

Von der Verteilten Künstlichen Intelligenz zur Diagrammatik der Grenzobjekte

Sebastian Gießmann

Susan Leigh Stars Denken zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Kunst der Selbstkorrektur und Infragestellung des eigenen Forschens aus, die gerade bei Relektüren ihres Werks auffällig wird. Wer quer durch ihre Texte liest, kann an unerwarteter Stelle plötzlich einen entscheidenden Hinweis auf die Entstehung eines anderen Artikels finden. So verhält es sich auch im Falle ihres ersten Papers zum heterogenen Problemlösen durch Grenzobjekte,¹ das durch seinen ungewöhnlichen Publikationsort innerhalb der Artificial-Intelligence-Forschung (AI) weit weniger rezipiert wurde als die mit James Griesemer verfasste Studie zum Naturkundemuseum der Universität Berkeley.²

Ihre hier zugrunde liegende ethnografische Arbeit in der US-amerikanischen AI-Community, die vor allem am MIT in der Mitte der 1980er Jahre stattfand,³ hatte Star offenbar in ein wissenschaftsethisches Dilemma versetzt. So schreibt sie retrospektiv in »Living Grounded Theory: Cognitive and Emotional Forms of Pragmatism«, dass sie einen bereits durch die Peer Review der Zeitschrift *AI and Society* akzeptierten Text, der mit den Visionen der Künstlichen Intelligenz und der Nutzung von Menschen als Forschungsmaterial einseitig kritisch umging, wieder zurückzog. Der Anlass hierfür zeigt die ethische Dimension ihrer eigenen Vorgehensweise – sie nahm von der Publikation Abstand, als ihr klar wurde, dass sie die Arbeitspraktiken der von ihr im Feld beobachteten Informatiker damit lächerlich machen würde.⁴

Tatsächlich durchzieht »The Structure of Ill-Structured Solutions: Boundary Objects and Heterogeneous Problem Solving«⁵ eine gewisse Skepsis gegenüber den neo-kybernetischen Fantasien der Forschungen zur Verteilten Künstlichen Intelligenz. Anstelle einseitig Kritik zu üben, konzentrierte sich Star nach der zurück-

1 | S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«.

2 | S. L. Star/J. R. Griesemer: »Institutional Ecology, »Translations« and Boundary Objects«.

3 | Vgl. S. L. Star: *Regions of the Mind*, S. 20.

4 | S. L. Star: »Living Grounded Theory«.

5 | In der Literaturliste findet sich ein Verweis auf den zurückgezogenen Text: S. L. Star: »Human Beings as Material for Artificial Intelligence«, presented to American Philosophical Association, Berkeley, CA, März 1989.

gezogenen Publikation auf das *Wie* der Zusammenarbeit zwischen Philosophen und Computerwissenschaftlern.⁶ Sie setzte sich hierfür gezielt dem informatischen Fachpublikum aus, da sie den Text für ein von Les Gasser im Mai 1988 in Arrowhead, Kalifornien stattfindendes Symposium einreichte.⁷ Obwohl sie in diesem Umfeld auf Verständnis für sozioinformatische Argumentationen hoffen konnte, lieferte sie zugleich eine auf das AI-Publikum eingehende epistemologische Begründung. Diese integrierte nicht nur Arbeitsformen, sondern grundlegende Fragestellungen der Computer Science zu verteilten Agentensystemen.

TURING-TEST UND DURKHEIM-TEST

Vor diesem Hintergrund begibt sich die »Structure of Ill-Structured Solutions« nicht nur weit in den zeitgenössischen Fachdiskurs, sondern zielt mit der Umwandlung des Turings-Tests in einen »Durkheim-Test« auf die soziotechnischen Grundlagen des computerbasierten Rechnens schlechthin. Dabei setzt Star bei dem bis heute klassischen Text über »Computing Machinery and Intelligence« an, in dem Alan Turing 1950 in Aussicht stellte, dass der Computer als universale Maschine das Verhalten jeder Maschine mit diskreten Zuständen imitieren könne, insofern seine Speicherkapazität ausreicht.⁸ Star konzentriert sich jedoch nicht allein auf diese maschinelle Dimension, sondern auf Turings Vorschlag für ein »Imitation Game« zwischen drei Personen, bei dem ein männlicher oder weiblicher Fragesteller (C) allein anhand schriftlicher Kommunikation mit einem Mann (A) und einer Frau (B) zwischen weiblicher und männlicher Identität unterscheiden sollte. Turing erweiterte dieses Szenario, indem er die Aussagen des Mannes (A) durch ein Computerprogramm derart simulieren wollte, dass der Fragesteller nicht mehr zwischen der befragten menschlichen Frau (B) und dem eine Frau imitierenden »männlichen« Computerprogramm (A) unterscheiden kann. Die Überprüfung des Verhaltens war bei Turing aber strikt auf individuelle Akteure beschränkt; sie bezog keine Praxisgemeinschaften mit ein.

Zudem postuliert Star im Anschluss an Carl Hewitt, dass im Gegensatz zu Turings geschlossenem Test-Setting alle tatsächlich genutzten Computersysteme offene Systeme sind. Als solche verfügen sie über die Probleme der »echten Welt«, wie sie insbesondere den Arbeitsplatz des Büros seit der Industrialisierung kennzeichnen: Information wird in verteilter Form prozessiert, Updates erfolgen asynchron, einzelne Komponenten, komplexe Aushandlungen, Konflikte und fortwährende Evolution bedingen sich gegenseitig. Da Computer offene Maschinen sind, werden durch sie miteinander in Konflikt stehende Standpunkte notwendigerweise innerhalb der Systeme ausgetragen. Man könnte auch sagen: Wo Rechner zur Arbeit verwendet werden, nehmen sie die widersprüchlichen, schlecht strukturierten Eigenschaften der mit ihnen versehenen Medienpraktiken an. Diese Art von

6 | S. L. Star: »Living Grounded Theory«.

7 | L. Gasser: »Leigh Star and the Appearance of »The Structure of Ill-Structured Solutions««. Gasser verweist auch auf Stars damals neue institutionelle Verortung am Department of Information and Computer Science der University of California in Irvine.

8 | A. Turing: »Rechenmaschinen und Intelligenz«, S. 149 f.

