

Die Struktur schlecht strukturierter Lösungen

Grenzobjekte und heterogenes verteiltes Problemlösen¹ (1988/89)

Susan Leigh Star

Die Entwicklung Verteilter Künstlicher Intelligenz sollte eher auf einer sozialen als auf einer psychologischen Metapher beruhen. Der Turing-Test sollte durch einen Durkheim-Test ersetzt werden, das heißt: Systeme sollten auf ihre Fähigkeit hin getestet werden, auf gemeinschaftliche Ziele einzugehen. Das Verstehen gemeinschaftlicher Ziele (*community goals*) kann durch die Analyse von Problemen eines angemessenen Prozesses (*due process*) in offenen Systemen gelingen. 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. Im Folgenden wird das Konzept der ›Grenzobjekte‹ aus Analysen organisierter Problemlösung in wissenschaftlichen Gemeinschaften entwickelt. Dieses Konzept bietet eine adäquate Datenstruktur für Verteilte² Künstliche Intelligenz. 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, Gebiete mit sich überlagernden Grenzen (*coincident boundaries*) und Formulare.

1 | Anm. d. Übers.: 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« 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 | Anm. d. Übers.: Distributed wird zum Teil auch als dezentralisiert übersetzt, siehe: A. Shapiro: *Die Software der Zukunft*, S. 54: »dezentralisiertes Rechnen (distributed computing)«. Übersetzung M. R. Marburger.

ÜBERLEBENSGROSS UND DOPPELT NATÜRLICH³

Seit langer Zeit hat sich die Künstliche-Intelligenz-Forschung (KI) in mehrfacher Weise auf Natur- und Gesellschaftsmetaphern verlassen – sei es als Inspirationsquelle für das Design oder bei Versuchen, ein Modell natürlicher Informationsverarbeitung zu erstellen. Warum?

Die Gründe fallen annäherungsweise in zwei Kategorien: erstens Bemühungen um Intelligenz, und zweitens um Verständlichkeit (*intelligibility*). Die *Bemühungen um Intelligenz* setzten 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 Ausgereiftheit von natürlichen Systemen der Informationsverarbeitung zu überbrücken. Innerhalb der *Bemühungen um Verständlichkeit* setzte man als Langzeitziel die Herstellung von etwas, das benutzbar und für menschliche Intelligenz verständlich ist. Die dazu verwendeten Metaphern verweisen auf die Eingebettetheit von Systemen, die Nutzerfreundlichkeit, die Situiertheit von Handlungen usw.

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?⁴ Vielen dieser Fragen wird in der Forschung zur Verteilten Künstlichen Intelligenz nachgegangen. Dies ist einmal dadurch zu begründen, dass das ursprüngliche Ziel Turings im Fall verteilter Arbeit nicht erreicht werden konnte. Zweitens erscheint das Soziale – nicht das Psychologische oder Biologische – vielen Forschenden in diesem Feld als wichtige Metapher und als Teil des Systems.

VOM TURING-TEST ZUM DURKHEIM-TEST

Der ursprüngliche Turing-Test⁵ beinhaltete einen Computer, der in der Lage war, eine Frau so gut nachzuahmen, dass ein menschlicher Beobachter nicht zwischen menschlichem Mann und einem »weiblichem« Computer unterscheiden konnte. Der Test beruhte auf dem Modell eines geschlossenen Universums und

3 | Anm. d. Hg.: Im Original lautet die Überschrift: »Larger than Life and Twice as Natural« und spielt auf das Album *Large as Life and Twice as Natural* von Davy Graham (Decca, 1968) an.

4 | R. P. Hall/D. F. Kibler: »Differing Methodological Perspectives in Artificial Intelligence Research« diskutieren diese Fragen.

5 | A. Turing: »Computing Machinery and Intelligence«.

verwendete »digitale Computer mit diskreten Zuständen« (*discrete state digital computers*):⁶

»Die von uns hier betrachtete Vorhersage ist jedoch praktikabler als die von Laplace erwogene. Das System des »Universums als ganzem« ist so beschaffen, daß minimale Fehler in den Anfangsbedingungen zu einem späteren Zeitpunkt einen überwältigenden Einfluß haben können. [...] Selbst wenn wir die tatsächlichen, physikalischen Maschinen anstelle der idealisierten Maschinen betrachten, ergibt sich aus einer verhältnismäßig genauen Kenntnis des jeweiligen Zustandes eine verhältnismäßig genaue Kenntnis aller späteren Schritte. [...] Vorausgesetzt, daß sie hinreichend schnell ausgeführt werden könnte, wäre der Digitalrechner in der Lage, das Verhalten jeder diskreten Maschine nachzuahmen. Das Imitationsspiel ließe sich dann mit der betreffenden Maschine (als B) und dem sie nachahmenden Digitalrechner (als A) spielen, und der Fragesteller wäre außerstande, sie zu unterscheiden. Natürlich muß der Digitalrechner eine ausreichende Speicherkapazität haben und auch schnell genug arbeiten. Darüber hinaus muß er für jede Maschine, die er nachahmen soll, neu programmiert werden. Diese spezielle Eigenschaft von Digitalrechnern, daß sie jede beliebige diskrete Maschine nachahmen können, beschreibt man dadurch, daß man sagt, sie seien *universale Maschinen*.«⁷

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, werden einige grundlegende Werte (und Wertkonflikte) im Feld der Künstlichen Intelligenz offenbar, mitsamt einiger Gründe für die metaphernbezogene Ambivalenz und Verwirrung. Turings Test-Welt ist eine geschlossene. Jedoch weist sie auch folgende Eigenschaften auf, die zwischen den Vertretern der Verteilten Künstlichen Intelligenz aktuell heiß umstritten sind:

- 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 fehlender 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

6 | Es gibt zahlreiche Beschreibungen von Versuchen, solche Modelle zu benutzen; siehe z. B. A. Ericsson/H. A. Simon: »Sources of Evidence on Cognition« für eine Diskussion der Quellennachweise zu Kognition.

7 | A. Turing: »Rechenmaschinen und Intelligenz«, S. 157 ff. Übersetzung P. Gänssler/B. Dotzler.

