile robotics is the domain where literally the 'rubber meets the road' for many algorithms in path planning, knowledge representation, sensing, and reasoning" (*Dudek & Jenkin 2000, S. 2*).

Obwohl es hier ‚nur‘ um die Frage der Eignung bzw. Weiterentwicklung von Werkzeugen (formaler Verfahren bzw. Algorithmen) geht, wird an den Zitaten doch deutlich, dass die grundlegenden Eigenschaften (oder das „Wesen“) von „wirklich intelligentem“ maschinellem Verhalten (bzw. von Intelligenz überhaupt und einer in irgendeiner Weise „realistischen“ Überprüfung von Annahmen über Intelligenz) auf der Agenda steht. Es handelt sich also um eine Art generalisierende Vereinfachung, die benutzt wird, um die ganz grundlegenden Eigenschaften bestimmter Klassen von Verfahren (stochastische Verfahren, neuronale Netze, genetische Algorithmen u.a.) durch ein gemeinsames Kriterium auszuzeichnen (eben ihre Fähigkeit zur Lösung „realweltlicher“ Probleme), und auf diese Weise eine dauerhafte Bezugnahme möglich zu machen.

Hier besteht eine direkte Parallele zu Galisons Rekonstruktion der Entstehung und Etablierung der Computersimulation, denn er führt das produktive Zusammenspiel der vielfältigen Bedeutungen und Anwendungen der frühen Computersimulationen auf eine ganz analoge generalisierende Vereinfachung zurück – auf die Ausbildung einer vereinfachten Verständigungssprache, welche er metaphorisch als ein „Pidgin“ bezeichnet. Die englischen Handelsvertreter des 17. und 18. Jahrhunderts mussten ihre Muttersprache auf wenige wesentliche Worte ‚eindampfen‘, um sich mit den Einheimischen dauerhaft verständigen zu können – und vice versa; nur so konnte eine dauerhafte Koordination der Praxis (d.h. von Handelsbeziehungen) überhaupt hergestellt werden. Genauso gingen dem Wissenschaftshistoriker Galison zufolge die Wissenschaftler und Techniker in der Entstehungsphase der Computersimulation vor, um sich transdisziplinär verständigen zu können – sie entwickelten ein generalisiertes Sprechen über die besondere Leistungsfähigkeit und die möglichen Anwendungsgebiete stochastischer Verfahren, eine Art Wesensräsonieren am Formalismus.

Galison hat diesen Koordinationsmechanismus ganz besonders hervorgehoben: die aufs Wesentliche reduzierte Interpretation bzw. das „Pidgin“ einer

bestimmten Klasse von formalen Verfahren (der „Monte-Carlo“-Simulationen zur stochastischen Berechnung bzw. Abschätzung intrinsisch komplexer Prozesse – in so unterschiedlichen Bereichen wie der Teilchenphysik, der Wetterprognose, dem Bau von Wasserstoffbomben oder der Synthese neuer chemischer Verbindungen). Es liegt Nahe, mit der Suche nach einer vergleichbaren translokalen Verständigungssprache in der Robotik zu beginnen, denn bei Kooperationszusammenhängen zwischen heterogenen Akteursgruppen oder Disziplinen stellt sich wohl immer die Frage: „Why and how do they talk to each other at all?“ (Galison 1997, S. 63).

Wie jede Metapher operiert auch die des „pidgin“ mit einem Analogieschluss zwischen zwei substantiell unterschiedlichen Bereichen. Bei den wissenschaftlich-technischen „interlanguages“ besteht das Substrat nicht aus natürlichsprachlichen Zeichenfolgen (Worten), sondern aus Formalismen (mathematischen Symbolen), die für Maschinen entwickelt und auf Maschinen prozessiert werden. Die Stärke dieser metaphorischen Analogie besteht darin, dass sie eine allgemein kulturwissenschaftliche Evidenz überhaupt erst beschreibbar macht. Mathematischen Formalismen, automatisierten Berechnungs- und Auswertungsstandards oder Programmcodes kann, so die Evidenz, in hochtechnisierten Unternehmungen (wie etwa der Computersimulation) eine Bedeutung zukommen, die weit jenseits einer bloßen Nutzung als ein technisches Werkzeug liegt, sondern vielmehr eine große Ähnlichkeit mit der natürlichen Sprache eines Kollektivs hat: „‘unnatural’ (constructed) languages such as signing, FORTRAN, and even electronic circuit design can be used in such broad expressive modes, that any demarcation criterion seems bound to fail“ (ebenda, S. 835). Formale Verfahren werden in diesem Erklärungsansatz also nicht aufs „instrumentelle Handeln“ verkürzt, sondern es wird betont, dass sie unmittelbar kommuniziert und wechselseitig verstanden werden, und somit Kollektivität stiften können.

Galisons Metaphorik weist allerdings auch einige ganz immanente Unklarheiten auf, denn bei genauerem Hinsehen lassen sich in seiner Rekonstruktion mindestens drei unterschiedliche Sprachanalogien ausmachen. Auch das wäre noch kein gravierender Einwand, wenn durch die Metaphorik nicht die Differenz zwischen unterschiedlich gelagerten Fragestellungen und sozialtheoretischen Annahmen verwischt werden würde. Genau das scheint aber der Fall zu sein. Daher lohnt ein genauerer Blick.

Eine erste Sprachanalogie kann scharf konturiert werden, wenn sie ausschließlich auf das „wordless pidgin“ im engeren Sinne begrenzt wird. Natur- und Technikwissenschaftler, so die Kernaussage, nutzen weder die natürliche Sprache noch den Fließtext zur Kommunikation, sondern ihr originäres Medium – auch dann, wenn es um die Herstellung einer aufs Wesentliche reduzierte Verständigungssprache geht. Durch Schritte wie „reduction of mathematical structure, suppression of exceptional cases, ... simplified explanatory structure“ (ebenda, S. 835) werden formale Verfahren soweit vereinfacht, dass eine wechselseitige Bezugnahme quasi auf der Werkzeugebene möglich wird; selbst gravierende Differenzen von Kulturen und Traditionen können so schlicht unterlaufen werden. Wenn das „wordless Pidgin“ so verstanden wird, dann wird jenseits all der Vagheiten der Metaphorik eine konkrete und empirisch überprüfbare Annahme sichtbar. Es ist zwar schwer beobachtbar, ob und wie transdisziplinäre Bezugnahmen tatsächlich (und nicht nur als „Synergieeffekt“ o.ä.) vorliegen und auch praxisrelevant sind. Es kann aber durchaus festgestellt werden, ob tatsächlich in erster Linie oder sogar ausschließlich radikal vereinfachte Formalismen verwendet werden, um die Wesensmerkmale (besonders die generellen Vorzüge) bestimmter Verfahrensklassen darzustellen.⁸⁷

⁸⁷ Diese empirische Feststellung ist nun nicht nur von empirischem Interesse, sondern auch von großem sozialtheoretischem Reiz, denn Galison selbst legt durch die Art seiner Rekonstruktion zahlreicher Einzelfälle zumindest nahe, dass hier eine mediale Eigenlogik am Werk ist. Viele seiner historischen Beispiele laufen darauf hinaus, dass den Verfahren gerade auf Grund ihrer mathematischen Form eine besondere Potentialität für Vereinfachung innewohnt. Während sich natürliche Sprachen (auch Alltagssprachen) durch eine reiche und notorisch unscharfe Semantik auszeichnen, und daher je nach Heimatkontext unterschiedlich gebraucht und verstanden werden, können Formalismen (Algorithmen und andere Verkettungen von Symbolen) sehr weit ‚ausgedünnt‘ werden, ohne ihren generalisierbaren Bedeutungskern zu verlieren – sie sind dann zwar gewiss nicht mehr als Werkzeug für disziplinär zugeschnittene Berechnungs- oder Automatisierungsaufgaben zu gebrauchen, können aber selbst über große disziplinäre Differenzen hinweg identifizierbar und kommunizierbar bleiben. Wenn diese Lesart zutrifft, dann wird hier eine genuin soziale Spezifik (die Ermöglichung von Verständigung) mit der Spezifik bestimmter Artefakte direkt gekoppelt. Die Herstellung eines „wordless pidgin“ ist dann keine „soziale Konstruktion“, keine durch Interesse oder Intention der Akteure bestimmtes „Aushandlungsergebnis“, sondern die situative Aktualisierung jener Potentialität, die den Formalismen selbst (also bestimmten Artefakten) inhärent ist. So jedenfalls kann Galisons bereits genannte Intention, die „Disposition von Laborobjekten“ in die Beschreibung einzubeziehen, verstanden werden: als Hinweis auf eine spezifische, nicht aufs traditionell Soziale reduzierbare und dennoch für die Stiftung von Sozialität konstitutive Rolle der formalen Verfahren.

Die zweite Analogie zwischen natürlichsprachlichen und formalen „pidgins“ besteht darin, dass die Herstellung einer hinreichenden Verständigungsgrundlage in beiden Fällen ein notwendiges Mittel ist, um ein vorgelagertes Ziel zu erreichen: die Etablierung von dauerhaften Tauschbeziehungen. Galison verwendet für diesen Zusammenhang den wiederum metaphorischen Begriff der „trading zone“. Die Bezeichnung als „Handel“ ist allerdings etwas irreführend, denn Elemente, die für Handelsbeziehungen typisch sind (etwa eine einheitliche Währung oder ein Umrechnungsmodus), spielen hier keine Rolle. Zutreffender wäre wohl die Bezeichnung als eine ‚Zone der Zirkulation‘, denn gemeint ist „the exchange of theorems, algorithms, programs, and tricks“ (ebenda, S. 770), und zwar im Sinne des Tausches derjenigen Versatzstücke, die für die jeweils praktisch anliegenden Probleme als gerade lohnend oder irgendwie passend wahrgenommen werden. Wenn diese Austauschprozesse eine gewisse Häufigkeit und Dichte erreicht haben, dann kann eine kollektive Unternehmung ein hohes Maß an Kohäsion gewinnen, auch wenn die ‚offiziellen‘ disziplinären Wertschätzungen und Interpretationen vollkommen inkompatibel sind. Auch diese zweite Sprachanalogie lässt sich recht direkt in eine empirisch überprüfbare Hypothese übersetzen. Die Frage ist dann schlicht die, ob sich eine entsprechend große (und für die Praxis der Beteiligten entsprechend relevante) Anzahl von Austauschprozessen beobachten lässt.⁸⁸

⁸⁸ Die Antwort auf diese empirische Frage führt wiederum recht direkt zu sozialtheoretischen Überlegungen, denn Galison beschreibt Zirkulate von höchst heterogener Beschaffenheit. Es kann sich um (symbolische) Teile von Verfahren handeln, etwa elegante Berechnungstricks oder Stücke von Softwareprogrammen; um (kognitive) Bruchstücke von konzeptionell ausgearbeiteten Überlegungen; oder um physische (im Wortsinn materielle) Dinge, etwa um Teile von Untersuchungsinstrumenten – Galison zitiert aus dem Feld das wunderbare Wort von der „Kannibalisierung der Instrumente“ (ebenda, S. 54). Nicht zuletzt können aber auch ausgebildete Personen zirkulieren, als Träger des praktischen Wissens (des know-how), wie all diese heterogenen Versatzstücke sinnvoll in einen neuen konzeptionellen oder apparativen Kontext integriert werden können. Es scheint also, als ob jedweder Unterschied von Substanz und Substrat eingeebnet wird, da buchstäblich alles zum Objekt der Zirkulation werden und somit zur Kohäsion einer kollektiven Unternehmung beitragen kann. Eine Spezifik der Artefakte, gleich ob symbolischer oder materieller Natur, lässt sich hier jedenfalls nicht ausmachen, denn sämtliche Tauschvorgänge folgen ausschließlich einer opportunistischen Logik des Augenblicks. Diese Lesart der ‚Zone der Zirkulation‘ fügt sich unmittelbar in Galisons übergreifende Konzeptualisierung der sozialen Dynamik von Wissenschaft und Technik: Er erklärt die Vorstellung von fest gefügten und zeitlich streng aufeinander folgenden „paradigmatischen Blöcken“ zu einer „antipositivistischen“ Schimäre, und setzt an dessen Stelle das Bild von permanenten Brüchen in und unvollständigen Bezugnahmen zwischen Theorie, Experiment und Instrument (und den sie tragenden Kulturen; vgl. hierzu ebenda, S.

Auch die dritte Sprachanalogie thematisiert den dynamischen Prozess zu einer stabilen kollektiven Unternehmung, allerdings in einer deutlich anderen Weise. Umschrieben wird die Ausweitung des „wordless Pidgin“ zu einem „full fledged Creole, the language of a self-supporting subculture“ (ebenda, S. 769). Kennzeichen einer „kreolisierten“ Verständigungssprache ist, dass sie erstens weit über den ursprünglichen Zweck – die Ermöglichung von Tauschbeziehungen – hinaus geht, und tendenziell alle Bereiche des sozialen Lebens erfasst, und dass sie zweitens ein eigenes Vokabular und eine eigene Grammatik ausbildet, die zwar von allen Heimatsprachen als illegitimer ‚Bastard‘ behandelt werden, aber in ihre Herkunftssprachen nicht mehr rückübersetzbar sind. Nun sind Sprache und Handeln, wie wir wissen, nicht zu trennen. Daher wird „to make a living in the trading zone“ (ebenda, S. 770) für Naturwissenschaftler und Techniker (insbesondere für den Nachwuchs) mit Erreichen eines Stadiums des „Creole“ eine plausible Erwartung. Soweit die durchaus originelle Metaphorik; nun zur Frage, was konkret damit gemeint ist. Die Herstellung eines „Pidgin“ geht – wie oben geschildert – auf die aktive (und in diesem Sinne intentionale) Vereinfachung der Formalismen durch die Protagonisten zurück. Das führt aber recht schnell über jene ‚Schmerzgrenze‘ hinaus, jenseits der eine sinnvolle Verwendung im jeweiligen disziplinären Kontext überhaupt noch möglich ist, und geht daher mit einer erheblichen Zumutung einher: dem Risiko der disziplinären Marginalisierung (der verbauten Karriere) sowie, vielleicht noch gravierender, dem Risiko des Verlustes von Kollegialität. Die Doppelrolle als „pariah and intermediary“ (ebenda, S. 732) kann nur für eine gewisse Zeitspanne (oder in heraus gehobenen historischen Situationen⁸⁹) ihren Reiz entfalten; auf Dauer

797ff). Der theoretische Fokus richtet sich dann auf Mechanismen, die Ordnungsbildung (hier: die Ausbildung von Kollektiven) jenseits von „paradigmatischen Blöcken“, jenseits von sauberen De- und Rekontextualisierungen und jenseits einer leitenden Makrologik erklären können. Der situierte Kannibalismus der Zirkulation kann sicherlich als geeigneter Kandidat für einen solchen Mechanismus betrachtet werden.

⁸⁹ Solche heraus gehobenen historischen Situationen sind sehr selten, wie Galisons Text über Norbert Wiener und die Entstehung der Kybernetik im zweiten Weltkrieg illustriert (Galison 1997a). In diesem Text verknüpft er virtuos persönliche Biographie, Kriegsgeschehen, transdisziplinäre Kooperation und Geschichte der Instrumente zu einer verschlungenen Gesamterzählung, die den kybernetischen Universalismus wesentlich plastischer darzustellen (und wohl auch zu erklären) vermag als die Rede von „sozialen Kontext“ (der Vorteil des Historikers, sozusagen). Im Übrigen verbindet er die „polykulturelle“, aber in den Zeitumständen situierte Erzählung mit einer entschiedenen Kritik an „postmodernen“ Zugangsweisen.

werden sich die Beteiligten aktiv um eine Einhegung dieser Zumutung bemühen. Sie werden Kollegialität organisieren, etwa durch Gründung eigener Konferenzen und Journale, und ein eigenes System der typisch wissenschaftlichen Qualitätssicherung, also des peer-review, etablieren, und all das hat bei der Etablierung der Computersimulation auch tatsächlich stattgefunden. Was mit „autonomy movements at the margin“ (ebenda, S. 54) beginnt, entfaltet mit der Zeit eine Eigenlogik, die sich recht umstandslos als Institutionsbildung beschreiben lässt. Die entstehende Institution ist dann zwar keine Disziplin im klassischen Sinne, da sie von allen beteiligten Disziplinen als randständig behandelt wird, wohl aber so etwas wie eine „speciality“. Jenseits der Metapher des „Creole“ lässt sich also auch diese dritte Sprachanalogie auf zwei empirisch überprüfbare Annahmen ‚herunterbrechen‘: Werden die Zumutungen der disziplinären Randständigkeit von den Protagonisten als so gravierend empfunden, dass sie sich aktiv um die Organisation eines eigenständigen Forums der Kollegialität bemühen? Und entfalten diese Bemühungen im Laufe der Zeit zu einer Eigenlogik in Richtung auf die ‚übliche‘ wissenschaftliche Institutionalisierung des neuen Feldes?

Die drei Sprachanalogien des „wordless Pidgin“, der ‚Zone der Zirkulation‘ und des „Creole“ weisen wie geschildert in deutlich verschiedene und einander zumindest teilweise widersprechende Richtungen, und zwar besonders was die jeweilige Annahme über die Einbindung der Verfahren in die „Textur“ von Kollektivität stiftenden Praktiken betrifft. So wird einerseits eine für diese Art von Artefakten spezifische Potentialität zumindest nahegelegt, andererseits bei konsequenter Durchführung des Zirkulationsmotivs verworfen. Und es wird je nach Sprachmetapher ersichtlich auch ein je unterschiedlicher Grund für die Kohäsion der Unternehmung heraus gestellt. Da Galison wie gesehen mit der Notwendigkeit einer Berücksichtigung von „materiellen Objekten und ihrer Nutzung“ den metaphorischen Charakter seiner Begriffe begründet hat, sind dies Unklarheiten, die einer Präzisierung jedweder Rede von einer Handlungsbeteiligung dieser Artefakte (der formalen Verfahren) in Wege stehen. Da es mir nicht um eine Re-Interpretation der Galisonschen Rekonstruktion zu tun ist (das wäre wohl auch vermessen), will ich mich erneut dem „Pidgin“ der Robotiker zuwenden, und die empirischen Fragen, die der systematisierende Durchgang erbracht hat, auf dieses Beispiel anwenden. Dabei werde ich mit den beiden letzten Sprachanalogien beginnen, und zwar schlicht

deshalb, weil das Ergebnis dort negativ sein wird und ich mich kurz fassen kann.

Da jeder Versuch einer Elaborierung des ‚Pidgin‘ nicht nur auf disziplinär unterschiedliche Theoriekontexte treffen musste, sondern auch auf eine unterschiedliche Bedeutung und Gewichtung von Theoriefragen, musste diese Verständigungssprache durch und durch mundan oder ‚inoffiziell‘ bleiben, und sie ist es über viele Jahrzehnte auch tatsächlich geblieben. Auch das „Pidgin“ der Robotiker weist diesen mundanen oder ‚inoffiziellen‘ Charakter auf, was nicht nur an der bewusst einfachen Wortwahl (wie in den Zitaten oben) deutlich wird, sondern v.a. an den in diesem Feld so typischen „war stories“ (Orr 1996, 1998):

„Es gibt heute Schachcomputer, die Großmeister schlagen können; es gibt aber keinen Roboter, der in ein Zimmer gehen, dort ein Schachspiel aus dem Regal nehmen und es auf dem Tisch aufbauen kann – eine leichte Aufgabe für ein sechsjähriges Kind“ (Bischoff 1998, S. 66).

In dieser (und vielen vergleichbaren) Geschichten werden „real world problems“ illustrativ gebündelt, wobei durch die Generalisierung eine rigide Abgrenzung mit einem in die Zukunft gerichteten Versprechen verschränkt wird. Die Abgrenzung richtet sich, das ist offensichtlich, gegen all jene Klassen von Verfahren, die eine vorab klar strukturierte und vollständige Modellierung der „Domäne“ erfordern (also in erster Linie gegen die Industrierobotik). Solche Verfahren werden als dem Wesen nach „künstlich“, d.h. als „unflexibel“ und nicht „lernfähig“, oder in einem Wort: als nicht „realitätstauglich“ bezeichnet. Diese reichlich pauschale (eben vereinfachende) Abgrenzung von der „GofAI“ (der „Good old fashioned Artificial Intelligence“, so der Szenebegriff) macht im unmittelbaren Umkehrschluss die prinzipiell „realitätstauglichen“ Verfahrensklassen zu Trägerinnen eines Innovationsversprechens, das im Modus des „noch nicht“ verbleiben kann. Nun sind Lehrstühle oder Arbeitsgruppen in der Informatik, der KI und in vielen ingenieurialen Teildisziplinen typischerweise um ein (selten mehrere) Verfahren organisiert, das jeweils beherrscht und tradiert wird⁹⁰. Wenn an vielen dieser Lehrstühlen

⁹⁰ Diese Beobachtung hat ja, wie oben angeführt, Autoren wie Fleck und Hohn zur Schilderung eines ‚zerfledderten‘ Zustandes der genannten Forschungsbereiche geführt; zur Erinnerung: „rather than being a substantive area oriented to the elaboration of a theoretical structure which comprises its subject matter, artificial intelligence so far has been based on a body of

und Arbeitsgruppen Roboter als anspruchsvolle „Plattformen“ entdeckt werden, und das „Pidgin“ das Innovationsversprechen über die Grenzen disziplinärer Orientierungen hinaus formulierbar macht, so kann das durchaus so verstanden werden, dass eine bereits vorliegende und funktionierende Lösung für ein noch genauer zu spezifizierendes Problem (etwa den Bau von Servicerobotern) vorgestellt wird. Diese Umkehrung des ‚sauberen‘ erkenntnistheoretischen Weges deckt sich weitgehend mit Beobachtungen auf der lokalen Ebene des einzelnen Labors von Knorr-Cetina 1984: „Wenn sich mittels einer Analogierelation verbundene ‚Ideen‘ als nicht realisierte Lösungen mit Erfolgsversprechen darstellen, dann nimmt die mit solchen Ideen verbundene Forschung eine eigenartige post-hoc Qualität an; das heißt, die Untersuchung eines Problems wird vorgenommen, nachdem die Lösung bereits gefunden ist“ (ebenda, S. 108). In einem Zwischenfazit lässt sich also sagen, dass das „Pidgin“ der Robotiker eine vereinfachende Generalisierung ist, die nicht nur ein hinreichendes Maß an translokaler Verständigung ermöglicht, sondern darüber hinaus auch darauf abzielt, die wesentlichen Eigenschaften unterschiedlicher Verfahrensklassen als Lösung für ein in der Zukunft kollektiv zu bearbeitendes Anwendungsproblem darzustellen. Hier scheint mir jenseits der Rede von „theoretischen Herausforderungen“, aber auch von „Visionen“ oder „Leitbildern“ der vorwärtstreibende Faktor der „neuen Robotik“ zu liegen: Es wird eben kein neues Problemfeld identifiziert und in eine arbeitsteilige Programmatik übersetzt, sondern es wird eine jedenfalls prinzipiell vorliegende Lösung „zum Funktionieren gebracht“ (ebenda).

Obschon diese Interpretation die konstitutive Rolle der Verfahren heraus stellt, habe ich bis zu diesem Punkt die Herausbildung einer dauerhaften Verständigungsgrundlage für einander fremde Kulturen als einen rein natürlichsprachlichen Vorgang beschrieben. So zeichnen sich die einfachen Beschreibungen (die sich nicht nur in den genannten „war stories“, sondern beispielsweise auch in „Calls for paper“ sowie der gesamten Außendarstellungen von Forschungsprojekten finden) gerade dadurch aus, dass sie sich des Mediums der Alltagssprache bedienen. Das könnte den Schluss nahe legen, dass das „Pidgin“ der Robotiker ein Reden *über* die Eigenschaften von Artefakten ist, das sich mit der Zeit verfestigt und als eine Ebene diskursiver

programming languages and practices, methods, techniques and approaches ...“ (Fleck 1982, S. 202).

Realitätswahrnehmung *neben* den (wie gesehen nach disziplinärer Orientierung sehr unterschiedlichen) praktischen Umgang mit diesen Artefakten tritt. Dann würde es sich um eine kollektive Zuschreibung handeln, und von einer Handlungsbeteiligung der Artefakte könnte keine Rede sein.

Was das „wordless Pidgin“ im oben eingeschränkten Sinne betrifft, so lässt sich für die Robotik zunächst feststellen, dass *vereinfachte Darstellungen von formalen Verfahren* durchaus eingesetzt werden, und zwar besonders dann, wenn ein multidisziplinär zusammengesetztes Publikum adressiert wird. Solche Darstellungen finden sich typischerweise in den Anfangspassagen von Papers und Folienvorträgen oder auf einem Poster⁹¹ – ihre Funktion ist also nicht die ‚argumentative‘ Entfaltung von formalen Details (also der „technische Umsetzung“ oder „Implementation“), sondern die grundsätzliche Verortung des Ansatzes der jeweiligen Arbeitsgruppe. Wenn der zugespitzteren Vermutung nachgegangen wird, dass die Formalismen das bevorzugte oder gar alleinige Medium für die Verständigung über das „Wesen“ von intelligentem Maschinenverhalten sind, so ergibt sich allerdings ein differenzierter Befund.

Formalismen werden zwar in einer radikal vereinfachten und damit entkontextualisierten Weise benutzt, aber typischerweise (d.h. mir ist kein einziges Gegenbeispiel bekannt) in Kombination mit anderen Darstellungsformen.

⁹¹ Ich nenne die jeweils relevanten Textsorten, da deren Bedeutung für translokale Bezugnahme bzw. Kooperation bislang in der Wissenschafts- und Techniksoziologie (bzw. in den STS) keine Berücksichtigung gefunden hat – ganz im Gegensatz zur vielfach beschriebenen Transformation der Kontingenzen von lokalen Laborpraktiken in die „gesicherten“ Erkenntnisse in der letztendlichen schriftlichen Darstellung der „wahren“ Ergebnisse. Das ist verwunderlich, denn wer immer sich ins Feld begibt, wird auf eine Welt gestoßen, in der Postersessions oder Folienvorträge (für die in aller Regel keine ausformulierte Textversion existiert), aber auch FAQs oder Newsgroup-Diskussionen ein wesentlicher Bestandteil der Forschungspraxis sind. Diese Textsorten stellen keineswegs die verkürzte (oder bloß ‚illustrative‘) Version jener Materialsorten dar, die der wissenschaftssoziologischen Analyse üblicherweise zugrunde gelegt werden (veröffentlichter Aufsatz, Interview und quantitative Daten).

$$m(x,y) = \frac{\sum_{i=0}^{I-1} \sum_{j=0}^{J-1} \frac{1}{2} \left[\cos \left(2 \left| \lambda_{i,j} - \vartheta_{MAX}^{(x+i-\frac{I}{2}, y+j-\frac{J}{2})} \right| \right) + 1 \right]}{\text{card}(\text{supp}(\Lambda))}$$

Abbildung 6 Mathematische Darstellung eines Verfahrens (Quelle: Boehme u.a. 1998)

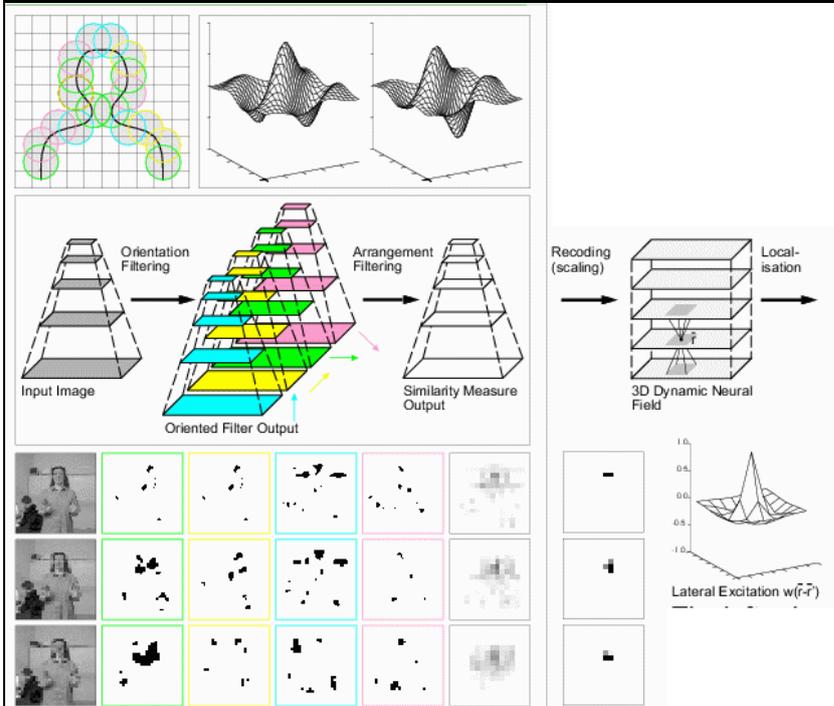
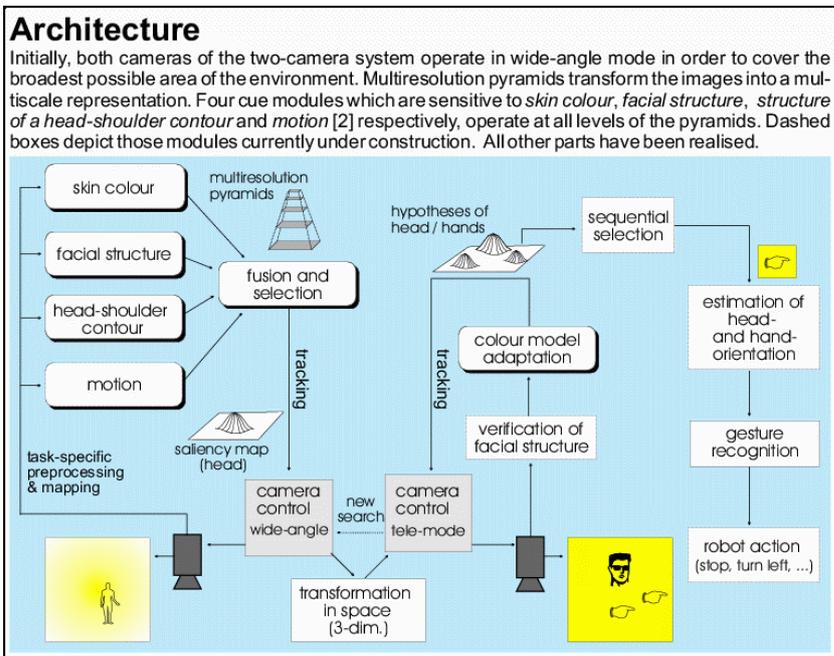


Abbildung 7 Vereinfachungen der Verfahrensdarstellung bis hin zum Piktogramm (Quelle: Boehme u.a. 1998)

Häufig wird eine graphische Veranschaulichung gewählt, die gegenüber einer im jeweiligen disziplinären Kontext sinnvollen Darstellung (Abb. 6) entweder rein illustrativ oder aber bis hin zum bloßen Piktogramm vereinfacht ist (Abb. 7), dafür aber das generelle Funktionsprinzip der verwendeten Verfahrensklasse unmittelbar ‚ins Auge springen‘ lässt und so die bereits bekannten alltagssprachlichen Formulierungen über „real world problems“ ergänzt. Ein weiteres recht häufig gewähltes Element ist schließlich die Darstellung der konkreten Einsatzumgebung des Roboters, entweder als Photo oder als schematische Darstellung des vom Roboter zu bewältigenden Parcours, womit die Komplexität bzw. der „Realismus“ der Aufgabenstellung auf nochmals andere Weise verdeutlicht werden soll.

