

DIE STRUKTUR SCHLECHT STRUKTURIERTER LÖSUNGEN

Grenzobjekte und heterogenes verteiltes Problemlösen¹

VON SUSAN LEIGH STAR

ABSTRACT

Dieser Beitrag argumentiert, dass die Entwicklung Verteilter Künstlicher Intelligenz eher auf einer sozialen Metapher gegründet werden sollte als auf einer psychologischen. Der Turing-Test sollte durch einen »Durkheim-Test« ersetzt werden, das heißt: Systeme sollten auf ihre Fähigkeit hin getestet werden, auf gemeinschaftliche Ziele einzugehen. Gemeinschaftliche Ziele (*community*² goals) zu verstehen bedeutet, die Probleme eines angemessenen Prozesses (*due process*) in offenen Systemen zu analysieren. Ein angemessener Prozess liegt dann vor, wenn voneinander abweichende Standpunkte bei der Entscheidungsfindung auf eine faire und flexible Weise einbezogen werden. Diese Aufgabe entspricht dem Rahmungsproblem (*frame problem*) im Bereich der Künstlichen Intelligenz. Der Text entwickelt das Konzept der »Grenzobjekte« aus Analysen organisierter Problemlösung in wissenschaftlichen Gemeinschaften und schlägt vor, dass dieses Konzept eine adäquate Datenstruktur für Verteilte³ Künstliche Intelligenz bietet. Grenzobjekte sind all diejenigen Objekte, die plastisch genug sind, um an verschiedenste Standpunkte anpassbar zu sein, die aber zugleich ihre Identität durchgehend wahren. Es gibt vier Typen von Grenzobjekten: Repositorien, Idealtypen, Terrains mit übereinstimmenden Grenzen und Formulare.

-
- 1 A.d.Ü. Cornelius Schubert hat mich darauf hingewiesen, dass es sich beim Titel »The Structure of ill-structured Solutions« um eine ironisch erwidende Anspielung auf Herbert Simons »The Structure of ill structured problems«, in *Artificial Intelligence* 4 (1973), S. 181-201 handelt. Bei der Übersetzung des vorliegenden Textes waren in fachlich beratender Funktion Sebastian Gießmann und Nadine Taha beteiligt. Ich bedanke mich für ihre sehr hilfreichen Hinweise.
 - 2 A.d.Ü.: Der Begriff *community* ist nicht bedeutungsgleich mit dem deutschen »Gemeinschaft« etwa wie im Sinne von Ferdinand Tönnies *Gemeinschaft und Gesellschaft* (1887). Es ist in der amerikanischen Soziologie und darüber hinaus spätestens seit den 1920er Jahren ein zentraler Begriff der sogar soziologisch bzw. sozialanthropologisch eineigenes Forschungsfeld bezeichnet: *community studies*.
 - 3 A.d.Ü.: *distributed* wird z. T. auch als dezentralisiert übersetzt, siehe: Shapiro, Alan: *Die Software der Zukunft, oder: Das Modell geht der Realität voraus*, Köln 2014 (Übersetzung Marcel René Marburger), S. 54: »dezentralisiertes Rechnen (*distributed computing*)«.

EINFÜHRUNG: DAS ÜBERLEBENSGROßE UND DER DOPPELTE BODEN DES NATÜRLICHEN⁴

[38] Künstliche Intelligenz hat sich auf mehrere Weisen seit langer Zeit auf Natur- und Gesellschaftsmetaphern verlassen, sei es als Inspirationsquelle für das Design bis hin zu Versuchen, ein Modell natürlicher Informationsverarbeitung zu erstellen. Warum?

Die Gründe fallen grob in zwei Kategorien: Bemühungen um Intelligenz und um Verständlichkeit. Die *Bemühungen um Intelligenz* hatten als Langzeitziel die Erschaffung eines menschlichen oder biologischen Simulakrums – wie auch immer dieses zu definieren ist – etwas, das den Turing-Test bestehen würde. Metaphern haben seit langem dazu gedient, den enormen Abstand zwischen den derzeitigen Fähigkeiten der Maschinen und dem Stand der Forschung in der Informatik, sowie der Komplexität und der Ausgereiftheit von natürlichen Systemen der Informationsverarbeitung zu überbrücken. *Bemühungen um Verständlichkeit* haben als Langzeitziel die Herstellung von Etwas gehabt, das benutzbar und für menschliche Intelligenz verständlich ist. Metaphern, die zu diesem Zwecke verwendet worden sind, verweisen auf die Eingebettetheit von Systemen, die Nutzerfreundlichkeit⁵, die Situiertheit von Handlungen und so weiter.

Bei der metaphorischen Rede von natürlicher Informationsverarbeitung werden einige wichtige Überlegungen implizit. Das schließt ausdrücklich das Verständnis der Beziehung zwischen der Originalquelle der Metaphern und dem finalen Artefakt ein. Einige der Methodendebatten innerhalb der Künstlichen Intelligenz spiegeln eine tiefe Verunsicherung über den Status von natürlichen Metaphern wider. Würde ein komplett formalisiertes System diese überhaupt zulassen? Wenn man einem formalen System verpflichtet ist, worin ist dann die Treue zur Natur begründet? Oder teilen die natürlichen und künstlichen Systeme etwa die formalen Eigenschaften, die es noch zu entdecken gilt? ([Hall u. Kibler 1985] diskutieren diese Fragen.) Viele dieser Fragestellungen werden in der Forschung zu Verteilter Künstlicher Intelligenz näher beleuchtet. Das liegt daran, dass erstens das ursprüngliche Ziel Turings nicht durch verteilte Arbeit erreicht werden konnte und zweitens das Soziale – nicht das Psychologische oder Biologische – vielen Forschenden in diesem Feld als wichtige Metapher und als Teil des Systems erscheint.

4 A.d.Ü.: die Überschrift ist sprachlich relativ frei übersetzt und versucht dadurch die nicht wörtlich übertragbare Doppeldeutigkeit und das Sprachspiel von Susan Leigh Star nachvollziehbar zu machen. Im Original lautet die Überschrift: »Larger than Life and Twice as Natural«.

5 A.d.Ü.: Die maskulinen Formen (Nutzer etc.) stehen im Folgenden immer auch für die anderen Geschlechter, es sei denn dies ist ausdrücklich vermerkt.

VOM TURING-TEST ZUM DURKHEIM-TEST

Der ursprüngliche Turing-Test [Turing 1950] beinhaltete einen Computer, der in der Lage war, eine Frau soweit nachzuahmen, dass ein menschlicher Beobachter nicht zwischen menschlichem Mann und einem »weiblichem« Computer unterscheiden konnte. Der Test gründete auf dem Modell eines geschlossenen Universums und verwendete »digitale Computer mit diskreten Zuständen« (*discrete state digital computers*):⁶

[39] Die Voraussage, die wir [für alle zukünftigen Zustände] in Betracht ziehen, ist allerdings näher an der Umsetzbarkeit als diejenige, die Laplace untersucht hat. Das System des »Universum als Ganzes« ist so beschaffen, dass schon recht kleine Fehler in den Ausgangsbedingungen zu einem späteren Zeitpunkt einen überwältigenden Effekt haben können [...] Selbst wenn wir statt der idealisierten Maschinen die wirklichen physischen Maschinen betrachten, ergibt sich aus einem in vernünftigen Maße genauen Wissen über den Zustand dieser zu einem Moment, ein ebenso in einem vernünftigen Maße genaues Wissen beliebig viele Schritte später [...] Gesetzt den Fall, dass der Rechenvorgang ausreichend schnell durchgeführt werden könnte, wäre der digitale Computer in der Lage, das Verhalten jeder diskreten Maschine nachzuahmen. Das Nachahmungsspiel könnte dann mit der betreffenden Maschine gespielt werden und der nachahmende digitale Computer und der Fragesteller wären unfähig, sie zu unterscheiden. Natürlich muss der digitale Computer über eine angemessene Speicherkapazität verfügen und außerdem ausreichend schnell arbeiten. Darüber hinaus muss er für jede neue Maschine, die er nachahmen soll, wieder neu programmiert werden [...] Diese spezifische Fähigkeit digitaler Computer [...] wird dadurch ausgedrückt, dass man von *universellen* Maschinen spricht.

Später wiederholt Turing in seinem Artikel, dass diese Computer mit jedweder neuen Situation umgehen können, so lange sie genug Speicherkapazität haben.