Imitation Game zwischen Büroarbeit, Organisation und Computern ist für Star und Hewitt wichtiger als die geschlechterpolitisch abgründige Mensch-Maschine-Konstellation bei Turing.⁹

Für die Analogiebildung in der Forschung zur Verteilten Künstlichen Intelligenz muss also von einer anderen »Culture of Computing«¹⁰ ausgegangen werden, da hier individuelles Problemlösen nicht länger als Modell dient, sondern eine distribuierte Form mit vielen Agenten und verteiltem Bearbeiten von Aufgaben ins (offene) Feld geführt wird. Star macht sich hierfür die bestehende Kritik an Turing-basierten Ansätzen in der Verteilten Künstlichen Intelligenz zu eigen. Sie greift dafür insbesondere auf die Schriften des AI-Forschers Carl Hewitt vom Artificial Intelligence Laboratory des MIT zurück, den sie nicht nur durch ihre Feldforschung in Cambridge kannte, sondern auch durch seine Teilnahme am Symposium in Arrowhead. Sie übernimmt u. a. dessen Annahme, dass alle nicht-trivialen Systeme offene Systeme sind. Diese mit Stars Feldforschungen zur Büroarbeit z. B. in kalifornischen Versicherungen korrespondierende Prämisse¹¹ führt zu einem gegenüber Turings Mensch-Maschine-Welt verschobenen, kooperativen Verständnis des Computereinsatzes:

»Computer systems are beginning to play important roles in mediating the ongoing activities of organizations. We expect that these roles will gradually increase in importance as computer systems take on more of the authority and responsibility for ongoing activities. At the same time we expect computer systems to acquire more of the characteristics and structure of human organizations.«¹²

MIT ORGANISATIONEN RECHNEN

Zum Maßstab der wechselseitigen Transformation von Rechnern und Nutzern wird dabei die Gestaltung der Organisationen, in denen beide arbeiten. Bruno Latours Zuspitzung, das nicht Flugzeuge wie die Boeing 747, sondern Fluggesellschaften fliegen, hieße hier: Nicht Computer rechnen, sondern Organisationen setzen Rechner ein, um ihre Arbeits- und Produktionsbeziehungen zu regulieren.¹³ Anstelle von Turings Imitationsspiel zwischen Geschlechterrollen und computerisierter Berechenbarkeit tritt ein anderes mimetisches Verhältnis, in dem Büroarbeit, der vernetzte Personal Computer und die internen Infrastrukturen einer

9 | Turing notiert jedoch zu seinen eigenen Arbeitspraktiken: »Maschinen überraschen mich sehr häufig. Das liegt größtenteils daran, daß ich keine ausreichenden Kalkulationen anstelle, um zu entscheiden, was von ihnen zu erwarten ist, oder vielmehr, obwohl ich Berechnungen anstelle, daß ich sie übereilt und nachlässig ausführe, Risiken auf mich nehmend. [...] Selbstverständlich irre ich mich oft, und das Ergebnis ist eine Überraschung für mich, denn bis das Experiment durchgeführt ist, sind diese Annahmen bereits vergessen.« Ebd., hier S. 171 f.

10 | Vgl. S. L. Star (Hg.): *The Cultures of Computing*.

11 | E. M. Gerson/S. L. Star: »Analyzing Due Process in the Workplace«.

12 | C. Hewitt: »Offices Are Open Systems«, S. 271.

13 | B. Latour: »Über technische Vermittlung«, S. 506. Vgl. hierzu auch die Arbeiten von David Gugerli.

Organisation die Praktiken des Rechnens informieren. Sie übernehmen dabei vor allem eine koordinative Funktion. Die »Struktur schlecht strukturierter Lösungen« bezieht sich zunächst auf diejenigen medialen Koordinationsleistungen, ohne die Organisationen und vor allem Büroarbeit nicht denkbar sind. Über die rechtsförmige Wissensfigur des »due process«, eines angemessenen, koordinativ geordneten Arbeitsprozesses für alle Beteiligten, der unterschiedliche und teils inkompatible Perspektiven integriert,¹⁴ erschließt sich Star auch die komplexeren kooperationstheoretischen Annahmen der Forschung zur Verteilten Künstlichen Intelligenz. Diese Forschungslinie war jenseits der wechselseitigen Transformation von Computerinfrastrukturen und Organisationsabläufen in der Programmierung verteilter Agentensysteme auf die gleichen Probleme gestoßen, die Hewitt im Falle der offenen Systeme erkannt hatte.

So widmete sich bereits im Juni 1980 ein Workshop am Artificial Intelligence Laboratory des MIT den Problemen Verteilter Künstlicher Intelligenz, die jenseits einzelner Problemlöser, Maschinen und Orte des Berechnens entstehen. Randall Davis' »Report on the Workshop on Distributed AI« hielt fest, dass die Präsenz mehrerer maschineller Agenten wie z. B. Roboter oder Knoten in Sensornetzen dazu führt, diese als multiple, kooperierende, miteinander Aushandlungen vollziehende Entitäten aufzufassen.¹⁵ Ein verteiltes Problemlösen – das nicht mit dem infrastrukturell distribuierten Rechnen zu verwechseln ist¹⁶ – führt zu verteilten Daten, bzw. verteilte Daten erfordern auch verteiltes Problemlösen und Kontrolle. Dabei sollte das distribuierte Problem global kohärent gelöst werden, »by local computation alone«, d. h. wie menschliche Gruppenarbeit zentral koordiniert werden.¹⁷

VERTEILTE PROBLEME, LOKALE LÖSUNGEN

Genau dasselbe Problem zentralisierter Kontrolle bei verteilten Daten und Problemen betrifft auch alle beweglichen, autonomen Agenten, die wie Roboter oder autonome Fahrzeuge maschinelles Entscheiden in einer physischen Umwelt vollziehen müssen, um mit dieser überhaupt interagieren zu können. Hier kommt es beständig zu einer potenziellen Konfrontation mit den unterschiedlichen Standpunk-

14 | »Due process is the organizational activity of humans and computers for generating sound, relevant, and reliable information as a basis for decision and action within the constraints of allowable resources. It provides an arena in which beliefs and proposals can be gathered, analyzed, and debated. Part of due process is to provide a record of the decision-making process that can later be referenced.« C. Hewitt: »Offices Are Open Systems«, S. 275.

15 | R. Davis: »Report on the Workshop on Distributed AI«.

16 | Tatsächlich reichte die Bandbreite der verfügbaren Kommunikationsnetze für die Problemlösungsfragen der Verteilten Künstlichen Intelligenz in den 1980er Jahren (zunächst) nicht aus. Deshalb musste immer wieder stark auf das lokale Computing zurückgegriffen werden, gerade auch mit parallelen Prozessoren. Vgl. ebd., S. 3; J. M. McClelland/D. Rumelhart/PDP Research Group: *Parallel Distributed Processing*. Vgl. S. Vehken/C. Engemann: »Supercomputing«.