Die Bedeutung einer Aussage des Typus ‚Wir verwenden eine Version von künstlichen neuronalen Netzen, da diese Verfahrensklasse als eine prinzipielle Lösung für die Realisierung komplexen Roboterverhaltens geeignet ist‘, lässt sich also sowohl im Medium der natürlichen Sprache als auch im Medium vereinfachter Formalismen oder graphischer Illustrationen ‚formulieren‘, und genau das geschieht wie gesehen auch. Diese Illustrationsweisen werden aus bestehenden Darstellungskonventionen, nicht nur aus dem Bereich der gesamten Robotik, sondern auch aus Bereichen wie etwa dem „maschinellen Lernen“ bezogen. Von einem aktiven Bemühen um eigenständige Kommunikationsformen kann keine Rede sein, was bereits gegen die Annahme einer Eigenlogik zur „Kreolisierung“ spricht (siehe unten). Wichtiger scheint mir, dass die verschiedenen Darstellungsformen immer in einer Kombination verwendet werden. Das spricht wohl stark gegen die Annahme einer gerade diesen Artefakten inhärenten Potentialität zu vereinfachender Generalisierung, und damit gegen ihre Auszeichnung als das privilegiertes Medium für translokale Verständigung, jedenfalls in naturwissenschaftlich-technischen Zusammenhängen. Weit plausibler erscheint mir die Interpretation, dass der wechselseitige Verweisungszusammenhang zwischen den Medien für die Protagonisten den großen Vorteil hat, auf mehrere Weisen das ‚Register‘ wechseln zu können – sie können, je nach den Umständen, die Darstellung des grundlegenden Prinzips oder des „Wesens“ der Verfahren nicht nur als entweder gelungene Simplifizierung oder als bloß defizitäre Form der disziplinär elaborierten Formalismen schildern, sondern auch wahlweise als bloße graphische Illustration oder als einer allgemeinverständlichen

Vermittlung geschuldete Überkonkretisierung. Somit kann das Wesensrätsonieren am Formalismus in der Schwebel zwischen den diametral entgegengesetzten Erfordernissen der disziplinären Elaborierung und der translokalen Verständigung gehalten werden – eben in der Grenzzone. Die Protagonisten können so ihren Bezug auf kollektive Gesamtunternehmung gleichzeitig als Mitgliedschaft und Distinktion definieren und praktizieren.

Eine *große Zahl oder besondere Dichte von Austauschprozessen* lässt sich für die Servicerobotik nicht feststellen, und zwar weder auf der Ebene einzelner Verbundprojekte noch auf der Ebene der Gesamtunternehmung. Das ist eine durchaus erstaunliche Beobachtung, denn andere Bereiche der Robotik (etwa die weit verbreiteten kleinen Forschungsroboter oder LEGO-Roboter) lassen sich durch Zirkulationsprozesse (bzw. als eine wörtlich genommene „trading zone“) ganz gut beschreiben, und vielfältige Foren des Austausches von Erfahrungen, Bauplänen, Roboterteilen und v.a. Software werden sowohl von den Herstellern unterhalten wie auch von den Nutzern quasi ‚von unten‘ organisiert. In der Servicerobotik dagegen trifft man bereits bei der Suche nach den Nahe liegenden Kandidaten für den Tausch, Programmcodes und Tricks für einen Umgang mit Software (keine Software läuft, wie wir alle wissen, ohne solche Tricks), zumeist auf Desinteresse und häufig auf explizite Ablehnung. Der Grund für diesen negativen Befund ist meines Erachtens im Status der jeweils verwendeten Roboter als „Plattform“ zu suchen, die zwar einen nicht geringen Teil der tagtäglichen Arbeit bestimmt, aber doch letztlich für Fragestellungen benutzt wird, die nicht nur nach disziplinärer Orientierung, sondern schon von Arbeitsgruppe zu Arbeitsgruppe erheblich differieren. Daher hat, um ein reales Beispiel zu nennen, eine Maschinenbau-Arbeitsgruppe, die gerade eine kunstvoll zusammengesetzte und gesteuerte Roboterhand „zum Laufen gebracht hat“, keinerlei Interesse daran, die Software eines KI- oder biologieorientierten Verbundpartners auf dem eigenen Gerät auszuprobieren – die Hand könnte ja Schaden nehmen. Nur wenn längere Zeiträume betrachtet werden und zudem eine radikal Latoursche Perspektive eingenommen wird, könnte man von einem bestimmten „Zirkulat“ reden: von Mitarbeitern die eingestellt werden, die eingestellt werden, weil sie bestimmte Kenntnisse aus fremden Disziplinen mitbringen. Aber mit einer solchen Sicht würde die Rede von der ‚Zone der Zirkulation‘ wohl doch über Gebühr strapaziert.

Für die *Entwicklung eines „Creole“* im oben präzisierten Sinne lässt sich in der Servicerobotik keinerlei Hinweis ausmachen. Bereits die von Galison für die Computersimulation beschriebene initiale Motivationslage, die „Syntax und Grammatik“ des „Pidgin“ zu erweitern, spielt hier keine Rolle – die aktive Organisation von Kollegialität, um die als prekär empfundene disziplinäre Randständigkeit abzufedern. So lässt sich aus den Publikationen und eher alltagssprachlichen Äußerungen der Robotiker eine lange Liste von Klagen über den defizitären Zustand ihrer Unternehmung generieren, die von der mangelhaften Interdisziplinarität über das Fehlen von Standardlösungen und anschaulichen Erfolgsgeschichten bis hin zur Ignoranz „der Industrie“ reicht – disziplinäre Randständigkeit gehört nicht dazu. Und es gibt meines Wissens auch keinen Hinweis darauf, dass die Arbeit an dieser Sorte von Robotern ein formales oder soziales Hindernis für eine Karriere in der jeweiligen Heimatdisziplin darstellt. Entsprechend lassen sich auch keine Indizien dafür finden, dass eine Form von institutioneller Eigenlogik in Gang gesetzt wurde; ein vielfältiger Kranz von Themen zur Servicerobotik ist Gegenstand von eigenen Workshops wie Topos auf den heterogenen Themenlisten der großen internationalen Konferenzen zur Robotik. Als Gesamtunternehmung betrachtet bleibt der Institutionalisierungsgrad noch hinter der von *Joerges & Shinn* 2001 beschriebenen „semi-institutionalization“ der Konstrukteure und Betreiber „generischer Forschungsinstrumente“ zurück. Die Frage ist nicht, *ob* die Protagonisten der Robotik die Gelegenheit haben, sich produktiv und zumutungsfrei zu verständigen, sondern *wie* sie das über radikale Differenzen hinweg bewerkstelligen können – und damit rückt die erste Bedeutung der Sprachmetapher ins Zentrum der Aufmerksamkeit.

Die Algorithmen der Servicerobotiker weisen ganz klar die Doppelstruktur eines Boundary Object auf. So können etwa neuronale Netze als eine Klasse von Algorithmen in ihrer „schwach strukturierten“ Form so repräsentiert werden, dass sie ein allgemeines Prinzip als ein „Pidgin“ (*Galison* 1997) wiedererkennbar symbolisieren (weil sie ‚der Natur‘ bzw. ‚dem Gehirn abgeschaut‘ sind und deshalb im Vergleich zu anderen Klassen von Algorithmen eher „real world problems“ adressieren können), aber zugleich in den Kontext der je unterschiedlichen Diskussionen über die Leistungsfähigkeit von unterschiedlichen mathematischen Berechnungsverfahren in ganz unterschiedlichen Fachgemeinschaften gestellt werden können – in jener

Version handelt es sich dann für die bei der großen Deutung verwendeten Repräsentationen nurmehr um Illustrationen dieses allgemeinen Prinzips, aber nicht um ernsthafte Beiträge zum Stand der Forschung und Entwicklung. Dennoch werden konkrete Versionen dieser Klasse und anderer Klassen von Algorithmen in dem besonders ‚lebensnahen‘ Fall der Servicerobotik erprobt und die Ergebnisse dieser Erprobung von algorithmischen Lösungsansätzen fortlaufend in die Robotik und damit auch in den Stand der Forschung der Robotik eingespeist.

3.3 Graphisch repräsentierte Design-Philosophien als boundary objects

Grafische Darstellungen haben speziell in den Ingenieurwissenschaften keineswegs nur illustrativen Charakter, sondern sind Bestandteil einer reichhaltigen visuellen Kultur. Sie bilden eine eigenständige Vorstellungs-, Gestaltungs- und Verständigungswelt, und werden daher häufig als ein eigenständiges Medium neben der natürlichen (gesprochenen oder geschriebenen) Sprache und den Formalismen bezeichnet. Ulrich Wengenroth hat das visuelle Denken im diesem Sinne als historische Grundlage der Ingenieurwissenschaften beschrieben, eine Grundlage, die weitgehend implizit bleibt und daher neben der großen Produktivität der Ingenieurskunst auch beharrende Tendenzen zu erklären vermag (etwa in *Heymann & Wengenroth* 2001). Demgegenüber kommt sowohl der natürlichen wie der numerischen Sprache ein wesentlich geringeres Gewicht zu. Und auch der Klassiker der Untersuchung der visuellen Kultur der Ingenieure, Ferguson, führt in seiner großangelegten Studie zur Geschichte der Ingenieurwissenschaften diese Kultur darauf zurück, dass „many of us resort without reflection to our nonverbal abilities to think in images of real things and of things that appear only in our imaginations“ (1992, S. 41). Grafische Darstellungen sind demnach die „lingua franca“ des Ingenieurswesens; das Vokabular der grafischen Symbole und die Art der Darstellung des Gesamtzusammenhanges eines technischen Gegenstandes („seine Form, seine Proportionen und die Relationen zwischen seinen Elementen“, ebenda) können von allen Ingenieuren ohne den Umweg über die tückische gesprochene oder geschriebene Sprache ‚gelesen‘ werden und erlauben so die kollektive Weiterentwicklung.

Ferguson, selbst ein Ingenieur, führt die Möglichkeit der Nutzung grafischer Darstellungen letztlich auf unsere kognitive Grundausstattung als Menschen zurück. Die visuelle Vorstellungskraft ist ihm zufolge in einem eigenständigen „Organ“ (dem „mind’s eye“) situiert, das es uns erlaubt, uns individuell die Welt als einen geordneten Sinnzusammenhang vorzustellen – eben als eine Grafik. Ein in der Literatur häufig beschriebenes Standardbeispiel zeigt allerdings, dass diese Letztbegründung zumindest sehr einseitig ist. Dieses Standardbeispiel beschreibt eine Ingenieurin, die zu einem Meeting kommt, und nach einiger Zeit der mündlichen Diskussion entweder sagt: „Eine Sekunde, wir kommen erst weiter wenn ich meine Entwurfsskizze geholt habe“, oder aber: „Wir kommen nur weiter wenn wir nach nebenan ans Zeichenbrett gehen“. Diese typische Sequenz wird, egal ob sie im Architekturbüro oder in der Entwurfssitzung von Entwicklerin, CAD-Experten und Management in einem großen Maschinenbaubetrieb spielt, immer als ein Beleg dafür interpretiert, dass grafische Darstellungen zugleich für die individuelle Vorstellungskraft wie die Zusammenarbeit notwendig sind⁹². Sie ermöglichen, in den Worten Hendersons (*Henderson 1998a*), gleichursprünglich „individuelles Denken und interaktive Kommunikation“ (ebenda, S. 27). Sie sind, anders gesagt, immer auch ein „Werkzeug für kollektives Denken“ (ebenda) bzw. für die „Ko-Konstruktion von Wissen“ (ebenda, S. 105).

Grafische Darstellungen erlauben es in der Welt der Ingenieure, den zur Diskussion stehenden Zusammenhang in seiner Gänze, d.h. in den wesentlichen Zusammenhängen, auf einen Blick zu erfassen. Henderson spricht hier von der Eigenschaft, den Zusammenhang (etwa den Aufbau einer komplexen Maschine) in einer Art „Totalität“ zu erkennen – grundlegende Designfragen lassen sich so unmittelbar etwa bestimmten Designschulen zuordnen und entsprechend diskutieren. Zugleich erzwingen solche grafischen Darstellungen die Berücksichtigung und den plausiblen ‚Einbau‘ aller wichtigen Elemente und Funktionsprinzipien – erzwungen wird rein durch das Medium so etwas wie „optische Konsistenz“ (ebenda, S. 33). Da es sich aber

⁹² Zu dieser Standardgeschichte gehört typischerweise auch die Schilderung des negativen Falles, etwa wenn beschrieben wird wie die Fähigkeit der Ingenieure, das Aussehen und die Funktionsweise eines komplexen Gerätes in einer quick and dirty-Variante an die Tafel zu malen oder anhand eines Entwurfsschemas zu erläutern, durch die Einführung von übertrieben formalisierte Entwurfsmethoden (insbesondere durch Standardsoftware) verkümmert. Dann sind disziplin- und bereichsübergreifende Verständigungsprozesse letztlich doch wieder auf natürlichsprachliche Kommunikation angewiesen – und funktionieren deshalb nicht.

dennoch nur um eine grafische Repräsentation handelt (ein „Bild“, und oft nur eine inoffizielle Skizze) können alle Beteiligten ihre je eigenen disziplinären Inhalte wiedererkennen, und ihre eigenen Interpretationen und nicht zuletzt Begrifflichkeiten bleiben intakt. Grafische Darstellungen haben also die Eigenschaft, „schwach strukturiert in der gemeinsamen, aber stark strukturiert in der individuellen Verwendung“ (ebenda, S. 78) zu sein. Das Ausdiskutieren und die Festlegung eines letztendlichen Konsenses ist damit nicht notwendig, und Flexibilität und Differenz bleiben erhalten.

Beides, die Ermöglichung von kollektivem Denken und die „optische Konsistenz“ bei Aufrechterhaltung von Differenz wird, so Hendersons Interpretation, dadurch möglich, dass Ingenieure in ihrer visuellen Kultur „multilingual“ (ebenda, S. 200) sind. Das heißt, sie können innerhalb der visuellen Sprache den „Code switchen“ (ebenda, S. 187): Je nach Arbeits- und Aushandlungssituation können die zur Diskussion stehenden Zusammenhänge entweder in einer einfachen (oft handgezeichneten) Skizze, einem einfachen Schema, einem komplexen Schema der Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen oder in einer voll ausgearbeiteten Repräsentation der Realität dargestellt werden. Und mehr noch, diese unterschiedlichen Darstellungsformen sind bis zu einem gewissen Grad auch ineinander übersetzbar, was es bei Interpretationskonflikten oder der (häufig ja nicht intendierten) Verletzung von disziplinärer Integrität möglich macht, auf eine andere Ausarbeitungsebene zu springen, um den Verständigungsprozess zumindest am Laufen zu halten.

Als „Architektur“ wird in der Robotik der grundsätzliche Zusammenhang zwischen den verschiedenen Teilen eines Roboters bezeichnet, also wie die Hardware- (Sensoren Aktuatoren) und Softwarekomponenten (etwa Algorithmen für die Verarbeitung von Sensordaten, etwa für die Selbstlokalisierung, Pfadplanung oder Zielerrechnung) miteinander verschaltet sind. Auch wenn jede Arbeitsgruppe Lösungen für bestimmte Komponenten auf der Roboterplattform auf ihre Tauglichkeit für die unvorhersehbar komplexe reale Welt testet, ist die Anlage der Gesamtarchitektur ein wichtiges Merkmal für die Beurteilung jedes Einzelansatzes. Deshalb ist es in der Robotik eine Konvention, eine schematische Zeichnung des ‚Bauplanes‘ des Gesamtsystems in Publikationen, Vorträgen oder Postern abzubilden.

Diese Abbildungen von Architekturen lassen sich – ganz im Sinne der soeben skizzierten „visuellen Logik“ – in nahezu beliebigem Ausmaß detaillieren, aber auch sehr einfach halten, um eine grundsätzliche Idee bzw. das Prinzip des Aufbaus des Roboters (und damit des dahinter stehenden Gestaltungsansatzes) zu illustrieren. Ich will das im Folgenden an einigen Beispielen aus einem sehr bekannten Lehrbuch der „AI Robotics“ (Murphy 2000) exemplifizieren.

Die historische Abfolge unterschiedlicher „design philosophies“ (Kawamura et. al. 1996) bzw. grundsätzlicher Gestaltungsansätze spiegelt sich direkt in der Frage der Anlage der Architektur wieder, und kann mit ganz einfachen Grafiken, die nur ganz abstrakt die drei Basiskomponenten sense – think – act umfassen, auf eine sofort wieder erkennbare Weise illustriert werden. In einer im Feld durchaus nicht unüblichen Dreiteilung (vgl. etwa Brooks 2002) wird davon ausgegangen, dass die frühen Robotersysteme top-down konzipiert waren, als auf einer hohen Ebene von einem Steuerungszentrum aus Umweltinformationen verarbeitende Computer auf Rädern. Abbildung 8 zeigt die Repräsentation des „hierarchischen Paradigmas“.

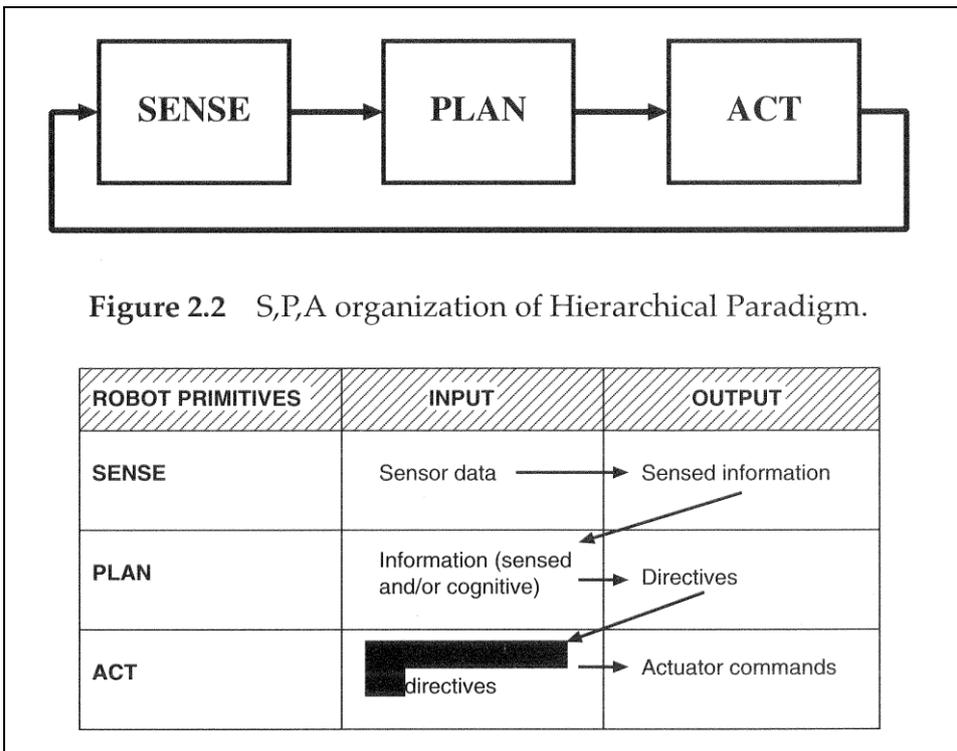


Abbildung 8 Repräsentation des hierarchischen Paradigmas (Quelle: Murphy 2000, S. 43)

Ein zweiter, davon zumindest in seiner Anfangszeit radikal abweichender Ansatz geht grundsätzlich genau anders herum vor: Beginnend mit wenigen

einfachen Informationsverarbeitungsmodulen wird hier, unter weitgehendem Verzicht auf eine Planungsebene, strikt bottom-up vorgegangen. Abbildung 9 zeigt die grafische Repräsentation dieses sogenannten „reaktiven Paradigmas“.

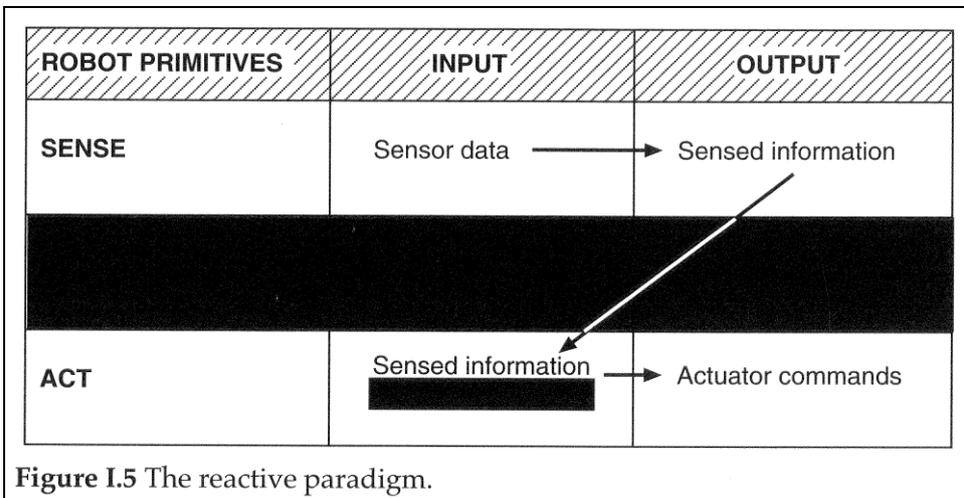


Figure I.5 The reactive paradigm.

Abbildung 9 Repräsentation des reaktiven Paradigmas (Quelle: ebenda, S. 9)

Der dritte, seit einiger Zeit wohl am weitesten verbreitete „hybride“ Ansatz stellt einen Kompromiss dar (Abb. 10).

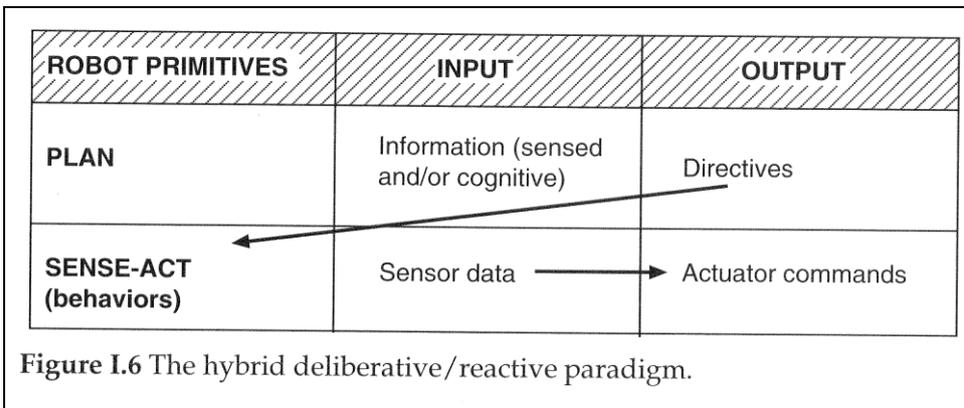


Figure I.6 The hybrid deliberative/reactive paradigm.

Abbildung 10 Repräsentation des hybriden Paradigmas (Quelle: ebenda, S. 10)

Die in den Pfeilen repräsentierte grundsätzliche Richtung der Informationsverarbeitung, die den Kern des jeweiligen Ansatzes visualisiert, kann nun detailliert und damit in Richtung auf ein ‚echtes‘, nicht mehr nur illustratives Architekturschema konkretisiert werden, wie etwa in Abbildung 11.

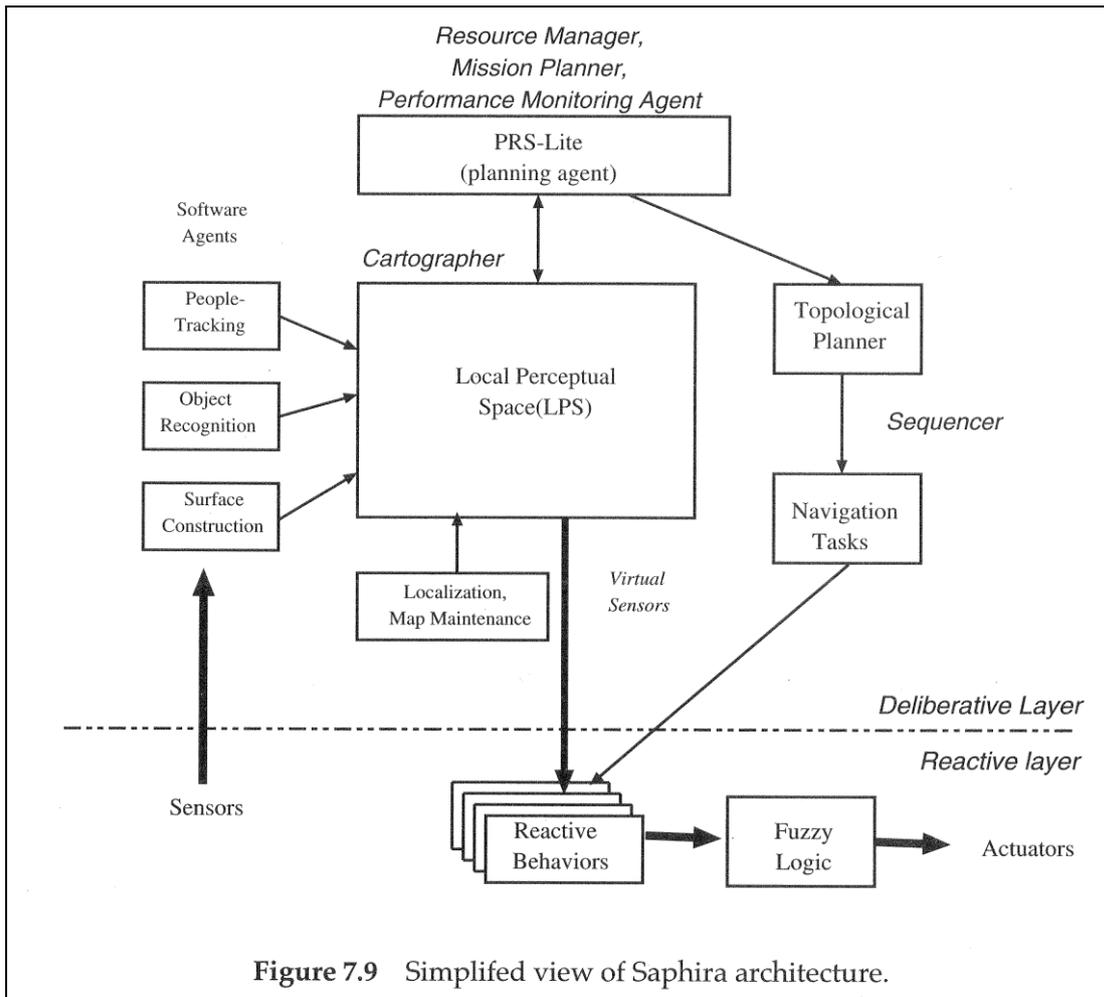


Abbildung 11 Ein das hybride Paradigma konkretisierendes Architekturschema (Quelle: ebenda, S. 279)

Diese Abbildung lässt sich in zweierlei Hinsicht ‚lesen‘. Erstens bleibt, trotz des höheren Detaillierungsgrades, durch die grafisch hervorgehobene Unterscheidung einer höheren und einer tieferen Schicht die grundsätzliche Architekturentscheidung noch immer sichtbar und ist in diesem Fall sogar vom Laien sofort zu erkennen. Zweitens aber wird der fachliche Fokus der Autoren deutlich, denn den meisten Platz nimmt in der Darstellung nimmt der Einbau eines ganz bestimmten Ansatzes (in diesem Fall ein Multiagentensystem) in das Design der Robotersteuerung ein.