Turings Modell ist allerdings mehr als nur eine kuriose, veraltete Vision dessen, was Computer leisten können. Indem man zur Originalquelle zurück geht, offenbaren sich einige grundlegende Werte (und Wertkonflikte) im Feld der Künstlichen Intelligenz und damit einige der Gründe für die Ambivalenz und Verwirrung hinsichtlich von Metaphern. Turings Test-Welt ist eine geschlossene, wie oben bereits ausgeführt. Aber es gibt auch die folgenden Eigenschaften, die zwischen den Vertretern der verteilten Intelligenz aktuell heiß umstritten sind:

6 Es gibt zahlreiche Beschreibungen von Versuchen, solche Modelle zu benutzen; siehe z.B. [Ericsson und Simon 1979] für eine Diskussion der Quellennachweise zu Kognition. [Fußnote 1 im Original, A.d.Ü.]

Die Tests werden von Individuen durchgeführt, nicht von Gemeinschaften. Es gibt bei den Experimentatoren keinen Zweifel darüber, was ein valides Resultat erzeugt (in diesem Falle stereotypisiertes weibliches Benehmen);

- Computer sind universell, weil sie programmierbar sind. Sobald eine Situation formell analysiert werden kann, wird sie dem Verständnis durch diese Universalsprache zugänglich.
- Die einzige Beschränkung der Intelligenz liegt in fehlendem Speicherplatz (oder Verarbeitungskapazität).

Kritik an diesen Aussagen kommt seit einiger Zeit aus der Verteilten Künstlichen Intelligenz. Zum Beispiel setzt Hewitts »open systems model« voraus, dass alle nichttrivialen realweltlichen Systeme offen sind. Sie beinhalten Eigenschaften der Realwelt: asynchrone Aktualisierungen, gleichberechtigte Beziehungen⁷ zwischen den Komponenten, Aushandlungen und kontinuierliche Weiterentwicklung – verteilte Informationsverarbeitung eingeschlossen [Hewitt u. DeJong 1983], [Hewitt 1986], [Hewitt 1988]. [40] Diese Systeme sind im mehrfachen Sinne offen: Es gibt keine globale zeitliche und räumliche Schließung und auch keine zentrale Autorität. Dementsprechend stellen strenge Apriori-Protokolle, die Daten und Entscheidungsprozesse homogenisieren, diese Offenheit in Frage und begrenzen die Problemlösungskapazität des Systems in der Realwelt. Flexibilität und Evolution sind die zentralen Anliegen.

Kein noch so gesteigertes Maß an Speicherkapazität kann von offenen Systemen aufgeworfene Probleme lösen. Die Struktur des ursprünglichen Turing-Tests – die sich allein auf ein festgelegtes Repertoire von Regeln verließ, um eine Bandbreite an Verhaltensweisen zu imitieren –, kann sich nicht auf diesen Typ von verteiltem System einstellen. Die Gründe sind dieselben wie die für Hewitts ursprüngliche Kritik: Der Turing-Test konnte keine widersprüchlichen Standpunkte innerhalb des Systems analysieren. Die grundsätzlich offene Beschaffenheit realweltlicher Systeme erzeugt unvermeidlich solche Konflikte.

Das konzeptuelle Ringen innerhalb der verteilten Künstlichen Intelligenz widmete sich den Spannungen, die mit der Idee einer universellen formalen Sprache einhergehen, und der Inkonsistenz, die sich aus der verteilten offenen Beschaffenheit des Systems selbst ergibt. [Durfee u. Lesser 1987] zum Beispiel schlugen globale Teilpläne vor, die Ergebnisse distribuerter Netzwerkknoten eines Systems dynamisch modulieren und einbeziehen, wobei die Offenheit des Systems gewahrt wird, aber über Netzwerkknoten hinweg Kohärenz erzeugt werden kann. [Cammarata et al. 1983] konstatieren:

Eine Hauptherausforderung für verteiltes Problemlösen ist, dass die von verteilten Agenten entwickelten Lösungen nicht nur lokal akzeptabel sein müssen, was die Erfüllung der vorgesehenen Arbeitsschritte

⁷ A.d.Ü. im Original heißt es: arms' length relationships, was sich in seiner metaphorischen Nuanciertheit des Nahdistanzverhältnisses nicht wörtlich übersetzen lässt.

betrifft. Sie müssen auch korrekt mit den Aktivitäten anderer Agenten verknüpft werden, die gerade davon abhängige Aufgaben lösen. Die Lösungen müssen nicht nur in Bezug auf die lokale Aufgabe vernünftig sein, sie müssen auch *global kohärent* sein und diese globale Kohärenz muss von *lokalen Rechenaktivitäten allein* erreicht werden.

Als Antwort auf diese Herausforderung haben sich die Metaphern in diesem Arbeitsgebiet vom einzelnen Menschen oder der Humanpsychologie⁸ zu Organisationen, Interaktionen, Aushandlungen, Blackboards, Netzwerken und Gemeinschaften verschoben. [Fox 1981] zum Beispiel untersucht den möglichen »Technologietransfer« zwischen menschlichen Organisationen und Systemen Künstlicher Intelligenz; [Gasser 1987] ruft zu einer Kooperation zwischen Verteilter Künstlicher Intelligenz und anderen Forschungsbereichen auf, die sich mit koordinierten Handlungen und verteiltem Problemlösen befassen. Ich schlage vor, dass dieser Wandel der Metaphernbasis durch das Ersetzen des Turings-Tests mit einem Durkheim-Test vollzogen wird, der den Anforderungen verteilter offener Systeme adäquat ist.

Emile Durkheim (1858–1917) war ein französischer Soziologe, der die irreduzible Natur dessen zu demonstrieren versuchte, was er »soziale Tatsachen« nannte. Voneinander abweichende Selbstmordraten an unterschiedlichen Orten könnten zum Beispiel nicht verstanden werden, wenn man schlicht behauptet, jeder Fall sei pathologisch; [41] etwas geschah auf der »Systemebene«, das sich nicht auf Begriffe niedrigerer Ebenen reduzieren ließ.

Soziale Tatsachen, so Durkheim, sind daher *sui generis* (oder irreduzibel). Er stellte folgendes Gesetz auf: »Der ausschlaggebende Fall einer sozialen Tatsache sollte unter den sozialen Tatsachen gesucht werden, die ihm vorausgegangen sind und nicht unter den individuellen Bewusstseinszuständen.« In einem Nachtrag ergänzte er: »Die Funktion einer sozialen Tatsache sollte immer in ihrem Bezug auf einen sozialen Nutzen gesucht werden.« [Durkheim 1938].

Der Intelligenztest eines verteilten offenen Systems ist notwendigerweise ein ökologischer. Das bedeutet, dass er *sui generis* auf der sozialen/System-Ebene stattfindet, und alle Teile des Systems einbezieht. Nur einen Netzwerkknoten zu testen, wird keine verlässlichen Ergebnisse bringen; das ganze offene System zu testen, ist nie möglich (siehe z.B. [Lesser u. Corkill 1981]). [Davis und Smith 1983] formulieren es so: »Wenn die Kontrolle dezentralisiert ist, hat kein einziger Netzwerkknoten einen globalen Überblick über alle Aktivitäten im System; jeder Netzwerkknoten hat eine lokale Perspektive, die nur Informationen über eine Untergruppe von Aufgaben enthält.« Bereits die Konzeption eines Test muss sich ändern, um mit solchen Systemen zurecht zu kommen. Mit Durkheim können wir sagen, dass er gemeinschaftlich, irreduzibel, verteilt und dynamisch sein muss. Es

8 Ich beziehe Netzwerkkonzeptionen von Kognition mit ein; ich bin der Auffassung, dass die Metaphern sich von individualistischen Black-Box-Modellen einzelner Akteure bewegt haben. [Fußnote 2 im Original]

ist auch wichtig hervorzuheben, dass der Test nicht erst nach der Fertigstellung eines Designs angewendet werden darf. Um die Akzeptanz und den Gebrauch einer Maschine durch eine Gemeinschaft zu verstehen, muss diese Gemeinschaft aktiv beteiligt sein, während das Design entsteht.