Realwelt: asynchrone Aktualisierungen, Beziehungen auf Distanz zwischen den Komponenten, Aushandlungen und kontinuierliche Weiterentwicklung – verteilte Informationsverarbeitung eingeschlossen.⁸ 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.

Keine noch so gesteigerte Speicherkapazität kann die von offenen Systemen aufgeworfenen 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. Edmund Durfee und Victor Lesser schlugen z. B. 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.⁹ Stephanie Cammarata, David McArthur und Randall Steeb 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 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.«¹⁰

Als Antwort auf diese Herausforderung haben sich die Metaphern in diesem Arbeitsgebiet vom einzelnen Menschen oder der Humanpsychologie¹¹ zu Organisationen, Interaktionen, Aushandlungen, Blackboards, Netzwerken und Gemeinschaften

8 | C. Hewitt/P. De Jong: »Analyzing the Roles of Descriptions and Actions in Open Systems«; C. Hewitt: »Offices Are Open Systems«.

9 | E. H. Durfee/V. R. Lesser: »Using Partial Global Plans to Coordinate Distributed Problem Solvers«.

10 | S. Cammarata/D. McArthur/R. Steeb: »Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving«. Anm. d. Hg.: Star führt in diesem Text keine Seitenzahlen bei direkten Zitaten auf. Wir haben dies beibehalten.

11 | Ich beziehe Netzwerkkonzeptionen von Kognition mit ein; ich bin der Auffassung, dass sich die Metaphern von individualistischen Black-Box-Modellen einzelner Akteure wegbe-
wegt haben.

verschoben. Mark Fox untersucht z. B. den möglichen »Technologietransfer« zwischen menschlichen Organisationen und Systemen Künstlicher Intelligenz.¹² Les Gasser ruft zu einer Kooperation zwischen Verteilter Künstlicher Intelligenz und anderen Forschungsbereichen auf, die sich mit koordinierten Handlungen und verteiltem Problemlösen befassen.¹³ Ich schlage vor, dass dieser Wechsel der Metaphernbasis mittels Ersetzens des Turings-Tests durch einen Durkheim-Test vollzogen wird, der den Anforderungen verteilter offener Systeme adäquat ist.

Émile Durkheim (1858–1917) war ein französischer Soziologe, der die irreduzible Natur von »sozialen Tatsachen« zu demonstrieren versuchte. Voneinander abweichende Selbstmordraten an unterschiedlichen Orten sind z. B. nicht zu verstehen, wenn man schlicht behauptet, jeder Fall sei pathologisch; etwas geschah auf der »Systemebene«, das sich nicht mit Begriffen einer niedrigeren Ebenen erklären 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.«¹⁴

Notwendigerweise ist der Intelligenztest eines verteilten offenen Systems ökologisch. Das bedeutet, dass er *sui generis* auf der soziotechnischen Systemebene (*social/system level*) 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.¹⁵ Randall Davis und Reed Smith 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.«¹⁶ Bereits die Konzeption eines Tests muss sich ändern, um mit solchen Systemen umgehen zu können. Mit Durkheim können wir sagen, dass er gemeinschaftlich, irreduzibel, verteilt und dynamisch sein muss. Es ist 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 während des Designs aktiv beteiligt sein.

Der Durkheim-Test entspricht demnach dem Design, der Akzeptanz, dem Gebrauch und der Modifikation eines Systems durch eine Gemeinschaft in Echtzeit. Seine Intelligenz bestünde im direkten Maß seiner Nützlichkeit bei der Anwendung auf die gemeinschaftliche Arbeit; sowie in seiner Fähigkeit, sich zu verändern und multiple Standpunkte einzubeziehen. Zugleich verstärkt er die Kommunikation über verschiedene Perspektiven und Teile einer Organisation hin-

12 | M. S. Fox: »An Organizational View of Distributed Systems«, S. 70–80.

13 | L. Gasser: »Distribution and Coordination of Tasks Among Intelligent Agents«.

14 | É. Durkheim: *The Rules of Sociological Method*.

15 | Siehe z. B. V. R. Lesser/D. D. Corkill: »Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems«.

16 | R. Davis/R. G. Smith: »Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving«.

weg. Ein solcher Test verändert auch die Stellung der Metaphern bei Design- und Gebrauchsfragen. In solch einem offenen, entstehenden System verschwimmen notwendigerweise Design und Nutzung, die Grenzen zwischen Technologie und Nutzer sowie zwischen Labor- und Arbeitsstätte. Genauso wenig kann die Arbeitsorganisation erst nach dem Designprozess hinzugefügt werden.¹⁷ Ernest Chang entwickelt ein Modell hiervon, das er »teilnehmendes System« (*participant system*) nennt.¹⁸ Die sozialen Metaphern können Inspirationsquellen oder Leitlinien für Mensch-Computer-Schnittstellen (*human-computer interfaces*) bleiben. Wenn wir jedoch die Prinzipien offener Systeme konsequent auf das Design anwenden und bei jedem Arbeitsschritt verschiedenen Auffassungen und Evaluationskriterien Rechnung tragen, werden soziale Systeme kontinuierlich einbezogen.

Die Aussichtslosigkeit des Turing-Tests liegt nicht am Mangel an Speicherkapazität oder Rechenleistung, sondern sie resultiert aus einem fundamentalen Missverständnis. Dieses betrifft die geschlossene, zentralisierte und nicht-soziale Natur des Verhältnisses von Computer und Gesellschaft. Wenn man dieses Missverständnis durch ein offenes System mit einem ökologischen und politischen Modell von Organisationen, Arbeitsstätten und Situationen ersetzt (welches sowohl Maschinen und menschliche Organisation einbezieht), dann wird der Turing-Test durch verschiedene Formen der Bewertung ersetzt.¹⁹

ANGEMESSENER PROZESS, DAS RAHMUNGSPROBLEM UND WISSENSCHAFTLICHE GEMEINSCHAFTEN

Wie bereits bemerkt, 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 z. B. aus asynchronen Aktualisierungen einer Wissensgrundlage ergeben. Ausgehend von den Unterschieden der jeweiligen Wissensgrundlage kann diese zu diversen Arten der Informationsverarbeitung an verschiedenen Netzwerkknoten führen. Auf höheren Ebenen können sich Strukturunterschiede zwischen den durchgeführten Aufgaben, verschiedenen Verpflichtungen oder unterschiedlichen Lang- oder Kurzzeitzielen bilden.