Grafische Abbildungen auf diesem sehr geringen Detaillierungsniveau können allerdings nicht nur das Vorliegen eines bestimmten Gestaltungsansatzes (und die Zugehörigkeit zu einem bestimmten theoretischen ‚Lager‘ innerhalb der Robotik kommunizieren, sondern auch interdisziplinäre Anschlüsse durch die Übertragung von Designprinzipien. Das nachfolgende Beispiel entstammt aus

einem der zahlreichen Versuche, die Funktionalität von Robotern dadurch zu verbessern, dass biologische Modelle als Grundlage des Designs des Roboters verwendet werden. Auf der linken Seite ist die schematische Darstellung eines aus der Biologie stammenden Modells der Kognition einer Katze dargestellt, in der rechten Darstellung die daran orientierte Architektur eines Robotersystems. Auch hier werden zwei theoretische Frage repräsentiert: nicht nur die Biologie-Analogie, sondern auch, dass eine bestimmte Variante des deliberativen Ansatzes besonders geeignet ist, tierähnliches Verhalten zu erzeugen (Abb. 12).

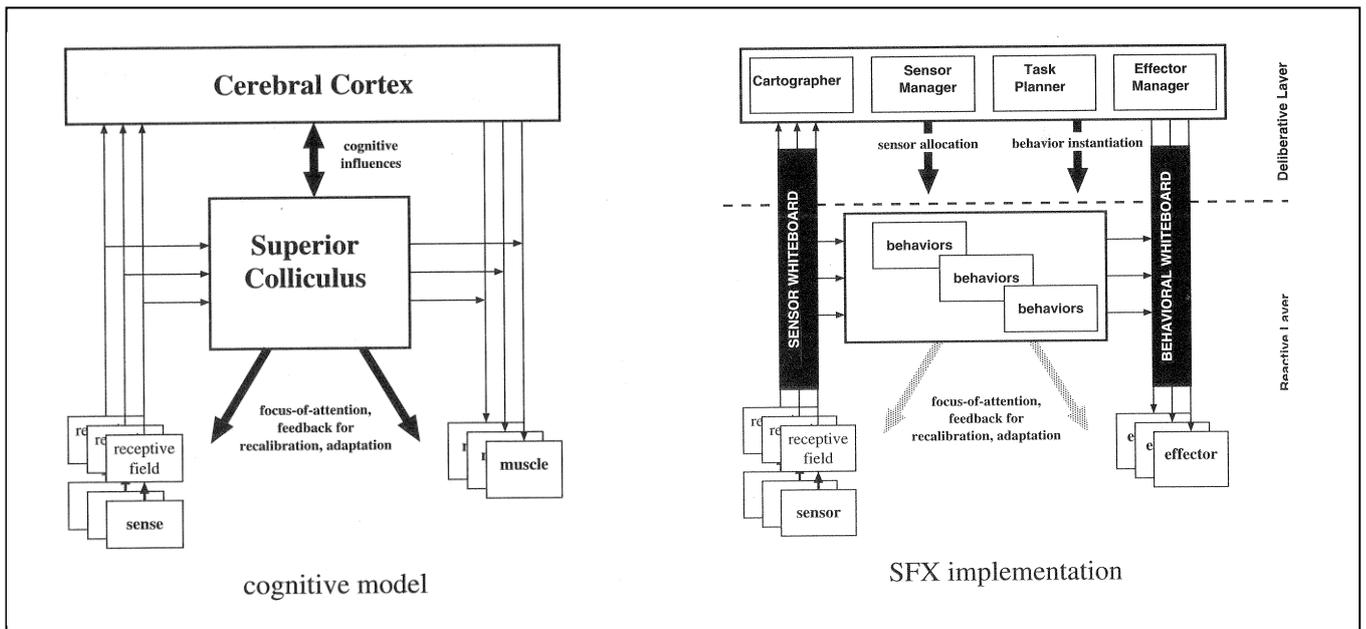


Abbildung 12 Schematische Darstellungen der Kognition einer Katze und eines Robotersystems (Quelle: ebenda, S. 269)

Die grafischen Darstellungen von „design philosophies“ für Roboter repräsentieren die Frage nach einer für die Funktionalität einer robotischen Gesamtsystems geeigneten Architektur des Zusammenhanges der verschiedenen Roboterkomponenten in der „schwach strukturierten“ Form als grundsätzliches Prinzip (insbesondere der ‚Verschaltung‘ der grundsätzlichen Komponenten „sense-think-act“), können aber in der „stark strukturierten“ Form nahezu beliebig detailliert sein. Die grafische Symbolisierung des grundsätzlichen Prinzips kann dabei je nach Situationswahrnehmung entweder als der eigentliche Kern des grundsätzlichen Modellierungsansatzes verstanden und kommuniziert werden, und damit als Verständigungsgrundlage für die großen Fragen der Robotik dienen, oder aber als eine bloße Illustration fachspezifischer Beiträge gedeutet und gekennzeichnet werden. Solange der innere Zusammenhang zwischen diesen beiden Formen der Darstellung von

Roboterarchitekturen erhalten bleibt, können die Ergebnisse von Erfahrungen und Experimenten mit entsprechend gestalteten Einzelrobotern in diesem grafischen Format in einer Weise dargestellt werden, die kollektive Weiterverwendung zumindest möglich macht – und zwar obwohl der je einzelne Roboter in fachspezifischer Sicht nur eine Plattform für die Weiterentwicklung einer ganz bestimmten Komponente ist. Auch bei den grafischen Darstellungen der „design philosophies“ für Roboter handelt es sich also um Boundary Objects.

3.4 Epistemische Spielzeuge als boundary objects

In einem interdisziplinären Kooperationsprojekt, dessen Ziel die Entwicklung einer neuartigen Behandlungsmethode für Autismus bei Kindern mit Hilfe „sozial intelligenter“ bzw. „sozial interaktiver Roboter“ (vgl. *Dautenhahn 2001, Fong et. al. 2003 Fong et. al. 2003*) ist, wird zunächst der Forschungsansatz erläutert:

„The project investigates in ‘play-like’ situations interaction dynamics between human and robot. The robot is seen as a social mediator that can encourage children with autism to take the initiative in ‘playing’ with the robot, a skill that is necessary in interactions with humans. ... The dynamics and situatedness of [the] interaction, together with the individual embodiment of robot and child, are exploited in a bottom-up approach in order to guide the children towards coordinated interaction and ‘imitation games’. [...] The project demonstrates how a behavior-oriented control approach which is widely used in artificial life robotics research, can be exploited in the application domain of rehabilitation where the ‘human-in-the loop’ is part of the design process. [...] It has been shown that communication and interaction, important aspects of cybernetics, facilitate faster learning in robotics, and [...] might improve education and rehabilitation. Following Wiener’s original vision, in contrast to disciplines such as biological sciences, computer science or engineering [...] cybernetics successfully studies artificial life across all its domains“ (*Mitchell et. al. 2000, S. 9-11*).

In diesen Passagen wird nicht nur der Rückbezug explizit, sondern es lassen sich unschwer die drei Ingredienzien des Universalismus der klassischen

Kybernetik identifizieren: Der „Bottom-up“-Ansatz und die „Mensch-Maschine-Symbiose“ werden explizit genannt und die Polemik gegen die etablierten Disziplintrennungen verweist auf die typische Rhetorik der klassischen Kybernetik. Entsprechend wird das Einzelprojekt in den Kontext einer interdisziplinären Gesamtunternehmung gestellt, deren Ausrichtung natur-, technik- und sozialwissenschaftliche Fragestellungen übergreift (Abb. 13).

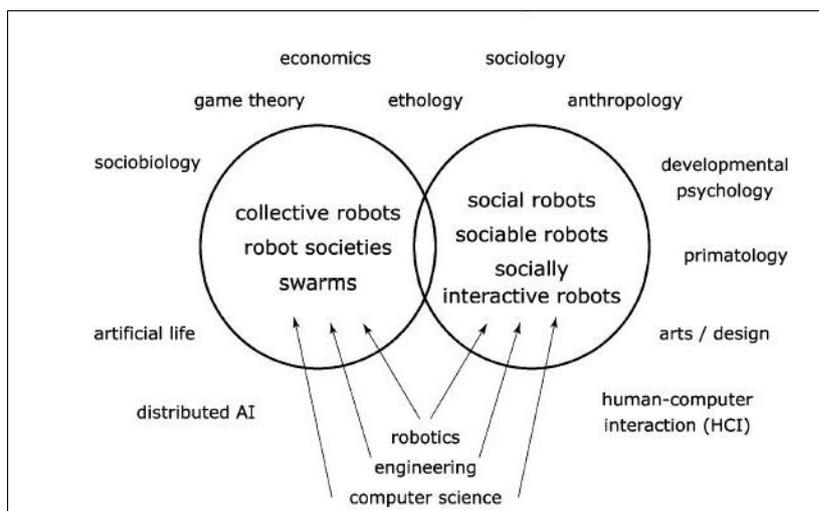


Abbildung 13 Kartierung des Forschungsfeldes „sozial interaktive Roboter“ (Quelle: Fong et. al. 2003, S. 145)

Vor dem Hintergrund der Zerstreung der klassischen Kybernetik muss die aktuelle Wiederauflage des kybernetischen Universalismus Erstaunen auslösen. An dem Beispiel wird deutlich, dass der historische Rückbezug das gesamte ‚Paket‘ des klassischen kybernetischen Universalismus aktualisiert. Zugleich ist der inhaltliche Unterschied zur „manichäischen“ wie zur „augustinischen“ Phase der klassischen Kybernetik augenfällig: Hier soll kein Feind bekämpft werden, sondern alle Beteiligten sollen sich zum wechselseitigen Wohle ergänzen.

Doch welchen Status hat der historische Rückbezug? Wenn es sich um eine Renaissance handelt, d.h. die „unmittelbare Begegnung ... zwischen einer aufwachsenden Kultur und dem ‚Phantom‘ ihres längst verstobenen Elters“ (Toynbee 1979, S. 310), dann basiert die Stiftung wie die Verstetigung der Kooperationsbeziehungen auf reiner Attribution bzw. auf geborgter Autorität. Auf das Vorliegen einer solchen historischen Diskontinuität kann etwa aus

exegetischen Anstrengungen geschlossen werden oder aus Bemühungen, das ‚tote‘ Gedankengebäude in die laufende Praxis einzubetten. Wenn dagegen eine tatsächliche Kontinuitätslinie vorliegt, die eine Zeitlang marginalisiert war oder schlichtweg nicht im Fokus der Aufmerksamkeit stand, dann kann der historische Rückbezug auch ohne exegetische Anstrengungen orientierend wirken. Als ein Anzeichen dafür, dass das historische Vorbild in einer praktischen Weise bis in die Gegenwart hinein reicht, kann die Investition in eine Rehabilitierung der angerufenen Traditionslinie gewertet werden.

Wenn wir der Protagonistenperspektive in der Breite folgen, so lässt sich feststellen, dass die Kybernetik seit etwa Mitte der 1980er Jahre in all jenen interdisziplinären Ansätzen als historische Vorläuferin genannt wurde, die sich massiv von der symbolischen KI bzw. dem Kognitivismus abwandten.⁹³ Besonders deutlich ist das in der „neuen“ Robotik, deren Herangehensweise ich am Beispiel bereits illustriert habe. Zur Unterscheidung von der klassischen Robotik haben sich Begrifflichkeiten wie „verhaltensbasierter Ansatz“ und „autonome Agenten“ eingebürgert (vgl. etwa *Arkin* 1998, *Brooks* 2002). Damit ist gemeint, dass nicht länger überdimensionierte, abstrakt kalkulierende Computergehirne für beliebige Körper konstruiert werden sollen, sondern einfache, dafür aber „verkörperte“ und in ihrer jeweiligen Umwelt „sitierte“ Roboter Kreaturen. Und genau hier setzt der historische Rückbezug der Protagonisten auf die klassische Kybernetik an. Wenn etwa Rodney Brooks, der Papst der „neuen Robotik“, mit großer historischer Geste eine „artificial life route to artificial intelligence“ (*Steels & Brooks* 1994) skizziert, so beruft er sich auch auf eine „early history of the new AI“ (*Brooks* 1999), deren Traditionslinie bis zu den Robotern der klassischen Kybernetik reicht. Dabei werden zwei Vorläufer genannt: Die aus den späten 1940er Jahren stammenden mechanischen Schildkröten von Grey Walter, einem der Teilnehmer der Macy-Konferenzen; und die „kybernetischen Wesen“ aus Valentino Braitenbergs bekannten Gedankenexperimenten (*Braitenberg* <1984>1993). Beide Apparaturen demonstrieren, dass sich aus einfachsten Rückkoppelungsmechanismen und

12 Das gilt für die Neuronale-Netze-Forschung, etwa die „computational neuroscience“ (*Churchland & Sejnowsky* 1991), aber auch für „realweltfähige Automaten“ und „selbstorganisierende Systeme“ in der „Artificial-Life“-Forschung. Es wäre zu prüfen, ob sich analoge historische Rückbezüge auf die klassische Kybernetik auch in Bereichen wie der Kommunikationstechnologie, der Spieltheorie (etwa der kybernetisch inspirierten Unternehmensberatung) oder der Thematisierung einer „Mensch-Maschine-Symbiose“ in der „Virtual Reality“-Technologie finden lassen.

direkter Sensorintegration ein so komplexes Maschinenverhalten erzeugen lässt, dass biologische oder psychologische Interpretationen dieses Verhalten möglich werden.

Diese explizite Selbstverortung in einer über mehrere Dekaden verschütteten Linie universalistischen Denkens ist zwar häufig, bleibt aber in hohem Maße unsystematisch: Die verwendeten historischen Beispiele für Vorgängeransätze variieren von Autor zu Autor und Beiträge über die „Pioniere“ (etwa *Holland* 1997 zu Grey Walter) tauchen nur vereinzelt in den Programmen der einschlägigen Konferenzzyklen auf. Zudem ist bislang keine dezidierte Ausarbeitung dieser Traditionslinie publiziert worden. Von einer kanonisierten historischen Erzählung kann also keine Rede sein.

Den wesentlichen Grund für diesen unsystematischen Charakter der historischen Selbstverortung stellt wohl deren argumentative Funktion dar. Denn die Verortung erfolgt ex negativo: Gezeigt werden soll in erster Linie, dass der kognitivistische, vom realen Körper wie von den realweltlichen Einsatzbedingungen eines Roboters abstrahierende Forschungsansatz historisch nicht alternativlos war. So gehört es zur gängigen Folklore im Feld, die Verdrängung einer situierten und „bottom-up“ ansetzenden Vorgehensweise in den 1960er und 1970er Jahren als einen Fehler, als eine unnötige Engführung der „route to artificial intelligence“ zu sehen. Mit dieser Engführung wurde dieser Sichtweise zufolge dann auch der disziplinübergreifende Kooperationsimpuls zerschlagen, der der frühen Robotik wie auch den frühen neuronalen Netzen intrinsisch war – der quasi zwangsläufige Bezug der Maschinenintelligenz zu ingenieurialen wie biologischen Fragestellungen wurde so gekappt und die Protagonisten der „neuen Robotik“ schicken sich nunmehr an, diese historische Fehlentwicklung zu korrigieren.

Diese argumentative Funktion wird auf rein illustrativem Wege erreicht. An der konkreten Ausführung bestimmter Einzelgeräte soll die grundsätzliche Sinnhaftigkeit eines Gesamtansatzes exemplifiziert werden – oder aber dessen evidente Sinnlosigkeit. So wird typischerweise der Forschungsroboter „Shakey“ von Ende der 1960er Jahre vorgeführt, um ein Gefühl der Absurdität gegenüber einer Robotik zu evozieren, die als Konstruktion von ‚Digitalcomputern mit Rädern‘ angelegt ist:

„Shakey, about the size of a small adult, lived in a set of carefully constructed rooms, and sensed large colored blocks and wedges ... Typically, Shakey, so named for the way its camera and transmitter mast shook as it moved, would be commanded to go to a particular room and push a particular colored block to another room ... Eventually Shakey would get to its goal a few meters from where it started and carry out its task – six or eight hours after it started. Most of the time Shakey, the robot shell, sat idle while its remote brain contemplated ... Shakey was hardly an artificial creature in the way Grey Walter’s creations were. It used a completely different approach to being in the world“ (*Brooks 2002, 22f.*).

Die Botschaft ist klar: „Shakey“ verkörpert einen so absurden Ansatz, dass eine Investition in Kooperationsprojekte auf dieser Forschungslinie als ein zweifelhaftes Unterfangen erscheinen muss. Durch den Umkehrschluss wird die Investition in den alternativen Entwicklungspfad der zwar im niedlichen Stadium befindlichen, aber grenzenlos ausbaufähigen Roboter plausibilisiert.

Der Rückbezug der heutigen Protagonisten auf die klassische Kybernetik, so lässt sich diese knappe Skizze zusammenfassen, weist keinerlei Anzeichen für das Vorliegen einer echten Renaissance auf. Dagegen ist es gewiss nicht überinterpretiert, die prominente Rolle von klassischen Geräten wie Grey Walters Schildkröten als Bestandteil einer Rehabilitierung zu lesen. Es spricht also alles für das Vorhandensein einer Traditionslinie und mithin für eine Kontinuität des kybernetischen Universalismus. Der unsystematische, rein illustrative und mit der Negation argumentierende Charakter dieser Selbstverortung führt allerdings zu dem Verdacht, dass sich in dem Zeitraum bis zur breiten Wiederaufnahme der kybernetischen Ansätze deren Kooperation stiftender Charakter einschneidend verändert hat. Und genau dafür lassen sich eine ganze Reihe von Indizien finden.

Ein erstes Indiz ist die Form, in der die konzeptionellen Grundlagen der „neuen Robotik“ präsentiert werden. So hat Ronald Arkin die Fruchtbarkeit von Modellierungsansätzen aus Psychologie, Neurowissenschaften und Ethologie für das Design von Robotersystemen herausgestellt und als „*impact of cybernetics*“ bezeichnet:

„The strict application of engineering methods without consideration of cybernetic issues is, in our estimation, a mere shot in the dark ... we contend that these methods cannot deal well with the generalities and unpredictabilities of a world that resists pure analytical modeling“ (*Arkin* 1990, S 1256).

Er warnt allerdings im gleichen Atemzug vor Überverallgemeinerungen:

„We are also skeptical of pushing too hard in the other direction – that of creating artificial beings that are reproductions of their biological basis“ (ebenda), denn: „Our primary goal is not to test out cybernetic theories of control ... but rather to produce more intelligent robotic systems“ (ebenda, S. 1245).

Ein derart pragmatischer, in die jeweilige Fragestellung flexibel eingepasster Ansatz ist neu im Zusammenhang mit dem kybernetischen Universalismus, jedoch typisch für den Umgang mit konzeptionellen Grundentscheidungen in der „neuen Robotik“. Fragen wie etwa die nach der biologischen Plausibilität der grundlegenden Konzepte oder die nach der Sinnhaftigkeit von Simulationen für „verkörperte Roboter“ werden je nach Begründungserfordernis oder Kooperationssituation entweder als rigide Grundsatzentscheidungen oder aber als philosophische Metafrage jenseits der Praxis behandelt. Ein Rückzug auf die jeweils disziplinären Fragestellungen und Standards ist so jederzeit möglich. Für einen solchen Wechsel der Register ist, so vermute ich, ein unsystematischer und gleichsam inoffizieller historischer Rückbezug besonders geeignet.

Diesem inoffiziellen Muster der konzeptionellen Grundlegung korrespondiert eine entsprechende institutionelle Rahmung des neuen kybernetischen Universalismus. Jene Vereinigungen, die sich der Pflege des kybernetischen Denkens gewidmet haben,⁹⁴ produzieren typischerweise unscharfe und für nahezu jede Interpretation offene Deutungsangebote. Dabei wird auf den Versuch, eine kanonische Version der Geschichte der Kybernetik auszuarbeiten, offenbar ganz bewusst verzichtet, was etwa an der Selbstbeschreibung der

13 Veröffentlicht werden diese Darstellungen nahezu ausschließlich in umfangreichen Internetforen. Für meine Bearbeitung haben sich die Seiten der „American Society for Cybernetics“ (<http://www.asc-cybernetics.org/index.htm>), des „Principia Cybernetica Web“ (<http://pespmc1.vub.ac.be/CYBSWHAT.html>) sowie der britischen „Cybernetics Society“ (<http://www.cybsoc.org/about-soc.htm>) als besonders nützliche Quellen erwiesen.

„Systems, Man and Cybernetics Society“ (SMC) der IEEE deutlich wird. Dieser disziplinübergreifende Zusammenschluss versteht sich, nach den Worten seines langjährigen Vorsitzenden, keineswegs als ein sortierend-vereinheitlichendes Gremium. Als Erfolg wird vielmehr die systematische Organisation von Gelegenheit ausgewiesen:

„From the very beginning of this newly formed SMC Group, itself the result of having been within an incubator environment of sorts, has itself become a recognized incubator for new technologies at the cutting edge of engineering“ (*Sage* 2000: 12).

Die Organisationsform des neuen kybernetischen Universalismus weist also deutlich strukturiertere Zusammenhänge auf als nur personale Netzwerke mit gelegentlichen Treffen (wie die „Macy-Konferenzen“), doch die Forderung nach einem „alle Wissenschaften umfassenden Institut“ ist dem neuen kybernetischen Kooperationsimpuls vollkommen fremd.

Das letzte und wohl augenfälligste Indiz für den Wandel der kybernetischen Kooperationen sind deren Applikationsfelder. Denn neben den ernstesten Anwendungsfeldern der Servicerobotik (wie im Beispiel der Rehabilitation) werden in der Breite vor allem einfache Vehikel als „educational tool“ (*Miglino et. al.* 1999) eingesetzt. Deren interdisziplinäre Funktion ist in erster Linie die Ausbildung; „teaching powerful ideas with mobile robots“ (*Pfeifer* 1996b) soll Studierenden verschiedenster Fachbereiche auf spielerische Weise die Einsicht vermitteln, dass verkörperte Intelligenz, wie trickreich sie auch programmiert sein mag, immer an realweltliche Grenzen stößt. Der gleiche Grundgedanke ist im transdisziplinären Kontext der Roboterspielzeuge, etwa der „toys to think with“ aus Lego (*Resnick et. al.* 1996), zu einem veritablen pädagogischen Konzept ausgearbeitet, das die frühen kybernetischen Vehikel mit lerntheoretischen und konstruktivistischen Konzeptionen auflädt. So kann es nicht verwundern, dass inzwischen mehrere Anleitungen zu Experimenten mit realisierten Braitenberg-Vehikeln im Netz kursieren und ein Bausatz für mechanische Schildkröten (als „CyBot“) auch für Amateure zu erwerben ist.

Ich habe bislang erstens eine Reihe von Beispielen vorgestellt, wie die Protagonisten den historischen Rückbezug auf die klassische Kybernetik als eine wichtige Motivation und Legitimation für das breite Kooperationsfeld der „neuen Robotik“ darstellen. Der unsystematische Charakter dieser Darstellung

verweist allerdings zweitens darauf, dass mit der Wiederauflage des kybernetischen Universalismus nicht nur ein inhaltlicher Wandel einhergeht, sondern dass sich auch die Form dieser Kooperationen drastisch gewandelt hat. Die Kooperationen der „neuen Robotik“ überbrücken zwar die Differenz der Gegenstandsbereiche von Biologie, Psychologie und Ingenieurwissenschaften und der Universalismus koppelt hochabstrakte Fragestellungen („Wie funktioniert das Gehirn?“) dauerhaft mit ganz handfest-ingenieurialen Fragestellungen („Wie muss ein mechanischer Körper gebaut sein?“), wie das schon in der klassischen Kybernetik der Fall gewesen ist (Bowker 1993, S. 109). Doch „totalisierende“ Zuspitzungen und damit Festlegungen, die etwa der oben geschilderten Funktion des „Teleologie“-Begriffes der klassischen Kybernetik vergleichbar wären, werden heute vermieden. Vielmehr werden epistemologische Differenzen je nach Situation aufgehoben oder aber zum Zwecke des disziplinären Rückbezuges betont. Diese ‚flexible Unbedingtheit‘ wird durch die konzeptuellen Vagheiten und den gleichsam inoffiziellen Charakter des neuen kybernetischen Universalismus erst ermöglicht – und ist offenbar für Kooperationen auf Augenhöhe besser geeignet, da sie weder den Frontalangriff auf die moderne Ausdifferenzierung erfordert, noch von den Wechselfällen der Zeitumstände abhängig ist.

Als ein drittes Ergebnis lässt sich festhalten, dass es eine hohe Evidenz für das Vorliegen einer tatsächlichen Traditionslinie von der klassischen Kybernetik bis zur „new wave of robotics“ gibt. Auf Grund des inoffiziellen, negativistischen und rein illustrativen Charakters des Rückbezuges auf die historischen Vorläufer des niedlichen Roboters ist aus der Protagonistenperspektive allerdings keine ausbaufähige Auskunft darüber zu erwarten, wie die kybernetische Denk- und Handlungspraxis und insbesondere der interdisziplinäre Kooperationsimpuls mehr als zwei Dekaden der Marginalisierung überdauern konnte. Daher erscheint es angezeigt, noch einmal zur Perspektive der distanzierten sozialwissenschaftlichen Rekonstruktion zu wechseln.

In den STS finden sich eine Reihe von Interpretationsvorschlägen, die auf die sozialen Kontexte einer Tradierung des kybernetischen Universalismus abstellen. Jene Rekonstruktionsansätze, die sich auf Grund der Übereinstimmung mit der Folklore im Feld als kanonisch bezeichnen lassen, verorten das ‚Überwintern‘ des Kooperationsimpulses der Kybernetik an den

Rändern von Disziplinen, die weder im Zentrum der Ursprungs constellation noch der KI standen (*Olazaran 1996, S. 612f.*). Träger eines solchen ‚Winterschlafes‘ der Kybernetik sind Hirnforschung und die Forschung zu neuronalen Netzen. Erst im Zuge der Kostenreduzierung der Computertechnik während der 1980er Jahre konnten, so diese Interpretation, kybernetische Ideen wieder in der Maschinenintelligenz Fuß fassen (*ebenda, S. 642ff.*).

Einer anderen Interpretation zufolge konnten kybernetische Konzeptionen zwar die Kernbereiche etablierter Forschungen besetzen, allerdings um den Preis einer visionsfreien, weitgehend implizit bleibenden Reduktion auf das ingenieuriale Feld der Regelungs- und Steuerungstechnik (*vgl. Rammert 1995*). Beschränkt auf die rein technische Ebene verlor demzufolge die transklassische Kybernetik die Führungsrolle als Stichwortgeberin der aktuellen bereichsübergreifenden Diskussionen (*ebenda, S. 67*).

Andere Interpretationen skalieren höher und verorten die Tradierung kybernetischer Praxis in gesellschaftlichen Teilbereichen, die der Aufmerksamkeit von Wissenschaft wie Öffentlichkeit weitgehend entzogen waren. Paul Edwards hat die Militärforschung als einen solchen Kontext beschrieben (*Edwards 1996: 264ff.*), der zwar konzeptionell von den Vertretern der symbolischen KI besetzt werden konnte, nicht aber in der Praxis. Menschliche Fähigkeiten blieben ein notwendiger Bestandteil des Militärapparates (*vgl. auch Friedewald 2000*) und so überlebte die kybernetisch, insbesondere vom Gedanken einer „Mensch-Maschine-Symbiose“ inspirierte Forschung als einer von zwei eigenständigen Zweigen der Militärforschung:

„One was a kind of automation: how to ‘get man out of the loop’ of precision-critical machines, to duplicate and then improve on human prediction and control functions by artificial means. The other was integration: how to incorporate man more smoothly and efficiently into those ‘loops’ where their presence remained necessary – into the chain of command – by analyzing them as mechanisms of the same type and knowable through the same kinds of formalisms as the machines themselves“ (*ebenda, S. 271*).

Erst mit dem Zusammenbruch des Techno-Regimes des kalten Krieges, so diese Interpretation weiter, konnten kybernetisch motivierte Kooperationen wieder in die zivile Forschung zurückgetragen werden (*ebenda, S. 303ff. S. 353ff.*).

Globale Kontexte stehen auch im Fokus jener wissenschaftshistorischen Erklärungsansätze, die ein geografisches Exil der Kybernetik in politischen Systemen abseits der westlichen Forschungszentren konstatieren. So erlebte die Kybernetik in den 1960er Jahren eine kurze, aber heftige Blütezeit in der Sowjetunion.⁹⁵ Und die sozialistische Regierung Salvador Allendes beauftragte eine Gruppe um den Kybernetiker Stafford Beer, die chilenische Wirtschaft und Gesellschaft nach kybernetischen Maßstäben neu zu organisieren (vgl. *Pickering* 2001).

So unterschiedlich diese sozialwissenschaftlichen Interpretationsvorschläge gelagert sind, so stellen sie doch alle ab auf ein ‚Überwintern‘ des kybernetischen Universalismus in anderen sozialen Kontexten als denjenigen, die für die Entstehungssituation der Kybernetik kennzeichnend waren. Welche Faktoren die Reaktualisierung angestoßen haben, darüber geben die sozialwissenschaftlichen Rekonstruktionen allerdings keine zufrieden stellende Antwort. Eine umfassende, das heißt die Skalierungsebenen (von randständigen Disziplinen über ingenieuriale Paradigmen bis hin zu globalen Kontexten) integrierende Interpretation ist bislang ein Desiderat. Besonders die Frage, wie die Kontinuität der Kybernetik bei gleichzeitigem Wandel ihrer inhaltlichen Färbung und der Form der durch sie gestifteten Kooperationen erklärt werden kann, lässt sich auf der Grundlage der vorliegenden Studien nur schwer adressieren.