17 | S. Cammarata/D. McArthur/R. Steeb: »Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving«, S. 5.

ten und Handlungen anderer Agenten – die Mobilität aller Beteiligten in Raum und Zeit führt zum sogenannten »Rahmungsproblem« (*frame problem*).¹⁸ In der Interaktion mit der Umwelt verschiebt sich fortwährend der Rahmen des jeweilig Relevanten und unvorhersehbare Situationen müssen – etwa von den Assistenzsystemen eines Autos – antizipiert werden.¹⁹ Vor der gegenwärtigen Renaissance der Künstlichen Intelligenz²⁰ notierte die kritische Geschichtsschreibung der AI zu den offensichtlichen Grenzen eines solches Vorgehens noch: »[T]here are simply too many things going on in the outside world for any intelligent system to state and keep track of it explicitly.«²¹

In Differenz zum Optimismus der AI-Forscher, die auf das wohlwollende »*co-operative behavior between willing entities*« setzen wollten und dabei Teamarbeit als Analogie wählten,²² kalkulieren Susan Leigh Star, Elihu Gerson, Carl Hewitt und Rob Kling den nicht-konsensuellen Charakter kooperativen Agierens stärker mit ein.²³ So geht Star davon aus, dass menschliche Akteure sowohl die Probleme der nie vollständigen Wahrnehmung der Umgebung – das *frame problem* – und des angemessenen Prozesses trotz divergierender Standpunkte routiniert und auf verschiedenen demokratischen Wegen lösen können.²⁴ Ihre an die AI gerichtete Aufforderung, den maschinellen Turing-Test durch einen soziotechnischen Durkheim-Test zu ersetzen, bleibt dennoch ein Unterfangen, für das sie vergleichsweise bescheiden einen Wechsel der Metaphernbasis für computerbasierte Arbeit und Design nahelegt:

»So the Durkheim test would be a real time design, acceptance, use and modification of a system by a community. Its intelligence would be the direct measure of usefulness applied to the work of the community; its ability to change and adapt, and to encompass multiple points of view while increasing communication across viewpoints or parts of an organization.«²⁵

18 | J. McCarthy/P. Hayes: »Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence«.

19 | Die kontrovers diskutierten Unfälle von Teslas und Googles Automobilen zeigen, dass dieses grundlegende Problem der AI auch im Jahr 2017 nicht als gelöst angesehen werden kann.

20 | J. Markoff: *Machines of Loving Grace*, S. 95 ff.

21 | H. R. Ekbja: *Artificial Dreams*, S. 252. Die gegenwärtige Aufrüstung zum Internet der Dinge hin lässt sich so folgendermaßen betrachten: Die physische Umgebung ist so komplex, dass sie nur durch ihre Transformation in eine Welt voller Sensoren vollständig registrierbar und identifizierbar gemacht werden kann.

22 | R. Davis: »Report on the Workshop on Distributed AI«, S. 3. Man kann auch sagen, dass maschinelle Kooperation ohne Konsens über Standardisierung und gemeinsame Kommunikationsprotokolle immer zur konsensuellen Kooperation werden muss, wenn sie gelingen soll.

23 | E. M. Gerson/S. L. Star: »Analyzing Due Process in the Workplace«; R. Kling: »Cooperation, Coordination and Control in Computer Supported Cooperative Work«.

24 | S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«, S. 44.

25 | Ebd., S. 41. »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

Zwar gehören *due process* und die Lösung des *frame problems* zu dieser Art des Testens, aber die genauen Kriterien und Parameter des Durkheim-Tests entwickelt Stars Text im Folgenden kaum. Schon die Durkheim-Referenz bleibt episodisch und basiert auf nicht viel mehr als der Selbstverständlichkeit, dass sich soziale Tatsachen nur in Relation zu anderen *faits sociales* erklären lassen und der Test daher gemeinschaftlich, irreduzibel, verteilt und dynamisch sein soll. Susan Leigh Star kommt erst am Ende der »Struktur schlecht strukturierter Lösungen« darauf zurück und weist dem Durkheim-Test lediglich die Rolle einer Prüfinstanz zu, die die Konstruktion und Nutzung von Grenzobjekten auf die Sozialität der Anwender ausrichten soll. Ich werde auf eine mögliche Erweiterung dieser Aufgaben noch zurückkommen. Was aber sind die Grenzobjekte, die Star im zweiten Teil des Texts erstmals einführt²⁶ und wie entfalten sie ihre Vermittlungsleistungen?

MEDIEN-WERDEN DER GRENZOBJEKTE

Zwischen der wissenschaftlichen Gemeinschaft und den von Hewitt postulierten offenen Systemen besteht, daran lässt Star keinen Zweifel, eine Wahlverwandtschaft. Wissenschaftlerinnen gelingt es offenbar, trotz stark dezentraler und asynchroner Arbeitsprozesse, heterogener Information, dem Fehlen zentraler Autoritäten und standardisierter Protokolle trotzdem – und zwar durch die Aggregation unterschiedlicher Standpunkte – robuste Befunde zu erarbeiten. Dieser wissenschaftsoptimistische Zug mag für eine in den Science and Technology Studies beheimatete Denkerin ungewöhnlich erscheinen. Er beruht aber neben der Beobachtung zeitgenössischer wissenschaftlicher Arbeitspraktiken ebenso auf den Schriften Stars zur Medizingeschichte.²⁷ Als Begründung für Kooperationsfähigkeit unter widrigen Bedingungen führt Star die Fähigkeiten der Wissenschaftler an, Objekte zu kreieren, die während eines kollektiven Handelns für die Beteiligten zugleich plastisch und kohärent sind. Diese sind im gemeinsamen Einsatz – vergleichsweise – schwach strukturiert, während sie in der lokalen Nutzung stark strukturiert werden.

Star macht für die Darstellung dessen, was Grenzobjekte leisten, zwei bemerkenswerte Zugeständnisse an ihr informatisches Fachpublikum. Zum einen vergleicht sie diese mit einem Architekturmodell der Verteilten Künstlichen Intelligenz, dem sogenannten »blackboard«. Dieses beruht auf der Annahme, dass wissens- und datenintensive Programmabläufe wie das gemeinsame Bearbeiten eines Tafelbildes oder Puzzles strukturierbar sind und das Problemlösen grund-

einzu beziehen. Zugleich verstärkt er die Kommunikation über verschiedene Perspektiven und Teile einer Organisation hinweg.« Übersetzung aus diesem Band, S. 135.

26 | Die folgende Analyse verzichtet auf eine weitere historische Kontextualisierung innerhalb der nordamerikanischen Sozialwissenschaften. Vgl. zur wissenschaftshistorischen Einordnung des Konzepts J. Strübing: *Pragmatistische Wissenschafts- und Technikforschung*; S. Gießmann: »Der Durkheim-Test« und die Einleitung dieses Bandes.