Der Durkheim-Test entspricht demnach dem Design, der Akzeptanz, dem Gebrauch und der Modifikation eines Systems durch eine Gemeinschaft in Echtzeit. Seine Intelligenz wäre das direkte Maß seiner Nützlichkeit bei der Anwendung auf die Arbeit der Gemeinschaft; sowie seine Fähigkeit, sich zu verändern, und multiple Standpunkte einzubeziehen, während er zugleich die Kommunikation über verschiedene Perspektiven und Teile einer Organisation hinweg verstärkt. Solch ein Test verändert auch die Stellung der Metaphern in Bezug auf Gestaltungs- und Gebrauchsfragen. In solch einem offenen, entstehenden System verschwimmen Design und Nutzung, die Grenzen zwischen Technologie und Nutzer sowie zwischen Labor- und Arbeitsstätte notwendigerweise. Genauso wenig kann die Arbeitsorganisation erst nach dem Designprozess hinzugefügt werden [Kling u. Scacchi 1982]. [Chang 1987] entwickelt ein Modell hiervon, das er »teilnehmendes System« (*participant system*) nennt. Die sozialen Metaphern können Inspirationsquellen oder Leitlinien für Mensch-Computer-Schnittstellen (*human-computer interfaces*) bleiben. Wenn wir jedoch konsequent die Prinzipien offener Systeme auf das Design anwenden und bei jedem Arbeitsschritt verschiedenen Auffassungen und Evaluationskriterien Rechnung tragen, werden soziale Systeme sehr tiefgreifend einbezogen.

Die Vergeblichkeit des Turing-Tests liegt nicht am Mangel an Speicherkapazität oder Rechenleistung, sondern sie resultiert aus einem zweifachen fundamentalen Missverständnis der Natur des Computers/der Gesellschaft als geschlossen, zentralisiert und nichtsozial. Wenn man dieses Missverständnis durch ein offenes System mit einem ökologischen und politischen Modell für Organisationen, Arbeitsstätten und Situationen ersetzt (welches beide – Maschinen und menschliche Organisation – einbezieht), dann wird der Turing-Test durch verschiedene Formen der Bewertung ersetzt. (Für eine Diskussion aus soziologischer wie auch aus informatischer Perspektive, siehe [Bendifallah et al. 1988]. [42])

ANGEMESSENER PROZESS, DAS RAHMUNGSPROBLEM UND WISSENSCHAFTLICHE GEMEINSCHAFTEN

Wie oben bereits bemerkt wurde, lässt die verteilte und offene Beschaffenheit realer Systeme unterschiedliche Ansichten innerhalb eines Systems aufkommen. Eine Ansicht in diesem Sinne kann auf jeder Ebene der Organisationsskala zustande kommen, von der Hardware bis zur menschlichen Organisation. Sie kann sich zum Beispiel aus asynchronen Aktualisierungen einer Wissensgrundlage ergeben, die zu unterschiedlichen Arten der Informationsverarbeitung an verschiedenen Netzwerkknoten führt, basierend auf den Unterschieden der jeweiligen Wissensgrundlage. Auf höheren Ebenen kann sich eine solche Ansicht durch Strukturun-

terschiede zwischen den durchgeführten Aufgaben, unterschiedliche Verpflichtungen oder unterschiedliche Lang- oder Kurzzeitziele bilden.

Die gleichzeitige Existenz multipler Ansichten und der Bedarf an Lösungen, die über verschiedene divergierende Perspektiven hinweg kohärent bleiben, ist eine treibende Überlegung der Verteilten Künstlichen Intelligenz. [Hewitt 1986] und [Gerson 1987] haben Aspekte dieser Herausforderung als das Problem eines *angemessenen Prozesses* diskutiert: eine juristische Formulierung, die sich auf Beweiserhebung und faire Gerichtsprozeduren bezieht. Das Problem angemessener Prozesse bei Computer- oder menschlicher Organisation ist das Folgende: Wenn man Beweise aus verschiedenen Perspektiven (oder an heterogenen Netzwerk-knoten) erhebt und kombiniert, wie entscheidet man dann, dass eine ausreichende, verlässliche und angemessene Anzahl an Beweisen gesammelt worden ist? Wer oder was übernimmt die Abstimmung auf Basis welchen Regelwerkes?

[Davis 1980] bemerkt, dass Kooperation notwendig ist, um mit dieser Art von Problemen fertig zu werden. Aber viele Forschende, die über Versuche zur Synthetisierung vernetzter Rechner zu verteilter Datenverarbeitung gekommen sind, sehen Kooperation als eine Art Kompromiss »zwischen sich potentiell widersprechenden Ansichten und Bedürfnissen auf der Ebene des Systemdesigns und der Konfiguration«. Die zwei Motivationen, die er für Kooperation vorschlägt, sind die Nichtlösbarkeit an einem einzelnen Netzwerkknoten und die Kompatibilität (das Zusammenziehen der Kräfte).

Die sich aus dieser Motivation scheinbar ergebende Interdependenz müsste einem Pluralismus der Ansichten entgegenwirken. Wie können zwei Entitäten (oder Objekte oder Netzwerkknoten) mit zwei unterschiedlichen und unvereinbaren Epistemologien kooperieren? Wenn für Kooperation gegenseitiges Verständnis notwendig ist, wie in der Literatur zu Künstlicher Intelligenz allgemein angenommen wird, was zeichnet dann die Beschaffenheit eines Verständnisses aus, das über Meinungsunterschiede hinweg kooperativ funktioniert?

Es gibt eine fundamentale Ähnlichkeit zwischen diesen Fragen der Kooperation, d.h. zwischen dem Problem eines angemessenen Prozesses und dem Rahmungsproblem in der Künstlichen Intelligenz. Das Rahmungsproblem kommt, wie [Hayes 1987] bemerkt, dann auf »wenn man über eine sich wandelnde, dynamische Welt nachdenkt, eine, in der es Handlungen und Ereignisse gibt [...] es wird nur dann ärgerlich, wenn man versucht, eine Welt von der Art zu beschreiben, die Menschen, Tiere und Roboter bewohnen.« Es ist weniger ein Problem der Berechenbarkeit als vielmehr eines der Repräsentation; es kommt dann auf, wann es zu einem räumlichen oder zeitlichen Wandel kommt. [43] Räumlicher oder zeitlicher Wandel sind in dieser Beziehung bedeutsam – wegen der epistemologischen Inkompatibilitäten, die ein solcher Wandel mit sich bringen kann. Wenn ein Akteur sich durch Raum und Zeit bewegt, tauchen neue Informationen und neue axiomatische Anforderungen auf (oder verschwinden, abhängig vom Standpunkt), so dass sich die Rahmenannahmen verschieben. Welche Axiome beibehalten oder geändert

werden sollen, ist Kern des Rahmungsproblems [Pylyshyn 1987] – abhängig davon, welche Dinge als selbstverständlich angesehen werden können (oder nicht).

Vom Standpunkt offener Systeme aus gesehen, sind die Probleme eines angemessenen Prozesses sowie das Rahmungsproblem jeweils Figur und Grund füreinander. Im Problem eines angemessenen Prozesses bilden sich Ansichten heraus und wandeln sich mit neuer Information sowie mit neuen situativen Einschränkungen. Das Konzept des angemessenen Prozesses bedeutet, potentiell inkompatible Ansichten im Entscheidungsprozess zu bewerten und zu synthetisieren, d.h. Beweise zu erbringen. Das Problem liegt im Zurückgreifen auf verschiedene Beweisgrundlagen. Es sind die Unterschiede hinsichtlich Situation und Ansicht, die zu epistemologischer Inkompatibilität führen. In offenen Systemen bedeutet das Fehlen eines souveränen Schiedsrichters (*arbiter*), dass Fragen eines angemessenen Prozesses durch Aushandlung, Regeln und Prozeduren, Präzedenzfälle etc. gelöst werden müssen (siehe [Hewitt 1988]).

Das Rahmungsproblem kam im Kontext sich bewegender Akteure auf, die Information auf eine Weise aufnahmen, die die Stabilität ihrer axiomatischen Struktur gefährdete. Ein Roboter, der sich durch neuartigen offenen Raum bewegt, muss einen robusten Weg für den Umgang mit dieser Neuheit finden, ohne dabei so viele neue Axiome hinzufügen zu müssen, dass er in einer »kombinatorischen Implosion« (*combinatorial implosion*) steckenbliebe. Aber das Problem ist *nicht* wirklich eines des Bewegens *durch* neutrales Territorium: Tatsächlich ist es ein interaktionales Problem. *Umwelt* bedeutet in Wirklichkeit eine Serie von Interaktionen mit anderen Objekten: Akteure, Ereignisse und neue Arten geordneter Handlungen. Mit anderen Worten ist der sich bewegende Roboter gezwungen, eine Serie von Interaktionen zu bewerten, indem er aus den sich herausbildenden potentiell inkompatiblen Ansichten anderer Akteure außerhalb seiner ursprünglich geschlossenen Welt einzelne herausnimmt und auswählt.