Die gleichzeitige Existenz multipler Ansichten und der Bedarf an Lösungen, die über verschiedene divergierende Perspektiven hinweg kohärent bleiben, stellt eine zentrale Motivation der Verteilten Künstlichen Intelligenz dar. Carl Hewitt und Elihu Gerson haben diese Herausforderung als drängendes Problem des »angemessenen Prozesses« (*due process*) diskutiert: eine juristische Formulierung, die sich auf Beweiserhebung und faire Gerichtsprozeduren bezieht.²⁰ Das Problem an-

17 | R. Kling/W. Scacchi: »The Web of Computing: Computer Technology as Social Organization«.

18 | E. Chang: »Participant Systems«.

19 | Für eine Diskussion aus soziologischer wie auch aus informatischer Perspektive, siehe S. Bendifallah et al.: »The Unnamable«.

20 | C. Hewitt: »Offices Are Open Systems«; E. M. Gerson: *Audiences and Allies*.

gemessener Prozesse in einem Computer und menschlichen Organisationen ist das Folgende: Wenn man Beweise aus verschiedenen Perspektiven (oder an heterogenen Netzwerkknoten) 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?

Randall Davis bemerkt, dass Kooperation notwendig ist, um mit dieser Art von Problemen umzugehen.²¹ Aber viele Forschende, die von Versuchen zur Synthetisierung vernetzter Rechner zu verteilter Datenverarbeitung übergegangen sind, verstehen wie Davis Kooperation als eine Art Kompromiss »zwischen sich potenziell widersprechenden Ansichten und Bedürfnissen auf der Ebene des Systemdesigns und der Konfiguration«. Die zwei Motivationen, die er für Kooperation vorschlägt, sind die Unlösbarkeit an einem einzelnen Netzwerkknoten und das Zusammenziehen der Kräfte zur Erhöhung der Kompatibilität.

Die sich aus dieser Motivation scheinbar ergebende Interdependenz müsste einem Pluralismus der Ansichten entgegenwirken. Wie können zwei Entitäten, etwa 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 Patrick Hayes 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.«²² Es ist weniger ein Problem der Berechenbarkeit als vielmehr eines der Repräsentation; es entsteht dann, wenn es zu einem räumlichen oder zeitlichen Wandel kommt. 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 sie verschwinden, abhängig vom Standpunkt. Daraufhin verschieben sich die Rahmenannahmen. Welche Axiome beibehalten oder geändert werden sollen, ist Kern des Rahmungsproblems²³ – abhängig davon, welche Dinge als selbstverständlich angesehen werden können oder nicht.

Die Probleme eines angemessenen Prozesses sowie der Rahmung sind, vom Standpunkt offener Systeme her gesehen, 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, potenziell inkompatible Ansichten im Entscheidungsprozess zu bewerten und zu synthetisieren, d.h. Beweise zu erbringen. Das Problem entsteht, wenn auf verschiedene Beweisgrundlagen zurück-

21 | R. Davis: »Report on the Workshop on Distributed Artificial Intelligence«.

22 | P. J. Hayes: »What the Frame Problem Is and Isn't«.

23 | Z. W. Pylyshyn: *The Robot's Dilemma*.

gegriffen wird. Es sind 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.²⁴

Das Rahmungsproblem kam im Kontext sich bewegender Akteure auf. Sie nahmen Information auf eine Weise auf, die die Stabilität axiomatischer Strukturen gefährdete. Ein Roboter, der sich durch einen neuartigen offenen Raum bewegt, muss einen robusten Weg für den Umgang mit dieser Neuheit finden. Dabei sollte er kaum neue Axiome hinzufügen müssen, um nicht in einer »kombinatorischen Implosion« (*combinatorial implosion*) stecken zu bleiben. 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: Akteuren, Ereignissen und neuen Arten geordneter Handlungen. Mit anderen Worten ist der sich bewegende Roboter gezwungen, eine Serie von Interaktionen zu bewerten, indem er aus den sich herausbildenden potenziell inkompatiblen Ansichten anderer Akteure außerhalb seiner ursprünglich geschlossenen Welt einzelne auswählt.

Fälschlicherweise ist die Abstimmung zwischen multiplen Ansichten im Rahmungsproblem als Problem eines Einzelakteurs charakterisiert worden. Eigentlich kann man das Rahmungsproblem zeitlich sehen und – wenn man den tatsächlichen Inhalt der sich wandelnden Umwelten berücksichtigt – als eine Abstimmung von alter und neuer Erfahrung beim selben Akteur. Diese vollzieht sich in einer Serie von Handlungen im offenen, verteilten Raum.²⁵ Der Inhalt dieser Erfahrung ist interaktional, weil Umwelten aus einer Reihe neuer Akteure und Ereignisse bestehen. Eine Lösung des Rahmungsproblems beinhaltet die Entscheidung, welcher Beweis für welche Umstände wichtig ist und welcher als selbstverständlich angesehen werden kann. Die kontinuierlichen Handlungen eines Roboters beruhen auf Metaregeln, die strukturell mit dem Problem eines angemessenen Prozesses identisch sind: Welche Daten werden von welchem Standpunkt aus gebraucht? 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 vielfältigen 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 Strategien zweier wissenschaftlicher Gemeinschaften vor, die ich detailliert untersucht habe.

24 | Siehe C. Hewitt: »Organizational Knowledge Processing«.

25 | Soziologen diskutieren dies als das Problem der Kontinuität von Identitäten, siehe A. Strauss: *Mirrors and Masks*. Das Problem der (Massen-)Trägheit (*inertia*) ist der Track-Record-Heuristik strukturell ähnlich, die Hewitt in seiner Untersuchung offener Systeme behandelt, siehe C. Hewitt: »Offices Are Open Systems«.