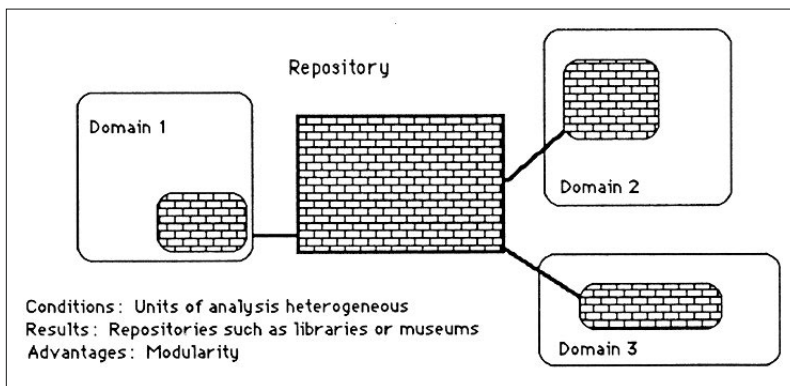
27 | S. L. Star: »Simplification in Scientific Work«; S. L. Star/E. M. Gerson: »The Management and Dynamics of Anomalies in Scientific Work«; S. L. Star: *Regions of the Mind*.

sätzlich kooperativ organisiert ist.²⁸ Und zum anderen fügt sie ihrer kleinen Klassifikation von Grenzobjekt-Typen Diagramme bei, deren Ästhetik den Fähigkeiten der damaligen Grafikprogramme und typischen Zeichnungen zu AI-Modellen entspricht. Zwischen Text und Diagrammen ergeben sich aber durchaus Differenzen, gerade im Vergleich mit der rein textbasierten Taxonomie, wie sie in der Studie zum kalifornischen Naturkundemuseum enthalten ist. In beiden Artikeln ist die Liste offen angelegt, d.h. weitere Grenzobjekte sind nicht nur denkbar, sondern sollen explizit auch als solche benannt werden, mitsamt unterschiedlicher Konzeptionen ihrer Informationstypen und – gewissermaßen als Teil des Durkheim-Tests – ihrer Konstruktion.²⁹ Wie lassen sich die Grenzobjekte verstehen, wenn man sie von ihren Diagrammen her als Denkbilder versteht?

REPOSITORIEN

Zunächst lösen alle Diagramme die Vorgabe, dass das Grenzobjekt »in der Mitte sitzt«, durch eine zentral gesetzte Form ein. Im Falle der Repositorien handelt es sich um ein Rechteck, dessen Textur eine Backsteinziegelarchitektur andeutet (Abbildung 1). Sie wird als Standardisierung mit variierender rechteckiger, abgerundeter Form – bei gleichbleibender Textur – innerhalb der umliegenden Domänen wieder eingezeichnet, ohne diese jedoch gänzlich auszufüllen. Bemerkenswert ist dabei die gefettete Rahmung des zentralen Repositoriums, von der ebenfalls gefettete Linien zu den in anderen Domänen lagernden Objekten ausgehen. (Bei Domäne 1 ist dieser Strich nicht durchgezogen und endet am äußeren Rahmen.) Das Diagramm argumentiert weitestgehend wie die auffallend kurze textuelle Erklärung.

Abbildung 1: Boundary object: repositories



S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«, S. 48.

28 | P. H. Nii: »The Blackboard Model of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architectures«; R. Englemore/T. Morgan (Hg.): *Blackboard Systems*.

29 | Vgl. aber zur inneren Logik der vier Grenzobjekttypen den Beitrag von Erhard Schüttelpelz in diesem Band.

Mit der Backsteinarchitektur wird zum einen der institutionelle, gewissermaßen gebaute Charakter der als Beispiele hinzugezogenen Bibliotheken und Museen referenziert. Zum anderen deutet die im Repositorium wie auch in den Objekten einzelner Domänen eingesetzte regelmäßige Textur auf den ordnenden Charakter der für heterogene Objekte verwendeten, standardisierenden Indizierung hin. Tatsächlich sind die drei Objekte in den verschiedenen Domänen unterschiedlich groß und damit heterogene Analyseeinheiten. Aber um was handelt es sich dabei? Im Falle einer Bibliothek wären es Bücher, die durch ein gemeinsames Klassifikationssystem trotz unterschiedlichster Herkunft, materieller Form und Inhalte zum modularisierten, auffindbaren Teil des Repositoriums gemacht werden können. Gleiches gilt für musealisierte, teils noch heterogenere Objekte wie die Körper von Tieren und Pflanzen, die für ein naturkundliches Museum herbeigeschafft werden.

Paradox bleibt in diesem wie auch den anderen Diagrammen der Status der kartierten »Domänen«. So spielt der Begriff in den beiden klassischen Grenzbjekt-Texten außerhalb der Diagramme eigentlich keine Rolle, wird nicht definiert und selten verwendet.³⁰ Er lässt sich nur durch Stars Buch *Regions of the Mind* erfassen. Hier bezeichnet er unterschiedliche wissenschaftliche Arbeitsfelder, etwa die Differenz von Grundlagenforschung und klinisch-praktischer Medizin.³¹ Zugleich handelt er von den Schwierigkeiten, Beobachtungen aus unterschiedlichen empirischen Domänen als Teil desselben Phänomens, z. B. einer Krankheit oder einer lokalisierbaren Hirnfunktion, zu verstehen. Nur wenn man dieses doppelte Modell dessen, was eine Domäne ist – Ort empirischer Beweismittel und wissenschaftlich-disziplinärer Praxis – zugrunde legt, verwirrt das Repositoriums-Diagramm *nicht*. Denn wie sollten z. B. Bücher zugleich in anderen Domänen gelagert sein, insofern es sich dabei nicht um Teilbibliotheken oder Elemente eines Fernleihsystems handelt? Und verbleiben die Präparate eines Naturkundemuseums zugleich in den geografischen Domänen, in denen die Tiere erbeutet worden sind, indem sie mit entsprechenden Etiketten der Geo-Indizes versehen werden?

Tatsächlich ist das Diagramm des Repositoriums weit weniger konventionell als der im Text beschriebene »Stapel von Objekten« angelegt. Die verzeichneten und gesammelten Objekte sind hier gewissermaßen mobile Medien, denn sie sind von den praktischen Versuchen, bestimmte Wissensbestände, -gebiete und Erkenntnisinteressen »zusammen zu ziehen«, nicht zu trennen. Damit sollte das Diagramm weniger als Verweis auf konkrete Orte wie das von Star erforschte Londoner Archiv des Royal College of Physicians³² oder das Museum of Vertebrate Zoology der Universität Berkeley verstanden werden, sondern als kognitives Schema der Vermittlung zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Domänen, die auf Modularität ihrer indizierten Objekte angewiesen sind. Davon kaum zu trennen sind die wissenschaftlichen Arbeitspraktiken, mit denen die verteilte Information herangetragen,

30 | In S. L. Star: »This Is Not a Boundary Object« wird er bezeichnenderweise nicht erwähnt.

31 | S. L. Star: *Regions of the Mind*, S. 115. Hierbei handelt es sich um die überarbeitete Publikation ihrer 1983 eingereichten PhD-Dissertation an der UCLA, San Francisco: *Scientific Theories as Going Concerns*.