Die Abstimmung zwischen multiplen Ansichten im Rahmungsproblem ist fälschlicherweise als ein Problem eines Einzelakteurs charakterisiert worden. Eigentlich kann man das Rahmungsproblem zeitlich gesehen und – wenn man den tatsächlichen Inhalt der sich wandelnden Umwelten berücksichtigt – als eine Abstimmung von alter und neuer Erfahrung beim selben Akteur in einer Serie von Handlungen im offenen, verteilten Raum erkennen.⁹ Der Inhalt dieser Erfahrung ist interaktional, weil Umwelten aus einer Reihe neuer Akteure und Ereignisse bestehen. Eine Lösung des Rahmungsproblems bedeutet zu entscheiden, welcher Beweis für welche Umstände wichtig ist und welcher als selbstverständlich angesehen werden kann. [44] Die Kontinuität der Handlungen eines Roboters beruht auf einem Satz von Meta-Regeln, die strukturell identisch mit dem Problem eines

9 Soziologen diskutieren dies als das Problem der Kontinuität von Identitäten (siehe [Strauss 1969].) Das Problem der (Massen-)Trägheit (*inertia*) ist der Track-Record-Heuristik strukturell ähnlich, die [Hewitt 1986] in bei seiner Untersuchung offener Systeme behandelt. [Fussnote Nr. 3 im Original]

angemessenen Prozesses sind: Welche Daten braucht er von welchem Standpunkt aus? Was wird behalten und was verworfen (daher auch die vielen Diskussionen um Relevanz und Schwerfälligkeit in der Literatur zum Rahmungsproblem)? Wie kann man zu einer Entscheidung gelangen, die beides verkörpert: Neuartigkeit und ausreichende Abgeschlossenheit, um Handlung zu ermöglichen?

Menschliche Akteure lösen sowohl das Rahmungsproblem als auch das Problem eines angemessenen Prozesses routiniert. Sie tun dies auf vielfältig unterschiedlichen Wegen und auf variabel demokratische Weise, wie in beiden Literaturen bemerkt wird – der sozialwissenschaftlichen und derjenigen zum Rahmungsproblem. Im verbleibenden Teil dieses Aufsatzes stelle ich eine Klasse von Strategien vor, die von zwei wissenschaftlichen Gemeinschaften angewendet werden, die ich detailliert untersucht habe.

Diese Studien begannen als eine Erkundung der Metapher »wissenschaftliche Gemeinschaft« in einer langfristigen Zusammenarbeit mit Carl Hewitt. Wir haben Probleme (*issues*) analysiert, die im Kontext der Künstlichen Intelligenz aufkamen, indem wir beobachtet haben, wie menschliche Gemeinschaften sie lösen. Diese Probleme beinhalteten unter anderem das Problem eines angemessenen Prozesses [Gerson 1987], die Konfliktlösung in einer verteilten Gemeinschaft [Star 1989a], die Triangulation von Beweisen aus Bereichen mit inkompatiblen Zielen [Star 1986], die Auflösung lokaler Unsicherheit in globale Sicherheit [Star 1985], lokale Einschränkungen bei der Repräsentation komplexer Information [Star 1983] und das Management anormaler Information [Star u. Gerson 1987].

Nach einigen Jahren der Entwicklung des Modells offener Systeme (*open systems model*) und der Entwicklung unserer eigenen sozialwissenschaftlichen Arbeit, scheint sich die »Metaphern-Lücke« zu schließen.¹⁰ Der Status der sozialen/Gemeinschaftsmetapher hat sich angesichts von in Organisationen eingebetteten Realweltsystemen verschoben, da die Grenzen des »Computers«, des »Systems« und der »Akteure« als größer und breiter wahrgenommen werden als Turings Modell einer geschlossenen Welt. Da Fortschritte in beiden Bereichen, Künstlicher Intelligenz und Sozialwissenschaft, die Entwicklung neuer *ökologischer Untersuchungseinheiten, Methoden und Begriffe* verlangen, *haben sich beide – Inhalt und Rolle von Metaphern – verlagert.*

Das Konzept der Grenzübjekte, wie es unten dargestellt wird, ist zugleich Metapher und Modell sowie Erfordernis auf höchster Ebene eines Systems Verteilter Künstlicher Intelligenz. Je ernster man die ökologischen Untersuchungseinheiten in solchen Studien nimmt, desto zentraler wird menschliche Problemlösungsorganisation für das Design – nicht einfach auf der traditionellen Ebene von Mensch-Maschine-Schnittstellen (*human-computer interface*), sondern auf der

10 Ein weiterer Faktor könnte zum Schließen dieser Lücke beitragen. Die Metapher als eine Quelle der Inspiration, für Modelle oder Design-Spezifikationen funktioniert in beide Richtungen: Künstliche Intelligenz ist auch eine Metapher für soziologische Forschung (siehe [Star 1989a] für eine Untersuchung dieses Prozesses)! [Fußnote Nr.4 im Original]

Ebene des Verständnisses der Grenzen und Möglichkeiten einer Form Künstlicher Intelligenz [Star 1989b]. [45]

DIE WISSENSCHAFTLICHE GEMEINSCHAFT UND OFFENE SYSTEME

[Kornfeld und C. Hewitt 1981] haben vorgeschlagen, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft als gute Metaphernquelle für die Arbeit offener Systeme angesehen werden kann. Da Realwelt-Informationssysteme verteilt und dezentralisiert sind, entwickeln sie sich kontinuierlich, verkörpern unterschiedliche Ansichten und verfügen über Näheverhältnisse zwischen Akteuren, die Aushandlungen erfordern.¹¹ Aufgrund ihres offenen und in Entstehung begriffenen Charakters kann die innere Konsistenz eines solchen Systems nicht gesichert sein. Die Information in einem offenen System ist folglich heterogen, das heißt: Unterschiedliche Schauplätze verfügen über unterschiedliche Wissensquellen, Ansichten und Mittel, um Aufgaben zu lösen, basierend auf lokalen Kontingenzen und Einschränkungen.

Wissenschaftliche Arbeitsplätze sind offene Systeme in Hewitts Sinne des Begriffes. Neue Information wird kontinuierlich und asynchron zu der Situation hinzugefügt. Es gibt keine zentrale »Sendestation«, die Informationen simultan an Wissenschaftler weitergeben würde. Vielmehr wird Information stückchenweise von Ort zu Ort getragen (wenn sie überhaupt getragen wird), mit Verzögerungen von Tagen, Monaten oder sogar Jahren.

Wissenschaftliche Arbeit ist auf diese Weise verteilt. Deshalb gibt es keine Garantie, dass dieselbe Information auch die Teilnehmer zu irgendeinem Zeitpunkt erreicht oder auch, dass Personen auf die selbe Art und Weise auf gemeinsame Ziele hinarbeiten. Die Definitionen ihrer Situationen sind fließend und unterscheiden sich scharf von einander in Bezug auf den Ort; die Grenzen einer Örtlichkeit oder eines Arbeitsortes sind gleichzeitig permeabel und fließend [Latour 1988]. Wissenschaftliche Theoriebildung verläuft zutiefst heterogen: Unterschiedliche Ansichten werden ständig angeführt und miteinander in Einklang gebracht.

Dennoch schaffen es Wissenschaftler unter fast chaotischen Umständen, robuste Befunde zu erzielen. Sie sind in der Lage, reibungslos funktionierende Prozeduren und Beschreibungen der Natur zu erzeugen, die in verschiedenen Situationen gut genug bestehen. Ihre Fähigkeit, dies tun zu können, war das, was Hewitt und Kornfeld ursprünglich fasziniert hatte. Wie erreicht man Robustheit der Ergebnisse (und des Entscheidens) angesichts des Fehlens einer zentralen Autorität oder eines standardisierten Protokolls? Die Antwort der wissenschaftlichen Gemeinschaft ist komplex und hat zwei Aspekte: Sie erschafft Objekte, die durch den Verlauf einer kollektiven Folge von Handlungen hindurch sowohl plastisch als auch kohärent bleiben.