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 und beobachteten, wie menschliche Gemeinschaften sie lösen. Diese Probleme beinhalteten u. a. das Problem eines angemessenen Prozesses,²⁶ die Konfliktlösung in einer verteilten Gemeinschaft,²⁷ die Triangulation von Beweisen aus Bereichen mit inkompatiblen Zielen,²⁸ die Auflösung lokaler Unsicherheit in globale Sicherheit,²⁹ lokale Einschränkungen bei der Repräsentation komplexer Information³⁰ und das Management anormaler Information.³¹

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.³² Der Status der sozialen bzw. der Gemeinschaftsmetapher hat sich angesichts von in Organisationen eingebetteten Computersystemen verschoben. Die Grenzen des »Computers«, des »Systems« und der »Akteure« werden als größer und breiter wahrgenommen 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 unten dargestellte Konzept der Grenzobjekte ist zugleich Metapher, Modell und Erfordernis auf der höchsten Abstraktionsebene eines Systems Verteilter Künstlicher Intelligenz.³³ Je ernster man die ökologischen Untersuchungseinheiten in solchen Studien nimmt, desto zentraler wird die menschliche Problemlösungsorganisation für das Design – nicht einfach auf der traditionellen Ebene von Mensch-Maschine-Schnittstellen (*human-computer interface*), sondern auf der Ebene des Verständnisses der Grenzen und Möglichkeiten einer Form Künstlicher Intelligenz.³⁴

26 | E. M. Gerson: »Audiences and Allies«.

27 | S. L. Star: *Regions of the Mind*.

28 | S. L. Star: »Triangulating Clinical and Basic Research«.

29 | S. L. Star: »Scientific Work and Uncertainty«.

30 | S. L. Star: »Simplification in Scientific Work«.

31 | S. L. Star/E. M. Gerson: »The Management and Dynamics of Anomalies in Scientific Work«.

32 | 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 S. L. Star: *Regions of the Mind* für eine Untersuchung dieses Prozesses.

33 | Anm. d. Hg.: Hierbei geht es um die praktische Dimension abstrakter Modellierung, vergleichbar mit den höheren Programmiersprachen (*high-level programming languages*), die von den Hardwaredetails des Computers vergleichsweise weit entfernt sind.

34 | S. L. Star: »Human Beings as Material for Artificial Intelligence«.

DIE WISSENSCHAFTLICHE GEMEINSCHAFT UND OFFENE SYSTEME

Die wissenschaftliche Gemeinschaft kann, wie William Kornfeld und Carl Hewitt gezeigt haben, als geeignete Metaphernquelle für die Arbeit offener Systeme angesehen werden.³⁵ Da Realwelt-Informationssysteme verteilt und dezentralisiert sind, entwickeln sie sich kontinuierlich, verkörpern unterschiedliche Ansichten und verfügen über Distanzverhältnisse zwischen Akteuren, die Aushandlungen erfordern.³⁶ 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, d. h.: Unterschiedliche Schauplätze verfügen über unterschiedliche Wissensquellen, Ansichten und Mittel, um Aufgaben zu lösen, basierend auf lokalen Kontingenzen und Einschränkungen.

Wissenschaftliche Arbeitsplätze sind, wenn man Hewitt folgt, offene Systeme. Neue Information wird kontinuierlich und asynchron zu einer Situation hinzugefügt. Es gibt keine zentrale ›Sendestation‹, die Informationen simultan an Wissenschaftler weitergeben würde. Vielmehr wird Information stückchenweise von Ort zu Ort getragen (wenn überhaupt), mit Verzögerungen von Tagen, Monaten oder sogar Jahren.

Wissenschaftliche Arbeit ist daher verteilte Arbeit. Dass dieselbe Information Teilnehmer zeitnahe erreicht, kann nicht garantiert werden. Dies gilt ebenso für die Art und Weise des Hinarbeitens auf gemeinsame Ziele. Die Definition ihrer jeweiligen Situation ist fließend und unterscheidet sich bezüglich des Ortes deutlich; die Grenzen einer Örtlichkeit oder eines Arbeitsortes sind gleichzeitig permeabel und fließend.³⁷ Wissenschaftliche Theoriebildung verläuft zutiefst heterogen: Unterschiedliche Ansichten werden ständig ins Feld geführt und miteinander in Übereinstimmung gebracht.

Wissenschaftler schaffen es unter beinahe 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. Diese Fähigkeit 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.

Jeder wissenschaftliche Arbeitsplatz kann insofern auf zwei Arten beschrieben werden: einerseits durch die Serie von Handlungen, die mit den Herausforderungen lokaler Kontingenzen umgehen, andererseits anhand der Serie von Handlungen, die 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.

35 | W. A. Kornfeld/C. Hewitt: »The Scientific Community Metaphor«.

36 | Anm. d. Übers.: Im Original heißt es »arms' length relationships«, was auch ein ›auf Abstand halten‹ implizieren kann.

37 | B. Latour: *Science in Action*.

Vielmehr ist, mit den Worten des Ökologen Richard Levins »unsere Wahrheit [...] die Kreuzung voneinander unabhängiger Lügen«³⁸. 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 gänzlich verifizierbar ist. *Die Aggregation dieser Ansichten ist die Quelle wissenschaftlicher Robustheit.*

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 Übereinstimmung? Dies ist ein altes Problem der Sozialwissenschaft. Man kann sagen, es spiegelt das Kernproblem der Soziologie wider. Die Beschreibung der Interaktion zwischen Teilnehmern aus Gruppen (oder Welten) mit sehr unterschiedlichen »Definitionen ihrer Situation« war ein Hauptanliegen der frühen Soziologen, wie z. B. Robert Park oder Georg Simmel. Dieses Anliegen führte zu einer Reihe von Forschungen über Ethnien, Arbeitsgruppen und Subkulturen – Fallstudien, die jetzt lose unter der Rubrik einer »Chicagoer Schule der Soziologie« gruppiert werden. Everett Hughes, ein wichtiges Mitglied dieser Gruppe, plädierte für einen ökologischen Ansatz, der die Partizipation heterogener Gruppen im Bereich eines Arbeitsplatzes, einer Nachbarschaft oder Region verständlich macht. Damit seien die unterschiedlichen Perspektiven der Teilnehmenden nur aus sich selbst heraus und als situierte Handlung zu verstehen, und nicht einfach als eine Häufung individueller Umstände.