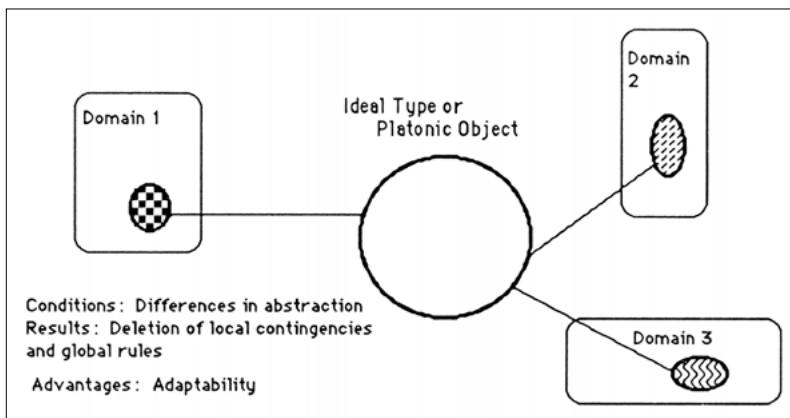
32 | Dort nahm Star für *Regions of the Mind* Einsicht in die Notizbücher des Arztes David Ferrier.

indiziert, modular transportierbar, vergleichbar und synthetisierbar gemacht wird. Den entscheidenden sozialtheoretischen Schritt, die Wissensdomänen in Relation zu heterogenen sozialen Welten zu verstehen, vollzieht erst der Museums-Artikel. Hier heißt es schließlich: »People from different worlds can borrow from the ›pile‹ for their own purposes without having to negotiate differences in purpose.«³³

IDEALTYPUS ODER PLATONISCHES OBJEKT

Der »Idealtypus« oder das »platonische Objekt« wartet mit einem zentrierten Kreis als Basiselement auf, der sich aber bei näherem Hinsehen als nicht regelmäßig erweist und auf einer Ellipse beruht.³⁴ Von dieser ausgehend führen gerade Strahlen in drei Domänen (Abbildung 2). Wie bereits im Falle der Repositorien setzen die hier deutlich dünner gezeichneten Linien am Außenrand der zentralen Figur an. Sie berühren auch die innerhalb der Domänen eingezeichneten Objekte jeweils am Rand. Diese verfügen über unterschiedliche Größen und Texturen, was auf die Anpassbarkeit des jeweiligen Objekts in unterschiedlichen Domänen hinweist.

Abbildung 2: Boundary object: platonic object



S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«, S. 49.

Ein platonisches Objekt stellt eine Abstraktion dar, die aus allen verteilten Domänen heraus erfolgt. Es vermittelt sogleich zwischen den lokal unterschiedlichen Graden von Abstraktion und Konkretheit. Das paradigmatische Beispiel hierfür stammt wiederum aus den *Regions of the Mind*: Frühe Hirn-Atlanten von David Ferrier beschrieben, so Star, weniger *das* Gehirn an sich, als dass sie der Kommunikation von Daten aus klinischer Erhebung und Grundlagenforschung dienen. Idealtypen dienen als eine Art von Karte bzw. Plan (*road map*), die für alle Beteiligten »gut genug« ist. Sie stellen den kleinsten gemeinsamen Nenner dar, der gerade aufgrund

33 | S. L. Star/J. R. Griesemer: »Institutional Ecology, ›Translations‹ and Boundary Objects«, S. 410.

34 | Es ist durchaus möglich, dies als eine grafische Entsprechung des imperfekten Charakters von Stars Idealtypen zu verstehen.

seiner Vagheit für lokale Anpassung geeignet ist. Gemessen am wissenschaftlichen Stellenwert von Atlanten und Karten stellt dies eine Provokation dar, denn Idealtypen lassen hier nicht etwa die Idee sinnlich scheinen (Hegel), sondern mit ihnen wird die symbolische Kommunikation und Kooperation teils divergierender wissenschaftlicher Praxisgemeinschaften realisiert. Zwar werden die lokalen Kontingenzen der Wissensproduktion im Zuge der Verallgemeinerung gelöscht – sie bleiben jedoch die empirischen Bedingungen der idealtypisierten Objekte.

Von den vier vorgestellten Grenzobjekt-Typen – Repositorien, Idealtypen, sich überlagernden Grenzen und Formularen – würde man beim Idealtyp die größte Nähe zu den Forschungsfragen der Verteilten Künstlichen Intelligenz vermuten. Dies gilt speziell im Bereich der agentensystembasierten Robotik, in dem Interaktionssituationen in sich schnell verändernden Umwelten trotz ihrer Unterschiedlichkeit in idealtypische Kategorien unterteilt werden müssen, um den Designprozess handhabbar zu machen. Die Idealtypen repräsentieren aber bei Star primär verteilte menschliche Arbeitspraktiken, mitsamt ihrer erstaunlichen Toleranz für schlechte Strukturierung, Inkonsistenz, Vagheit und Nicht-Logik. Auf die Herausforderungen einer modellierenden Präzisionsarbeit kann das aus der Medizingeschichte des 19. Jahrhunderts hergeleitete Konzept allerdings nur bedingt antworten – es deckt, wie auch in der späteren Anführung des biologischen Begriffs der ›Spezies‹³⁵ oder Stars und Bowkers Geschichte der Klassifikationssysteme,³⁶ vor allem die arbeitspraktischen Übersetzungen zwischen lokal angepasstem und idealtypisch zirkulierendem Wissen ab.³⁷ Tatsächlich lassen sich die von Star zitierten Schriften aus der Verteilten AI ebenfalls auf die Bildung von (computerisierbaren) Idealtypen der Kooperation hin lesen: Die modellhaften Rechenprozesse werden nicht mehr in anthropomorpher Mensch-Maschinen-Intelligenz gedacht, sondern in Multi-Agenten-Systemen mimetisch an (zumeist) gelungenen Formen der gruppenbasierten Organisation orientiert.³⁸

GEBIET MIT SICH ÜBERLAGERNDEN GRENZEN

Was bezeichnen die »coincident boundaries«, die als Orientierungspunkt gemeinsamer Medienpraktiken entstehen, z.B. beim kooperativen Kartieren? Die sich überlagernden Grenzen benutzen einen groben Umriss des Bundestaats Kalifornien als Grund. Im Gegensatz zu den anderen Typen ragen drei darüber gelegte Domänen in die Mitte der zentral gesetzten Form hinein, so dass sich die insgesamt vier Umrisse überlappen (Abbildung 3). Es handelt sich bei dem »Gebiet mit sich überlagernden Grenzen« um dasjenige Grenzobjekt, bei dem Text und Dia-

35 | S. L. Star/J. R. Griesemer: »Institutional Ecology, »Translations« and Boundary Objects«, S. 410.