¹¹ A.d.Ü. Im Original heißt es »arms' length relationships«, was auch ein Auf-Abstand-Halten implizieren kann.

Jeder wissenschaftliche Arbeitsplatz kann insofern auf zwei Arten beschrieben werden: Mit der Serie von Handlungen, die auf lokale Kontingenzen eingeht, die die Forscher betreffen, oder anhand der Serie von Handlungen, welche die Kontinuität der Information trotz lokaler Kontingenzen bewahrt (angemessener Prozess und Rahmungsproblem zugleich). Um das zu verstehen, ist ein anderer Zugang zu wissenschaftlichen Theorien erforderlich als derjenige, der traditionell von Philosophen eröffnet wird. Wissenschaftliche Wahrheit, *wie sie in Wirklichkeit erzeugt wird*, ist keine Punkt-für-Punkt logische Schöpfung.

Vielmehr ist, in den Worten des Ökologen Richard Levins »unsere Wahrheit [...] die Kreuzung von voneinander unabhängigen Lügen.« ([Wimsatt 1980]). Jeder Akteur, Schauplatz oder Knotenpunkt einer wissenschaftlichen Gemeinschaft hat eine Ansicht – eine Teilwahrheit, die aus Überzeugungen, lokalen Praktiken, lokalen Einschränkungen, und Ressourcen besteht, von denen keine über alle Schauplätze hinweg voll zu verifizieren ist. [46] *Die Aggregation dieser Ansichten ist die Quelle der Stabilität der Wissenschaft.*

HETEROGENES PROBLEMLÖSEN UND GRENZOBJEKTE

Angesichts der Heterogenität, die von lokalen Einschränkungen und divergierenden Ansichten hervorgebracht wird, stellt sich die Frage: Wie bringen Gemeinschaften von Wissenschaftlern Beweise aus unterschiedlichen Quellen in Einklang? Das Problem ist ein altes in der Sozialwissenschaft; gewiss könnte man sagen, es spiegelt das Kernproblem der Soziologie wider. Ein Hauptanliegen der frühen Soziologen, wie Robert Park oder Georg Simmel war das Beschreiben der Interaktion zwischen Teilnehmern aus Gruppen (oder Welten) mit sehr unterschiedlichen »Definitionen ihrer Situation«. Dieses Anliegen führte zu einer Reihe von Fallstudien über Ethnizitäten, Arbeitsgruppen und Subkulturen, die jetzt lose unter der Rubrik »Chicagoer Schule der Soziologie« gruppiert werden. Everett Hughes, ein wichtiges Mitglied dieser Gruppe, hat für einen ökologischen Ansatz beim Verständnis der Partizipation heterogener Gruppen im Bereich eines Arbeitsplatzes, innerhalb einer Nachbarschaft oder Region argumentiert. Damit meinte er, dass die unterschiedlichen Perspektiven oder Ansichten der Teilnehmenden auf eine *Sui generis*-Weise und als situierte Handlung zu verstehen seien und nicht einfach nur als eine Anhäufung individueller Umstände.

Einige Entdeckungen aus unseren Studien mit Wissenschaftlern, die von potentiell Interesse für Verteilte Künstliche Intelligenz sein dürften, sind, dass Wissenschaftler

1. kooperieren, ohne gute Modelle der Arbeit des jeweils anderen; dass sie
2. erfolgreich zusammenarbeiten, während verschiedene Untersuchungseinheiten, Methoden, Daten aggregiert und unterschiedliche Abstraktionen von Daten angewendet werden, und dass sie
3. kooperieren, während sie unterschiedliche Ziele, Zeithorizonte und Publikazufriedenzustellen haben.

Wissenschaftler tun dies, indem sie Objekte kreieren, die ziemlich genau dieselbe Funktion haben wie ein Blackboard in einem System Verteilter Künstlicher Intelligenz. Ich nenne diese *Grenzobjekte* – sie sind eine bedeutende Methode, heterogene Probleme zu lösen. Grenzobjekte sind Objekte, die sowohl plastisch genug sind, um sich lokalen Anforderungen und Einschränkungen durch mehrere Parteien, die sie anwenden, anzupassen und doch robust genug sind, um eine gemeinsame Identität über Ortswechsel hinweg aufrechtzuerhalten. Sie sind im gemeinsamen Gebrauch schwach strukturiert¹² und werden beim ortsspezifischen Gebrauch stark strukturiert.

Wie das Blackboard »sitzt« ein Grenzobjekt »in der Mitte« einer Gruppe von Akteuren mit divergierenden Ansichten. Entscheidend jedoch ist, *dass es verschiedene Typen von Grenzobjekten gibt, die von den Charakteristika der zu ihrer Herstellung versammelten Information abhängig sind.* [47] Die Kombination von verschiedenen Zeithorizonten erzeugt eine Art von Grenzobjekt; vereint man konkrete und abstrakte Repräsentationen derselben Daten, erzeugt dies eine weitere. Folglich wird in diesem Beitrag nicht nur ein Blackboard, sondern ein System aus Blackboards präsentiert, das gemäß den dynamischen Anforderungen einer Gemeinschaft an offene Systeme strukturiert ist (dabei sowohl Maschinen als auch Menschen einbeziehend).

GRENZOBJEKT-TYPEN

Als ich Wissenschaftler untersuchte, identifizierte ich heterogene Untergruppen innerhalb des wissenschaftlichen Arbeitsplatzes. Die hier vorgestellte Analyse von Grenzobjekten beruht auf zwei Fallstudien, die radikal verschiedene Ansichten bei der Durchführung der Arbeit verkörperten. Zuerst führte ich eine Studie einer Gemeinschaft von Neuropsychologen am Ende des neunzehnten Jahrhunderts in England durch. Diese Gruppe schloss sowohl klinische und Grundlagenforscher als auch Krankenhausverwalter, Aufseher, Versuchstiere, Journalisten und Patienten ein [Star 1989a]. Als Zweites führten meine Kollegen und ich eine Studie eines zoologischen Museums in Berkeley von 1900–1940 durch [Star und Griesemer 1989], [Gerson 1987]. Diese Gruppe beinhaltete professionelle Biologen, Amateur-Sammler, Universitätsverwalter, Tiere, lokale Trapper, Farmer und Naturschützer.

Interessant ist an diesen Studien aus der Sicht der Verteilten Künstlichen Intelligenz, dass die Struktur und die Eigenschaften der Information, die von den unterschiedlichen Teilnehmern eingebracht wurde, verteilt und heterogen waren und dennoch erfolgreich in Einklang gebracht wurden. Der beschränkte Platz verbietet eine detaillierte Diskussion aller Unterschiede zwischen den Ansichten, aber die zwei hervorstechendsten werden unten zusammengefasst.

12 A.d.Ü. Im Original heißt es »common use« was auch üblicher Gebrauch heißen kann.

Im ersten Fall, wenn man klinische und Grundlagenforschungsergebnisse vergleicht, erhält man die folgenden Unterschiede: Klinische Forschung operiert in einem wesentlich kürzeren Zeithorizont als Grundlagenforschung (den Patienten heilen und nicht eine theoretische Generalisierung finden). Der Fall ist die Untersuchungseinheit für Kliniker (eine ereignisbasierte Form der Erklärung), während es für Grundlagenforscher die analytische Generalisierung von Ereignisklassen ist. In der klinischen Forschung wird die Aufmerksamkeit auf konkrete Ereignisse wie Symptome, Behandlungen und Krankheitsverläufe von Patienten gelenkt. Die Diagnose beruht auf medizinischer Theorie, um konkrete Beobachtungen dieser Art zu validieren. In der Grundlagenforschung wird die Aufmerksamkeit auf analytische Generalisierungen gerichtet – wie Verfeinerungen der Theorien von Anderen, Aussagen über die Anwendbarkeit eines Experiments auf einen größeren Wissensbestand. Die Arbeit beginnt mit einer experimentellen Situation und ist von dieser herkommend auf einen auswärtigen Wissensbestand ausgerichtet. Schließlich kommen dem Kliniker Unterbrechungen der Arbeit in Form von Komplikationen in die Quere. Mit diesen Nebenwirkungen muss lokal umgegangen werden. Sie werden aus dem Corpus der Beweise ausgeschlossen (sie schaffen es nie in die Publikation der Fälle). Beim Grundlagenforscher treten Arbeitsunterbrechungen [48] in Form von Anomalien auf, die sich mit dem Korpus an Beweisen erklären lassen müssen, entweder indem er sie kontrollieren oder indem er sie in die Ergebnisse einbeziehen kann.