Wenn der heutige Rückbezug auf die klassische Kybernetik nicht auf geborgte Autorität, sondern auf eine tatsächlich vorhandene Traditionslinie verweist, so könnte das Verhältnis von Kontinuität und Wandel auf eine Art rekonstruiert werden, die bislang noch nicht unternommen wurde. Im Folgenden will ich wenigstens die Eckpunkte eines solchen Versuches skizzieren, der weder auf soziale Kontexte noch auf eine Ideengeschichte von Großkonzepten abstellt, sondern die „prehistory of the new AI“ (Brooks) als eine sequenzielle Reihe von exemplarischen Geräten betrachtet.

⁹⁵ Bis zum Ende der 1950er Jahre galt die Kybernetik jenseits des Eisernen Vorhanges noch als westliche Pseudowissenschaft. Nach Wieners Auftritt vor der sowjetischen Akademie der Wissenschaften 1960 und Chruschtschows Rede von 1961, in der er die Kybernetik als eine zu fördernden Wissenschaft bezeichnete, konnten sich die Kybernetik an technischen und philosophischen Instituten etablieren und bereichsübergreifende Periodika gründen (vgl. *Gerovitch* 2002).

Ein solcher Rekonstruktionsversuch kann an den Begriff des „Exemplars“ aus Thomas Kuhns bekanntem „Postskriptum“ anschließen: Solche „Musterbeispiele“ (Kuhn 1976, S. 199) sind definiert als

„die konkreten Problemlösungen, die, als Vorbilder oder Beispiele gebraucht, explizite Regeln als Basis für die Lösung der übrigen Probleme der ‚normalen Wissenschaft‘ ersetzen können“ (ebenda, 186).

Bei Kuhn selbst auf die Frage des Erlernens von Paradigmen in der Ausbildung bezogen, kann die Verkörperung des Ganzen einer wissenschaftlichen Denk- oder Herangehensweise in „konkreten Beispielen für ihren Gebrauch“ (ebenda: S. 199) auch auf die verwandte Frage der Tradierung einer paradigmengreifenden Konzeption wie der Kybernetik übertragen werden. Dafür müssten wesentliche Stationen einer derartigen Tradierung identifiziert werden und diese Linie der Verkörperung am exemplarischen Gerät müsste sich bis in die klassische Kybernetik zurückverfolgen lassen.

Die Demonstration der grundlegenden Prinzipien der Kybernetik anhand einfachster Roboter lässt sich tatsächlich bereits bei Wiener selbst finden. Seine mechanische „Motte“ oder „Wanze“ stellte er als einen kleinen dreirädrigen Wagen vor, der durch einen Motor an der Hinterachse angetrieben wurde. Das Vorderrad war über die Lenkstange an ein Paar nach vorn gerichteter Fozellen gekoppelt, die dem Lenkmotor die Richtung einer Lichtquelle anzeigten. Während dieser Apparat in der einen Einstellung – als „Motte“ – die Nähe des Lichts ansteuerte, entfernte sich der Wagen in der zweiten Einstellung – als „Wanze“ – von der Quelle. Ganz im Geiste der „augustinischen“ Phase der Kybernetik erklärte Wiener diesen primitiven Mechanismus zur maschinellen Realisierung von basalem „Verhalten“ und verglich es direkt mit „willentlichem Handeln beim Menschen“ (Wiener <1949>1952, S. 175). Zudem wollte Wiener Störungen des Apparats, die sich aus einer Überlastung des Verstärkers ergaben und sich in einer pendelnden Bewegung bemerkbar machten, als ein Analogon zu Nervenstörungen (Tremor) verstanden wissen – womit er die „Motte“ auch zur Untersuchungsplattform für einen Erkenntnisgewinn in der Neuropathologie aufwertete (vgl. ebenda, S. 177). Bereits bei Wiener selbst ist also der Kooperation stiftende Universalismus direkt an eine exemplarische Roboterapparatur gekoppelt.

Wiener selbst verweist auf die enge Verwandtschaft seines Demonstrators mit den mechanischen Schildkröten von Grey Walter, die ich als heute vielfach zitierte Vorläufergerätschaft bereits angesprochen hatte. Walters Miniaturwagen glichen in ihrem Grundaufbau weitgehend der Wienerschen Konstruktion, waren darüber hinaus aber noch mit Fühlern ausgestattet, die über einen elektrischen Kontakt die Berührung von Hindernissen signalisierten. Zudem waren zwei Geräte mechanisch realisiert; beide trugen eine elektrische Lampe, um ihren Zwillingroboter zu erkennen, was die Herstellung von rudimentärem „Sozialverhalten“ ermöglichte (Hayward 2001, Walter <1957>1961). Walter demonstrierte das Verhalten seiner Roboter sowohl in wissenschaftlichen Kontexten als auch für ein Laienpublikum, etwa auf Wissenschaftsausstellungen. Die Bezeichnung als „Machina speculatrix“ verweist auf die zahlreichen Analogieschlüsse, die Walter zwischen dem emergenten Maschinenverhalten und der menschlichen Verhaltenspsychologie zog: In Dunkelheit vollführte die Schildkröte zufällige Bewegungen, als würde sie absichtlich etwas „suchen“. Wenn die Schildkröte eine Lichtquelle registrierte, bewegte sie sich fest „entschlossen“ auf sie zu, und hatte sie den optimalen Einfallswinkel des Lichts gefunden, hielt sie „zufrieden“ inne. Wenn zwei Schildkröten einander (an den leuchtenden Lämpchen) erkannten, krochen sie wie von „gegenseitigem Verlangen“ getrieben aufeinander zu und vor einen Spiegel gesetzt, vollführten die Schildkröten, angezogen vom eigenen Licht, einen „narzisstisch“ anmutenden Tanz (Walter 1950, S. 93).

Die geschilderten servomechanischen Gerätschaften waren sehr einfach. Sie bestanden aus nur drei miteinander rückgekoppelten Elementen: wahrnehmenden, ausführenden und regelnden Schaltungen. Dennoch kann kein Zweifel daran bestehen, dass sowohl Wiener, das auch disziplinar anerkannte Genie, wie auch Walter, der multidisziplinär interessierte Außenseiter, diese Gerätschaften als prototypische Realisierungen von fundamentalen Verhaltensprinzipien verstanden haben – Prinzipien, die als bruchlos von Maschinen auf Organismen und Menschen übertragbar verstanden wurden. Ganz auf dieser Linie lassen sich in den 1960er Jahren einige mechanische „Organismen“ finden, die die Annahme einer Brücke bis zur „sensomotorischen Koppelung“, die für die „new wave of robotics“ der letzten zwei Dekaden so zentral ist, zumindest zu einer historisch plausiblen Annahme machen.

Die bislang geschilderten kybernetischen Apparaturen dienen zwar nur der Demonstration, doch als „Exemplare“ betrachtet verweisen die mit ihnen verbundenen Erklärungsansprüche auf die quasireligiöse Unbedingtheit der klassischen Kybernetik. Diese Unbedingtheit ist aber auf dem Weg zur heutigen Robotik relativiert worden – der niedliche Roboter bildet gerade auf Grund seines inoffiziellen Charakters einen interdisziplinären Bezugspunkt. Damit ergibt sich die Anschlussfrage, ob dieser inhaltliche Wandel ebenfalls durch eine Geschichte der Tradierung am exemplarischen Gerät erklärt werden kann. Dies ist aus unserer Sicht möglich, denn es existiert eine weitere Linie einfacher Robotergeräte, die den spielerisch-unernsten Charakter der Demonstration herausstellen und daher die Apparate immer mit einem Augenzwinkern darstellen. Und auch diese Linie lässt sich bis zur Endphase der klassischen Kybernetik zurückverfolgen.

Als erstes „Exemplar“ dieser Linie kann die „elektronische Ratte“ betrachtet werden, die Claude Shannon 1952 auf der achten Macy-Konferenz vorführte. In Anlehnung an den altgriechischen Sagenhelden „Theseus“ getauft, war diese kybernetische Apparatur in der Lage, das Verhalten einer Laborratte im Labyrinth zu imitieren (vgl. *Shannon* <1952>2000, S. 289ff.). Die Ratte war ein magnetisiertes, einige Zentimeter langes Stück Stahl auf Rädern, das zunächst die Zufallsstrategie des trial and error imitierte, sich „Erfolge“ und „Misserfolge“ aber als Teil des Labyrinthplans in einem einfachen, auf offenen oder geschlossenen Relais basierenden Gedächtnisspeicher merken konnte. Wurde die Ratte von neuem in die Ausgangsposition zurückversetzt, bewegte sie sich durch den bereits bekannten Teil des Labyrinths auf kürzestem Weg ins Ziel. Setzte man die Ratte dagegen in ein noch unbekanntes Quadrat, begann sie wieder mit der zufälligen Suche, bis sie auf eines der bekannten Quadrate geriet, aus dem sie sofort den kürzesten Weg zum Ziel fand.

Obwohl die Ratte ganz offensichtlich eine Parodie der zeitgenössischen Lernexperimente des Behaviorismus war und Shannons eigentlicher Hintergrund die Automatisierung einer möglichst effizienten Nutzung der Kabelverbindungen zwischen Telefonrelais war, lud seine Präsentation die versammelten Kybernetiker ein zu zahlreichen Spekulationen über epistemologische Fragen, etwa die Möglichkeit einer servomechanischen Realisierung von Lernmechanismen und Gedächtnisleistungen. So deutete Warren McCulloch das Verhalten der Ratte wie das eines Menschen, „der die

Stadt kennt, so dass er von einem Ort zu jedem anderen gehen kann, sich aber nicht immer erinnern kann, wie er gegangen ist“ (ebenda, S. 298). Solche Gedankenexperimente, die bei aller Schwere der disziplinübergreifenden Konzepte immer ihren spielerischen, oft ironischen Charakter herausstellten, lassen sich in den folgenden Jahren mehrfach finden. Ein bekanntes, heute als Vorläufer gewürdigtes Beispiel (Wehrle 1994, Pfeifer 1996a, Pfeifer 1996b) sind die „fungus eaters“ des Psychologen Masanao Toda (1962), eine rein fiktive, aber konsequent durchdachte Robotergesellschaft auf einem fernen Planeten, mit deren Hilfe die Notwendigkeit von verkörpertem Verhalten, sensomotorischer Koppelung sowie die Notwendigkeit von Emotion für Sozialität demonstriert wurde.

Das einflussreichste Exemplar dieser Linie ironischer Gedankenexperimente sind die „Vehikel“, die der Biokybernetiker Valentin Braitenberg in den 1980er Jahren vorgestellt hat. Dort ist die Forschungs- und Konstruktionsstrategie, komplexe Verhaltensweisen aus einfachsten Mechanismen schrittweise bis hin zum menschlichen Geist zu synthetisieren, auf die Spitze getrieben. Seine „kybernetischen Wesen“ sollten in aufsteigender Reihe Phänomene wie Verhalten, Furcht, Liebe, Logik etc. imitieren können (Braitenberg <1984>1993), was er, allerdings nur in Analogie und mit pädagogischem Elan und Witz, an Erkenntnissen der Neurophysiologie und Neuropsychologie erläutert. In diesem Buch findet sich die wohl definitive Formulierung des „Bottom-up“-Universalismus der Kybernetik. Das „Gesetz der leichten Synthese und mühevollen Analyse“ beschreibt er wie folgt:

„Es ist vergnüglich und einfach, kleine Maschinen zu erfinden, die bestimmte Fertigkeiten haben, und es ist auch einigermaßen leicht, das gesamte Verhaltensrepertoire dieser Maschinen zu beobachten – selbst wenn es über das hinausgeht, was wir ursprünglich hineingesteckt hatten ... Die Analyse ... ist im allgemeinen schwieriger als die Erfindung ..., da bergauf, im Prozeß der Analyse, ein gegebenes Maß an Komplexität unserer geistigen Arbeit mehr Widerstand entgegengesetzt, als wenn wir ihm bergab, im Prozeß der Erfindung, begegneten“ (ebenda, S. 29).

Eine solche konstruierende Synthese schreitet bruchlos von einfachem Maschinenverhalten über Umweltadaption und Intentionalität bis hin zu geistigen und sozialen Phänomenen voran, darin dem „AA-predictor“ wie

Wieners Motte vergleichbar. Der Unterschied liegt im Stil der Adressierung unterschiedlicher Fachgemeinschaften und des Laienpublikums, denn diese Art von Gedankenexperimenten bleibt jederzeit als ironischer und inoffizieller Kommentar zur eigentlichen Forschungstätigkeit kenntlich.⁹⁶ Aus diesem Grund habe ich den Begriff der epistemologischen Spielzeuge gewählt, der im Zusammenhang mit der Frage nach der Tradierung des kybernetischen Universalismus mehr zu sein scheint als nur eine Metapher.

Inwieweit es möglich ist, die beiden geschilderten Teillinien der Tradierung an Exemplaren – die der „augustinischen“ Schwere und die der ironisierenden Gedankenexperimente – zu einer umfassenden Narration zusammenzufügen, das muss hier offen bleiben. Dafür wäre nicht nur Arbeit in den Archiven notwendig – erst in der Zusammenschau mit einer soziohistorisch geerdeten Geschichte der konzeptionellen Entwicklungen sowie aller relevanten sozialen Kontexte ließe sich eine umfassende Rekonstruktion des ‚Überwinterns‘ des kybernetischen Universalismus angehen. Ohne den Versuch, die exemplarische Rolle der kybernetischen Gerätschaften als eine eigenständige Größe mit einzubeziehen, erscheint allerdings jede Rekonstruktion des kybernetischen Universalismus fragmentarisch. Denn im facettenreichen und teilweise unvorhersehbaren Verhaltensrepertoire ihrer Roboterspielzeuge liegt offenbar ein Gutteil des glamourösen Charakters der Kybernetik begründet. Diese Demonstratoren elementarer Prinzipien inspirierten Akademiker vieler Disziplinen wie auch Amateure dazu, grundlegende Problemstellungen auf basale Rückkopplungsmechanismen zu reduzieren, in verblüffend einfachen Maschinen zu realisieren und so die Vision disziplinübergreifender Forschungsanstrengungen zu tradieren. Dass diese Vehikel neben dem Lösen wissenschaftlicher Rätsel häufig auch der Unterhaltung eines Laienpublikums dienten, rückt sie in die Nähe der Jahrmarktsautomaten des 18. und 19. Jahrhunderts und unterstreicht noch einmal sinnfällig den antimodernen Glamour der Kybernetik.

16 Damit will ich auch markieren, dass es für die Frage der Tradierung unerheblich ist, ob die „Vehikel“ tatsächlich in Hardware realisiert wurden. Ob das Prinzip „verkörpertem Verhalten“ in einem konsequenten Gedankenexperiment, in einer geeigneten Simulation oder in Hardware realisiert wurde, ist zweitrangig. Ein allzu simples Verständnis von Materialität, das „Verkörperung“ mit Robotern, die gegen Wände fahren, mit Ölflecken und Beulen in Verbindung bringt, geht weit an der Konzeptions- wie Konstruktionsrealität vorbei.

Der in einzelnen Robotern realisierten Rückbezug auf den Universalismus und die historische Entstehungssituation der Kybernetik ruft in seiner „schwach strukturierten“, deutungsoffenen Form die Dringlichkeit einer technischen Lösung der ganz großen sozialen und politischen Probleme an, und eine Art Ursituation intensivster disziplinübergreifender Zusammenarbeit – was in jeder „stark strukturierten“ Form selbstredend nur als eine theoriegeleitete Spielerei erscheinen kann und auch entsprechend dargestellt wird. Wenn nur genügend Akteure diesen doppelten Bezug auf kleine niedliche Demonstratoren der kybernetischen Traditionslinie pflegen, und etwa durch „Tags“ (Grabher 2001) wie die Begrifflichkeit der „Mensch-Maschine-Symbiose“ anrufen, dann kann dies für das gesamte Feld eine mit großer Deutung aufgeladene historische Selbstverortung bereitstellen. Auch die epistemischen Spielzeuge sind also in dem skizzierten Sinne Boundary Objects.

3.5 Robocup: Die Herstellung von Vergleichbarkeit im spielerischen Wettkampf

Ein weiterer viel versprechender Bereich für die Suche nach Boundary Objects ist der Robocup. Roboterturniere haben sich in den letzten zehn Jahren rasch verbreitet und sind heute nicht für alle, aber doch für erstaunlich viele der an der Servicerobotik beteiligten Fachgebiete das Event schlechthin. Tausende von Teilnehmern und Teilnehmerinnen kommen kontinental und international zusammen, um gegeneinander Roboterfußball zu spielen (im Wortsinn). Dieser enorme Erfolg muss als die Antwort der Robotik auf das Fehlen aller standardisierten Maße oder Benchmarks für die Leistung fortgeschrittener Roboter interpretiert werden.

Die Kreaturen der ‚neuen Robotik‘ sind unikale F&E-Plattformen, auf denen die spezifische Herangehensweise ihrer Schöpfer implementiert wird, ergänzt um einige andere Elemente, die notwendig sind, um einen vollständigen Roboter zu bauen. Sie enthalten aber nie alle diese Elemente, weil dies nur in einem gigantischen kooperativen Projekt aus dutzenden Labors und Disziplinen erreicht werden könnte.

Als unikale Plattformen, die die Labors ihrer Schöpfer ‚bewohnen‘, sind diese Kreaturen kaum vergleichbar, was es unmöglich macht, den allgemeinen Fortschritt des Feldes zu messen. Hinzu kommt, dass die den an dem

heterogenen Gebiet der Robotik beteiligten Disziplinen grundverschiedene Ansichten darüber haben würden, welches die ‚wirklich wichtigen Aspekte‘ sind, die zum Bestandteil eines Erfolgsmaßes oder eines ‚Benchmark‘ für alle Herangehensweisen in der ‚neuen Robotik‘ werden sollten.

In dieser Situation besteht der brillante Trick des Robocup darin, drei organisierende Prinzipien in einem Szenario zu vereinigen, und zwar ein sehr simples und nicht diskutierbares Erfolgsmaß, wohlbekannt Regeln und eine sehr detaillierte und beständig verhandelte Definition der Wettkampfbedingungen.

Beim Robocup geht es darum, mit einer aus Robotern bestehenden Mannschaft eine Serie von Fußballspielen gegen andere Roboter-Mannschaften zu gewinnen. Das Maß ist damit so einfach wie nur irgend möglich – mehr Tore zu schießen als die anderen Mannschaften. Für Roboter ist das eine unglaublich schwierige Aufgabe, weil es hohe Leistungen vieler verschiedener Komponenten erfordert, die in Echtzeit zusammenwirken müssen. Ein Spiel kann aus vielerlei Gründen verloren gehen, die von wissenschaftlich interessanten Problemen (wie z.B. Fehlern in der Selbst-Positionierung oder in der Objekterkennung) zu eher mechanischen Problemen (erschöpfte Batterien oder abfallende Teile) reichen. Auch Fehler der Programmierer wie z.B. das Überschätzen der Robustheit eines Programms in einer lauten Umgebung oder das Scheitern von last minute – Fehlerkorrekturen können zum Verlust führen. Diese Gründe für das Verlieren können wissenschaftlich sehr interessant sein, und die Wissenschaftler können viel aus ihnen lernen. Im Turnier selbst zählen diese Gründe, anders als in den Laboren, aber nicht.⁹⁷

Das zweite Prinzip ist ebenso einfach: Die allseits bekannten Spielregeln von Fußball werden, nur leicht an Roboter angepasst, einfach übernommen. Verliert ein Roboter z.B. während des Spiels ein Bauteil, zählt er als ‚verletzt‘ und muss an der Seitenlinie ‚geheilt‘ werden, d.h. er kann bis zum nächsten Tor nicht am Spiel teilnehmen. Einen gegnerischen Roboter zu überrennen oder zu blockieren zählt als Foul usw.

Das dritte Prinzip ist die Organisation einer gänzlich offenen Aushandlung des Wettkampf-Settings. Sowohl die Spezifikation des Spielfeldes wie die der

⁹⁷ Ich habe viele Situationen im Labor beobachtet, in denen Wissenschaftler versuchten, einen Roboter per Hand aus der Tür zu schieben. Sie erklärten, dass das Navigationsmodul gerade überarbeitet würde. Im Robocup gelten solche Entschuldigungen nicht.

Roboter und der Softwarearchitektur kann von allen potentiellen Teilnehmern diskutiert werden, was in entsprechenden Mailingslisten auch eifrig getan wird. Nur in den wenigen Tagen des Turniers selbst sind die Regeln fixiert. In der Aushandlung gilt es, zwei Aufgaben zu lösen. Erstens muss sichergestellt werden, dass die Wettkampfbedingungen (d.h. ein einheitliches Setting) dem Entwicklungsstand der beteiligten Disziplinen (von Mechanik über Objekterkennung und Selbstlokalisierung bis zu Bewegungs- und Interaktionsplanung) entspricht. So müssen z.B. die Größe und Farbe der Teile des Spielfeldes so festgelegt werden, dass es für die Erkennungsprogramme der Roboter zwar schwierig, aber möglich ist, sie zu erkennen. Damit wird gewährleistet, dass die Erfahrungen und Misserfolge in einem Roboterfußballturnier unter Bezugnahme auf den Stand der Forschung publiziert werden können. Zweitens gibt es Erfordernisse des Spiels ‚als Spiel‘. Betrug muss ebenso vermieden werden wie Tricks, mit denen der Wettkampf für komplette Roboter unterlaufen wird, z.B. durch Konzentration auf physische Stärke oder eine einzelene extrem überlegene Softwarekomponenten. Die Bemühungen um ‚Fair Play‘ haben inzwischen unter anderem zur Differenzierung in mehrere verschiedene „Ligen“ geführt, die sich v.a. nach der Größe, dem Grad an Autonomie und der Gestalt der einzelnen Roboterspieler unterscheiden (mit Humanoiden als „Champions League“).

Für viele Wissenschaftler ist der Robocup integraler Bestandteil der Entwicklung von Servicerobotern. Das wirkt auf den ersten Blick seltsam, weil Roboter, die mit anderen Robotern Fußball spielen, anscheinend nichts mit Interaktionen mit Menschen zu tun haben. Aber in den Spielen werden viele Komponenten getestet, die für fortgeschrittene Roboter benötigt werden – darunter auch Komponenten, die eben für Interaktionen benötigt werden.

Der Siegeszug des Robocup hat inzwischen auch die Spezifik der Anwendungsdomäne menschliche Alltagsumgebungen erreicht. Mit Robocup@home ist vor einigen Jahren eine neue Liga für menschliche Wohnumgebungen gestartet. In dieser Liga werden die gleichen Prinzipien wie im Fußballwettkampf verwendet. Das Spielfeld besteht aus einer stilisierten Wohnung mit mehreren Zimmern, Türen, und menschlichen Probanden, mit denen der Roboter interagieren muss. Das Maß für Erfolg ist die Abarbeitung einer aufeinander aufbauenden Kette von Teilaufgaben in einer definierten Zeit, etwa in der Art: Gehe durch die Tür in die Wohnung, identifiziere eine

menschliche Probandin, frag nach ihrem Namen, gehe in die Küche, identifiziere eine Flasche und greife sie, finde zurück zu der vorher identifizierten Probandin, reiche ihr die Flasche, und verlasse die Wohnung wieder.

Die Teilaufgaben sind so zugeschnitten, dass sie die Leistung verschiedener technischer Komponenten zu testen gestatten. Die Gesamtaufgabe ist aber wiederum so formuliert, dass für ihre Erfüllung alle Komponenten in Echtzeit zusammenarbeiten müssen. Für die Form der Roboter selbst gibt es kaum Vorgaben, da Größe und Funktionalität aus den Wettkampfbedingungen ableitbar sind. Lediglich die Kommunikation mit den menschlichen Teammitgliedern ist ausdrücklich verboten.

Wie im Falle des Fußballs zählt nur der Erfolg. Es gibt ein Punktesystem, das jede innerhalb des Zeitlimits erfüllte Teilaufgabe mit einer Anzahl von Punkten belohnt. Auch beim Robocup@home gibt es keine Entschuldigungen für Fehlleistungen. Findet z.B. ein Roboter zu Beginn des Tests den Eingang nicht, bleibt sein Gesamtpunktestand Null. Ebenfalls wie im Robocup ist ‚Fair Play‘ expliziter Bestandteil der Regeln. Das heißt, „trying to cheat (e.g. pretending autonomous behavior where there is none“) oder „trying to exploit the rules (e.g. not trying to solve the task but trying to score)“ ist verboten (*RoboCup@Home Technical Committee 2009, S. 16*). Diese Spielregeln werden ebenso offen ausgehandelt wie diejenigen für die Fußball spielenden Roboter.

Roboterwettkämpfe scheinen zunächst von ihrer ganzen Anlage her ein guter Kandidat für ein Boundary Object zu sein: Denn in ihnen wird, ganz wie bei den im vorangegangenen Kapitel am Beitrag der epistemischen Spielzeuge beschrieben und diskutiert, ein allgemeines Problem für die Weiterentwicklung eines heterogenen Feldes auf eine spielerische Weise angegangen, die auf den ersten Blick so gar nicht nach ernsthafter Forschung aussieht. Dort ist das übergreifende Problem für das Feld als Ganzes die Einordnung von robotischer Einzelforschung in eine große Traditionslinie. Hier, beim RoboCup, ist dieses übergreifende Problem die fehlende Vergleichbarkeit der Fortschritte, die mit komplexen Unikaten erzielt werden können, und so den Fortschritt in der Robotik insgesamt bestimmbar zu machen. Die Lösung für dieses Problem, ein für alle Teilnehmenden gleiches und unbestreitbar messbares Ziel zu definieren – in der echten Welt mehr Tore zu schießen als die Konkurrenten – ist deshalb im Sinne der Grundidee des Konzeptes der Boundary Objects „schwach

strukturiert“, weil die Gründe für das Erreichen dieses Ergebnisses je fachspezifisch und entsprechend unterschiedlich bewertet und in den je fachspezifischen Stand der Forschung eingebracht werden (dann sind sie „stark strukturiert“). Das wird besonders an der Behandlung der Gründe für das Scheitern deutlich, denn diese Gründe können je fachspezifisch hochinteressant sein - sie zeigen Probleme bei der Realisierung von realweltfähigen Geräten auf. Die koordinative Wirkung des Erfolgskriteriums ist, so könnte man das formulieren, indirekt, denn es motiviert die Teilnehmenden dazu, ihre jeweils fachspezifische Expertise so in ein Roboter Gesamtsystem zu integrieren, dass dessen physische Performanz bei der Austragung des nächsten Wettbewerbs besser ist.

Doch was genau am Roboterwettkampf ist das Boundary Object? Das ist nicht auf den ersten Blick zu erkennen, weil der Roboterwettkampf eine im Vergleich zu vorherigen Beispielen komplexere Struktur aufweist und insbesondere weil zwei zentrale Bestandteile des Wettkampfes – die physische Performanz des erfolgreichen Torschusses und die Spielregeln – in zwei ganz unterschiedlichen medialen Substraten vorliegen. Um dieser Frage auf die Spur zu kommen ist es sinnvoll, auf das oben (Kapitel 2.2) eingeführte Typisierungsschema zurückzugreifen, denn es ist ja ein Zweck eines durch die Kreuzung von Dimensionen hergestellten Schemas, konzeptionell angeleitete Vergleiche zu ermöglichen und damit auch etwas über konzeptionell noch nicht gefasste Befunde herauszufinden. Wendet man das Typisierungsschema auf die beiden genannten zentralen Bestandteile des Wettbewerbs an, so ergibt sich folgendes Bild (Abb. 14):

		Richtung der Kontextualisierung	
		Spezifikation vom Abstrakten zum Konkreten	Abstraktion vom Konkreten zum Abstrakten
mehrere Skalierungsstufen	Idealtypen (z.B. Gehirnatlantent)	Materialisierte Modelle (z.B. Präparate)	
zweistellige Skala	übereinstimmende Grenz- ziehung (z.B. Umriss der Karte Kaliforniens) Torerfolg im Regelwerk des RoboCup	physische Performanz des Torerfolges in Robocup	

Abbildung 14 Einordnung des Robocup in die Typik von Boundary Objects

Diese Zuordnung ergibt sich aus den folgenden Gründen, die dann auch eine konzeptionelle Interpretation anleiten.

- In dem Regelwerk, das um das Kriterium des Torerfolges herum aufgebaut ist und sich in permanenter Aushandlung befindet, taucht der Torerfolg rein symbolisch auf und ähnelt in seiner Struktur der Umrisslinie des Staates Kalifornien insofern, als ein – in Bezug auf das Regelwerk – abstraktes Prinzip (die „schwach strukturierte“ Form) auf eine sehr einfache Weise repräsentiert, oder in beiden Fällen besser: festgelegt wird, die dann von vielen Akteuren mit ihren je eigenen („stark strukturierten“) Beiträgen aufgefüllt wird. Es handelt sich also beim Torerfolg im Rahmen des Regelwerkes um eine zweistellige Skala der Spezifikation vom Abstrakten zum Konkreten.
- Dagegen ist die Realisierung des Torerfolges auf dem Turnier ein realweltlicher Vorgang der, weil nur als spielerische Performanz (in seiner „schwach strukturierten“ Form) von allen geteiltes Ergebnis, von den Beteiligten mit höchst unterschiedlichen („stark strukturierten“) Gründen in Zusammenhang gebracht wird. Es handelt sich also bei der physischen Performanz des Torerfolges um eine Kontextualisierung vom Konkreten zum Abstrakten. Von den materialisierten Modellen unterscheidet er sich dadurch, dass es keine Zwischenstufen der Skalierung (unterschiedliche Abstraktionsniveaus der Thematisierung des Torerfolges) gibt – in der „stark strukturierten“ Form wird sofort

und ausschließlich auf das Niveau der fachspezifischen Diskussion gewechselt.

Diese Interpretation, wonach es sich beim zentralen Punkt von RoboCup, dem Vergleichskriterium des Torerfolges um die Kombination von zwei Boundary Objects handelt, kann meines Erachtens dadurch gestützt werden, dass beide Objekte in einem festen Rhythmus gekoppelt sind: Nur während des Wettkampfes selbst wird die Aushandlung des Regelwerkes und damit des symbolischen Torerfolges ausgesetzt – dann wird der Torerfolg an physischer Performanz gemessen.