Wissenschaftler kooperieren, ohne über gute Modelle der Arbeit der jeweils anderen zu verfügen. Sie arbeiten erfolgreich zusammen, während verschiedene Untersuchungseinheiten, Methoden, Daten aggregiert und unterschiedliche Abstraktionsgrade bei diesen Daten angewendet werden. Sie kooperieren, während sie unterschiedliche Ziele erfüllen, Zeithorizonte haben und Öffentlichkeiten zufriedenstellen müssen.

Wissenschaftlerinnen kreieren dazu Objekte, die ziemlich genau dieselbe Funktion haben wie ein Blackboard in einem System Verteilter Künstlicher Intelligenz. Ich nenne diese *Grenzobjekte* – sie sind eine wichtige Methode, um heterogene Probleme zu lösen. Grenzobjekte sind Objekte, die sowohl plastisch genug sind, um sich lokalen Anforderungen und Einschränkungen von mehreren Parteien anzupassen und zugleich robust genug sind, um eine gemeinsame Identität über Ortswechsel hinweg aufrechtzuerhalten. Sie sind im gemeinsamen Gebrauch schwach strukturiert³⁹ und werden beim ortsspezifischen Gebrauch stark strukturiert.

Wie das Blackboard befindet sich 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*

38 | W. C. Wimsatt: »Reductionist Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy«.

39 | Anm. d. Übers.: Im Original heißt es »common use« was auch »üblicher Gebrauch« heißen kann.

versammelten Information abhängig sind. 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 aufgezeigt, das gemäß den dynamischen Anforderungen einer Gemeinschaft an offene Systeme strukturiert ist und dabei sowohl Maschinen als auch Menschen einbezieht.

GRENZOBJEKTYPEN

Bei meinen Untersuchungen wissenschaftlicher Praxis identifizierte ich heterogene Untergruppen am wissenschaftlichen Arbeitsplatz. 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 über eine Gemeinschaft englischer Neurophysiologen am Ende des 19. Jahrhunderts durch. Diese Gruppe schloss sowohl klinische und Grundlagenforscher als auch Krankenhausverwalter, Aufseher, Versuchstiere, Journalisten und Patienten ein.⁴⁰ Als zweites erarbeiteten meine Kollegen und ich eine Studie zu einem zoologischen Museum in Berkeley von 1900 bis 1940.⁴¹ Diese beinhaltete professionelle Biologen, Amateursammler, Universitätsverwalter, Tiere, lokale Fallensteller, Farmer und Naturschützer.

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

Im ersten Fall erhält man beim Vergleich von klinischen und Grundlagenforschungsergebnissen die folgenden Unterschiede: Klinische Forschung operiert in einem wesentlich kürzeren Zeithorizont als Grundlagenforschung. Sie will den Patienten heilen und nicht eine theoretische Generalisierung finden. Für Kliniker ist die Untersuchungseinheit der Fall – 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, damit konkrete Beobachtungen dieser Art validierbar sind. In der Grundlagenforschung wird die Aufmerksamkeit auf analytische Generalisierungen gerichtet – wie Verfeinerungen der Theorien von anderen und Aussagen über die Anwendbarkeit eines Experiments auf einen größeren Wissensbestand. Die Arbeit beginnt mit einer experimentellen Situation. Sie ist von dieser herkommend auf einen auswärtigen Wissensbestand ausgerichtet. Schließlich wird die Arbeit des Kliniklers durch Unterbrechungen gestört. Mit diesen Nebenwirkungen muss lokal umgegangen werden. Sie werden aus dem Korpus der Beweise ausgeschlossen und schaffen es nie in die Publikation der Fälle. Beim Grundlagen-

40 | S. L. Star: *Regions of the Mind*.

41 | S. L. Star/J. R. Griesemer: »Institutional Ecology, »Translations«, and Coherence«; E. M. Gerson: *Audiences and Allies*.

forscher treten Arbeitsunterbrechungen in Form von Anomalien auf, die sich mit dem Korpus an Beweisen erklären lassen müssen, entweder indem bestehende Anomalien dadurch kontrollierbar oder in die Befunde einfügbar werden.

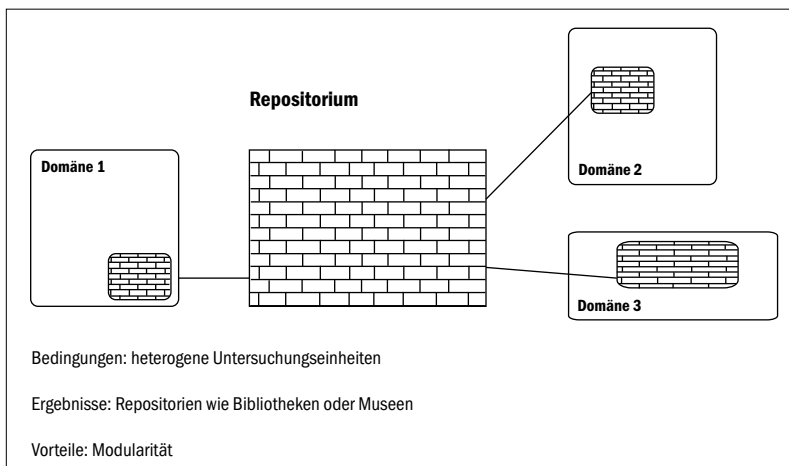
Im zweiten Fall, in der Welt des Museums für Naturgeschichte, ist der Vergleich zwischen Amateuren und professionellen Biologen eine der Primärquellen. Es gibt einige ähnliche Unterschiede wie zwischen Klinikern und Grundlagenforschern. Für den Amateursammler ist die Probe selbst die Untersuchungseinheit – ein toter Vogel oder ein Knochen, der an einem spezifischen Ort gefunden wurde. Sammeln ist, wie auch klinische Arbeit, die Kunst des Umgangs mit Beispielen und lokalen Kontingenzen auf einer Fall-für-Fall-Basis. Andererseits stellen für den professionellen Biologen die von Amateuren gesammelten Proben eine Möglichkeit zur abstrakten Generalisierung von Ökologie, Evolution oder der Verteilung der Arten dar. Das jeweilige Insekt, ob Wanze oder Käfer, ist nicht so wichtig wie das, was es 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 von Heterogenität analysierte, fand ich vier Typen von Grenzbjekten, 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 Grenzbjekten 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 (siehe Abbildung 1). Repositorien werden aufgebaut, um mit den Problemen der Heterogenität umzugehen, die durch Differenzen zwischen den Untersuchungseinheiten der Analyse hervorgerufen werden. Eine Bibliothek oder ein Museum sind Beispiele für Repositorien. Repositorien verfügen über den Vorteil der Modularität.