Im zweiten Fall, in der Welt des Museums für Naturgeschichte, ist der Vergleich zwischen Amateuren und professionellen Biologen eine primäre Quelle. Es gibt einige ähnliche Unterschiede wie zwischen Klinikern und Grundlagenforschern. Für den Amateursammler ist die Probe selbst die Untersuchungseinheit – ein toter Vogel oder ein Knochen, der an einem spezifischen Ort gefunden wurde. Sammeln ist wie klinische Arbeit die Kunst des Umgangs mit Beispielen und lokalen Kontingenzen auf einer Fall-für-Fall-Basis. Andererseits bilden für den professionellen Biologen Proben, die von Amateuren gesammelt worden sind, einen Teil abstrakter Generalisierung von Ökologie, Evolution oder der Verteilung der Arten. Die jeweilige spezifische Wanze oder der Käfer ist nicht so wichtig wie das, was sie oder er repräsentiert. Darüber hinaus ist die Arbeitsorganisation hochgradig dezentralisiert, sie reicht vom Museum in Berkeley bis hin zu diversen Sammlungsexpeditionen durch den Staat Kalifornien.

Als ich diese Arten der Heterogenität analysierte, fand ich vier Typen von Grenzobjekten, die von den Teilnehmern geschaffen wurden. Das Folgende ist keineswegs eine erschöpfende Liste. Es handelt sich nur um analytische Unterscheidungen in dem Sinne, dass wir es hier wirklich bereits mit Systemen von Grenzobjekten zu tun haben, die schon in sich selbst heterogen sind.

REPOSITORIEN

Es handelt sich bei Repositorien um geordnete Stapel von Objekten, die auf standardisierte Weise indiziert werden. Repositorien werden aufgebaut, um mit den Problemen der Heterogenität umzugehen, die durch die Differenzen zwischen den Untersuchungseinheiten der Analyse hervorgerufen werden. Ein beispielhaftes Repository ist eine Bibliothek oder ein Museum. Repositorien haben den Vorteil der Modularität.

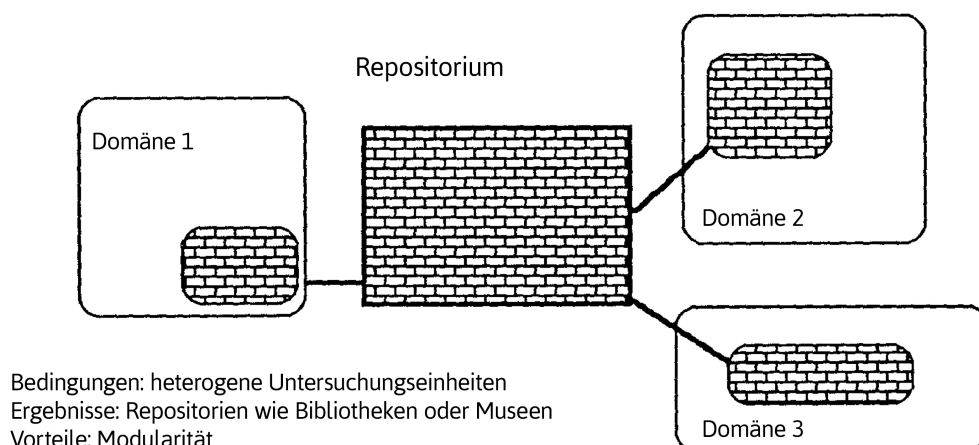


Abbildung 1: Grenzobjekt: Repositorien

IDEALTYP ODER PLATONISCHES OBJEKT¹³

[49] Hier handelt es sich um ein Objekt wie eine Karte oder einen Atlas, das realiter die Details einer Lokalität nicht akkurat beschreibt. Es ist von allen Bereichen abstrahiert und kann ziemlich vage sein. Es ist jedoch adaptierbar an einen lokalen Ort, gerade weil es ziemlich vage ist. Es dient als ein symbolisches Kommunikationsmittel und als Medium symbolischer Kooperation – eine ausreichende Straßenkarte für alle Parteien. Beispiele für platonische Objekte sind die frühen Atlanten des Gehirns, die realiter kein Gehirn beschrieben, die klinische Daten und Grundlagenforschungsdaten verkörperten und die über beide Welten hinweg als Kommunikationsmittel dienten. Platonische Objekte treten mit Unterschieden im Grad der Abstraktion auf, wie sie z.B. in der Unterscheidung klinisch/grundlagenforscherisch gelten. Sie führen zur Löschung lokaler Kontingenzen aus dem gemeinsamen Objekt und haben den Vorteil der Anpassbarkeit.

13 A.d.Ü. »Platonische Objekte« ist zwar in deutschen Platonübersetzungen unüblich, da er seine »Platonischen Dinge«/Ideen gerade von den (materiellen) Objekten abgrenzt. Der Begriff »Platonische Körper« (als geometrischer Spezialbegriff) wiederum ist hier nicht gemeint. Platonische Objekte erscheint näher am Originalduktus von Star.

NAVIGATIONEN

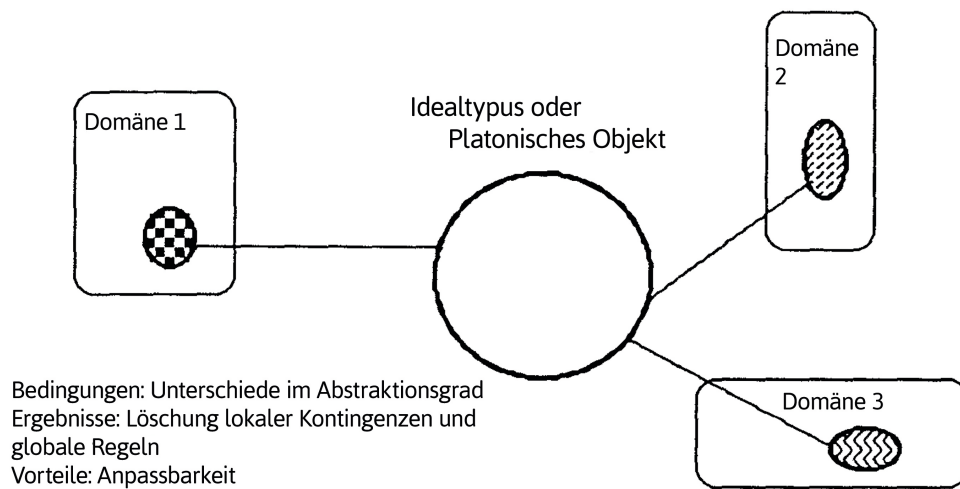


Abbildung 2: Grenzobjekt: Platonisches Objekt

TERRAIN MIT ÜBEREINSTIMMENDEN GRENZEN

Bei diesen handelt es sich um gemeinsame Objekte, die dieselben Grenzen haben, aber unterschiedliche interne Inhalte.¹⁴ Sie kommen in der Gegenwart von verschiedenen Mitteln der Datenaggregation auf, wenn die Arbeit über einen großräumigen geografischen Bereich verteilt ist. Das Resultat eines solchen Objektes ist, dass die Arbeit an jedem Ort autonom durchgeführt werden kann, aber die kooperierenden Parteien über dasselbe Gebiet mit demselben Referenten arbeiten können. Der Vorteil ist die Erreichung unterschiedlicher Ziele.¹⁵ Ein Beispiel übereinstimmender Grenzen ist die Gestaltung des Staates Kalifornien als Grenzobjekt für Museumsmitarbeiter. Die Karten Kaliforniens, die von Amateursammlern [50] und Naturschützern erstellt wurden, ähnelten den uns vertrauten Straßenkarten, auf denen Campingplätze, Pfade und Orte zum Sammeln hervorgehoben sind. Die von professionellen Biologen erstellten Karten teilten denselben Umriss des Staates (mit denselben geopolitischen Grenzverläufen), aber sie waren angefüllt mit einer Reihe hochabstrakter, ökologisch-basierter schattierter Gebiete, die »Lebensräume« repräsentierten – ein ökologisches Konzept.