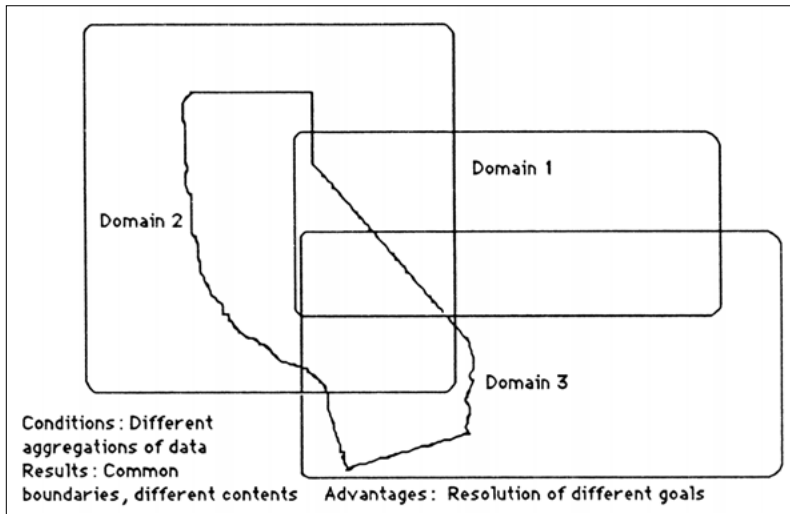
36 | G. C. Bowker/S. L. Star: *Sorting Things Out*.

37 | Star hat diese Beschränkung erkannt und mit einem späteren Text den Status formalisierter Lösungen in der Computerpraxis theoretisiert, siehe »The Politics of Formal Representation«.

38 | S. Cammarata/D. McArthur/R. Steeb: »Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving«.

gramm durchaus voneinander abweichende Interpretationen provozieren. Sie betreffen auch die deutsche Übersetzung des Begriffs unmittelbar.

Abbildung 3: *Boundary object: terrain with coincident boundaries*



S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«, S. 50.

Wenn man davon ausgeht, dass ein entsprechendes Objekt über die *gleichen* Grenzen verfügt – wie im Falle der Karte mit den politischen Grenzen des Bundesstaats Kalifornien – müsste es sich zumindest um ein rahmendes »Gebiet mit *übereinstimmenden* Grenzen« handeln. Bei erster Ansicht des Diagramms liegt es hingegen näher, von einem »Gebiet mit sich *überlappenden* Grenzen« zu sprechen bzw. von den »common boundaries«, die in der Diagrammbeschriftung notiert werden. Dies führt wiederum zu der Frage, welche Mitte bzw. Schnittmenge hierfür relevant wird. Denn die beteiligten Akteure verfügen zumindest über einen gemeinsamen, kooperationsbedingenden Referenten, der in diesem Fall nicht nur in den geopolitischen Grenzen, sondern auch der sozialen Imagination von Kaliforniens Natur für die Sammlungsaktivitäten des Museum of Vertebrate Zoology bestand. Tatsächlich überlagerten sich die Raum- und Kartierungspraktiken von Amateursammlern und professionellen Biologen, selbst wenn sich die gesammelten Daten, Ziele und gezogenen Schlüsse unterschieden. Diese Vermittlungsleistungen sind eher in den Vordergrund zu stellen, da sie das Territorium Kaliforniens fortwährend als Gebiet mit sich überlagernden Grenzen erzeugen, inklusive der biologischen »Lebenszonen« (*life zones*).

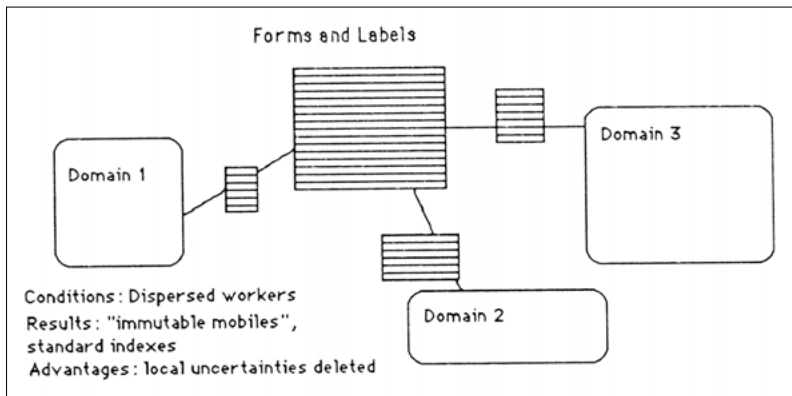
Als Diagramm fordern die »coincident boundaries« eine weit dynamischere und multiple Auffassung des gemeinsamen Referenten, als es das Beispiel der kalifornischen Grenzen nahelegt. Entscheidend sind die jeweils vergleichsweise autonom vollzogenen Kartierungen und die dabei entstehenden Überlagerungen. Ein einzelner Grenzumschiss kommt vor allem dann ins Spiel, wenn an den Verläufen wirklich gearbeitet wird und eine dahingehende Verständigung notwendig wird. Gebiete mit sich überlagernden Grenzen können mit den geopolitischen Räumen übereinstimmen, d. h. alle Akteurs-Domänen wären identisch und die Überlage-

rung würde genau einen Umriss produzieren. Dies bleibt aber ein Ausnahmefall, gerade wenn man unterschiedliche Imaginationen von ›Kalifornien‹ in Rechnung stellt. In den meisten Fällen werden die gemeinsamen Ziele durch das geteilte, auf unterschiedlichen Wegen adressierte und durchquerte Gebiet mit sich überlagernden Grenzen und über die dort erhobenen Daten artikulierbar und verfolgt. Die so entstehenden Grenzobjekte lassen sich nur durch fortwährende Grenzüberschreitungen erklären. Es sind im Sinne der – von Star ursprünglich präferierten – ersten Version des Begriffs »marginal objects«, die zwischen mehr als einer Praxisgemeinschaft und mehr als einer sozialen Welt vermitteln.³⁹

FORMULARE UND ETIKETTEN

Das Diagramm der »Formulare und Etiketten« kehrt hingegen zum vertrauten Aufbau eines zentral gesetzten Objektes und drei umgebender Domänen zurück. In der Mitte steht ein fast quadratisches Rechteck, das mit einer Textur aus Querlinien versehen ist. Im Unterschied zu den Repositorien und Idealtypen sind auf dünnen Linien, die zu den Domänen führen, weitere kleinere querlinierte Rechtecke eingefügt, die verschiedene Arten von Formularen und Etiketten repräsentieren (Abbildung 4). Die Relation zwischen dem zentral gesetzten Rechteck und den kleineren Figuren wird dabei nicht explizit gemacht. Sie lässt sich als Verhältnis zwischen zentralisierter Datenbank und entsprechender dezentraler Eingabemasken respektive Formulare interpretieren, in dem beide zur Standardisierung des so aufgebauten Index beitragen.

Abbildung 4: Boundary object: forms/labels



S. L. Star: »The Structure of Ill-Structured Solutions«, S. 51.

Die Nähe von Formularen und Repositorien erwähnt Star zwar, jedoch sind beide nicht identisch. Unterschiede bestehen vor allem hinsichtlich des Vollzugs ihrer Maßstabsleistungen: Ein Repository dient mitsamt seines institutionellen Charakters (als Museum, Archiv, Bibliothek, Plattform) der Gewährleistung von insge-

39 | S. L. Star/J. R. Griesemer: »Institutional Ecology, »Translations« and Boundary Objects«, S. 411.

samt standardisierter Modularität zwischen unterschiedlichen Domänen, während Formulare und Etiketten innerhalb des zumeist durch ein Repositorium vorgegebenen Rahmens verteilte Arbeitspraktiken und Datenaggregation standardisieren sollen. Je nach Situation kann es sich bei den Formularen und Etiketten um disziplinierende Medien handeln, die nicht nur der Delegation von Arbeitsaufgaben, sondern ebenso der Normalisierung von Praktiken dienen.