4 Sozialtheoretische Reflexion: Die ordnungstiftende Rolle von Boundary Objects

Ich will an dieser Stelle noch einmal die Abstraktionsebene wechseln, auf die in Kapitel 2.4 vorgestellte abstraktere Ebene des Nachvollzuges von sozialer Ordnungsbildung in „erklärender Absicht“ (Schimank 2007, S. 31; Schimank 2002). Anders als in Kapitel 2.4 will ich dabei diese abstrakte Ebene nicht dafür nutzen, um Leitfragen zur koordinativen Leistungsfähigkeit der Boundary Objects zu formulieren (das ist ja schon geschehen), sondern um die Grundidee der Boundary Objects als einen interessanten Spezialfall des „elementaren Mechanismus“ der Ordnungsbildung durch „wechselseitige Beobachtung und Anpassung“ (ebenda, S. 38) zu profilieren⁹⁸. Mit diesem nochmaligen Wechsel der Abstraktionsebene verfolge ich zwei Ziele. Ich möchte erstens versuchen, die eingangs dargestellte, aus der Empirie entstandene Irritation abstrakter zu fassen und damit auch konzeptionell besser zu verstehen. Und ich möchte zweitens testen, inwieweit damit Hinweise für eine Einschränkung der Erklärungsreichweite des Konzeptes gewonnen werden können.

Elementare Mechanismen und die ‚Stärken‘ und ‚Schwächen‘ ihrer koordinativen Leistungsfähigkeit

Um diese beiden Ziele verfolgen zu können scheint es mir angezeigt, direkt anzusetzen an Schimanks basaler Unterscheidung von drei grundsätzlich unterschiedlichen Arten der Handlungskoordination, die auf unterschiedliche Weise zu sozialer Ordnung verstetigt werden können. Alle diese Arten der Verstetigung von Handlungsabstimmung basieren letztlich auf der gelingenden Herstellung von wechselseitiger Erwartungssicherheit, womit die immer mögliche „Exit-Option“ (Hirschman 1970) unwahrscheinlicher wird – allerdings auf sehr unterschiedliche Weise, durch die die Akteure, das ist hier entscheidend, in unterschiedlichem Ausmaß gebunden werden. In dieser abstrakten Fassung ist die Rede von einer unterschiedlichen ‚Stärke‘ der „Bindungswirkung“ von „elementaren Mechanismen“ mehr als eine sozialtheoretische Metaphorik, sondern hat einen systematischen Stellenwert.

⁹⁸ Wie bereits in Kapitel 2.4 benutze ich Schimanks Darstellung, da er einerseits die wesentlichen Grundzüge basaler sozialtheoretischer Überlegungen in einer Weise systematisiert, die jedenfalls in ihren Grundzügen kaum strittig sein dürfte, aber andererseits dem „Mechanismus“ von Ordnungsbildung durch Beobachtung einen ungewöhnlich breiten Raum einräumt.

Die von Schimank vorgestellten drei „elementaren Mechanismen“ basieren auf der Unterscheidung von Konstellationen der „Beobachtung“, der „Beeinflussung“ sowie der „Verhandlung“. „Elementar“ heißen diese Konstellationen, weil sie die genannten abstrakten Logiken des Mikro-Makro-Zusammenhanges in nicht weiter reduzierbarer Weise fassen sollen, wodurch sich etwa Einheiten wie „Organisationen“, aber auch idealisierte „Märkte“ – das paradigmatische Beispiel der Soziologie seit ihrer Gründung – als Mixtum compositum aus tiefer liegenden Wirkzusammenhängen darstellen. Auf dieser Abstraktionsebene geht es – um diesen Zweck noch einmal herauszustellen – nicht um eine im landläufigen Sinne „mechanistische Erklärung“, sondern darum, die grundsätzliche Logik so „prägnant als möglich hervortreten zu lassen“ (Schimank 2007, S. 31).

Um mit dem Koordinationsmechanismus zu beginnen, der die ‚stärkste‘ Bindungswirkung hervorbringt und sicherlich den soziologisch klarsten Fall darstellt: Aus Verhandlungen zwischen Akteuren, die genau wissen was sie wollen, aber ebenso wissen, dass sie ihr Interesse nicht vollständig durchsetzen können, kann ein „beiderseitig akzeptiertes und deshalb bindendes Ergebnis“ (ebenda, S. 40) hervorgehen. Dieses Verhandlungsergebnis ist für alle Akteure nicht nur deshalb ‚stark‘ bindend, weil sie das Ergebnis der gerade abgeschlossenen Verhandlung kennen und bei zukünftigen Verhandlungsgelegenheiten berücksichtigen, sondern auch, weil die Kenntnis und Einhaltung der Spielregeln der Verhandlung wechselseitig vorausgesetzt wird – vor allem weil es im Interesse aller Beteiligten ist, auch in zukünftigen Verhandlungen als verlässlicher Verhandlungspartner auftreten zu können. Ein Ausstieg aus einer einmal getroffenen Vereinbarung oder auch nur der Verdacht der Trittbrettfahrerei, also dass nur zum Schein mitgemacht und auf die günstigste Gelegenheit zum Ausstieg gewartet wird, würde einzelne Akteure diskreditieren und, wenn das viele praktizieren, die Bindungswirkung dieses Mechanismus nachhaltig beschädigen. Aufgrund dieser auch in die Zukunft gerichteten Bindungswirkung zählt Schimank zu den verstetigten Ordnungsformen, die aus dem Verhandlungsmechanismus hervorgehen können, nicht nur per se auf Dauer angelegte Netzwerke, Polyarchien und Hierarchien, sondern auch „eingebettete Märkte“ (ebenda, S. 41).

Eine ‚schwächere‘ Bindungswirkung entfaltet die Klasse sozialer Ordnung, die aus Interaktionen entstehen kann, in denen „Einflusspotentiale“ gezielt

eingesetzt werden, um eine bestimmte Intention durchzusetzen, und zwar ohne den Spielregeln einer Verhandlung folgen zu müssen. Solche Potentiale können ganz unterschiedlicher Natur sein, etwa auf „Macht, Geld, Wissen, Liebe bzw. Sympathie oder moralischer Autorität“ (ebenda, S. 38) beruhen. Gelingt der Einsatz dieser Potentiale nicht nur punktuell, sondern dauerhaft, so werden sich die Akteure den Ausgang dieser Interaktionsepisoden merken, und zwar auch dann, wenn das Ergebnis nicht kodifiziert wurde – dann kann die Orientierung an den Ergebnissen mehrfacher wechselseitig erwartet und auch eingefordert werden. Die Akteure gewinnen dann eine hinreichend gesicherte Erwartung über den Ausgang der Abstimmung der Einflusspotentiale, und damit können, wie Schimank das unmissverständlich bezeichnet, auf Dauer gestellte „wechselseitige Fügsamkeitszumutungen“ (ebenda, S. 39) entstehen. Auf diese grundsätzliche Überlegung aufbauend unterscheidet Schimank zwei doch recht unterschiedliche Teilklassen, zu denen dieser Mechanismus von ‚schwächerer‘ sozialer Ordnungsbildung führen kann. Die erste Teilklassen sind „Gemeinschaften“, in denen der Abgleich von Einflusspotentialen „relativ symmetrisch“ (ebenda, S. 38) vonstatten geht und entweder durch „geteilte kognitive Überzeugungen“ oder „affektive Sympathie“ (ebenda) überwölbt wird – was zur Folge hat, dass Gemeinschaften, um auf Dauer gestellt werden zu können, auf die Leistungsvoraussetzungen einer „aufwendige Pflege dieser beiden Kanäle wechselseitiger Beeinflussung angewiesen sind“ (ebenda, S. 39), was zu ritualisierten Versicherungen der Zugehörigkeit zu dieser Gemeinschaft führt. Ganz anders die zweite Teilklassen von sozialer Ordnung, die aus Beeinflussung entstehen kann: „oktroyierte Fügsamkeit“ in Hegemonien, also in „asymmetrischen Konstellationen“ (ebenda), in denen Konsensorientierung eine geringe Rolle spielt, da sie auf der Ungleichverteilung von Einflusspotentialen – oder auf der Ungleichverteilung der glaubhaft signalisierten Bereitschaft zum Einsatz dieser Potentiale – beruhen. Schimank nennt als Potentiale die „Medien“ (ebenda) Macht und Geld, aber auch schlicht: die Androhung oder Ausübung von Gewalt, d.h. durch diese Medien legitimierte rohe Durchsetzung.

Diese kategorialen Unterscheidungen sind, von Details der Zuordnung abgesehen, auf dieser Abstraktionsebene soziologisch wenig überraschend. Doch Schimank führt noch eine weitere, wiederum ‚tiefer liegende‘ und aus seiner Sicht zumeist übersehene Klasse von sozialer Ordnungsbildung ein, die

nur aus „Konstellationen wechselseitiger Beobachtung“ (ebenda, S. 36) entstehen kann:

„Es handelt sich eben nicht um Konstellationen, in denen zwischen den Akteuren gezielte Einflussnahmen oder Verhandlungen stattfinden. Denn keiner der Beteiligten hat mit seinem Handeln soviel Gewicht, um erfolgreich Einfluss ausüben zu können, und keiner sieht sich in der Lage, Verhandlungen zu initiieren. Damit sind auch die entsprechend eingefahrenen und altherwürdigen Figuren des Denkens über Strukturaufbau und -veränderung hier nicht verwertbar ... Etwas viel Elementareres ruft in Beobachtungskonstellationen strukturelle Effekte hervor, und es ist so unscheinbar, dass es weder in der Selbstbeobachtung im Alltag noch bislang der soziologischen Beobachtung sonderlich auffällt“ (Schimank 2010, S. 227).

Diese Konstellationen sind zunächst nur dadurch gekennzeichnet, „dass allein die Wahrnehmung dessen, was ein anderer tut oder unterlässt, einen Unterschied dafür macht, welche Intentionen ein Akteur verfolgt und wie er das tut“ (ebenda, S. 227). Die soziale Bindungswirkung beruht hier also nicht auf der Selbstbindung an die Ergebnisse von Interaktion im engeren Sinne, sondern nur auf der verstetigten, weil nicht enttäuschten, eigenen Wahrnehmung. Es geht nur darum, dass Akteure die Situation so wahrnehmen, dass ‚man das hier offenbar so macht‘ bzw. ‚so sieht‘ und ihre Handlungen, selbst wenn es eine Vielzahl von alternativen Handlungsmöglichkeiten gäbe, an der erwartbar wahrgenommener Konformität ausrichten

Zum Aufbau von sozialer Ordnung im Sinne von Deutungsstrukturen kann es nach Schimank dann kommen, wenn der Inhalt dieser je individuellen Beobachtungen sich aneinander angleicht und allein dadurch, dass es keine gegenteiligen Indizien gibt, gleichgerichtet wird – und, das ist hier der springende Punkt, an sonst nichts. Das geschieht Schimank zufolge dadurch, dass zunächst irgendetwas als relevant aus dem Handlungsstrom herausragend wahrgenommen wird (er nennt dieses initiale Heraustreten aus einer Art Nullsituation der Beobachtung „Abweichungsverstärkung“) und sich anschließend alle wechselseitig daran orientieren, wodurch Konformität der Inhalte der Beobachtung entstehen kann (er nennt das „Abweichungsdämpfung“; ebenda, S. 235-252). In seiner konzeptionellen Modellierung des Weges von der individuellen zur kollektiven Deutung zum

individuellen Handeln liegen dann abschließend individuelle „Schwellenwerte der Mobilisierungsbereitschaft“ für deutungsgeleitetes Handeln (ebenda, S. 265).

Soweit der grundsätzliche Ansatz zur Entstehung von handlungsrelevanten „kulturellen Deutungsmustern“ (Schimank 2007, S. 37) aus Beobachtung. Schimank differenziert nun auf jedem der skizzierten Modellierungsschritte verschiedene Typen oder Varianten von Beobachtung: Jene kann direkt am Verhalten (oder der Beobachtung des Ergebnisses des Verhaltens) anderer gewonnen oder indirekt sein, bestimmte Handlungsabsichten können für die Wahrnehmung der Anderen bewusst signalisiert werden oder nicht, und das ‚das wird hier offenbar so gemacht‘ kann auf den gegenwärtigen Stand der Dinge oder auf antizipierte Deutungen Zweiter und Dritter bezogen sein. Aus allen diesen Möglichkeiten können Deutungsordnungen entstehen, die sich – wie alle sozialen Strukturen – in drei Subklassen (Schimank 2010, S. 204-214) unterscheiden lassen: „Kognitive Deutungsstrukturen“ fassen ein ‚das wird hier offenbar so gesehen‘, „normative Deutungsstrukturen“ ein ‚dieses Verhalten wird hier offenbar so erwartet‘, und mit „evaluativen Deutungsstrukturen“ wird der handlungsrelevanten Orientierung des Akteurs „eine Richtung seines Wollens gewiesen“, das in die Zukunft gerichtet und um „kulturelle Leitideen gruppiert“ ist (ebenda, S. 205).

Alle diese nur aus Beobachtung hervorgehenden Deutungsmuster können sehr ‚stark‘ handlungsorientierend bzw. mobilisierend wirken. Schimank nennt neben Moden etwa die aus dem Neoinstitutionalismus bekannten „Rationalitätsfiktionen“, mit denen ja ohne Zweifel sehr ‚stark‘ und gesellschaftsweit wirkende Deutungen gemeint sind (DiMaggio & Powell 1983). Doch die koordinative Wirksamkeit von Deutungsmustern ist in der Schimankschen Logik grundsätzlich ‚schwächer‘ als diejenige, die auf Verhandlung oder Beeinflussung basiert, und ich will dieser Logik zunächst folgen. Allerdings muss bei der Beschreibung dieser beiden ‚Schwächen‘, so denke ich, unterschieden werden zwischen der grundsätzlichen Unterscheidung der koordinativen Leistungsfähigkeit der „elementaren Mechanismen“, und den Annahmen, die Schimank in seiner eigenen Version dieser abstrakten Herleitung macht. Es ist bei all den Differenzierungen von Beobachtungskonstellationen recht klar, dass Schimank seine grundsätzliche konzeptionelle Modellierung vor allem in Richtung auf eine ganz bestimmte

Ausprägung dieser Konstellationen und ihrer strukturellen Konsequenzen voran treibt: Konstellationen, in denen sich die Akteure wechselseitig direkt (also unter Kopräsenz) beobachten können, dabei in erster Linie auf Indizien für Handlungsabsichten der anderen achten, darüber hinaus jederzeit genau wissen, dass ein Spiel wechselseitiger Beobachtung vorliegt und dieses Wissen bei der Abwägung von Deutungs- wie Handlungsalternativen permanent reflektieren⁹⁹. Diese Version der Beschreibung der ‚Schwäche‘ von Deutungsstrukturen ist eine bestimmte – ich werde weiter unten argumentieren: sehr einseitige – Ausprägung der grundsätzlichen Modellierung der Verstetigung von Beobachtung.

Die koordinative Wirksamkeit von Deutungsmustern weist Schimank zufolge aus zwei grundsätzlichen, aber unterschiedlichen Gründen eine besondere ‚Schwäche‘ auf, die zu zwei ebenso unterschiedlichen Konsequenzen führt.

Die erste ‚Schwäche‘ der koordinativen Wirksamkeit von Deutungsmustern bezieht sich auf die Klassen von Problemen der Handlungsabstimmung, die durch verstetigte Beobachtung gelöst werden können. Handlungsabstimmung über verfestigte Deutungen ist, da sie ja nur auf der Anpassung der eigenen Beobachtung auf die wahrgenommene Deutung aller anderen basiert, nur „reaktiv“ und somit nicht in der Lage, dem kollektiven Handeln als Resultat der Handlungsabstimmung „aktiv Ziele zu setzen“ (Schimank 2007, S. 38). Deshalb ist dieser Abstimmungsmechanismus nicht in der Lage, kooperative und insbesondere arbeitsteilig kooperative, also auf der erwartbaren Erbringung unterschiedlicher Leistungen basierende, Kooperationsprozesse zu verstetigen – zum Beispiel wechselseitig akzeptierte und explizite Standards, die auf der Basis einer vorgängigen Aushandlung festlegen, wer welchen Beitrag zu einem kollektiven Unternehmen zu erbringen hat:

„In Beobachtungskonstellationen passt Ego sich den anderen an, in Beeinflussungskonstellationen [und erst recht in Verhandlungskonstellationen; MM] bemüht sich Ego demgegenüber darum, den anderen Anpassung an seine eigenen Handlungsintentionen aufzuerlegen. Alters Handeln kann von Ego auf dessen Ziele hin ausgerichtet werden (...) Das kollektive Handeln reagiert damit nicht

⁹⁹ Hier steht ersichtlich das grundsätzliche soziologische Problem der doppelten Kontingenz Pate, allerdings in einer spieltheoretischen Fassung als „nichtkooperatives Spiel“ (Schimank 2007, S. 37).

mehr nur auf vorgegebene Anlässe, sondern setzt sich selbst Ziele. Die Einzelhandlungen, die zusammen das kollektive Handeln ausmachen, können hierbei auch ungleichartig sein, womit sich die Möglichkeit arbeitsteiliger Kooperation ergibt“ (ebenda).

Deshalb setzt die Koordination von Kooperation, und insbesondere die Koordination von arbeitsteiliger Kooperation, eine gegenüber dem Mechanismus der Beobachtung „qualitativ andere, voraussetzungsvollere und leistungsfähigere Art von kollektiver Handlungsfähigkeit“ (ebenda) voraus.

Die zweite ‚Schwäche‘ der koordinativen Wirksamkeit von Deutungsmustern bezieht sich auf deren Bindungswirkung. Das Ergebnis von Beobachtung beruht nicht auf einem in Interaktion konkret erprobten Ergebnis von vorgängigen Verhandlungen oder Beeinflussungsversuchen. Deshalb fehlt den mit Deutungsmustern verbundenen Erwartungen grundsätzlich der feste, weil schon konkret ausprobierte und dadurch gehärtete ‚Anker‘ der Erinnerung an die Ergebnisse dieser vorgängigen Interaktionssequenzen. Somit verbleiben Deutungsmuster als individuelle Interpretationen immer ungeprüft im Modus einer Art kultureller Hypothese, so wenig je aktuell auch gegen diese Hypothese sprechen mag. Daraus folgt erst einmal nur, dass auf Beobachtung basierende Erwartungen besonders unsicher sind und anfällig für Enttäuschungen – und für Beobachtungen, die als Indizien für möglicherweise bevorstehende Enttäuschungen gedeutet werden können. In diesem Sinne ist die Bindungswirkung von Deutungsmustern in jedem Fall ‚schwach‘.

Mit dem prinzipiell hypothetischen Charakter von Deutungsmustern können, ganz im Rahmen der grundsätzlichen Logik dieser abstrakten Modellierung, die Akteure allerdings sehr unterschiedlich umgehen – darauf verweist ja die Unterscheidung von verschiedenen Typen von Beobachtung. An dieser Stelle der Argumentation schlägt nun aber die oben schon skizzierte Einseitigkeit der Schimankschen Beschreibung zu. Aus der Annahme, dass „für jeden Akteur Erwartungssicherheit ein überragendes reflexives Interesse“ darstellt (Schimank 2007, S. 37) folgt bei ihm die oben schon umschriebene Modellierung der Grundhaltung der Akteure, bei ihren Beobachtungen in erster Linie auf Hinweise für Intentionen der anderen zu achten und die Deutung dieser Interpretation von vermeintlichen Handlungsabsichten zudem permanent reflektierend zu überprüfen. In der Konsequenz dieser abstrakten, aber eben auch einseitigen Fassung des hypothetischen Charakters von Deutungsmustern

ist deren koordinative Leistung dann an eine aufwändige Leistungsvoraussetzung gebunden. So wie die ‚stark‘ bindende Wirkung von Verhandlungsergebnissen an die Nebenbedingung gebunden ist, dass die Akteure die Kenntnis und Einhaltung der Spielregeln von Verhandlungen wechselseitig kennen und deren Befolgung auch wechselseitig erwarten, und etwa die weniger ‚stark‘ bindende Wirkung von Gemeinschaften die „aufwändige Pflege“ der Kanäle „geteilter kognitiver Überzeugungen“ und „affektiver Sympathie“ (ebenda, S. 39, vgl. oben) voraussetzt, so ist die dauerhaft bindende Sicherheit eines Deutungsmusters dann verwiesen auf eine beständige (und zudem „reflexive“) Prüfung durch jeden Akteur, ob seine eigene hypothetische Deutung nicht auf einem Irrtum beruht – oder auf einer mehr oder weniger bewussten Täuschung¹⁰⁰. In der Konsequenz modelliert Schimank Deutungsstrukturen so, dass ihre Bindungswirkung deshalb besonders ‚schwach‘ ist, weil sie intrinsisch mit einer Logik des generalisierten Verdachts belastet sind:

„Beobachtungskonstellationen [sind] instabil: Sie verlangen den involvierten Akteuren oft eine ständige Hab-Acht-Haltung ab, um aus der Beobachtung anderer Akteure Schlüsse für das eigene Handeln ziehen zu können, und die Erwartungssicherheit kann schnell verloren gehen, wenn die Beobachteten plötzlich anders handeln als bisher wahrgenommen“ (Schimank 2010, S. 227).

Man muss dieser einseitigen Zuspitzung auf eine Logik des permanent reflektierten Verdachts nicht folgen, um Schimanks grundsätzliche Modellierung der Verstetigung von Beobachtung für plausibel zu halten, inklusive der Herleitung der beiden spezifischen ‚Schwächen‘ dieses Koordinationsmechanismus. Und glücklicherweise finden sich bei Schimank selbst einige Hinweise für eine weniger einseitige Fassung von Deutungsstrukturen, an die ich einige Absätze weiter unten auch direkt anschließen werde.

Zuvor sei der Ertrag der sozialtheoretischen Überlegungen kurz zusammengefasst. Soziale Strukturen, die nur aus Beobachtung hervorgehen

¹⁰⁰ Schimank bezeichnet die reflexive Einstellung der Akteure zum Wissen um ihr eigenes Beobachtetwerden als „impression management“ (Schimank 2010, S. 233), unter Bezug auf die bekannte Figur von Goffman 2003, wonach Akteure sich auf der „Vorderbühne“ in einer bestimmten Weise präsentieren, um einen bestimmten Eindruck zu erwecken.

können, sind aus zwei Gründen in ihrer koordinativen Wirksamkeit 'schwächer' als Strukturen, die aus beeinflussender oder verhandelnder Interaktion hervorgehen können. Die erste ‚Schwäche‘ betrifft die drastischen Einschränkung der Arten von Abstimmungsproblemen, die durch Beobachtung dauerhaft gelöst werden können: Akteure können sich nur an die wahrgenommene Sichtweise aller anderen anpassen, womit eine aktive, nach vorne gewandte Lösung von Kooperationsproblemen, und insbesondere von arbeitsteiliger Kooperation, ausgeschlossen ist. Jene setzen, in der Sprache der STS, „Aushandlung“, und in der abstrakteren Sprache der Sozialtheorie, echte Interaktion (Beeinflussung oder Verhandlung) voraus. Die zweite ‚Schwäche‘ betrifft die Bindungswirkung dieses Koordinationsmechanismus: Die aus verstetigter Beobachtung resultierenden Deutungsmuster verbleiben per se im Status einer ungeprüften Hypothese und erzeugen deshalb weniger Erwartungssicherheit bzw. sind fragiler als Ordnungsformen, die auf verstetigten Beeinflussungs- und Verhandlungsergebnissen basieren.

Die Anwendung der elementare Mechanismen auf das Konzept der Boundary Objects: Substitution von Verhandlung durch den Rückbezug auf ein Beobachtungsobjekt?

Wendet man die Brille des abstrakten Schimankschen Modells auf das Konzept der Boundary Objects an, so wird der tiefere Grund für den irritierenden Charakter der eingangs genannten empirischen Befunde, die zur Entwicklung dieses Konzeptes geführt haben, sofort augenfällig. Denn durch diese Brille betrachtet versucht das Konzept eine koordinative Leistung zu fassen, die ganz offensichtlich auf einer in der gängigen soziologischen Sichtweise ‚unmöglichen‘ Kombination von elementaren Koordinationsmechanismen beruht: Diese dauerhafte – und damit ordnungsbildende – Leistung beruht ausschließlich auf einer bestimmten Art von Handlungsabstimmung durch verstetigte Beobachtung (dem Rückbezug auf ein von allen Akteuren als das hinreichend ähnlich wahrgenommenes Objekt), die dennoch eine Art von kooperativer Abstimmung ermöglicht, deren Leistung im Schimankschen Modell den ‚höheren‘ Abstimmungsmechanismen vorbehalten ist¹⁰¹ – echte

¹⁰¹ Das ist in Schimanks Modell prinzipiell nicht möglich, denn es kann dem Modell zufolge zwar durchaus Kombinationen von elementaren Mechanismen geben, aber immer nur in einer Richtung: ‚Höhere‘ Klassen von Ordnung können aus ‚tieferen‘ hervorgehen, und ‚tieferen‘ Klassen können umgekehrt ‚höhere‘ Ordnungsbildung einfacher machen, aber nur als eine Art

Verhandlungen finden dem Konzept zufolge aber gerade nicht statt. Das erweckt den Anschein, als ob es möglich ist, die koordinative Leistung von wechselseitigen Beeinflussungsversuchen oder Verhandlungen durch den Rückbezug auf das Objekt zu substituieren.

Am wie gesehen klarsten Fall für ein Boundary Object im Originaltext, der Umrisslinie des Staates Kalifornien (vgl. Kapitel 2.2), lässt sich das wie folgt beispielhaft veranschaulichen. Für das nur kollektiv durchführbare Projekt des Museums bestand ein essentielles Kooperationserfordernis darin, dass ganz unterschiedliche Akteursgruppen (etwa Ökologen, Amateurnaturalisten und Trapper) im Feld Informationsakquise betreiben und diese Informationen in einer kollektiv nutzbaren Weise dokumentieren. Obwohl die Koordination dieser Informationsakquise unzweifelhaft eine ‚höhere‘ Form der Handlungsabstimmung ist, in diesem Fall sogar die Abstimmung arbeitsteiliger Kooperation, war es nicht möglich, die dauerhaft erwartbare Erbringung dieser Akquise durch die bindende Wirkung der Ergebnisse machtförmiger oder ökonomischer Beeinflussung zu garantieren (etwa dadurch, dass den Trappern die geeignete Informationsdokumentation im Wortsinne abgekauft wird), oder aber durch die Bindung an die Ergebnisse von Verhandlungen (etwa an ausgehandelte Standards der Akquise). Verblüffend, oder eben irritierend, ist daran nicht nur, dass die Ergebnisse dieser Akquise kollektiv verwertbar waren, obwohl alle Akteursgruppen zwar eine vage grundsätzlichen Idee von Kalifornien hatten, ansonsten aber überaus unterschiedliche Vorstellungen davon, was das im Einzelnen sein sollte, und obwohl sie, ganz ihren je eigenen Gepflogenheiten folgend, überaus unterschiedliche, und insbesondere unterschiedlich abstrakte, Informationsformate verwendet haben. Irritierend an diesem Fall ist vielmehr vor allem, dass Beeinflussungs- oder Verhandlungsinteraktionen für die Erbringung dieser ‚höheren‘ Abstimmungsleistung auch gar nicht notwendig waren – und, der Schilderung des Falles folgend, schlichtweg nicht stattfanden, und zwar, das ist hier entscheidend, auch nicht über längere Zeit. Die dauerhafte Akquise funktionierte allein dadurch, dass alle Beteiligten den Umriss der Karte von

‚Schmiermittel‘. Das Vorhandensein von geteilten Deutungsstrukturen ist selbstredend eine sehr günstige Randbedingung, um den positiven Ausgang einer Abstimmung von Einflusspotentialen wie den positiven Ausgang von Verhandlungen wahrscheinlicher zu machen. Im Falle der Boundary Objects ist die Richtung aber genau umgekehrt: Die Leistung ‚höherer‘ Abstimmungsleistungen werden hier durch ‚tiefere‘ substituiert, und das kann einfach nicht sein in diesem Modell.

Kalifornien als ein hinreichend ähnliches Beobachtungsobjekt identifizierten, und dann ihre Beobachtungen in einer kollektiv verwertbaren Weise in entsprechende Karten eingetragen haben.

Ich will im Folgenden der Frage nachgehen, ob sich die koordinative Wirksamkeit eines solchen Objektes auch in der Grundanlage des Schimankschen Modells der drei „elementare Mechanismen“ formulieren lässt. Denn wenn Boundary Objects die koordinative Wirksamkeit von ‚höheren‘ Abstimmungsmechanismen im Ergebnis substituieren können, dann müssen sie auch in einer abstrakten sozialtheoretischen Logik so gefasst werden können, dass die Möglichkeit der Erbringung dieser ‚höheren‘ Leistung erklärbar wird¹⁰². Der Schlüssel für die Beantwortung dieser Frage sind die beiden oben zusammengefassten ‚Schwächen‘ der Koordination durch Beobachtung, und ich will beide ‚Schwächen‘ zunächst getrennt voneinander behandeln und versuchen, die Argumentation jeweils an dem soeben eingeführten Beispiel der Grenzlinie des Staates Kalifornien zu veranschaulichen.