14 Siehe [Wimsatt 1980] für eine ausführlichere Diskussion dieser Fragen. [Fußnote Nr. 5 im Original]

15 A.d.Ü. Im Original heißt es »resolution«, dieses Wort bedeutet auch Auflösung im grafischen Sinne.

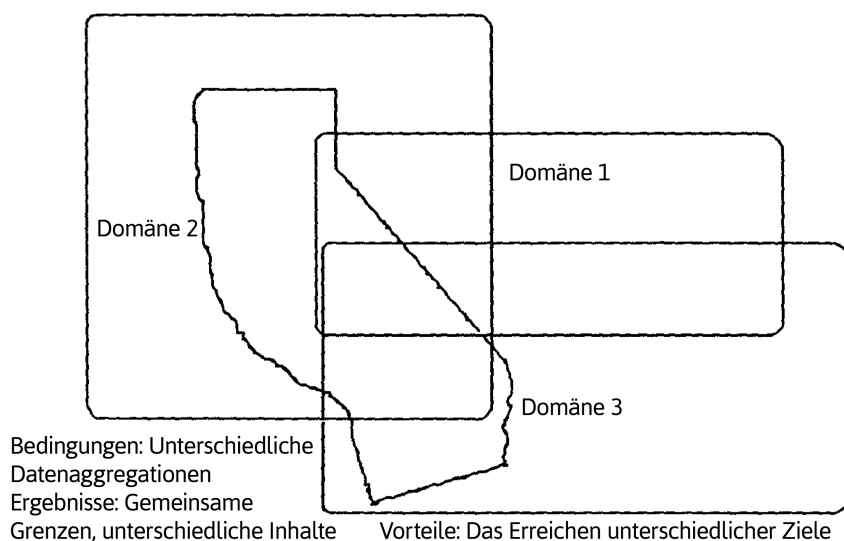


Abbildung 3: Grenzobjekt: Terrain mit übereinstimmenden Grenzen

FORMULARE UND ETIKETTEN

Bei diesen handelt es sich um Grenzobjekte, die als Methoden gemeinsamer Kommunikation zwischen verstreuten Arbeitsgruppen entwickelt wurden. Sowohl in der Neurophysiologie als auch in der Biologie fand die Arbeit an hochgradig verteilten Orten statt und wurde von einer Reihe verschiedener Leute durchgeführt. Wenn Amateursammler ein Tier erbeuteten, waren sie mit einem standardisierten Formular zum Ausfüllen versehen. Im Krankenhaus war es ähnlich: Nachtwächter bekamen Formulare ausgehändigt, in denen sie Daten über die epileptischen Anfälle und die entsprechenden Symptome eines Patienten auf standardisierte Weise aufnehmen sollten; diese Informationen wurden später auf eine größere Datenbasis übertragen, die von klinischen Forschern bei dem Versuch zusammengetragen wurden, Theorien der Funktion des Gehirns und des Nervensystems aufzustellen. Die Ergebnisse dieses Grenzobjekttyps sind standardisierte Indizes und das, was Latour »immutable mobiles« nennen würde (Objekte, die über eine weite Distanz transportiert werden können und unveränderliche Information zeigen). Die Vorzüge solcher Objekte liegen in der Auflösung lokaler Unsicherheiten (zum Beispiel beim Sammeln von Tieren oder bei der Beobachtung epileptischer Anfälle). Etiketten und Formulare können Teil von Repositorien werden oder auch nicht. [51]

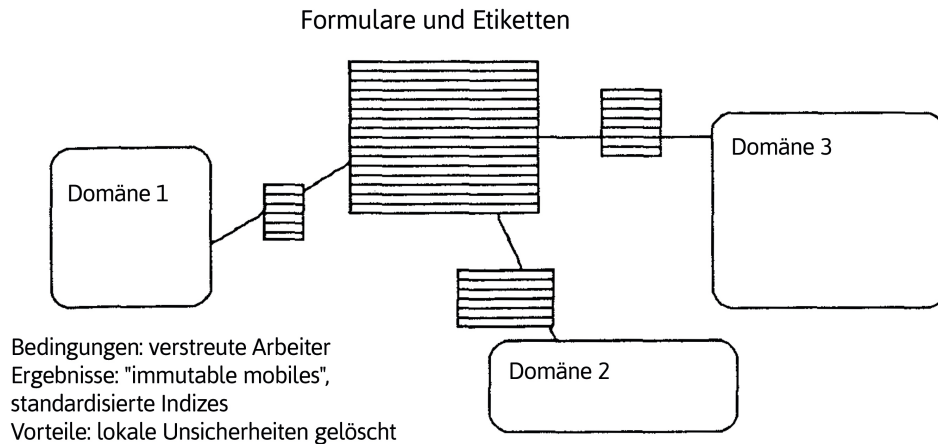


Abbildung 4: Grenzobjekt: Formulare/Etiketten

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Was sind die Implikationen der Erzeugung von Grenzobjekten durch Wissenschaftler für die Verteilte Künstliche Intelligenz? Erstens bieten Grenzobjekte eine leistungsstarke Abstraktion der Art an, die von [Chandrasekaran 1981] zum Organisieren der Blackboards gefordert wurde. Sie sind, um seine Terminologie zu verwenden, weder Komitee noch Hierarchie. Sie umgehen die Art von Problemen kombinatorischer Implosion, wie sie von Kornfeld befürchtet wurden und umgehen außerdem hierarchische Delegation und Repräsentation. Anders als bei Turings universeller Maschine respektiert die Erzeugung von Grenzobjekten lokale Kontingenzen, und sie erlaubt Übersetzung über einzelne Schauplätze hinweg. Statt der Suche nach einem logischen Esperanto, dass sich bereits im Kontext verteilter offener Systeme als unmöglich erwiesen hat, sollten wir eine Analyse solcher Objekte anstreben. Problemlösen innerhalb der beschriebenen Kontexte produziert brauchbare Lösungen, die – in Simons¹⁶ Begriffen – nicht gut-strukturiert sind. Vielmehr sind sie schlecht-strukturiert: Sie sind inkonsistent, mehrdeutig und oft unlogisch. Jedoch sind sie funktional und dienen dazu, einige schwere Probleme in der Verteilten Künstlichen Intelligenz zu lösen.

Die Probleme, die mit der Realisierung von Beschreibungen in dezentralen Systemen einhergehen [Pattison et al. 1987], erfordern ein Mittel, das sich verschiebende Einschränkungen und organisatorische Strukturen registriert, ähnlich der Erzeugung von Grenzobjekten. [Durfée et al. 1987] schlagen ein System vor, das auf Kooperation und planbasierten Knotenpunkten beruht, die zu lokal kompletten Lösungen für verteiltes Problemlösen gelangen. Noch einmal: Die Vorstellung, dass Systeme von Akteuren gemeinsame Objekte erzeugen, die auf ver-

¹⁶ A.d.Ü. Gemeint ist Herbert Simon, siehe Fußnote 1.

schiedene Weise unterschiedliche Knotenpunkte einnehmen, und deshalb lokal vollständig aber immer noch global gemeinsam bleiben, sollte hier nützlich sein.

Zukünftige Ausrichtungen der Forschung zu diesen Fragen würden die folgenden Punkte enthalten: [52]

1. Ausdehnung der Taxonomie der Grenzobjekte und Verfeinerung der Konzeptionen von Informationstypen, die bei ihrer Konstruktion verwendet werden;
2. Untersuchung der Wirkung von Kombinationen aus Grenzobjekten und Entwicklung eines Verständnisses von Systemen solcher Objekte;
3. Das Problem des Maßstabwechsels nach oben oder die Anwendung einer ökologischen, Mensch/Maschine-Analyse auf das, was bei [Gasser et al. 1986] »multigrained systems« genannt wird.

Der »Durkheim-Test«, auf den am Anfang dieses Beitrages Bezug genommen wurde, ist für die Evaluation der Konstruktion und des Gebrauchs von Grenzobjekten wichtig. Das heißt, die Konstruktion solcher Objekte ist ein Gemeinschaftsphänomen, das zumindest zwei Sets von Akteuren mit unterschiedlichen Ansichten erfordert. Die Analyse des Gebrauchs eines solchen Objektes an nur einem Punkt im System – oder getrennt von seiner Beziehung zu anderen Knotenpunkten – wird eine systematisch-reduktionistische Verzerrung hervorrufen, wie sie [Wimsatt 1980] beschrieben hat. Auf eine solche Weise angewendete Heuristiken werden die Negierung der *Sui-generis-Natur* des Systems widerspiegeln. Wenn man zudem die empfohlene ökologische Analyse hier und anderswo in der Künstlichen Intelligenz übernimmt, dann sollte man festhalten, dass beteiligte menschliche Designer, Nutzer und Modifizierer Grenzobjekte aus Informationssystemen *machen* werden, und zwar in jedem Abschnitt einer Trajektorie der Informationsverarbeitung.