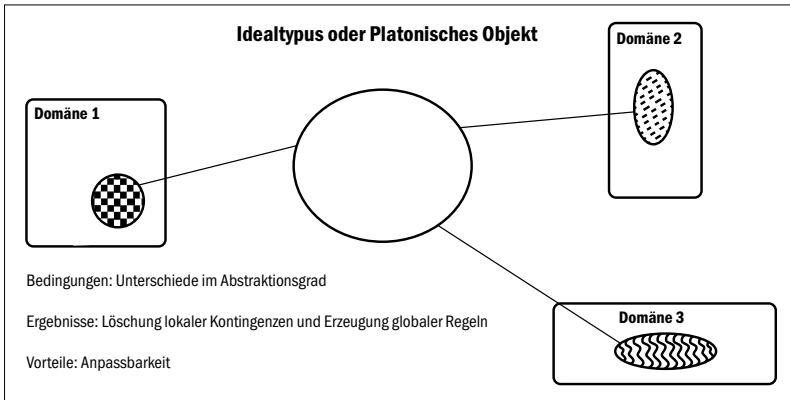
Abbildung 1: Grenzbjekt – Repositorien



Idealtypus oder Platonisches Objekt⁴²

Hierbei handelt es sich um ein Objekt wie eine Karte oder einen Atlas, das die Details einer Lokalität nicht gänzlich akkurat beschreibt (siehe Abbildung 2). Es ist von allen Domänen abstrahiert und kann ziemlich vage sein. Es ist an einen lokalen Ort adaptierbar, gerade da es ziemlich vage ist. Es dient als ein Mittel (*means*) symbolischen Kommunizierens und Kooperierens – eine für alle Parteien ausreichende Karte (*road map*). Beispiele für platonische Objekte sind die frühen Atlanten des Gehirns. Sie beschrieben realiter kein Gehirn, sondern verkörperten klinische und Grundlagenforschungsdaten und dienten so als Kommunikationsmittel über beide Welten hinweg. Platonische Objekte treten mit unterschiedlichen Abstraktionsgraden auf, wie sie z. B. in der Unterscheidung zwischen klinischer und Grundlagenforschung gelten. Sie führen zur Löschung lokaler Kontingenzen aus dem gemeinsamen Objekt und haben den Vorteil der Anpassbarkeit.

Abbildung 2: Grenzobjekt – platonisches Objekt



Gebiet mit sich überlagernden Grenzen

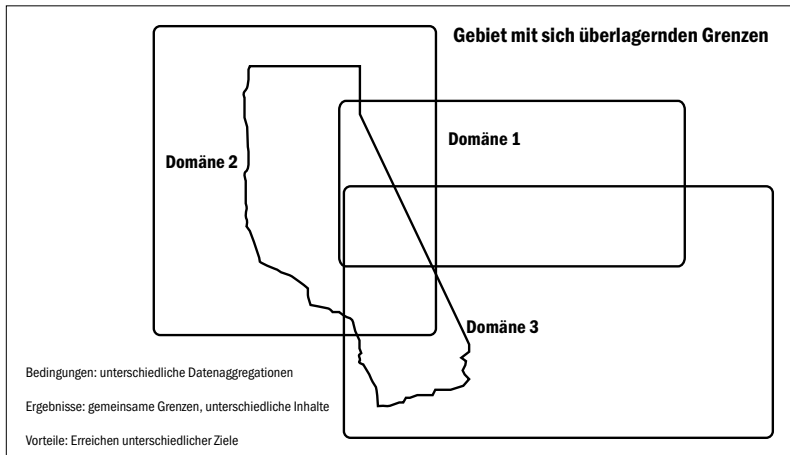
Bei diesen handelt es sich um gemeinsame Objekte, die dieselben Grenzen aufweisen, aber unterschiedliche interne Inhalte haben (siehe Abbildung 3).⁴³ Sie entstehen in Anwesenheit von verschiedenen Mitteln der Datenaggregation. Dies ist der Fall, wenn die Arbeit über einen großräumigen geografischen Bereich verteilt ist. Resultat eines solchen Objektes ist, dass die Arbeit an jedem Ort autonom durchgeführt werden kann, aber die kooperierenden Parteien am selben Gebiet mit demselben Referenten arbeiten können. Der Vorteil besteht im Erreichen unter-

42 | Anm. d. Übers.: »Platonische Objekte« ist zwar in deutschen Platon-Übersetzungen 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.

43 | Siehe W. C. Wimsatt: »Reductionist Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy« für eine ausführlichere Diskussion dieser Fragen.

schiedlicher Ziele.⁴⁴ Ein Beispiel sich überlagernder Grenzen stellt der Einsatz des Staates Kalifornien als Grenzobjekt für Museumsmitarbeiter dar. Die Karten Kaliforniens, die von Amateursammlern 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 samt derselben geopolitischen Grenzverläufe. Jedoch waren sie mit einer Reihe hochabstrakter, ökologisch basierter Gebiete markiert, die »Lebensräume« repräsentierten – ein ökologisches Konzept.