Um mit der zweiten ‚Schwäche‘ von Koordination durch Beobachtung zu beginnen: Diese ‚Schwäche‘ besteht darin, dass ihre Bindungswirkung nicht auf den – von den Akteuren erinnerten – Ergebnissen echter Interaktion beruhen und daher nur den Status einer Art je individueller Hypothese darüber haben, ‚wie man das hier offenbar so macht und sieht‘. Dagegen lassen sich, ohne den grundsätzlichen Unterschied zu Beeinflussung und Verhandlung einebnen zu wollen, in Bezug auf die Boundary Objects zwei grundsätzliche Einwände – oder vielleicht doch eher: techniksoziologisch informierte Erweiterungen – formulieren.

Schimanks erstes Argument ist, dass den aus Beobachtung entstandenen Deutungsstrukturen der in echter Interaktion gehärtete ‚Anker‘ in Form der Erinnerung an die Ergebnisse dieser Interaktionen fehlt, und deshalb die Erwartungssicherheit und damit die Bindungswirkung von Deutungsstrukturen prinzipiell ‚schwach‘ ist. Am ehesten für die Akteure verlässlich sind bei ihm noch „direkte Beobachtungen“, also solche unter

¹⁰² Sonst wären, jedenfalls aus meinem Grundverständnis, soziologische Konzepte und Theorien nur empiriefreie Sozialphilosophie und umgekehrt die Schilderung empirischer Befunde reine Illustration theoretischer Überlegungen – was ja leider häufig der Fall ist. Dieses Verständnis deckt sich, so denke ich, vollkommen mit Schimanks (bei der Frage nach der Bedeutung der Rede von „sozialen Mechanismen“ oben eingeführter) Sichtweise.

Kopräsenz der Akteure. Er führt allerdings auch die Möglichkeit „indirekter Beobachtung“ ein (Schimank 2010, S. 229), interessiert sich aber dann nur dafür, dass „indirekte Beobachtung“ des Verhaltens und der Intentionen anderer prinzipiell besonders fehlerträchtig sei¹⁰³. Doch warum sollte das so sein, und warum sollte sich Handlungsabstimmung über Beobachtung nur auf die im Wahrnehmen erschlossenen Intentionen anderer beziehen? Nicht nur die von ihm selbst als Beispiel angeführten Preise für bestimmte Waren sind „nützliche Wahrnehmungsführungen“ (ebenda, S. 230), sondern auch materielle Dinge wie mediale Repräsentationen oder Artefakte (und vermutlich sind Preise soziologisch gesehen genau das, ein „calculative collective devices“ repräsentierendes Artefakt; Callon & Muniesa 2005). Und Boundary Objects sind, wie viele andere Deutungsstrukturen wohl auch, materielle Repräsentationen von großen, kollektiv zumindest in ihrer unspezifischen Ausprägung geteilten Ideen oder allgemeinen Prinzipien. Schimank selbst nennt „in einem Artefakt vergegenständlichte soziale Deutungsstrukturen“ (ebenda, S. 251) und an anderer Stelle „technische Leitbilder“ (Schimank 2007, S. 38) als verfestigte Beobachtungsordnungen, geht aber auf die mögliche Bedeutung der materialen Form für die Koordination (sei es als verfestigtes „dominantes Design“, sei es als zentraler Knoten einer sozio-technischen Konstellation; vgl. Kapitel 2.1) nicht weiter ein. Deshalb erscheint es mir gerade sinnvoll, die Möglichkeit der „Wahrnehmungsführung“ über die angeblich weniger „fehleranfällige“ direktere Beobachtung auch auf materielle Repräsentationen zu beziehen, die ein kollektiv geteilten ‚Anker‘ der „Wahrnehmungsführung“ sind – wie der, auf Papier materialisierte, Umriss der Karte von Kalifornien, der zumindest die Erwartungssicherheit herstellt, dass alle Beteiligten ‚über dasselbe‘ reden bzw. durch ihre Akquisetätigkeit zum selben kollektiven Unternehmen beitragen – in diesen Fall (als evaluative Deutungsstruktur“; Schimank 2010, S. 205) sogar zu einer in die Zukunft gerichteten großen Idee: Kalifornien als Staat neues Typus. Der ‚Anker‘ für die Erwartungssicherheit liegt hier in materialisierter Form, als Umrisslinie, vor, und reduziert den hypothetischen Charakter von Deutungsmustern – der Strich

¹⁰³ Diese in Bezug auf die koordinative Wirksamkeit abwertende Einschätzung ist ganz explizit: „Je weniger ein Akteur auf direkte Wahrnehmung zurückgreifen kann, desto größer ist zumeist auch die Wahrscheinlichkeit, dass er zu Fehleinschätzungen über das Handeln der anderen gelangt, so dass sein daran ausgerichtetes Handeln dann entsprechend unangemessen ausfallen kann“ (Schimank 2010, S. 230).

auf der Landkarte bietet zumindest die Sicherheit, dass die eingetragenen Informationen in Kalifornien akquiriert wurden.

Das zweite Argument für eine spezifische ‚Schwäche‘ der Bindungswirkung von Deutungsstrukturen ist laut Schimank, dass sie, weil sie nur auf individuellen Beobachtungen basieren und eben nicht in Interaktion überprüft werden können, besonders anfällig sind für Fehltritte und Enttäuschungen. Ich denke, dass man dieser Setzung folgen kann, ohne daraus, wie Schimank selbst, den aus meiner Sicht einseitigen Schluss zu ziehen, dass der prinzipiell hypothetische Charakter von Deutungsmustern den Akteuren eine generelle Logik des Verdachts aufzwingt (die genannte „Hab-Acht-Haltung“). Sie können damit sehr verschieden umgehen: Sie können um diesen hypothetischen Charakter wissen oder nicht, dieses Wissen mehr oder weniger reflexiv in ihre Situationsdefinitionen einbauen, sie können das punktuell oder permanent tun, und sie können darauf basierend unterschiedliche Deutungs- wie Handlungsentscheidungen treffen – sie können zum Beispiel auch einfach praktisch bewährte Schlussfolgerungen von Beobachtungen auf entsprechende Handlungsgepflogenheiten bzw. Routinen anwenden¹⁰⁴. Oder sie können als in ihrem gesamtem Umfeld, oder sogar als gesellschaftsweit, geltend wahrgenommenen Überzeugungen oder Wertungen einfach folgen. Darauf weist das Beispiel der „Rationalitätsfiktionen“ als Deutungsstruktur hin, die, folgt man dem neoinstitutionalistischen Kernargument, ja mit Einzelbeobachtungen oder -bewertungen bestenfalls lose gekoppelt sind und gerade deshalb so ‚stark‘ handlungsorientierend wirken. Schimank selbst nennt im Zusammenhang mit der von ihm so sehr in den Vordergrund gestellten intentionalen Strukturgestaltung eine solche Möglichkeit des Umgangs:

¹⁰⁴ So sind Routinen bei Hartmut Esser gefasst (als „automatisch-spontaner Modus“ in der „Logik der Selektion“; Esser 1999): „Die automatische Befolgung einer Routine eines einmal aktivierten Frames hat einen guten Grund: Die Frames sind den Erfordernissen des Alltags meist so gut angepasst, und die Befolgung der ... Skripts ist meist derart effektiv in der Nutzenproduktion, dass das Nachdenken über Konsequenzen gänzlich unnötig, ja höchst unvernünftig wäre. In den Frames und in den Skripten des Alltags spiegelt sich ja die, oft mühselig zuvor in zahllosen ‚reflexiven‘ Schritten entwickelte, Weisheit der Routine, sozusagen als geronnene Rationalität *früherer* Problemlösungen, die *jetzt*, zu fertigen gedanklichen Modellen stilisiert, abrufbereit und unaufwendig zur Verfügung steht“ (Esser 2001, S. 295, Hervorhebungen im Original).

„Oft sind die Struktureffekte des handelnden Zusammenwirkens beiläufiger Natur, also den Akteuren gar nicht bewusst, oder zwar bewusst, aber beim Handeln gleichgültig“ (ebenda, S. 234).

Mir scheinen nun gerade Beobachtungen, die beiläufiger Natur sind, gegen die Logik des Verdachts besonders gefeit zu sein. Denn anders als etwa bei Routinen, die unbewusst vollzogen, beim Überschreiten der Aufmerksamkeitsschwelle aber gebrochen werden, ist diese Aufmerksamkeitsschwelle bei beiläufiger Beobachtung per se niedrig. Deshalb sind aus beiläufiger Beobachtung hervorgehende Deutungsmuster der geschilderten ‚Schwäche‘ der koordinativen Wirksamkeit von Beobachtung jedenfalls weit weniger ausgesetzt als jene Formen von Beobachtung, die mit permanenter Reflexion und Signalisierung von Handlungsintentionen einhergehen und den hypothetischen Charakter ihrer Deutungen somit permanent ‚auf den Schirm‘ bekommen.

Dieser beiläufige Charakter von Beobachtung scheint mir ein wichtiger Schlüssel für das Verständnis der koordinativen Wirksamkeit der Boundary Objects zu sein. So ist das jedenfalls bei der Informationsakquise mit Hilfe des Umrisses des Staates Kalifornien. Die Benutzung von Landkarten und auch das Eintragen von Informationen in solche Karten war Bestandteil der ganz normalen Praktiken aller Beteiligten. Und es ist offenbar bei keiner Akteursgruppe der Verdacht entstanden, dass die ihr vorgegebene Art der Informationsbeschaffung anderen zum Vorteil gereicht, ihr selbst aber nicht. Genau das aber wäre im Rahmen des Schimankschen Modells (nicht zuletzt aufgrund der „Hab-Acht-Haltung“ der Akteure) mehr als wahrscheinlich. Im Museumsfall jedenfalls ist das offenbar nicht eingetreten. Jede Gruppe ‚lieferte‘ die Information im vorgegebenen Format freiwillig und im Wortsinn kostenlos – die rein auf dem geteilten Beobachtungsobjekt basierende Akquise ist zu keinem Zeitpunkt in Beeinflussungsversuche oder Verhandlungen ‚umgeschlagen‘. Mit dieser Veranschaulichung wird ein weiterer allgemeiner Punkt deutlich: Aufgrund des beiläufigen Charakters der Beobachtung lassen sich nur bestimmte Kooperationserfordernisse mit Hilfe von als hinreichend ähnlich wahrgenommenen Objekte erfüllen, andere dagegen nicht. Die Form der Informationsakquise war hinreichend beiläufig, eine Art von kollektiver Datenauswertung ist in ähnlich beiläufiger Form dagegen nur schwer vorstellbar – und in dem empirischen Fall ja auch nicht vorgekommen.

Um diese abstrakte Argumentation zur besonderen ‚Schwäche‘ der Bindungswirkung der besonderen Beobachtungsstruktur Boundary Objects kurz zusammenzufassen: Deren prinzipielle ‚Schwäche‘, die sich aus ihrem prinzipiell hypothetischen Charakter ergibt, kann in Bezug auf die Auswirkung auf die Einschätzungen und die daraus folgenden Handlungsentscheidungen der Akteure dann abgemildert, überbrückt oder eventuell sogar in eine spezifische ‚Stärke‘ umgewandelt werden, wenn Deutungsstrukturen erstens eine große Idee oder ein allgemeines Prinzip wiedererkennbar materiell repräsentieren, und dieses Wiedererkennen von Ideen oder Prinzipien zweitens eher beiläufig geschieht, weil es ihm Rahmen der gewohnten Praktiken der Akteure geschieht. Diese Argumentation bleibt, soweit ich das sehen kann, ganz im Rahmen der grundsätzlichen Unterscheidung von grundsätzlich unterschiedlichen sozialen Mechanismen. Vielleicht ist es die sinnvollste Formulierung zu sagen, dass die Bindungswirkung von Boundary Objects – und eventuell auch von anderen Arten von aus verstetigter Beobachtung hervorgehenden Deutungsstrukturen – nicht zwangsläufig ‚schwächer‘ ist als die Bindungswirkung von Beeinflussungs- und Verhandlungsergebnissen, sondern einfach nur auf einer anderen Grundlage der Herstellung von Erwartungssicherheit beruht.

Ich möchte an dieser Stelle, gleichsam in Klammern, aber doch noch auf eine potentielle, aber ganz anders gelagerte ‚Schwäche‘ der Boundary Objects hinweisen, die an der Verdeutlichung am Fall der Grenzlinie des Staates Kalifornien sofort auffällt. Die Beobachtung des Objektes muss bei allen Akteuren beiläufig sein – bei genauerer Betrachtung allerdings nur bei allen Akteuren bis auf einen, der die freiwilligen Beiträge aller anderen einstreicht und für seine individuellen Zwecke weiterverwendet. So ist das im Originalfall, denn nur Grinnell, der Museumsdirektor, konnte mit all gesammelten Informationen etwas anfangen (bzw. als einziger die Informationen nach seinen eigenen Zielen, bzw. seiner eigenen wissenschaftlichen Programmatik, zusammenfügen). Auf das Vorhandensein eines solchen fokalen Akteurs wurde in vielen Beschäftigungen mit dem Konzept der Boundary Objects verwundert hingewiesen, weil jenes als konzeptionelle Fassung einer Art demokratischer, weil polyzentrische Abstimmung verstanden wurde („n-way-translations“ usw., vgl. Kapitel 2.2). In der abstrakteren Beschreibung einer bestimmten Form von beobachtungsbasierter Koordination, die auf allseitiger Beiläufigkeit der

Beobachtung basiert, wird deutlich, dass gerade weil alle Beteiligten nur beiläufig involviert sind, das machtgetriebene (oder im Falle von Grinnell, von wissenschaftlicher Überzeugung getriebene) ‚Kapern‘ des Objektes durch einen Akteur möglich wird – solange es sich nur um einen einzigen Akteur handelt. Sobald zumindest ein zweiter Akteur das ebenfalls versucht, oder den Versuch des ersten Akteurs auch nur bemerkt und skandalisiert, funktioniert die Handlungsabstimmung über ein als hinreichend ähnlich wahrgenommenes Objekt nicht mehr – dann ist der Wechsel in die Abstimmungsmodi der Versuche wechselseitiger Beeinflussung oder der Verhandlung sehr wahrscheinlich – oder der Abbruch der über das Objekt koordinierten Interaktion.

Nun zur anderen der oben referierten prinzipiellen ‚Schwächen‘ der Handlungsabstimmung durch Deutungsstrukturen. Dabei geht es, wie beschrieben, nicht länger um deren ‚schwache‘ Bindungswirkung, sondern um die prinzipielle Beschränkung der Klassen von Problemen der Handlungsabstimmung, die durch den Mechanismus verfestigter Beobachtung gelöst werden können. Schimanks zentrales Argument ist, dass die je individuelle Wahrnehmung rein „reaktiv“ ist und damit nicht in der Lage, dem „kollektiven Handeln aktiv Ziele zu setzen“ (Schimank 2007, S. 38). Wenn man diesem Argument folgt, und das scheint mir zwingend, dann bedeutet das, dass über Deutungsstrukturen nicht festgelegt werden kann, welcher Akteur welchen Beitrag erwartbar zu erbringen hat – also auf dieser Grundlage die Koordination arbeitsteiliger Kooperation nicht möglich ist. In diesem Sinne ist die koordinative Leistungsfähigkeit von Deutungsstrukturen dann tatsächlich ‚geringer‘ bzw. „weniger leistungsfähig“ (ebenda) als diejenige von Beeinflussung oder Verhandlung.

Doch auch an dieser Stelle von Schimanks Argumentationsgang kommt seine, aus meiner Sicht einseitige, auf das permanente Reflektieren möglicher Intentionen anderer Akteure eingeeengte Modellierung zum Tragen. Deshalb werden, jedenfalls der Tendenz nach, alle möglichen koordinativen Leistungen von Deutungsstrukturen nur darüber bestimmt, worauf sie nicht basieren: auf der Fähigkeit, „den anderen Anpassung an die eigenen Handlungsintentionen aufzuerlegen“ (ebenda). In Bezug auf die Koordination von Kooperationsbeziehungen erscheinen Deutungsstrukturen dann, wie schon oben formuliert, lediglich als eine Art ‚kulturelles Schmiermittel‘, das den

erfolgreichen Abschluss von Beeinflussungs- oder Verhandlungsinteraktionen begünstigt – mehr aber auch nicht. Die Möglichkeit des Vorliegens von weiteren (eventuell sogar notwendigen) Leistungen für verschiedene Formen der Kooperation wird somit zwar nicht prinzipiell ausgeschlossen, aber doch weggedunkelt.

Genau hier liegt der tiefere sozialtheoretische Grund für den irritierenden Charakter der Boundary Objects. Denn sie erbringen *als Deutungsstrukturen* koordinative Leistungen, die über die Bereitstellung von geteilten kulturellen Hintergrundinterpretationen hinausgehen. Das liegt selbstverständlich an ihrer Skalierbarkeit, d.h. daran, dass es einen doppelten Bezug auf diese Objekte gibt – einen „schwach strukturierten“ (nochmals: *Star & Griesemer* 1989, S. 393; vgl. Kapitel 2.2) bzw. unspezifischen in der kollektiv geteilten Beobachtung, und einen „stark strukturierten“ bzw. hochspezifischen in den je unterschiedlichen Versionen aller beteiligten Akteure, die damit nicht nur unterschiedliche Wahrnehmungen, sondern auch je unterschiedliche Intentionen und Ziele verbinden. Solange die Skalierbarkeit, d.h. der innere Zusammenhang zwischen beiden Bezügen auf das Objekt, aufrechterhalten bleibt und die Akteure zwanglos, fast ohne es zu bemerken, zwischen den beiden Bezügen hin- und herwechseln können, ist die Erbringung von Beiträgen zu einem kollektiven Unternehmen nicht daran gebunden, „den anderen Anpassung an die eigenen Handlungsintentionen aufzuerlegen“, also Ziele zu koordinieren. Um ein letztes Mal das Beispiel des Umrisses des Staates Kalifornien zu bemühen: Dieses Boundary Object erbringt für das kollektive Unternehmen der Errichtung eines Museums neuen Typs zumindest drei koordinative Leistungen, also Formen von dauerhaft erwartbarer Handlungsabstimmung. Es sorgt erstens durch die Einbindung in eine von vielen Akteursgruppen vollzogene Praktik für einen kontinuierlichen Fluss von Beiträgen (Informationen aus dem Feld), es sorgt zweitens (durch die Festlegung eines minimalen Informationsformates) dafür, dass diese Beiträge auch sinnvoll aufeinander bezogen werden können, und es mobilisiert drittens (als Symbol einer „evaluativen“ Struktur) für die Teilnahme an einer großen, aber vagen Idee (Kalifornien als Staat neuen Typs).

5 Fazit

Ich hatte in Kapitel 2.4 eine Art gedankliches Vierfelderschema gebildet, um – angeleitet von Schimanks sozialtheoretischen Überlegungen zu „elementaren Mechanismen – systematisch Leitfragen nach einer soziologischen Erklärung der kooperativen Wirksamkeit von Objekten formulieren zu können, mit dem Ziel, die Logik der Handlungskoordination „so prägnant als möglich hervortreten zu lassen“ (Schimank 2007, S. 31). Ich hatte, der Vorsicht halber, hinzugefügt, dass ich damit nicht unterstellen will, dass die Boundary Objects ‚in der gleichen sozialtheoretischen Liga spielen‘ wie die „elementaren Mechanismen“ – mein Ziel ist, die abstrakte sozialtheoretische Logik zu nutzen, um das Konzept der Boundary Objects konzeptionell zu schärfen.

Zu diesem Zwecke hatte ich zwei Dimensionen einer konzeptionellen Fassung der koordinativen Wirksamkeit von Objekten unterschieden: Die eine Achse bildet die für soziologische Konzepte so zentrale Achse der Zeit, womit sich die situativen Bedingungen für Koordination von der dauerhaften Aufrechterhaltung von Erwartungssicherheit unterscheiden lassen. Die andere, sozusagen techniksoziologische Achse bildet die Frage, ob der Konzeptualisierungsversuch eher auf der Seite der Akteure ansetzt oder auf der Seite der Objekte. Durch Kreuzung dieser beiden Achsen hatten sich die folgenden Leitfragen ergeben, die ich nunmehr nutzen möchte, um die Ergebnisse der konzeptionellen Bemühungen wie der empirischen Rekonstruktion aufeinander zu beziehen.

Die erste Leitfrage (situative Wirksamkeit/ Fokus auf die Akteure) lautet:

Wie wird der Bezug auf ein von allen Beteiligten als hinreichend ähnlich beobachtetes Objekt so zum Bestandteil der Situationsdefinition des einzelnen Akteurs, dass er in der Lage ist, aktiv Beiträge zu einem kollektiven Unternehmen beisteuern?

Die Antwort ist selbstredend bereits in der Grundidee des Konzeptes begründet, dem doppelten Bezug auf diese Objekte und der Skalierbarkeit zwischen diesen beiden Bezügen. Diese Objekte sind in ihrer „schwach strukturierten“ (Star & Griesemer 1989, S. 393; vgl. Kapitel 2.2) bzw. unspezifischen Form als hinreichend ähnlich wahrgenommene Beobachtungsobjekte Repräsentationen einer großen, aber deutungsoffenen Idee, während sie in ihrer „stark strukturierten“ bzw. hochspezifischen Form

Ausdruck unterschiedlichster disziplinärer Fragestellungen, Ziele und Interessen sind. Beide Versionen der Deutung desselben Objektes, so könnte man das formulieren, stehen den Akteuren in einer verfestigten Form – gleichsam als doppelte Deutungsstrukturen – zur Verfügung. Das erlaubt es den Akteuren, je nach Einschätzung der gerade vorliegenden Situation, und oft in *derselben* Situation (etwa in *einem* Interview, *einem* Konferenzbeitrag oder auf *einem* Poster), zwischen den beiden Versionen auf eine erstaunliche Weise ganz zwanglos hin- und herzuwechseln. Dabei sichert die Skalierung die nahezu unbemerkte, jedenfalls nicht als Widerspruch wahrgenommene, Bereitstellung von zweierlei Arten von Beiträgen für eine kollektive Unternehmung wie die Robotik. In ihrer „schwach strukturierten“ Form stützen oder konstituieren sie zwar große, aber bedeutungsoffene und daher vage Ideen oder Prinzipien, die von den Akteuren jederzeit als nur uneigentliche inoffizielle oder ‚nur für das uninformierte Publikum‘ formulierte Repräsentationen dargestellt werden können. In ihrer „stark strukturierten“ Form bringen sie zwar für die kollektive Unternehmung verwertbare konkrete Beiträge ein (und zwar freiwillig, ohne durch die Ergebnisse vorgängiger Beeinflussung oder Verhandlung dazu gedrängt zu werden), aber wenn es ‚disziplinär ernst wird‘, können diese Beiträge als ausschließlich im Rahmen der jeweiligen Fachcommunity entstanden und als auch nur dort verwertbar verstanden und dargestellt werden.

So lässt sich das jedenfalls für die vier Arten von Boundary Objects, die ich vermeine in der Servicerobotik identifiziert zu haben, zusammenfassen.

- Das mathematische „Pidgin“ der Algorithmen weist ganz klar diese Doppelstruktur auf. So können etwa neuronale Netze als eine Klasse von Algorithmen in ihrer „schwach strukturierten“ Form so repräsentiert werden, dass sie ein allgemeines Prinzip als ein „Pidgin“ (Galison 1997) wiedererkennbar symbolisieren (weil sie ‚der Natur‘ bzw. ‚dem Gehirn abgeschaut‘ sind und deshalb im Vergleich zu anderen Klassen von Algorithmen eher „real world problems“ adressieren können), aber zugleich in den Kontext der je unterschiedlichen Diskussionen über die Leistungsfähigkeit von unterschiedlichen mathematischen Berechnungsverfahren in ganz unterschiedlichen Fachgemeinschaften gestellt werden können – in jener Version handelt es sich dann für die bei der großen Deutung verwendeten Repräsentationen nurmehr um

Illustrationen dieses allgemeinen Prinzips, aber nicht um ernsthafte Beiträge zum Stand der Forschung und Entwicklung. Dennoch werden konkrete Versionen dieser Klasse (und anderer Klassen) von Algorithmen in dem besonders ‚lebensnahen‘ Fall der Servicerobotik (etwa weil er eine „verkörperte KI“ erfordert) erprobt und die Ergebnisse dieser Erprobung von algorithmischen Lösungsansätzen fortlaufend in die Robotik und damit auch in den Stand der Forschung der Robotik eingespeist.

- Ähnlich verhält es sich mit der grafischen Darstellung von „design philosophies“ für Roboter, die die Frage nach einer für die Funktionalität einer robotischen Gesamtsystems geeigneten Architektur des Zusammenhanges der verschiedenen Roboterkomponenten in der „schwach strukturierten“ Form als grundsätzliches Prinzip (insbesondere der ‚Verschaltung‘ der grundsätzlichen Komponenten „sense-think-act“) repräsentieren, in der „stark strukturierten“ Form aber nahezu beliebig detailliert sein können. Die grafische Symbolisierung des grundsätzlichen Prinzips kann dabei je nach Situationswahrnehmung entweder als der eigentliche Kern des grundsätzlichen Modellierungsansatzes verstanden und kommuniziert werden, und damit als Verständigungsgrundlage für die großen Fragen der Robotik dienen, oder aber als eine bloße Illustration fachspezifischer Beiträge gedeutet und gekennzeichnet werden. Solange der innere Zusammenhang zwischen diesen beiden Formen der Darstellung von Roboterarchitekturen erhalten bleibt, können die Ergebnisse von Erfahrungen und Experimenten mit entsprechend gestalteten Einzelrobotern in diesem grafischen Format in einer Weise dargestellt werden, die kollektive Weiterverwendung zumindest möglich macht – und zwar obwohl der je einzelne Roboter in fachspezifischer Sicht nur eine Plattform für die Weiterentwicklung einer ganz bestimmten Komponente ist.
- Etwas anders liegt der Fall des in einzelnen Robotern realisierten Rückbezuges auf den Universalismus und insbesondere die historische Entstehungssituation der Kybernetik, und zwar schon deswegen, weil dieser Rückbezug zwar von einigen, aber beileibe nicht von allen Akteursgruppen in der neuen Robotik geteilt oder vertreten wird. In

seiner „schwach strukturierten“, deutungsoffenen Form ruft dieser Rückbezug die Dringlichkeit einer technischen Lösung der ganz großen sozialen und politischen Probleme an, und eine Art Ursituation intensivster disziplinübergreifender Zusammenarbeit – was in jeder „stark strukturierten“ Form selbstredend nur als eine theoriegeleitete Spielerei erscheinen kann und auch entsprechend dargestellt wird. Wenn nur genügend Akteure diesen doppelten Bezug auf kleine niedliche Demonstratoren der kybernetischen Traditionslinie pflegen, und etwa durch „Tags“ (Grabher 2001) wie die Begrifflichkeit der „Mensch-Maschine-Symbiose“ anrufen, dann kann dies, so meine Interpretation, für das gesamte Feld eine mit großer Deutung aufgeladene historische Selbstverortung bereitstellen.

- Im Wortsinn um ein Spiel handelt es sich schließlich beim RoboCup. In seiner „schwach strukturierten“ Form als Wettkampf mit bestimmten Regeln wird er als genau das verstanden, als das spielerisch-unernste Erproben der Fähigkeit, komplexe technische Lösungen unter realweltlichen Bedingungen realisieren zu können – das unbestreitbar einfache Ziel, Tore zu schießen, stellt für das ganze kollektive Unternehmen dennoch einen messbaren Vergleichsmaßstab für ansonsten aufgrund ihrer Komplexität unvergleichbare Geräte (und damit Lösungsansätze) zur Verfügung. In seiner „stark strukturierten“ Form löst sich dieses Ziel auf in eine Vielzahl von fachspezifischen Einzelfragen, die in die permanente Aushandlung der Spielregeln und insbesondere die Gestaltung des Settings so einfließen, dass der jeweils fachspezifische Stand der Entwicklung unabhängig von Ausgang des Spiels vorangetrieben werden kann.

Als solcherart doppelt in die Situationsdefinition der Akteure eingelassene Beobachtungsobjekte gesehen, kann die koordinative Wirksamkeit dieser vier Arten Boundary Objects für das gesamte Feld der Servicerobotik wie folgt interpretiert werden: In ihrer „schwach strukturierten“ Form stellen sie dem gesamten Feld mehr zur Verfügung als nur symbolische Hintergrundinterpretationen (die sicherlich auch in sie eingelassen sind). Sie bieten, in mathematischer und grafischer Form, den Akteuren im Feld die Möglichkeit der Verständigung über grundsätzliche Gestaltungsprinzipien, und sie bieten den Akteuren einen messbaren Vergleichsmaßstab sowie den

Rückbezug auf eine große historische Erzählung. Und aufgrund des inneren Zusammenhanges mit ihrer „stark strukturierten“ Form halten sie Akteure aus unterschiedlichsten Fachgebieten in dem Feld, und sorgen für einen Fluss an weiterverarbeitbaren Beiträgen – eine Festlegung, ob und insbesondere wie diese Beiträge dann von anderen Akteuren aufgegriffen und weiterbearbeitet werden, können diese Objekte aber selbstredend nicht koordinieren. Anders als im Fall des Originaltextes, in dem die Boundary Objects von Standards, also von aus Beeinflussung entstandenen Objekten flankiert wird (allerdings auf eine wie gesehen konzeptionell unklar abgegrenzte Weise), findet sich eine solche ‚höhere‘ Form von Koordination in heterogenen Felder nicht.

Die zweite Leitfrage (situative Wirksamkeit/ Fokus auf die Objekte) lautet:

Wie müssen die Objekte intern beschaffen sein, um zum Fokus eines doppelten Bezuges der Akteure werden zu können?