Übersetzung: David Sittler

Bearbeitung: Sebastian Gießmann, Nadine Taha

Danksagung [im Original]:

Gespräche mit Geof Bowker, Lee Erman, Les Gasser, James Griesemer, Carl Hewitt, Rob Kling, Steve Saunders, Randy Trigg und Karen Wieckert waren sehr hilfreich beim Formulieren der Ideen, die hier ausgedrückt sind.

LITERATURVERZEICHNIS:

[Bendifallah et al. 1988] S. Bendifallah, F. Blanchard, A. Cambrosio, J. Fujimura, L. Gasser, E. M. Gerson, A. Henderson, C. Hewitt, W. Scacchi, S. L. Star, L. Suchman, and R. Trigg, »The Unnamable: A White Paper on Socio-

- Computational ›Systems‹, unveröffentlichtes Manuskript erhältlich bei Les Gasser, Department of Computer Science, University of Southern California, Los Angeles, California, 1988.
- [Cammarata et al. 1983] S. Cammarata, D. McArthur, and R. Steeb, Strategies of cooperation in distributed problem solving. Proceedings IJCAI-83, Karlsruhe, West Germany, August 1983, S. 767-770.
- [Chandrasekaran 1981] B. Chandrasekaran, »Natural and Social System Metaphors for Distributed Problem Solving: Introduction to the Issue«, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-II, No.1, 1981, S. 1-5.
- [Chang 1987] E. Chang, »Participant Systems«, in M. N. Huhns, ed., Distributed Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1987, S. 311-339.
- [Davis 1980] R. Davis, »Report on the workshop on distributed artificial intelligence«, SIGART Newsletter, 1980, S. 73.
- [Davis und Smith 1983] R. Davis and R. G. Smith, »Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving«, Artificial Intelligence, Vol. 20, 1983, S. 63-109.
- [Durfee und Lesser 1987] E. Durfee and V. Lesser, »Using Partial Global Plans to Coordinate Distributed Problem Solvers«, Proceedings IJCAI-87, Milan, Italy, August 1987, S. 875-883.
- [Durfee et al. 1987] E. Durfee, V. Lesser, D. Corkill, »Cooperation through Communication in a Distributed Problem Solving Network«, in M. N. Huhns, ed., Distributed Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1987, S. 29-58.
- [Durkheim 1938] Emile Durkheim, The Rules of Sociological Method, Free Press, New York, 1938.
- [Ericsson und Simon 1979] Ericsson and H. A. Simon, »Sources of evidence on cognition: An historical overview«, C.I.P. Working Paper No. 406, Carnegie Mellon Dept. of Psychology, October 1979.
- [Fox 1981] M. Fox, »An Organizational View of Distributed Systems«, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Vol. SMC-II, No.1, 1981, S. 70-80.
- [Gasser 1987] I. Gasser, »Distribution and Coordination of Tasks among Intelligent Agents«, First Scandinavian Conference on Artificial Intelligence, Trondheim, Norway, March, 1987.
- [Gasser et al. 1986] L. Gasser, C. Braganza, and N. Herman, »MACE: A Flexible Testbed for Distributed AI Research«, Technical Report CRI 87-01, Computer Research Institute, University of Southern California, 1986.
- [Gerson 1987] E. M. Gerson, »Audiences and Allies: The Transformation of American Zoology, 1880-1930«, Society for the History, Philosophy and Sociology of Biology, Blackburg, VA, 1987.

- [Hall und Kibler 1985] R. P. Hall and D. F. Kibler, »Differing Methodological Perspectives in Artificial Intelligence Research«, The AI Magazine, Fall 1985, S. 166-178.
- [Hayes 1987] P. J. Hayes, »What the frame problem is and isn't«, in Z. W. Pylyshyn, ed., The Robot's Dilemma: The Frame Problem in Artificial Intelligence, Ablex, NY, 1987, S. 123-137.
- [Hewitt 1986] C. Hewitt, »Offices Are Open Systems«, ACM Trans. on Office Information Systems, Vol. 4, 1986, S. 271-287.
- [Hewitt 1988] C. Hewitt, »Organizational Knowledge Processing«, presented at 8th AAAI Conference on Distributed Artificial Intelligence, Lake Arrowhead, California, May 1988.
- [Hewitt und DeJong 1983] C. Hewitt and P. DeJong, »Analyzing the Roles of Descriptions and Actions in Open Systems«, Proceedings of the AAAI, 1983, S. 162-167.
- [Kling und Scacchi 1982] R. Kling and W. Scacchi, »The Web of Computing: Computer Technology as Social Organization«, Advances in Computers, Vol. 21, 1982, S. 1-90.
- [Kornfeld und C. Hewitt 1981] W. Kornfeld and C. Hewitt, »The Scientific Community Metaphor«, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, SMC-11, No. 1 1981, S. 24-33.
- [Latour 1988] B. Latour, Science in Action, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1988.
- [Lesser und Corkill 1981] V. Lesser and D. Corkill, »Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems«, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Smell, No.1, 1981, S. 81-96.
- [Pattison et al. 1987] H. E. Pattison, D. Corkill and V. Lesser, »Instantiating Descriptions of Organizational Structures«, in M. N. Huhns, ed., Distributed Artificial Intelligence, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, 1987, S. 59-96.
- [Pylyshyn 1987] Z. Pylyshyn, ed., The Robot's Dilemma: The Frame Problem in Artificial Intelligence, Ablex, Norwood, NJ, 1987.
- [Star 1989a] S. L. Star, Regions of the Mind: Brain Research and the Quest for Scientific Certainty, Stanford University Press, Stanford, CA, 1989.
- [Star 1989b] S. L. Star, »Human beings as material for artificial intelligence: Or, what computer science can't do«, presented to American Philosophical Association, Berkeley, CA, March 1989.
- [Star 1986] S. L. Star, »Triangulating Clinical and Basic Research: British Localizationists, 1870-1906«, History of Science, Vol. 24, 1986, S. 29-48 .
- [Star 1985] S. L. Star, »Scientific Work and Uncertainty«, Social Studies of Science, Vol. 15, 1985, S. 391-427.

- [Star 1983] S. L. Star, »Simplification in Scientific Work: An Example from Neuroscience Research«, *Social Studies of Science*, Vol. 13, 1983, S. 205-228.
- [Star und Gerson 1987] S. L. Star and E. Gerson, »The Management and Dynamics of Anomalies in Scientific Work«, *Sociological Quarterly*, Vol. 28, 1987, S. 147-169.
- [Star und Griesemer 1989] S. L. Star and J. R. Griesemer, »Institutional Ecology, »Translations«, and Coherence: ¹⁷ Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–1939«, *Social Studies of Science*, August 1989.
- [Strauss 1969] A. Strauss, *Mirrors and Mashes: The Search for Identity*, The Sociology Press, San Francisco, 1969.
- [Turing 1950] Alan Turing, »Computing Machinery and Intelligence«, *Mind*, Vol. 59, 1950, S. 433-460, wiederabgedruckt in: E. Feigenbaum and J. Feldman, eds., McGraw-Hill, NY, 1963, S. 11-35.
- [Wimsatt 1980] W. C. Wimsatt, »Reductionist Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy«, in T. Nickles, ed., *Scientific Discoveries: Case Studies*, D. Reidel, Dordrecht, 1980.

VOM ÜBERSETZER ANGEFÜHRTE TITEL:

- Simons, Herbert: »The Structure of Ill Structured Problems«, in: *Artificial Intelligence 4* (1973), S. 181-201.
- Shapiro, Alan: *Die Software der Zukunft, oder: Das Modell geht der Realität voraus*, Köln 2014.

Susan Leigh Star

Department of Information and Computer Science

University of California

Irvine, CA 92717

Erstmals veröffentlicht als: »The Structure of Ill-Structured Solutions: Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem Solving«, in L. Gasser and M.N. Huhns, ed., *Distributed Artificial Intelligence Vol. II*, Pitman/Morgan Kaufmann, London/San Mateo, CA, 1989, S. 37-54. Wir danken Geoffrey Bowker, Les Gasser und Michael N. Huhns für die Genehmigung von Übersetzung.

¹⁷ Der publizierte Text notiert im Titel anstelle von »coherence« die »boundary objects«.