Star weist in Diagramm und Text auf den Vorteil der so »ausgelöschten« lokalen Unsicherheiten hin, den die Formulare mit den Idealtypen gemeinsam haben. Dies ist wiederum ein erstaunlich optimistischer Zug des Textes, denn gerade formularbasierte Interaktion zeichnet sich durch fortwährende Spannung aus, die aus dem Missverhältnis vorgegebener Kategorien, Klassifikationsarbeit und individuellem Fall entsteht. Eine solche Art von »mismatch« würde man ebenso wie das Inrechnungstellen »unsauberer« Daten wiederum als konstitutiv für den Umgang mit schlecht strukturierten Lösungen erachten. »The only good classification is a living classification« heißt es hierzu am Ende von *Sorting Things Out* – wiederum in konstruktiver Wendung der zwiespältigen Bürokratisierung von Krankheiten, Ordnungen der Geschlechter und ethnischer Klassifikationen.⁴⁰ Das einzig gute Grenzobjekt, so ließe sich im Anschluss daran formulieren, ist ein lebendiges Grenzobjekt. Es entfaltet nur in und durch Interaktion seine vermittelnde Kraft.

Gerade deshalb ist die Aufnahme von Bruno Latours *immutable mobiles* in die Grenzobjekt-Kategorie der Formulare und Etiketten ebenso folgerichtig wie befragenswert, zeichnet sich doch die Akteur-Netzwerk-Theorie ebenfalls durch eine Betonung und Bevorzugung des aktiven Handelns aus. Bezeichnenderweise stellen *immutable mobiles* bei Star die Resultate der Formular- und Etikettennutzung dar. Der formstabilen, über lange Distanzen transportierbaren Information gilt aber ihr Interesse weitaus weniger als den vielen kleinen Schritten, mit denen Information immer wieder neu übersetzt, re-repräsentiert und stabilisiert wird. In einem späteren Text zur Politik formaler Repräsentationen, der die eigentliche Fortsetzung der »Struktur schlecht strukturierter Lösungen« bietet, nennt sie die entsprechenden Verläufe Re-Repräsentationspfade: »[W]e can think of immutable mobiles as traveling along a path of work, where the tensions between mutability and immutability are managed in every situation. This path is a »re-representation path.«⁴¹

Hierzu gehören auch die »mismatches in the division of labor and representational complexity resulting from the complex [organizational, S. G.] nature of the work«.⁴² Anstelle der vergleichsweise »flachen« *immutable mobiles* betont Star die komplexe Nutzung und Einbettung ihrer Information in geschichteten Re-Repräsentationen. Stars Denken bietet so ein medienwissenschaftlich anschlussfähiges, arbeitsorientiertes Konzept der Operationskette,⁴³ das der Mikroebene des informationsbasierten Zusammenarbeitens mit digitalen Medien kongenial entspricht. Kooperative Arbeit

40 | G. C. Bowker/S. L. Star: *Sorting Things Out*, S. 326.

41 | S. L. Star: »The Politics of Formal Representations«, S. 92.

42 | Ebd., S. 93.

43 | E. Schüttelpelz: »Der Punkt des Archimedes«, S. 238: »Personen, Artefakte und Zeichen (etwa operative Bilder, Schriftstücke und Zahlen) werden durch Operationsketten gebildet, die Personen, Artefakte und Zeichen gleichermaßen in Mitleidenschaft ziehen und dabei transformieren.«

ist auf Re-Repräsentationen der gemeinsam bearbeiteten Daten und Prozesse angewiesen, die alle Akteure zur fortwährenden Artikulationsarbeit⁴⁴ herausfordern, um sowohl gut als auch schlecht strukturierte Lösungen zu ermöglichen.

EIN NEUER DURKHEIM-TEST?

Ein rundum erneuerter Durkheim-Test, der ausgehend von den Re-Repräsentationspfaden neueren »Cultures of Computing« gerecht wird, hätte genau an dieser Stelle anzusetzen. Denn Susan Leigh Star war Zeugin, Ethnografin und Sozialtheoretikerin der Nutzung und Transformation digitaler Medien im Arbeitsalltag. Für die Konzeption der Grenzobjekte in der »Struktur schlecht strukturierter Lösungen« griff sie jedoch nicht auf computernahe Beispiele zurück, sondern auf Museen, Bibliotheken, Archive, Karten, Diagramme, Atlanten, Formulare und Etiketten als Medien der Kooperation. Damit nahm sie das intensive Interesse der Verteilten Künstlichen Intelligenz an menschlichen Koordinationspraktiken auf, das Programmierung und Epistemologie seit Beginn der 1980er Jahre kennzeichnete. Diese hatte sich von der – bei Herbert Simon noch avisierten⁴⁵ – allgemeingültigen Lösung für schlecht wie gut strukturierbare Probleme bereits verabschiedet: »We have come to believe that there are no general algorithms to dictate optimum cooperation« hieß es in einem 1983 für die RAND Corporation⁴⁶ verfassten Bericht zu maschinellen Kooperationsstrategien beim verteilten Problemlösen. Auffällig bleibt auch bei Star das stark rezentrierende Moment dieser Forschungsrichtung, bei der verteilte Probleme zentralisiert berechenbar gemacht werden, damit Koordination und Kontrolle über einen definierten Ort »in der Mitte« verfügen sollten.

Die Grenzobjekte handeln jedoch davon, dass dieser Ort nicht notwendigerweise aus einem »centre of calculation«⁴⁷ oder einem »centre of coordination« bestehen muss, das die Kohärenz heterogener Information herstellt und gewährleistet. Sie prozessieren stattdessen verteilte Information über Re-Repräsentationspfade in institutionellen Ökologien. Hierin liegt die eigentliche Herausforderung des Durkheim-Tests: im Erkennen des kooperativen Charakters von Operationsketten, der Erforschung von Medienpraktiken, die Grenzobjekte produzieren und der Analyse der Grenzobjekte, die Praktiken innerhalb einer institutionellen Ökologie koordinieren.

Sebastian Gießmann forscht im SFB »Medien der Kooperation« an der Universität Siegen.

44 | Vgl. den Beitrag »Schichten des Schweigens, Arenen der Stimme« von Star und Anselm Strauss in diesem Band.

45 | H. A. Simon: »The Structure of Ill Structured Problems«. Vgl. auch den Beitrag von Erhard Schüttelpelz in diesem Band.