Ich hatte bei der Einführung dieser Frage schon eine gewisse Vorsicht formuliert, die Möglichkeit der Aufrechterhalten des inneren Zusammenhanges zwischen der „schwach strukturierten“ und der „stark strukturierten“ Form der Boundary Objects vorschnell auf deren materielle Beschaffenheit zurückzuführen, oder die Definitionsreichweite sogar auf Artefakte einzuschränken. Eine solche Vorsicht ist auch im Herkunftskontext des Konzeptes wiederholt formuliert worden, etwa von *Bowker & Star* 1999, wenn sie von den „symbolic-material aspects of categories as artifacts“ (ebenda, S. 290) sprechen. Ein innerer Zusammenhang zwischen allgemeinen Prinzipien und detaillierten Ausarbeitungen kann ja ganz ohne Frage in ganz unterschiedlichen Substraten realisiert sein, etwa in einer medialen Form, als symbolische Konvention, die nur in den Köpfen der Akteure gespeichert ist, oder in einer natürlichsprachlichen Form – eine Metapher etwa könnte in einer sehr breiten Bestimmung auch ein Boundary Object sein (ein Beatles-Song dagegen beim besten Willen nicht).

Die Studien von *Henderson* 1991, 1998a oder *Duncker & Disco* 1998 legen dagegen sehr wohl nahe, dass es die materielle Form von symbolischen Repräsentationen ist, die die Skalierung ermöglicht: Die handgemalte Skizze eines Designprinzips kann als grafische Repräsentation (und nur als solche) ein Prinzip blitzartig identifizierbar machen, kann aber im Wortsinn innerhalb dieses Prinzips auch nahezu beliebig detailliert werden, wenn auch wiederum

nur im Medium grafischer Darstellung. Und auch eine große Zahl der in 2.3 referierten Anwendungen des Konzeptes der Boundary Objects, die wenigstens halbwegs der Grundidee des Konzeptes folgen, beschreiben das (allerdings zumeist nur: irgendwie) vermittelnde Potential vereinfachter grafischer Darstellungen von Modellen, Skizzen, Prototypen oder Szenarien. Und auch in der Robotik werden die grundsätzlichen Designentscheidungen als unterschiedlich detaillierte Architekturzeichnungen dargestellt. Auch die Darstellung der mit bestimmten Klassen von Algorithmen verbundenen prinzipiellen Ideen hängt, Galison 1997 zufolge, an der Eigenschaft bestimmter mathematischer Darstellungen, in ihrer einfachen Form leicht identifizierbar zu sein und doch im selben Medium und in derselben Logik immer spezifischer werden zu können. Schließlich sind auch die im Originaltext genannten Gehirnatlantane wie die im vorangegangenen Kapitel zur Veranschaulichung verwendete Umrisslinie des Staates Kalifornien Beispiele für die auf grafischer Repräsentation basierende Skalierbarkeit. Dagegen repräsentieren Grinnells Präparate als materielle Exemplare eine abstrakte Theorie, mit der sie, als „material models“ (Griesemer 1990b) bzw. „tangible representatives“ (Griesemer 1990a, S. 20), über mehrere Abstraktionsschritte verbunden sind. Hier liegt also eine umgekehrte Skalierungsrichtung vor. Und es scheint mir so, als ob auch die epistemischen Vehikel, als materialisierte Exemplare der kybernetischen Traditionslinie, und in einem gewissen Sinne auch das ultimative Ziel der Fußball spielenden Roboter, physisch ein Tor zu erzielen, dieser Skalierungsrichtung zuzurechnen sind.

All diese Beispiele – und die Abwesenheit von plausiblen Gegenbeispielen¹⁰⁵ – scheinen erst einmal empirisch dafür zu sprechen, dass Boundary Objects generell so charakterisiert werden können, dass die Skalierbarkeit eben doch darauf zurückzuführen ist, dass sie eine große Idee oder ein generelles Prinzip materiell repräsentieren, entweder medial oder als physisch realisiertes

¹⁰⁵ Unter all den Verwendungen des Konzeptes der Boundary Objects findet sich nur eine einzige, die eine rein symbolische Vorstellung der beteiligten Akteure zum Boundary Object erklärt: „das Meer“ (bzw. die Wassersäule unter dem Forschungsschiff), das nach der ethnografischen Studie von Goodwin 1995 von den Forschenden an Bord dieses Forschungsschiffes kooperativ beforscht wird, obwohl es aus der Sicht der Fachrichtungen aller Forschenden höchst unterschiedliche Bedeutungen hat. Leider wird, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, von Goodwin die Grundidee der Boundary Objects einfach nicht angewendet, und auch die vielfältigen empirischen Beschreibungen bieten keine Hinweise für Grundlagen einer möglichen Skalierbarkeit der rein symbolischen Vorstellung vom Meer.

Exemplar.¹⁰⁶ Diese Annahme kann meines Erachtens durch eine Überlegung aus der abstrakteren Schimankschen Systematik, in einer zugegebenermaßen von mir selbst gegen seine eigene Schwerpunktsetzung zugespitzten Version, grundsätzlicher plausibilisiert werden. Boundary Objects als eine Form der „indirekten Beobachtung“ anderer Akteure lassen sich, so habe ich in Kapitel 4 ganz im Rahmen der Schimankschen Logik argumentiert, als „Wahrnehmungsführungen“ (Schimank 2010, S. 230) charakterisieren, bei der die materielle Form der Darstellung einen kollektiv identifizierbaren ‚Anker‘ jener Beobachtungen darstellt, die den prinzipiell hypothetischen, weil nicht in echter Interaktion austestbaren, Charakter von Beobachtung deutlich reduzieren und damit Erwartungssicherheit schaffen kann. Die Übertragung dieses sozialtheoretischen Gedankens legt es für die Schärfung des Konzeptes der Boundary Objects sehr nahe, dass die Rückführung ihrer koordinativen Wirksamkeit auf das Vorliegen einer spezifischen materiellen Form nicht nur an einer empirischen Häufung plausibilisiert, sondern auch aus einem abstrakter gefassten Grund erklärt werden kann. Übertragen auf den Kern der koordinativen Wirksamkeit von Boundary Objects würde das bedeuten, dass der symbolische Gehalt des Objektes dann durch die Skalierung des materiellen Substrates gleichsam mit in Richtung Abstraktion oder Konkretisierung ‚gezogen‘ wird.

Bevor ich diesen abstrakten Gedanken weiterverfolge, möchte ich den Versuch der Beantwortung dieser zweiten Leitfrage damit beenden, dass ich noch einmal auf die Frage der Typik von Boundary Objects (vgl. Kapitel 2.2) zurückkommen. Nimmt man die dort vorgeschlagenen beiden Dimensionen einer Typisierung (Richtung der Skalierung: vom Abstrakten zum Konkreten oder umgekehrt, sowie zwei- oder mehrstufige Skalierung) wieder auf, so lassen sich die am empirischen Fall beschriebenen Boundary Objects (zusammen mit denen aus dem Originalfall) wie folgt anordnen (Abb. 15):

¹⁰⁶ In der Literatur finden sich allerdings Anhänger der These, dass Boundary Objects erst durch das Anbringen eines ihnen externen zusätzlichen Symbols, also eine Art zusätzliche symbolische Aufladung, für andere Akteure symbolisch wiedererkennbar und damit anschlussfähig werden. So argumentieren jedenfalls Vinck 2009 (als „travail d'équipement“) und Fox 2011. Fox erklärt das dann zu einem der beiden Punkte, die die „mangelnde soziologische Theoretisierung“ des Konzeptes beheben können. Sein anderer Punkt ist, dass alle genutzten Artefakte Boundary Objects sind, weil sie einen Mediationsprozess zwischen den verschiedenen Vorstellungen der Entwickler und der Nutzer durchlaufen haben.

	Richtung der Kontextualisierung	
	Spezifikation vom Abstrakten zum Konkreten	Abstraktion vom Konkreten zum Abstrakten
mehrere Skalierungsstufen	Idealtypen (z.B. Gehirnatlantent) (z.B. Algorithmen) (z.B. Designarchitekturen)	Materialisierte Modelle in ausgearbeitete Theorien (z.B. Präparate)
zweistellige Skala	übereinstimmende Grenz- ziehung (z.B. Umriss der Karte Kaliforniens) (z.B. Torerfolg im Regelwerk des RoboCup)	Materialisierte Modelle in heterogenen Feldern (z.B. epistemische Spielzeuge) (z.B. physische Performanz des Torerfolges in Robocup)

Abbildung 15 Einordnung der Boundary Objects in die entwickelte Typik

Die Zuordnung der grafischen Darstellungen von Designarchitekturen (die allgemeine Designprinzipien repräsentieren) sowie des Pidgins der Algorithmen scheint mir offensichtlich: Beide repräsentieren – in ihrer „schwach strukturierten Form“ – allgemeine Prinzipien (allgemeine Designprinzipien und die prinzipielle Leistungsfähigkeit bestimmter Klassen von Berechnungsverfahren) und können in nahezu beliebig vielen Konkretisierungsschritten dargestellt werden. Schwieriger einzuordnen sind die Fußballwettkämpfe zwischen Robotern und die Roboter, die den kybernetischen Universalismus auf eine spielerische Weise wiederaufleben lassen. Beide sind physische Realisierungen, die die prinzipiellen Möglichkeiten von Robotersystemen auf eine spielerische Art repräsentieren – und es scheint mir eine plausible Annahme zu sein, dass dieser spielerische Charakter in beiden Fällen darauf zurückzuführen ist, dass in heterogenen Feldern eben keine Standards existieren. Deshalb können auch verbindliche Vergleichsmaßstäbe für die Leistungsfähigkeit von Robotern sowie eine offizielle Geschichtsschreibung gar nicht ausgearbeitet, oder besser: ausgehandelt werden.

In dem Regelwerk, das um das Kriterium des Torerfolges herum aufgebaut ist und sich in permanenter Aushandlung befindet, taucht der Torerfolg rein

symbolisch auf und ähnelt in seiner Struktur der Umrisslinie des Staates Kalifornien insofern, als ein – in Bezug auf das Regelwerk – abstraktes Prinzip (die „schwach strukturierte“ Form) auf eine sehr einfache Weise repräsentiert, oder in beiden Fällen besser: festgelegt wird, die dann von vielen Akteuren mit ihren je eigenen („stark strukturierten“) Beiträgen aufgefüllt wird. Es handelt sich also beim Torerfolg im Rahmen des Regelwerkes um eine zweistellige Skala der Spezifikation vom Abstrakten zum Konkreten.

Es könnte nun versucht werden, diese Typisierung der Boundary Objects mit den Arten von Kooperationserfordernissen, die empirisch aufgetreten sind (Informationsakquise, Zusammenhang von Komponenten, Bereitstellung eines Vergleichsmaßstabes, und viele weitere) systematisch in Beziehung zu setzen, wie das ja auch im Originalaufsatz angelegt war. Ich kann eine solche direkte Korrelation allerdings nicht erkennen. Ich will diesen Typisierungsvorschlag auch nicht überstrapazieren, und es dabei belassen gezeigt zu haben, dass trotz der begründeten Einschränkung des Konzeptes der Boundary Objects auf materielle Repräsentationen und Objekte doch eine kleiner ‚Zoo‘ von solchen Objekten identifiziert werden kann. Für den Zusammenhalt von heterogenen Feldern ist die nahe liegende Anschlussvermutung, dass sich die jeweilige koordinative Wirksamkeit unterschiedlicher Boundary Objects auf additive Weise wechselseitig ergänzt und so den Zusammenhalt dieser Felder stützt.

Die dritte (auf Dauer gestellt/ Fokus auf die Objekte) Leitfrage lautet:

Wie kann die innere Beschaffenheit der Objekte und insbesondere ihre Skalierbarkeit dauerhaft aufrechterhalten werden?

Diese Frage kann auf dem bisher erreichten Konzeptualisierungsstand recht einfach, und am besten über ihre negative Seite, beantwortet werden. Die Skalierbarkeit von Boundary Objects und als Folge davon auch ihre koordinative Wirksamkeit kann, rein vom Objekt her gedacht, auf zwei Weisen verloren gehen: Wenn sich beim Objekt das Repräsentierende vom Repräsentierten löst (oder umgekehrt), oder wenn die Balance zwischen der „schwachen“ und der „starken“ Form des Objektes verloren geht. Der erste Fall würde etwa dann eintreten, wenn die ein allgemeines Architekturprinzip repräsentierende grafische Darstellung sukzessive durch eine andere Art der medialen Darstellung ersetzt werden würde – das aber ist, wie in wohl allen geschilderten Beispielen, unwahrscheinlich, weil Boundary Objects auf

hochkonventionellen Repräsentationsformen aufsitzen. Der zweite Fall würde eintreten, wenn etwa die nur skizzenhafte Darstellung eines Architekturprinzips sukzessive immer weiter und in die gleiche Richtung detailliert werden würde, dann würde das Boundary Object in einen Standard umkippen – und höchstwahrscheinlich, weil die Wahrnehmungsschwelle zumindest bei einigen Akteuren überschritten wurde, entweder Beeinflussungsversuche oder Verhandlungen beginnen.

Die vierte (auf Dauer gestellt/ Fokus auf die Akteure) Leitfrage lautet:

Wie kann der Bezug auf ein Objekt dauerhaft zu Erwartungssicherheit bei den an der Kooperation beteiligten Akteuren führen?

Ich hatte bei der Beantwortung der ersten Frage ja schon einen Vorschlag formuliert, dass und wie der doppelte Bezug auf ein Objekt in seiner koordinierenden Wirksamkeit konzeptionell gefasst werden kann, und diesen Vorschlag am empirischen Fall exemplifiziert. Nun geht es um die Frage, wie der doppelte Bezug auf ein Objekt auf Dauer gestellt und damit für die Akteure erwartbar werden kann. Das ist nicht leicht zu erklären, denn allein der Lauf der Zeit kreiert viele Möglichkeiten und Gelegenheiten, die die hinreichend ähnliche Wahrnehmung eines Objektes fragwürdig werden oder die damit verbundene Leistungserbringung enttäuschend erscheinen lassen kann. Zudem kann bereits der Verdacht von Fehlwahrnehmung oder enttäuschenden (zum Beispiel einzelne Akteure bevorzugenden) Ergebnissen die koordinative Leistungsfähigkeit des Objektes beeinträchtigen – der Verdacht aber kann in auf Beobachtung basierender Koordination nicht ausgeräumt werden, denn das ginge nur durch ‚echte‘ Interaktion. Dazu kommt für den spezifischen Fall der Boundary Objects noch, dass sie, weil sie sie aus einer dreistelligen Relation bestehen (dem Objekt in seiner „schwachen“ Form, in seiner „starken“ Form, und dem inneren Zusammenhang zwischen beiden), besonders anfällig sind für Fehlwahrnehmungen und Enttäuschungen, denn jene können ja an jedem dieser drei Elemente der Relation entstehen. Daher scheint es besonders schwierig zu sein, die Dauerhaftigkeit dieser besonderen Form der Koordination durch Beobachtung zu erklären.

Ein Teil der Erklärung der Aufrechterhaltung von Erwartungssicherheit trotz dieser Gefährdungen ist sicherlich die schon beschriebene „Wahrnehmungsführung“ durch die materielle Seite der Objekte. Doch auch

materielle Repräsentationen können sich ändern, eine Möglichkeit, deren Konsequenzen ich ja in Beantwortung der vorhergehenden Frage diskutiert habe. Der Schlüssel für das Verständnis der Aufrechterhaltung von Erwartungssicherheit scheint mir im Falle der Boundary Objects – ich hatte das oben schon gegen Schimanks eigene Logik des Verdachts diskutiert – die Möglichkeit zu sein, dass die Akteure nur beiläufig beobachten (*Schimank* 2010, S. 230), dass also Beobachtung im Rahmen dessen geschehen, was die Akteure sowieso tun (im Rahmen ihrer Praktiken). Genau dieser beiläufige Charakter des Beobachtens liegt bei allen vier Boundary Objects in der Robotik vor:

- Mathematisches Berechnen (oder besser: Programmieren) ist in allen Ingenieurwissenschaften (und fast allen Naturwissenschaften) selbstverständlicher Bestandteil der professionellen Praxis, vereinfachte Darstellungen von Berechnungen (und insbesondere Algorithmen) sind in der Robotik zwar üblich, gelten aber als bloße Illustration.
- Genauso verhält es sich mit den grafisch dargestellten „design philosophies“. Zusammenhänge grafisch zu repräsentieren ist die „Lingua Franca“ der Ingenieurwissenschaften, und die vereinfachte Darstellung von Roboterarchitekturen ist in der Robotik eine Konvention.
- Eine ‚offizielle‘, disziplinär abgesicherte Version der Geschichte der Robotik existiert nicht; die historische Tradierung wird neben wenigen Überblickmonografien und -aufsätzen v.a. in Museen (und von einer breiten Hobbybastlerszene) betrieben, die sich vor allem am großen Faszinosum und häufig auch an fiktiven Möglichkeiten der Robotik orientieren. Die epistemischen Spielzeuge, die auf die kybernetische Traditionslinie verweisen, sind zwar nicht im engeren Sinne in eine robotische Konvention eingebettet, aber sie fallen in diesem Umfeld wesentlich weniger auf als man das (v.a. als Sozialwissenschaftler) auf den ersten Blick erwarten würde.
- RoboCup schließlich ist für die Akteure, und natürlich besonders für die teilnehmenden Mannschaften, eine sehr erste Sache, in die sie erheblich investieren. Und Erfolge bringen in der Fachgemeinschaft durchaus auch Reputation – aber nicht im Sinne einer Weiterentwicklung des fachspezifischen Standes der Forschung. Weder die Anwendung bzw.

Weiterentwicklung des Regelwerkes noch der Wettkampf selbst sind systematisch mit diesem Stand der Forschung verbunden, so dass die für das Feld erbrachte koordinative Leistung (die Bereitstellung eines Vergleichsmaßstabes) gleichsam nebenher geschieht. Aus der Perspektive der jeweiligen Stände der Forschung bleibt RoboCup genau das: ein Spiel.

In allen diesen wie gesehen unterschiedlichen Arten der beiläufigen Wahrnehmung werden die Objekte (anders als im Fall der Routine) durchaus bewusst wahrgenommen, und sie werden auch durchaus bewusst für etwas benutzt (daher können ja auch Beiträge erbracht werden), aber die Objekte bleiben in der Wahrnehmung der Akteure unterhalb der Wahrnehmungsschwelle für ‚wirklich relevante‘ oder ‚wirklich ernsthafte‘ Dinge. Denn wenn solche Objekte in die praktischen Verrichtungen der beteiligten Akteursgruppen eingelassen sind, also Teil dessen, was sie sowieso tun, dann fällt es ihnen gar nicht weiter auf, dass sie nicht nur ihre eigenen Ziele und Interessen verfolgen, sondern auch zu einem kollektiven Unternehmen beitragen. Ein Verdacht, der den hypothetischen Charakter ihrer je eigenen Deutung über ihre Aufmerksamkeitsschwelle hebt und somit zum Gegenstand der Reflexion macht, oder etwa ein Verdacht, eine Leistung ohne Gegenleistung zu erbringen, kann so jedenfalls nicht so leicht aufkommen, und der innere Zusammenhang zwischen der „schwach strukturierten“ und der „stark strukturierten“ Form der Boundary Objects und damit ihre koordinative Wirksamkeit kann dauerhaft erhalten bleiben.

Damit will ich Boundary Objects keineswegs zu einer Art ‚Wunderinstrument‘ der sozialen Koordination stilisieren, wie das, wie in Kapitel 2.3 referiert, in der Literatur nicht selten geschieht. So schließt die Voraussetzung nur beiläufiger Beobachtung den gezielten Einsatz von Boundary Objects als Management-Instrumente schlichtweg aus. Boundary Objects können bestimmte Koordinationsleistungen erbringen, die üblicherweise ‚höheren‘ Koordinationsmechanismen vorbehalten werden, aber gewiss nur ganz bestimmte Leistungen. Deshalb sind sie auch, um das noch einmal herauszustellen, nicht für Kooperationen geeignet, die tatsächlich nur über die Abstimmung von Zielen erreichbar sind. Und die in der Auseinandersetzung mit der doppelten ‚Schwäche‘ von Deutungsstrukturen gewonnenen Bestimmungen machen sofort klar, dass die koordinative Wirksamkeit von

Boundary Objects an sehr selektive Voraussetzungen gebunden ist: Sie müssen – in ihrer ‚schwach strukturierten‘ Form – sowohl die Wahrnehmungsführung durch eine dafür geeignete materielle Form erlauben als auch, um nur beiläufig beobachtet zu werden, ganz im Rahmen bereits bestehender Praktiken situiert sein. Und sie müssen skalierbar sein und das auch dauerhaft bleiben. Das macht, um noch einmal auf den umfangreichen Stand der Forschung zurückzublicken (vgl. Kapitel 2.3) deutlich, dass die allermeisten Ansätze, die mit dem Konzept der Boundary Objects zu arbeiten versuchen, gar keine solchen Objekte beschreiben, sondern Varianten von Standards, technischen Mittlern und mitunter auch Demonstratoren.

Wenn alle diese Bedingungen zusammenkommen, dann, und nur dann, lässt sich die koordinative Wirksamkeit von Boundary Objects als Grundlage der Erfüllung von Kooperationserfordernissen sozialtheoretisch erklären. Und diese koordinativen Leistungen von Beobachtungsobjekten sind dann gar nicht zwangsläufig so ‚schwach‘ oder ‚niedrig‘, wie das in der Schimankschen Beschreibung nahe gelegt wird.

Um am Ende den Bogen zurück zum Anfang zu schlagen: Die von mir vorgeschlagene, auf dem ‚Umweg‘ über abstrakte sozialtheoretische Überlegungen (wofür Uwe Schimank mein ‚Kronzeuge‘ war), gewonnene Schärfung des Konzeptes der Boundary Objects kann erklären (soweit das in der Soziologie möglich ist), dass und wie durch Boundary Objects in großen heterogenen Feldern (um die es sich bei hochtechnologischen F&E-Feldern wohl immer handelt) trotz ihres heterogenen Charakters Handlungsabstimmung und ein kontinuierlicher Fluss an Beiträgen auf Dauer gestellt werden kann. Man könnte das sogar so formulieren, dass Boundary Objects Kooperation stiften können, aber in einer Art indirektem Modus auf Dauer stellen, denn direkte Kooperation, die ja die Abstimmung von Zielen notwendig machen würde, findet gerade nicht statt. Das liegt daran, dass der doppelte Bezug auf ein materielles Beobachtungsobjekt (ein Repräsentation oder ein physisch realisiertes Artefakt) koordinativ wirksam sein kann, obwohl eine „soziale Schließung“ eben nicht vorliegt.

Welche weiteren Kooperationserfordernisse durch Boundary Objects erfüllt werden können, habe ich in dieser Arbeit empirisch eruiert. Und es ist auf dem Stand der bis hierhin erreichten konzeptionellen Klärung auch deutlich einfacher, Kandidatinnen für solche Objekte zu identifizieren. Es erscheint mir

techniksoziologisch reizvoll, in diesem Sinne nach weiteren spezifischen Funktionen von Beobachtungsobjekten zu suchen. Die sozialtheoretische Einbettung verwandelt das Boundary Object von einem Vehikel der ad hoc-Erklärung in ein leistungsfähiges Konzept für die Analyse des Beitrags von materiellen Repräsentationen und Artefakten zu sozialer Ordnung.

6 Literatur

- Ahrweiler, Petra 1995, *Künstliche Intelligenz-Forschung. Die Etablierung eines Hochtechnologiefaches*. Waxmann: Münster.
- Arkin, Ronald C. 1990, The impact of cybernetics on the design of a mobile robot system - A case study. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 20 (6), S. 1245-1257.
- Arkin, Ronald C. 1998, *Behavior-based robotics*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Bannon, Liam und Susanne Bødker 1997, Constructing Common Information Spaces. S. 81-96 *Proceedings of the fifth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*.
- Bechky, Beth A. 2003, Sharing Meaning across Occupational Communities: The Transformation of Understanding on a Production Floor. *Organization Science* 14 (3), S. 312 - 330.
- Bender, Gerd 1996, *Gegenwartserzeugung durch Zukunftssimulation. Transnationale Technologieentwicklung als eine Form der europäischen Integration*. Peter Lang: Frankfurt/M.
- Bijker, W., T. Hughes und T. Pinch (Hg.) 1987, *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Bijker, Wiebe 1992, The social construction of fluorescent lightning, or: How an artifact was invented in its diffusion stage. S. 75-104 in: Wiebe Bijker und John Law (Hg.), *Shaping technology, building society*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Bijker, Wiebe und John Law 1992a, General introduction. S. 1-16 in: Wiebe Bijker und John Law (Hg.), *Shaping technology, building society*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Bijker, Wiebe und John Law (Hg.) 1992b, *Shaping technology, building society*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Bijker, Wiebe 1994, Sociohistorical technology studies. S. 229-256 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Bischoff, Rainer, Volker Graefe und Ralf Graßnick 1998, Serviceroboter der Zukunft. *Spektrum der Wissenschaft*, S. 66-71.
- Bitzer, Lloyd F. 1968, The Rhetorical Situation. *Philosophy and Rhetoric* 1, S. 1-14.
- Bloomfield, Brian P. (Hg.) 1987a, *The question of Artificial Intelligence*. Croom Helm: London.

- Bloomfield, Brian P. 1987b, The culture of Artificial Intelligence. S. 59-105 in: Brian P. Bloomfield (Hg.) *The Question of Artificial Intelligence*. Croom Helm: London.
- Boczkowski, Pablo und Leah A. Lievrouw 2007, Bridging STS and Communication Studies: Scholarship on Media and Information Technologies. S. 949-978 in: Ed Hackett, Olga Amsterdamska, Michael Lynch und Judy Wajcman (Hg.), *The Handbook of Science and Technology Studies*. MIT Press: Boston/ Mass.
- Boehme, Hans-Joachim, Ulf-Dietrich Braumann, Anja Brakensiek, Andrea Corradini, Markus Krabbes, Horst-Michael Gross, 1998: /User Localisation for Visually-based Human-Machine-Interaction. /In: Proceedings of the »Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition« (FG'98), S. 486-491, Nara, Japan, April 1998. <http://www.bioinf.uni-leipzig.de/~ulf/ilmenau/naraposter.ps.gz> (13.7.2011)
- Bowden, Gary 1994, Coming to Age in STS: Some methodological musings. S. 64-79 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Bowker, Geoff 1993, How to be universal: some cybernetic strategies, 1943 - 1970. *Social Studies of Science* 23, S. 107 - 127.
- Bowker, Geoffrey C. und Susan Leigh Star 1999, *Sorting things out: Classification and its consequences*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Braitenberg, Valentin <1984>1993, *Vehikel - Experimente mit kybernetischen Wesen*. Rowohlt: Reinbek.
- Breiter, Andreas 1995, Die Forschung über künstliche Intelligenz und ihre sanduhrförmige Verlaufsdyamik. Die Dynamik einer Wissenschaft im Spiegel ihrer Wahrnehmung in der Öffentlichkeit. *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* 47 (2), S. 295-318.
- Briers, Michael und Wai Fong Chua 2001, The role of actor-networks and boundary objects in management accounting change: a field study of an implementation of activity-based costing. *Accounting, Organizations and Society* 26 (3), S. 237-269.
- Brooks, Rodney Allen 1999, *Cambrian intelligence: The early history of the new AI*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Brooks, Rodney Allen 2002, *Flesh and machines: robots and people*. Pantheon Books: New York.
- Brown, John Seely und Paul Duguid 2001, Knowledge and Organization: A Social-Practice Perspective. *Organization Science* 12 (2), S. 198 – 213.

- Callon, Michel 1991, Techno-economic networks and irreversibility. S. 132-160 in: John Law (Hg.) *A sociology of monsters: Essays on power, technology and domination*. London.
- Callon, Michel 1994, Four models for the dynamics of science. S. 29-63 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Callon, Michel und Fabian Muniesa 2005, Economic Markets as Calculative Collective Devices. *Organization Studies* 26 (8), S. 1229-1250.
- Carlile, Paul R. 2002, A Pragmatic View of Knowledge and Boundaries: Boundary Objects in New Product Development. *Organization Science* 13 (4), S. 442-455.
- Carlile, Paul R. 2004, Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries. *Organization Science* 15 (5), S. 555 - 568.
- Christaller, Thomas, Michael Decker und Joachim-Michael Gilsbach 2001, *Robotik: Perspektiven für menschliches Handeln in der zukünftigen Gesellschaft* Springer: Berlin.
- Christiansen, Ellen 2005, Boundary objects, please rise! On the role of boundary objects in distributed collaboration and how to design for them, in *Third International Workshop on Analyzing Collaborative Activity: Cognition and Collaboration. Analyzing Distributed Community Practices for Design. at Conference for Human-Computer Interaction (CHI 2005), Portland, Oregon, April 2-7 2005.* http://redesignresearch.com/chi05/EC_Boundary_Objects.pdf (21.03.2011)
- Churchland, Patricia und Terry Sejnowsky 1991, *Computational neuroscience*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Clarke, Adele 1991, Social worlds/arenas theory as organizational theory. S. 119-158 in: D. Maines (Hg.) *Social organization and social process. Essays in honor of Amselm Strauss*. de Gruyter: Berlin.
- Clarke, Adele und Joan H. Fujimura (Hg.) 1992, *The right tools for the job: At work in twentieth-century life science*. Princeton University Press: Princeton/NJ.
- Collins, Harry M. 1985, *Changing order. Replication and induction in scientific practice*. Sage: London.
- Collins, Harry M. 1990, *Artificial experts - Social knowledge and intelligent machines*. MIT Press: Cambridge, MA.