Abbildung 3: Grenzobjekt – Gebiet mit sich überlagernden Grenzen

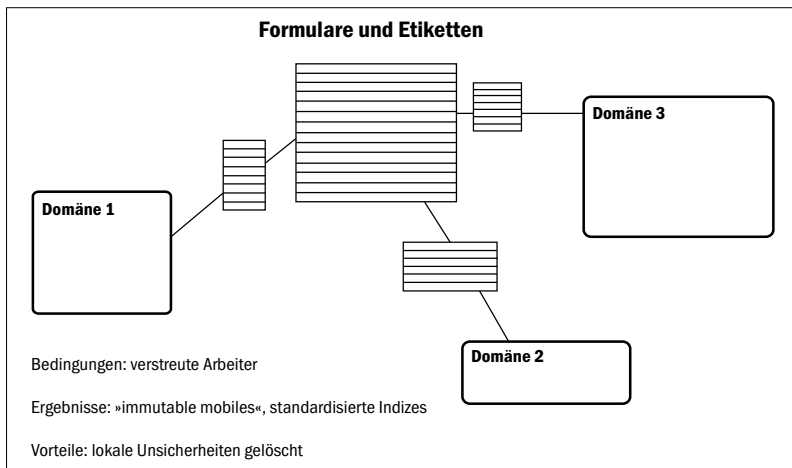


Formulare und Etiketten

Bei diesen handelt es sich um Grenzobjekte, die als Methoden gemeinsamer Kommunikation zwischen verstreuten Arbeitsgruppen entwickelt wurden (siehe Abbildung 4). Sowohl in der Neurophysiologie als auch in der Biologie fand die Arbeit an hochgradig verteilten Orten statt und wurde von einer Reihe verschiedener Personen durchgeführt. Wenn Amateursammler ein Tier erbeuteten, waren sie mit einem standardisierten Formular ausgerüstet. 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 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 aufweisen. Die Vorzüge solcher Objekte liegen in der Löschung lokaler Unsicherheiten, wie z. B. beim Sammeln von Tieren oder bei der Beobachtung epileptischer Anfälle. Etiketten und Formulare können Teil von Repositorien werden, oder auch nicht.

44 | Anm. d. Übers.: Im Original heißt es »resolution«, dieses Wort bedeutet auch »Auflösung« im grafischen Sinne.

Abbildung 4: Grenzobjekt – Formulare/Etiketten



ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Welche Schlüsse lassen sich aus der Erzeugung von Grenzobjekten durch Wissenschaftlerinnen für die Verteilte Künstliche Intelligenz ziehen? Erstens bieten Grenzobjekte eine leistungsstarke Abstraktion der Art an, wie sie von Balakrishnan Chandrasekaran zum Organisieren der Blackboards gefordert wurde.⁴⁵ Sie sind, um seine Terminologie zu verwenden, »weder Komitee noch Hierarchie«. Sie umgehen Probleme kombinatorischer Implosion, wie sie von Kornfeld befürchtet wurden, 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 Herbert Simons 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 mit der Realisierung von Beschreibungen in dezentralen Systemen einhergehenden Probleme⁴⁶ erfordern eine Vorrichtung, die sich verschiebende Einschränkungen und organisatorische Strukturen registriert, ähnlich der Erzeugung von Grenzobjekten. Edmund Durfee, Victor Lesser und Daniel Corkill schlagen ein System vor, das auf Kooperation und planbasierten Knotenpunkten beruht.

45 | B. Chandrasekaran: »Natural and Social System Metaphors for Distributed Problem Solving«.

46 | H. E. Pattison/D. Corkill/V. R. Lesser: »Instantiating Descriptions of Organizational Structures«.

Es kann zu lokal vollständigen Lösungen für verteilte Probleme gelangen.⁴⁷ Noch einmal: Die Vorstellung, dass Systeme von Akteuren gemeinsame Objekte erzeugen, die auf verschiedene Weise unterschiedliche Knotenpunkte einnehmen und deshalb lokal vollständig, aber immer noch global gemeinsam bleiben, sollte hier nützlich sein.

Zukünftige Forschungen zu diesen Fragen würden die folgenden Punkte enthalten:

1. Eine Ausdehnung der Taxonomie der Grenzobjekte und Verfeinerung der Konzeptionen von Informationstypen, die bei ihrer Konstruktion verwendet werden;
2. Die Untersuchung der Wirkung von Kombinationen aus Grenzobjekten und die Entwicklung eines Verständnisses von Systemen solcher Objekte;
3. Das Problem des Maßstabwechsels nach oben (*scaling up*) oder die Anwendung einer ökologischen, Mensch-Maschine-Analyse auf das, was bei Les Gasser, Carl Braganza und Nava Herman »multigrained systems« genannt wird.⁴⁸

Der Durkheim-Test, auf den am Anfang dieses Beitrages Bezug genommen wurde, ist für die Bewertung 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 der Nutzung 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 William C. Wimsatt beschrieben hat.⁴⁹ So angewendete Heuristiken werden die Generierung des Systems aus sich selbst heraus nicht adäquat widerspiegeln. Wenn man zudem die empfohlene ökologische Analyse in der Künstlichen Intelligenz übernimmt, dann sollte man festhalten, dass beteiligte Designer, Nutzer und Modifizierer Grenzobjekte aus den Informationssystemen *machen* werden, und zwar in allen Punkten einer Trajektorie der Informationsverarbeitung.

DANK

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.

47 | E. H. Durfee/V. R. Lesser/D. Corkill: »Cooperation Through Communication in a Distributed Problem Solving Network«.

48 | L. Gasser/C. Braganza/N. Herman: »MACE«.

49 | W. C. Wimsatt: »Reductionist Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy«.