46 | Vgl. zur Rolle dieses Think Tanks für die Beratung des amerikanischen Militärs und die Mediengeschichte C. Pias/S. Vehlken: »Einleitung. Von der ›Klein-Hypothese‹ zur Beratung der Gesellschaft«.

47 | Der Begriff der *centres of calculation* wurde von Bruno Latour eingeführt, um die logistische und bürokratische Bearbeitung von *immutable mobiles* mit wissenschaftlichen Daten an einem herausgehobenen Ort zu bezeichnen. Vgl. *Science in Action*, Kap. 6.

LITERATUR

- Bowker, Geoffrey C./Star, Susan L.: *Sorting Things Out. Classification and Its Consequences*, Cambridge, MA/London: MIT Press 1999.
- Cammarata, Stephanie/McArthur, David/Steeb, Randall: »Strategies of Cooperation in Distributed Problem Solving«, in: *RAND Notes* 10 (1983), S. 1–22
- Davis, Randall: »Report on the Workshop on Distributed AI«. Working Paper 204, MIT Artificial Intelligence Laboratory, 1980. http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/41155/AI_WP_204.pdf vom 31.7.2017.
- Ekbia, Hamit R.: *Artificial Dreams. The Quest for Non-Biological Intelligence*, Cambridge u. a.: Cambridge University Press 2008. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511802126>
- Engelmore, Robert/Morgan, Tony (Hg.): *Blackboard Systems*, Wokingham u. a.: Addison-Wesley 1988.
- Gasser, Les: »Leigh Star and the Appearance of ›The Structure of Ill-Structured Solutions‹«, in: Geoffrey C. Bowker/Stefan Timmermanns/Adele E. Clarke/ Ellen Balka (Hg.), *Boundary Objects and Beyond. Working with Leigh Star*, Cambridge, MA/London: MIT Press 2016, S. 239–241.
- Gerson, Elihu M./Star, Susan L.: »Analyzing Due Process in the Workplace«, in: *ACM Transactions on Office Information Systems* 4/3 (1986), S. 257–270. <https://doi.org/10.1145/214427.214431>
- Gießmann, Sebastian: »Der Durkheim-Test. Anmerkungen zu Susan Leigh Stars Grenzobjekten«, in: *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 38/3 (2015), S. 211–226. <https://doi.org/10.1002/bewi.201501724>
- 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>
- Kling, Rob: »Cooperation, Coordination and Control in Computer Supported Cooperative Work«, in: *Communications of the ACM* 34/12 (1991), S. 83–88. <https://doi.org/10.1145/125319.125396>
- Latour, Bruno: *Science in Action*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1988.
- Latour, Bruno: »Über technische Vermittlung. Philosophie, Soziologie und Genealogie«, in: Andréa Belliger/David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 483–528.
- Markoff, John: *Machines of Loving Grace. The Quest for Common Ground Between Humans and Robots*, New York: Ecco 2015.
- McCarthy, John/Hayes, Patrick: »Some Philosophical Problems From the Standpoint of Artificial Intelligence«, in: Bernard Meltzer/Donald Michie (Hg.), *Machine Intelligence*, Bd. 4, Edinburgh: Edinburgh University Press 1969, S. 463–502.
- McClelland, Jay M./Rumelhart, David/PDP Research Group: *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition*, Cambridge, MA: MIT Press 1986.
- Nii, Penny H.: »The Blackboard Model of Problem Solving and the Evolution of Blackboard Architectures«, in: *Artificial Intelligence Magazine* 7/2 (1986), S. 38–53.
- Pias, Claus/Vehlken, Sebastian: »Einleitung. Von der ›Klein-Hypothese‹ zur Beratung der Gesellschaft«, in: Thomas Brandstetter/Claus Pias/Sebastian Vehlken (Hg.), *Think Tanks. Die Beratung der Gesellschaft*, Zürich/Berlin: diaphanes 2010, S. 7–15.

- Schüttpelz, Erhard: »Der Punkt des Archimedes. Einige Schwierigkeiten des Denkens in Operationsketten«, in: Georg Kneer/Markus Schroer/Erhard Schüttpelz (Hg.), *Bruno Latours Kollektive. Kontroversen zur Entgrenzung des Sozialen*, Frankfurt a. M.: Suhrkamp 2008, S. 234–258.
- 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.: »Living Grounded Theory. Cognitive and Emotional Forms of Pragmatism«, in: Anthony Bryant/Kathy Charmaz (Hg.), *The SAGE Handbook of Grounded Theory*, Thousand Oaks, CA/London/New Delhi: Sage 2007, S. 75–94. <https://doi.org/10.4135/9781848607941.n3>
- Star, Susan L.: *Regions of the Mind. Brain Research and the Quest for Scientific Certainty*, Stanford, CA: Stanford University Press 1989.
- Star, Susan L.: *Scientific Theories as Going Concerns. The Development of the Localizationist Perspective in Neurophysiology, 1870–1906*, University of California, SF: Department of Social and Behavioral Science 1983.
- 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.: »The Structure of Ill-Structured Solutions. Boundary Objects and Heterogeneous Distributed Problem Solving«, in: Les Gasser/Michael N. Huhns (Hg.), *Distributed Artificial Intelligence* (= Research Notes in Artificial Intelligence, Vol. II), London/Pitman/San Mateo, CA: Morgan Kaufmann 1989, S. 37–54.
- Star, Susan L. (Hg.): *The Cultures of Computing*, Oxford/Cambridge, MA: Blackwell 1995.
- Star, Susan L.: »The Politics of Formal Representations. Wizards, Gurus, and Organizational Complexity«, in: Dies. (Hg.), *Ecologies of Knowledge. Work and Politics in Science and Technology*, Albany: State University of New York Press 1995, S. 88–118.
- Star, Susan L.: »This Is Not a Boundary Object. Reflections on the Origin of a Concept«, in: *Science, Technology, & Human Values* 35/5 (2010), S. 601–617. <https://doi.org/10.1177/0162243910377624>
- Star, Susan L./Gerson, Elihu M.: »The Management and Dynamics of Anomalies in Scientific Work«, in: *Sociological Quarterly* 28/2 (1986), 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:⁴⁸ Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–1939, in: *Social Studies of Science* 19/3 (1989), S. 387–420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Strübing, Jörg: *Pragmatistische Wissenschafts- und Technikforschung. Theorie und Methode*, Frankfurt a. M.: Campus 2005.
- Turing, Alan: »Rechenmaschinen und Intelligenz«, in: Bernhard Dotzler/Friedrich Kittler (Hg.), *Intelligence Service. Schriften*, Berlin: Brinkmann & Bose 1987, S. 147–182.
- Vehlken, Sebastian/Engemann, Christoph: »Supercomputing«, in: *Archiv für Mediengeschichte* 11 (2011), »Takt und Frequenz«, S. 143–161.

48 | Der Titel wird so von Star in der Literaturliste der »Structure of Ill-Structured Solutions« angeführt: Die Boundary Objects sind offenbar erst später anstelle von »Coherence« in den Titel aufgenommen worden.