- Collins, Harry M. 1994, Science studies and machine intelligence. S. 286-301 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Collins, Harry M., Robert Evans und Michael E. Gorman 2007, Trading Zones and Interactional Expertise. *Studies in History and Philosophy of Science* 38, S. 642-656.
- Dautenhahn, Kerstin 2001, Socially intelligent agents - The human in the loop. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part A: Systems and Humans* 31 (5), S. 345-348.
- de Laet, Marianne und Annemarie Mol 2000, The Zimbabwe Bush Pump: Mechanics of a Fluid Technology. *Social Studies of Science* 30 (2), S. 225-263.
- de Paula, Mara Greco und Simone Diniz Junqueira Barbosa 2007, Investigating the role of a model-based boundary object in facilitating the communication between interaction designers and software engineers. in *Proceedings of the 6th international conference on Task models and diagrams for user interface design*. Toulouse, France: Springer-Verlag.
- Decker, Michael (Hg.) 1997, *Perspektiven der Robotik. Überlegungen zur Ersetzbarkeit des Menschen*. Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen, Graue Reihe Nr. 8: Bad Neuenahr-Ahrweiler.
- Dierkes, Meinolf, Ute Hoffmann und Lutz Marz 1992, *Leitbild und Technik. Zur Entstehung und Steuerung technischer Innovation*. edition sigma: Berlin.
- Dierkes, Meinolf und Lutz Marz 1992, *Leitbilder der Technik - ihre Bedeutungen, Funktionen und Potentiale für den KI-Diskurs*. WZB-Paper FSII 92-107: Berlin.
- DiMaggio, Paul J. und Walter W. Powell 1983, The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review* 48 (2): 147-160.
- Dodgson, Mark, David M. Gann und Ammon Salter 2007, In Case of Fire, Please Use the Elevator: Simulation Technology and Organization in Fire Engineering. *Organization Science* 18, S. 849-864.
- Dolata, Ulrich und Raymund Werle (Hg.) 2007, *Gesellschaft und die Macht der Technik. Sozioökonomischer und institutioneller Wandel durch Technisierung*. Campus: Frankfurt a.M.
- Dudek, Gregory und Michael Jenkin 2000, *Computational principles of mobile robotics*. Cambridge University Press: Cambridge, UK.

- Duncker, Elke und Cornelis Disco 1998, Meaningful Boundaries: Symbolic Representations in Heterogeneous Research and Development Projects. S. 265-298 in: Cornelis Disco und Barend van der Meulen (Hg.), *Getting new technologies together. Studies in making sociotechnical order*. de Gruyter: New York.
- Edge, David 1994, Reinventing the wheel. S. 3-23 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Edwards, Paul 1994, From 'impact' to social process: Computers in society and culture. S. 257-285 in: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen und Trevor Pinch (Hg.), *Handbook of science and technology studies*. Sage: Thousand Oaks/CA.
- Edwards, Paul 1996, *The closed world. Computers and the politics of discourse in cold war America*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Edwards, Paul N. 2001, The world in a machine: Origins and impacts of early computerized global systems models. S. 221-254 in: Thomas P. Hughes und Agatha C. Hughes (Hg.), *Systems, experts, and computers. The systems approach in management and engineering, World War II and after*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Esser, Hartmut 1999, *Soziologie - Spezielle Grundlagen. Band 1: Situationslogik und Handeln*. Campus: Frankfurt a.M.
- Esser, Hartmut 2001, *Soziologie - Spezielle Grundlagen. Band 6: Sinn und Kultur*. Campus: Frankfurt a.M.
- Ferguson, Eugene S. 1992, *Engineering and the mind's eye*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Fleck, James 1982, Development and establishment in artificial intelligence. S. 169-217 in: N. Elias, H. Martins und R. Whitley (Hg.), *Scientific establishments and hierarchies*. Reidel: Dordrecht.
- Fong, Terrence, Illah Nourbakhsh und Kerstin Dautenhahn 2003, A survey of socially interactive robots. *Robotics and Autonomous Systems* 42: 143-166. <http://vrai-group.epfl.ch/papers/RAS03-TF-IN-KD.pdf> (14.08.2003)
- Forsythe, Diana E. 1993, Engineering knowledge: The construction of knowledge in Artificial Intelligence. *Social Studies of Science* 23, S. 445-477.
- Fox, Nick J. 2011, Boundary Objects, Social Meanings and the Success of New Technologies. *Sociology* 45 (1), S. 70-85.
- Fujimura, Joan 1988, The molecular biological bandwagon in cancer research: Where social worlds meet. *Social Problems* 35, S. 261-285.

- Fujimura, Joan 1992, Crafting science: Standardized packages, boundary objects, and 'translation'. S. 168-213 in: Andrew Pickering (Hg.) *Science as practice and culture*. University of Chicago Press: Chicago, Il.
- Galison, Peter 1996, Computer simulations and the trading zone. S. 118-157 in: P. Galison und D. Stump (Hg.), *The disunity of science. Boundaries, contexts, and power*. Stanford University Press: Stanford, CA.
- Galison, Peter und David J. Stump (Hg.) 1996, *The disunity of science. Boundaries, contexts, and power*. Stanford University Press: Stanford, Cal.
- Galison, Peter 1997, *Image and logic. A material culture of microphysics*. University of Chicago Press: Chicago, Il.
- Galison, Peter 2004, Heterogene Wissenschaft: Subkulturen und Trading Zones in der modernen Physik. S. 27-57 in: Jörg Strübing, Ingo Schulz-Schaeffer, Martin Meister und Jochen Gläser (Hg.), *Kooperation im Niemandsland. Neue Perspektiven auf Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik*. Leske + Budrich: Opladen.
- Gasson, Susan 2005, The dynamics of sensemaking, knowledge, and expertise in collaborative, boundary-spanning design. *Journal of Computer-Mediated Communication* 10 (4): article 14, <http://jcmc.indiana.edu/vol10/issue4/gasson.html> (02.04.2011)
- Gerovitch, Slava 2002, *From newspeak to cyberspeak. A history of Soviet Cybernetics*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Gesellschaft für Informatik, Fachausschuß 4.3 Robotersysteme, Arbeitskreis Serviceroboter 1997, *Servicerobotik - Eine Herausforderung für die Informatik*. http://www.wipr.ira.uka.de/~germ_rob/GI-FA/AK-Serviceroboter.html (12.02.97).
- Glaser, Barney B. und Anselm L. Strauss 1967, *The discovery of grounded theory. Strategies for qualitative research*. Aldine: Chicago, Ill.
- Goffman, Erving 2003, *Wir alle spielen Theater*. Piper: München
- Goodwin, Charles 1995, Seeing in Depth. *Social Studies of Science* 25, S. 237-274.
- Gorman, Michael E. (Hg.) 2010, *Trading Zones and Interactional Expertise. Creating New Kinds of Expertise*. MIT Press: Boston, MA.
- Grabher, Gernot 2001, Ecologies of creativity: The village, the group, and the heterarchic organisation of the British advertising industry. *Environment & Planning A* 33: 351-374.
- Griesemer, James R. 1990a, Modeling in the Museum: On the Role of Remnant Models in the Work of Joseph Grinnell. *Biology and Philosophy* 5, S. 3-36.

- Griesemer, James R. 1990b, Material Models in Biology. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. Volume Two: Symposia and Invited Papers*, S. 79-93.
- Guice, Jon 1998, Controversy and the state: Lord ARPA and intelligent computing. *Social Studies of Science* 28 (1), S. 103 - 138.
- Hack, Lothar 1988, *Vor Vollendung der Tatsachen. Die Rolle von Wissenschaft und Technologie in der dritten Phase der industriellen Revolution*. Fischer: Frankfurt/M.
- Hayles, Katherine 1994, Boundary disputes: Homeostasis, reflexivity, and the foundations of cybernetics. *Configurations* 3, S. 441 - 467.
- Hayward, Rhodri 2001, The tortoise and the love-machine: Grey Walter and the politics of electroencephalography. *Science in Context* 14 (4), S. 615-641.
- Heintz, Bettina 1993a, *Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers*. Campus: Frankfurt/M.
- Heintz, Bettina 1993b, Wissenschaft im Kontext. Neuere Entwicklungen der Wissenschaftssoziologie. *Zeitschrift für Soziologie* 45, S. 528-552.
- Henderson, Kathryn 1991, Flexible Sketches and Inflexible Data Bases: Visual Communication, Conscriptio Devices, and Boundary Objects in Design Engineering. *Science, Technology, & Human Values* 16, S. 448-473.
- Henderson, Kathryn 1998a, *On line and on paper. Visual representations, visual culture and computer graphics in design engineering*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Henderson, Kathryn 1998b, The aura of "high tech" in a world of messy practice. *Sociological Quarterly* 39, S. 645-672.
- Heymann, Matthias und Ulrich Wengenroth 2001, Die Bedeutung von 'tacit knowledge' bei der Gestaltung von Technik. S. 106-121 in: Ulrich Beck und Wolfgang Bonß (Hg.), *Die Modernisierung der Moderne*. Suhrkamp: Frankfurt a.M.
- Hirschman, O. E. 1970, *Exit, voice and loyalty*. Harvard University Press: Cambridge, Ma.
- Hohn, Hans-Willy 1998, *Kognitive Strukturen und Steuerungsprobleme der Forschung. Kernphysik und Informatik im Vergleich*. Campus: Frankfurt/M.
- Holland, Owen E. 1997, Grey Walter: The pioneer of real artificial life. S. 34-44 in: Christopher Langton (Hg.) *Proceedings of the 5th International Workshop on Artificial Life*. MIT Press: Cambridge, Mass.

- Hutchins, Edwin 1990, The Technology of Team Navigation. S. 22-51 in: Jolene Galegher, Robert E. Kraut und Carmen Egido (Hg.), *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations of Cooperative Work*. Erlbaum: Hillsdale, NJ.
- Hutchins, Edwin 1996, *Cognition in the wild*. MIT Press: Cambridge, Mass.
- Joerges, B. und T. Shinn (Hg.) 2001, *Instrumentation: Between science, state and industry*. Kluwer Academic Press: Dordrecht.
- Johansson, Maria und Mattias Arvola 2007, A case study of how user interface sketches, scenarios and computer prototypes structure stakeholder meetings. S. 177-184 in *British Computer Society Conference on Human-Computer Interaction*. BCS-HCI '07 Proceedings of the 21st British HCI Group Annual Conference on People and Computers: HCI ... but not as we know it - Volume 1. Swinton, UK: British Computer Society.
- John, Bonnie E., Len Bass, Rick Kazman und Eugene Chen 2004, *Identifying gaps between HCI, software engineering, and design, and boundary objects to bridge them*. in *Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '04 extended abstracts*. ACM: Vienna, Austria. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=986201> (30.05.2011).
- Kawamura, K, T. Pack, M. Bishay und M. Iskarous 1996, Design philosophy for service robots. *Robotics and Autonomous Systems* 18: 109-116.
- Kellogg, Katherine C., Wanda J. Orlikowski und JoAnne Yates 2006, Life in the Trading Zone: Structuring Coordination across Boundaries in Postbureaucratic Organizations. *Organization Science* 17 (1), S. 22-44.
- Knie, A. und M. Hard 1993, Die Dinge gegen den Strich bürsten. De-Konstruktionsübungen am Automobil. *Technikgeschichte* 60: 224-242.
- Knie, Andreas 1989, Das Konservative des technischen Fortschritts. Zur Bedeutung von Konstruktionstraditionen, Forschungs- und Konstruktionsstilen in der Technikgenese. *WZB Papers, FS II*: 89-101.
- Knie, Andreas 1991a, *Diesel - Karriere einer Technik. Genese und Formierung im Motorenbau*. edition sigma: Berlin.
- Knie, Andreas 1991b, *Generierung und Härtung technischen Wissens*. WZB-paper FS II 91-103: Berlin.
- Kuhn, Thomas S. 1976, *Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Zweite revidierte und um das Postskriptum 1969 ergänzte Auflage*. Suhrkamp: Frankfurt/M.
- Latour, Bruno 1987, *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Harvard University Press: Cambridge, Mass.

- Law, John und Wiebe Bijker 1992, Postscript: Technology, stability and social theory. S. 290-306 in: Wiebe Bijker und John Law (Hg.), *Shaping technology, building society*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Lawitzky, Gisbert 1999, SINAS - a navigation system for service robots. *Industrial Robot* 26 (6), S. 451-455.
- Lee, Charlotte P. 2007, Boundary Negotiating Artifacts: Unbinding the Routine of Boundary Objects and Embracing Chaos in Collaborative Work *Computer Supported Cooperative Work* 16 (3), S. 307-339.
- Lee, Charlotte P. 2005, Between Chaos and Routine: Boundary Negotiating Artifacts in Collaboration. S. 387-406 in: H. Gellersen (Hg.) *ECSCW 2005: Proceedings of the Ninth European Conference on Computer-Supported Cooperative Work, 18-22 September 2005, Paris, France*. Springer: Dordrecht.
- Lutters, Wayne G. und Mark S. Ackerman 2007, Beyond Boundary Objects: Collaborative Reuse in Aircraft Technical Support. *Computer Supported Cooperative Work* 16 (3), S. 341-372.
- Lutz, B. 1987, Das Ende des Technikdeterminismus und die Folgen - soziologische Technikforschung vor neuen Aufgaben und Problemen. S. 34-52 in: B. Lutz (Hg.) *Technik und sozialer Wandel. Verhandlungen des 23. Deutschen Soziologentages in Hamburg 1986*. Campus: Frankfurt/M.
- Mambrey, Peter und Mike Robinson 1997, Understanding the role of documents in a hierarchical flow of work. S. 119-127 in: Stephen C. Hayne und Wolfgang Prinz (Hg.), *Proceedings of the GROUP '97, International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work - The Integration Challenge, Nov. 16-19, Phoenix, Arizona*. ACM: New York, NY.
- Mark, Gloria, Kalle Lyytinen und Mark Bergman 2007, Boundary Objects in Design: An Ecological View of Design Artifacts. *Journal of the Association for Information Systems* 8 (11): <http://aisel.aisnet.org/jais/vol8/iss11/34> (21.03.2011)
- Masterman, Margaret 1970, The nature of a paradigm. S. 59-89 in: I. Lakatos und A. Musgrave (Hg.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press: Cambridge, MA.
- Mayntz, Renate (Hg.) 2002, *Akteure - Mechanismen - Modelle. Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen*. Campus: Frankfurt a.M.
- Meyer, Uli 2004, *Die Kontroverse um neuronale Netze*. Deutscher Universitäts-Verlag: Wiesbaden.

- Meyer, Uli und Ingo Schulz-Schaeffer 2006, Three Forms of Interpretative Flexibility S. in: Ingo Schulz-Schaeffer, Martin Meister, Stefan Bösch, Jochen Gläser und Jörg Strübing (Hg.), *What Comes after Constructivism in Science and Technology Studies? Science, Technology & Innovation Studies Special Issue 1, July 2006*. <http://www.sti-studies.de/fileadmin/articles/meyerschulz-schaeffer-3fif-2006.pdf> (20.09.2007).
- Miglino, Orazio, Henrik Hautop Lund und Maurizio Cardaci 1999, Robotics as an educational tool. *Journal of Interactive Learning Research* 10 (1), S. 25-47. <http://www.daimi.aau.dk/Staff/hhl/EduRob.ps.gz>
- Minsky, M. und S. Papert 1969, *Perceptrons: An introduction to computational geometry*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Mitchell, R.J., J.M. Bishop, D.A. Keating und K. Dautenhahn 2000, Cybernetic approaches to artificial life. *Künstliche Intelligenz* (1), S. 5-11.
- Mullins, N. 1973, *Theory and theory groups in American contemporary sociology*. Harper and Row: New York.
- Murphy, Robin R. 2000, *An Introduction to AI Robotics*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Olazaran, Mikel 1996, A sociological study of the official history of the perceptrons controversy. *Social Studies of Science* 26, S. 611-659.
- Orr, Julian E. 1996, *Talking about machines. An Ethnography of a modern job*. Cornell University Press: Ithaca, NY.
- Orr, Julian E. 1998, Images of work. *Science, Technology & Human Values* 23 (4), S. 439-455.
- Pfeifer, Rolf 1996a, *Building 'Fungus Eaters': Design principles of autonomous agents*. AI Lab, Computer Science Department, University of Zurich, Report Number 96.09: Zürich.
- Pfeifer, Rolf 1996b, *Teaching powerful ideas with autonomous mobile robots*. AI Lab, Computer Science Department, University of Zurich, Report Number 96.11: Zürich.
- Pickering, Andrew 1995, *The mangle of practice. Time, agency and science*. University of Chicago Press: Chicago, Il.
- Pinch, Trevor J. und Wiebe E. Bijker 1984, The social construction of facts and artefacts: How the sociology of science and the sociology of technology might benefit from each other. *Social studies of science* 14, S. 399-441.
- Prassler, E., R. Dillmann, C. Fröhlich, G. Grunwald, M. Hägele, G. Lawitzky, K. Lay, A. Stopp und W. von Seelen 2001, MORPHA: Communication and interaction with intelligent, anthropomorphic robot assistants. In Tagungsband Statustage Leitprojekte Mensch-Technik-Interaktion in der

- Wissensgesellschaft, Oktober 2001, Saarbrücken, Germany. BMBF. S. 67-77 in: http://www.morpha.de/download/publications/MORPHA_MTIStatustage.pdf (21.11.2001)
- Rammert, Werner 1992, Entstehung und Entwicklung der Technik: Der Stand der Forschung zur Technikgenese in Deutschland. *Journal für Sozialforschung* (2), S. 177-208.
- Rammert, Werner 1993, Materiell - Immateriell - Medial. Die verschlungenen Bande zwischen Technik und Alltagsleben. S. 291-308 in: Werner Rammert (Hg.) *Technik aus soziologischer Perspektive*. Westdeutscher Verlag: Opladen.
- Rammert, Werner 1995a, Technology within society. Part I: Research on the generation and development of technology: The state of the art in Germany. Part II: Research fields and theoretical differences in Germany in the 1990s. S. 161-238 in: T. Cronberg und K. Sörensen (Hg.), *Similar concerns, different styles? Technology studies in Western Europe*. Brussels.
- Rammert, Werner 1995b, Von der Kinematik zur Informatik - Konzeptuelle Wurzeln der Hochtechnologien im sozialen Kontext. S. 65-109 in: Werner Rammert (Hg.) *Soziologie und künstliche Intelligenz - Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*. Campus: Frankfurt/M.
- Rammert, Werner (Hg.) 1995c, *Soziologie und künstliche Intelligenz*. Campus: Frankfurt/M.
- Rammert, Werner 1998, Die Form der Technik und die Differenz der Medien. Auf dem Weg zu einer pragmatistischen Techniktheorie. S. 293-325 in: Werner Rammert (Hg.) *Technik und Sozialtheorie*. Campus: Frankfurt/M.
- Rammert, Werner 2000, *Technik aus soziologischer Perspektive 2. Kultur - Innovation - Virtualität*. Westdeutscher Verlag: Opladen.
- Rammert, Werner 2003, Technik in Aktion: Verteiltes Handeln in soziotechnischen Konstellationen. S. 289-315 in: Thomas Christaller und Josef Wehner (Hg.), *Autonome Maschinen*. Campus: Frankfurt a.M.
- Resnick, M., F. Martin , R. Sargent und B. Silverman 1996, Programmable bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal* 35: 443-452.
- Rogers, Yvonne 2004, New theoretical approaches for human computer interaction. S. 87-143 in: B. Cronin (Hg.) *Annual review of information, science and technology*. Information Today: Medford, NJ.
- Sage, Andrew P. 2000, *Complex Systems and the IEEE SMC Society: The Evolution and Interaction of Cybernetics, Systems, Humans, and Organizations*. <http://www.isye.gatech.edu/iee-smc/presentations/SMC2000PlenarySage.pdf> (18.10.2000).

- Sapsed, Jonathan und Ammon Salter 2004, Postcards from the Edge: Local Communities, Global Programs and Boundary Objects. *Organization Studies* 25: 1515-1534.
- Schimank, Uwe 2002, Theoretische Modelle sozialer Strukturodynamiken: Ein Gefüge von Generalisierungsniveaus. S. 151-178 in: Renate Mayntz (Hg.) *Akteure - Mechanismen - Modelle. Zur Theoriefähigkeit makro-sozialer Analysen*. Campus: Frankfurt a.M.
- Schimank, Uwe 2007, Elementare Mechanismen. S. 29-45 in: Arthur Benz, Susanne Lütz, Uwe Schimank und Georg Simonis (Hg.), *Handbuch Governance. Theoretische Grundlagen und empirische Anwendungsfelder*. VS Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden.
- Schimank, Uwe 2010, *Handeln in Strukturen. Einführung in die akteurtheoretische Soziologie. Vierte völlig überarbeitete Auflage*. Juventa: Weinheim.
- Schlese, Michael 1995, Software als 'Medium der Kommunikation': Zur Rolle von Leitvorstellungen bei der Konstruktion eines wissensbasierten Systems. S. 359-392 in: Werner Rammert (Hg.) *Soziologie und künstliche Intelligenz - Produkte und Probleme einer Hochtechnologie*. Campus: Frankfurt/M.
- Schmidt, Kjeld und Liam Bannon 1992, Taking CSCW seriously: Supporting Articulation Work. *Computer Supported Cooperative Work* 1 (1), S. 7-40.
- Schmidt, Kjeld und Ina Wagner 2005, Ordering Systems: Coordinative Practices and Artifacts in Architectural Design and Planning. *Computer Supported Cooperative Work* 13, S. 349-408.
- Shofield, Monica 1999, Service robots - the end of the beginning? *Industrial Robot* 26 (6), S. 456-459.
- Schraft, Rolf Dieter und Gernot Schmierer 1998, *Serviceroboter. Produkte, Szenarien, Visionen*. Berlin: Springer.
- Schulz-Schaeffer, Ingo 2000, *Sozialtheorie der Technik*. Campus: Frankfurt/M.
- Shannon, Claude E. <1952>2000, Vorführung einer Maschine zur Lösung des Labyrinthproblems. S. 289-298 in: Friedrich Kittler, Peter Berz, David Hauptmann und Axel Roch (Hg.), *Claude E. Shannon: Ein/Aus. Ausgewählte Schriften zur Kommunikations- und Nachrichtentheorie*. Brinkmann + Bose: Berlin.
- Siciliano, Bruno und Oussama Khatib (Hg.) 2008, *Handbook of Robotics*. Springer: Berlin.
- Spee, Andreas Paul und Paula Jarzabkowski 2009, Strategy tools as boundary objects. *Strategic Organization* 7, S. 223-232.

- Star, Susan Leigh 1989, The structure of ill-structured solutions: Boundary objects and heterogeneous distributed problem solving. S. 37-54 in: Les Gasser und Michael N. Huhns (Hg.), *Distributed Artificial Intelligence. Research notes in Artificial Intelligence*. Pitman: London.
- Star, Susan Leigh und James R. Griesemer 1989, Institutional ecology, ‚translations‘ and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science* 19, S. 387-420.
- Star, Susan Leigh 1996, Working together: Symbolic interactionism, activity theory, and information systems. S. 296-318 in: Yrjo Engestrom und David Middleton (Hg.), *Cognition and communication at work*. Cambridge University Press: Cambridge, Mass.
- Star, Susan Leigh 2010, This is not a Boundary Object. Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values* 35, S. 601-617.
- Steels, Luc und Rodney Brooks (Hg.) 1994, *The artificial life route to artificial intelligence. Building situated embodied agents*. Lawrence Erlbaum: New Haven.
- Stevens, Gunnar, Volker Wulf und Volkmar Pipek 2007, Infrastrukturen zur Aneignungsunterstützung - Ein Konzept zur Integration von produkt- und prozessorientierter Flexibilisierung. *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2007*: Paper 49. <http://aisel.aisnet.org/wi2007/49> (23.03.2011)
- Strauss, Anselm 1988, The Articulation of Project Work: An Organizational Process. *The Sociological Quarterly* 29 (2), S. 163-178.
- Strauss, Anselm L. 1978, A social world perspective. *Studies in Symbolic Interaction* 1, S. 119-128.
- Strauss, Anselm L. 1993, *Continual permutations of action*. de Gruyter: New York.
- Strübing, Jörg 1997, Symbolischer Interaktionismus revisited: Konzepte für die Wissenschafts- und Technikforschung. *Zeitschrift für Soziologie* 26 (5), S. 368-386.
- Strübing, Jörg 2003, Theoretisches Sampling. S. 154-156 in: Ralf Bohnsack, Winfried Marotzki und Michael Meuser (Hg.), *Hauptbegriffe qualitativer Sozialforschung*. Leske und Budrich: Opladen.
- Strübing, Jörg 2005, *Pragmatistische Wissenschafts- und Technikforschung. Theorie und Methode*. Campus: Frankfurt a.M.
- Subrahmanian, Eswaran, Ira Monarch, Suresh Konda, Helen Granger, Russ Milliken, Arthur Westerberg und The-dim group 2003, Boundary Objects and Prototypes at the Interfaces of Engineering Design. *Computer Supported Cooperative Work* 12, S. 185-203.

- Sundberg, Mikaela 2007, Parameterizations as Boundary Objects in the Climate Arena. *Social Studies of Science* 37, S. 473-488.
- Sutcliffe, Allistair 2005, Convergence or Competition between Software Engineering and Human Computer Interaction. S. 71-84 in: Ahmed Seffah, Jan Gulliksen und Michel C. Desmarais (Hg.), *Human-Centered Software Engineering – Integrating Usability in the Software Development Lifecycle*. Springer Netherlands: Dordrecht.
- Toynbee, Arnold J. 1979, *Der Gang der Weltgeschichte. Zweiter Band: Kulturen im Übergang*. Europa Verlag: Zürich.
- Trompette, Pascale und Dominique Vinck 2009, Revisiting the Notion of Boundary Object. *Revue d'anthropologie des connaissances* 3 (1), S. 3-25.
- Tushman, M. und L. Rosenkopf 1992, Organizational determinants of technological change: Towards a sociology of technological evolution. *Research in Organizational Behavior* 14, S. 311-347.
- Van de Ven, A.H., D.E. Polley, R. Garud und S. Venkataraman 1999, *The Innovation Journey*. Oxford University Press: New York.
- Vinck, Dominique 2009, De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. Vers la prise en compte du travail d'équipement. *Revue d'anthropologie des connaissances* 3 (1), S. 51-72.
- Walenstein, Andrew 2003, Finding Boundary Objects in SE and HCI: An Approach Through Engineering-oriented Design Theories. S. 92-99 in *Proceedings of Workshop "Bridging the Gaps Between Software Engineering and Human-Computer Interaction". ICSE'03. International Conference on Software Engineering, Portland, Oregon, May 3-11, 2003*. Portland, Oregon. <http://www.se-hci.org/bridging/icse/p92-99.pdf> (09.02.2009)
- Walter, W. Grey 1950, An electro-mechanical animal. *Discovery* XI (March), S. 90-93.
- Walter, W. Grey <1957>1961, Ein Modell für bedingte Reflexe. S. 304-309 *Das lebende Gehirn. Entwicklung und Funktion*. Kiepenheuer & Witsch: Köln, Berlin.
- Watson, James D. 1968, *The Double Helix*. Atheneum: New York.
- Wehrle, Thomas 1994, New fungus eater experiments. S. 400-403 in: P. P. Gaussier und J.-D. Nicoud (Hg.), *From perception to action*. IEEE Computer Society Press: Los Alamitos.
- Wenger, Etienne 1998, *Communities of practice: Learning, meaning and identity*. Cambridge University Press: Cambridge, Mass.

- Weyer, Johannes, Ulrich Kirchner, Lars Riedl und Johannes K. Schmidt 1997, *Technik, die Gesellschaft schafft. Soziale Netzwerke als Ort der Technikgenese*. Sigma: Berlin.
- Weyer, Johannes 2008, *Techniksoziologie. Genese, Gestaltung und Steuerung sozio-technischer Systeme*. Juventa: Weinheim
- Whitley, Richard 1984, *The intellectual and social organization of the sciences*. Clarendon Press: Oxford.
- Wiener, Norbert <1949>1952, *Mensch und Menschmaschine*. Metzner Verlag: Frankfurt am Main, Berlin.
- Willke, Helmut 2003, *Heterotopia. Studien zur Krisis der Ordnung moderner Gesellschaften*. Suhrkamp: Frankfurt/ M.
- Wilson, Alyson G., Laura A. McNamara und Gregory D. Wilson 2007, Information Integration for Complex Systems. *Reliability Engineering and System Safety* 92: 121-130.
- Wilson, Greg und Carl G. Herndl 2007, Boundary Objects as Rhetorical Exigence: Knowledge Mapping and Interdisciplinary Cooperation at the Los Alamos National Laboratory. *Journal of Business and Technical Communication* 21, S. 129-154.
- Winner, Langdon 1993, Upon opening the black box and finding it empty. Social constructivism and the philosophy of technology. *Science, Technology, & Human Values* 18 (3), S. 362-378.
- Woolgar, Steve 1985, Why not a sociology of machines? The case of sociology and artificial intelligence. *Sociology* 19, S. 557 - 572.
- Woolgar, Steve 1987, Reconstructing man and machine: A note on sociological critiques of cognitivism. S. 311-328 in: W. Bijker, T. Hughes und T. Pinch (Hg.), *The social construction of technological systems*. MIT Press: Cambridge, MA.
- Woolgar, Steve 1991a, The turn to technology in social studies of science. *Science, Technology, & Human Values* 16 (1), S. 20-50.
- Woolgar, Steve 1991b, Configuring the user: The case of usability trials. S. 58 - 99 in: John Law (Hg.) *A sociology of monsters. Essays on power, technology and domination*. Routledge: London.
- Yakura, Elaine K. 2002, Charting Time: Timelines as Temporal Boundary Objects. *Academy of Management Journal* 45 (5), S. 956-970.
- Zeiss, Ragna und Peter Groenewegen 2009, Engaging Boundary Objects in OMS and STS? Exploring the Subtleties of Layered Engagement. *Organization* 16, S. 81-100.