LITERATUR

- Bendifallah, Salah et al.: *The Unnamable: A White Paper on Socio-Computational »Systems«*. Unveröffentlichtes Manuskript, Los Angeles, CA 1988.
- Cammarata, Stephanie/McArthur, David/Steeb, Randall: »Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving«, in: *Proceedings IJCAI-83* (1983), S. 767–770.
- Chandrasekaran, Balakrishnan: »Natural and Social System Metaphors for Distributed Problem Solving: Introduction to the Issue«, in: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* SMC-11/1 (1981), S. 1–5.
- Chang, Ernest: »Participant Systems«, in: Michael N. Huhns (Hg.): *Distributed Artificial Intelligence*, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann 1987, S. 311–339.
- Davis, Randall: »Report on the Workshop on Distributed Artificial Intelligence«, in: *SIGART Newsletter* (1980), S. 1–23.
- Davis, Randall/Smith, Reed G.: »Negotiation as a Metaphor for Distributed Problem Solving«, in: *Artificial Intelligence* 20/1 (1983), S. 63–109. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(83\)90015-2](https://doi.org/10.1016/0004-3702(83)90015-2)
- Durfee, Edmund H./Lesser, Victor R.: »Using Partial Global Plans to Coordinate Distributed Problem Solvers«, in: Alan H. Bond/Les Gasser (Hg.), *Readings in Distributed Artificial Intelligence*, Milan: Morgan Kaufmann 1987, S. 875–883.
- Durfee, Edmund H./Lesser, Victor R./Corkill, Daniel D.: »Cooperation Through Communication in a Distributed Problem Solving Network«, in: Michael N. Huhns (Hg.), *Distributed Artificial Intelligence*, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann 1987, S. 29–58. <https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-38-5.50005-2>
- Durkheim, Émile: *The Rules of Sociological Method*, New York: Free Press 1938.
- Ericsson, Anders/Simon, Herbert A.: »Sources of Evidence on Cognition: A Historical Overview«, in: *C. I. P. Working Paper* 406, Pittsburgh, PA: Carnegie Mellon Dept. of Psychology 1979.
- Fox, Mark S.: »An Organizational View of Distributed Systems«, in: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* SMC-11/1 (1981), S. 70–80.
- Gasser, Les: »Distribution and Coordination of Tasks Among Intelligent Agents«, First Scandinavian Conference on Artificial Intelligence, Trumsoe 1987.
- Gasser, Les/Braganza, Carl/Herman, Nava: »MACE: A Flexible Testbed for Distributed AI Research«, in: Michael N. Huhns (Hg.), *Distributed Artificial Intelligence*, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann 1987, S. 119–152. <https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-38-5.50008-8>
- Gerson, Elihu M.: »Audiences and Allies: The Transformation of American Zoology, 1880–1930«, Blackburg, VA: Society for the History, Philosophy and Sociology of Biology 1987.
- Hall, Rogers P./Kibler, Dennis F.: »Differing Methodological Perspectives in Artificial Intelligence Research«, in: *The AI Magazine* 6/3 (1985), S. 166–178.
- Hayes, Patrick J.: »What the Frame Problem Is and Isn't«, in: Kenneth M. Ford/Zenon W. Pylyshyn (Hg.), *The Robot's Dilemma: The Frame Problem in Artificial Intelligence*, Norwood, NY: Ablex 1987, S. 123–137.
- Hewitt, Carl: »Offices Are Open Systems«, in: *ACM Transactions on Office Information Systems* 4/3 (1986), S. 271–287. <https://doi.org/10.1145/214427.214432>
- Hewitt, Carl: »Organizational Knowledge Processing«, presented at 8th AAAI Conference on Distributed Artificial Intelligence, Lake Arrowhead, California, May 1988.

- Hewitt, Carl/De Jong, Peter: »Analyzing the Roles of Descriptions and Actions in Open Systems«, in: *Proceedings of the AAAI*, Los Altos: CA 1983, S. 162–167.
- Kling, Rob/Scacchi, Walt: »The Web of Computing: Computer Technology as Social Organization«, in: *Advances in Computers* 21 (1982), S. 1–90. [https://doi.org/10.1016/S0065-2458\(08\)60567-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60567-7)
- Kornfeld, William A./Hewitt, Carl: »The Scientific Community Metaphor«, in: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* SMC-11/1 (1981), S. 24–33.
- Latour, Bruno: *Science in Action*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1988.
- Lesser, Victor R./Corkill, Daniel D.: »Functionally Accurate, Cooperative Distributed Systems«, in: *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 11/1 (1981), S. 81–96. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1981.4308581>
- Pattison, H. Edward/Corkill, Daniel D./Lesser, Victor R.: »Instantiating Descriptions of Organizational Structures«, in: Michael N. Huhns (Hg.), *Distributed Artificial Intelligence*, Los Altos, CA: Morgan Kaufmann 1987, S. 59–96. <https://doi.org/10.1016/B978-0-934613-38-5.50006-4>
- Pylyshyn, Zenon W.: *The Robot's Dilemma: The Frame Problem in Artificial Intelligence*, Norwood, NY: Ablex 1987.
- Shapiro, Alan: *Die Software der Zukunft, oder: Das Modell geht der Realität voraus*, Köln: Walther König 2014.
- Simon, Herbert A.: »The Structure of Ill Structured Problems«, in: *Artificial Intelligence* 4/3-4 (1973), S. 181–201. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(73\)90011-8](https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8)
- Star, Susan L.: »Simplification in Scientific Work: An Example from Neuroscience Research«, in: *Social Studies of Science* 13/2 (1983), S. 205–228. <https://doi.org/10.1177/030631283013002002>
- Star, Susan L.: »Scientific Work and Uncertainty«, in: *Social Studies of Science* 15/3 (1985), S. 391–427. <https://doi.org/10.1177/030631285015003001>
- Star, Susan L.: »Triangulating Clinical and Basic Research: British Localizationists, 1870–1906«, in: *History of Science* 24/1 (1986), S. 29–48. <https://doi.org/10.1177/007327538602400102>
- Star, Susan L.: »Human Beings as Material for Artificial Intelligence: Or, what Computer Science Can't Do«, presented to American Philosophical Association, Berkeley, CA, March 1989.
- Star, Susan L.: *Regions of the Mind: Brain Research and the Quest for Scientific Certainty*, Stanford, CA: Stanford University Press 1989.
- Star, Susan L./Gerson, Elihu M.: »The Management and Dynamics of Anomalies in Scientific Work«, in: *Sociological Quarterly* 28/2 (1987), S. 147–169. <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.1987.tb00288.x>
- Star, Susan L./Griesemer, James R.: »Institutional Ecology, »Translations«, and Coherence: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–1939«, in: *Social Studies of Science* 19/3 (1989), S. 337–420.
- Strauss, Anselm: *Mirrors and Masks: The Search for Identity*, San Francisco: The Sociology Press 1969.
- Turing, Alan: »Computing Machinery and Intelligence«, in: *Mind* 59/236 (1950), S. 433–460, wiederabgedruckt in: Edward A. Feigenbaum/J. Feldman (Hg.), *Computers and Thought*, New York: McGraw-Hill 1963, S. 11–35. (Deutsch in Bernhard Dotzler/Friedrich Kittler (Hg.), *Intelligence Service. Ausgewählte Schriften*, Berlin: Brinkmann & Bose 1987, S. 147–182.)

Wimsatt, William C.: »Reductionist Research Strategies and Their Biases in the Units of Selection Controversy«, in: Thomas Nickles (Hg.), *Scientific Discoveries: Case Studies*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Company 1980, S. 213–259.
https://doi.org/10.1007/978-94-009-9015-9_13