Über den Unterschied zwischen geschriebener Sprache und Diagrammen

Felix Gärtner
Kaupstraße 9
64289 Darmstadt
theedge@rbg.informatik.th-darmstadt.de
(11. Semester Informatik, Nebenfach Germanistik)

17. März 1997

Zusammenfassung

Diagramme sind ein mächtiges Hilfsmittel, um verschiedenste Informationen wirkungsvoll darzustellen. Sie stehen im Gegensatz zu linguistischen Repräsentationsformen, zu denen beispielsweise die natürliche Sprache oder die Prädikatenlogik zählen. Die vorliegende Arbeit beleuchtet die Unterschiede zwischen Diagrammen und Sprache. Dabei wird deutlich, daß sich die Ausdrucksstärke von Diagrammen gerade darin begründet, daß sie die notwendigen Einschränkungen überwindet, die der Sprache aufgrund ihrer Universalität als Kommunikationsmittel anhaften.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Wie komme ich mit der Bahn von Frankfurt nach Nürnberg? Die Antwort ist einfach: Ich nehme den direkten Intercity über Aschaffenburg und Würzburg. Eine Alternative wäre aber auch, mit dem Interregio nach Würzburg zu fahren und dort in den ICE umzusteigen. Es gibt auch noch eine weitere Möglichkeit, doch die führt über Stuttgart, und das ist ein großer Umweg.

Man muß kein Experte für das Streckennetz der Bahn sein, um auf diese Antworten zu kommen. Ein einfacher Blick auf den Übersichtsfahrplan genügt, und innerhalb von Sekunden ist man über den Streckenverlauf orientiert und hat die Antwort parat. Warum war dies so einfach? Es muß an der anschaulichen Art und Weise gelegen haben, wie die Informationen im Fahrplan dargestellt werden: Der Übersichtsfahrplan ist nämlich ein kartenähnliches Diagramm, in der die Bahnlinien farbig eingezeichnet sind (siehe Abbildung 1 für den relevanten Ausschnitt). Warum benutzt man hier ein solches Diagramm? Und wenn Diagramme so gut sind: Warum benutzt man sie dann nicht überall sonst, wo Informationen dargestellt werden sollen? Um diese Fragen (und mehr) soll es in der vorliegenden Arbeit gehen.

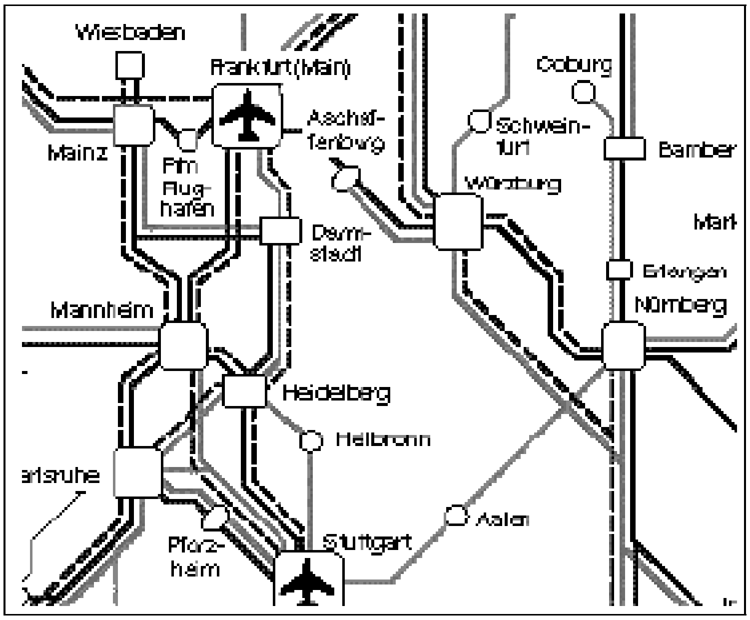

Abbildung 1: Ein Ausschnitt aus der Übersichtskarte “Streckennetz Fernverkehr” der Deutsche Bahn AG.

1.1 Ausgangspunkt

Wahrnehmung baut auf physikalischen Signalen auf, die durch das Auge, das Ohr oder andere Teile des sensorischen Apparates in das menschliche Bewußtsein gelangen. Personen reagieren aufgrund von Wahrnehmung durchaus unterschiedlich, aber doch meistens in direktem kausalen Bezug zum Erlebten. Geht man davon aus, daß die Abläufe, die zu dieser Reaktion führen, nur innerhalb des Menschen passieren, so muß alles auf sehr komplexen, aber nichtsdestotrotz rein physikalisch-biologischen Abläufen basieren.

Der Mensch ist aber, neben seiner unmittelbaren Reaktionsfähigkeit, auch in der Lage, sich an in der Vergangenheit erlebte Ereignisse zu erinnern und sozusagen 'verspätet' zu reagieren. Wieder ausgehend von der Hypothese, daß dies allein innerhalb des Menschen geschieht, müssen also die vergangenen Geschehnisse in irgendeiner Art und Weise physikalisch im Organismus gespeichert sein. Festzuhalten ist also: Es existiert gespeichertes Wissen innerhalb des Individuums, wobei ersteres Einfluß auf das Handeln des letzteren hat.

Obwohl die Neurologen und Mediziner immer mehr über die tatsächliche Biologie des Wahrnehmungsapparates und die neuronalen Strukturen im Gehirn herausfinden[1], ist der konkrete Ablauf der Wahrnehmung und des Gedächtnisses noch zum allergrößten Teil unklar. Und so sind die beteiligten Disziplinen der Kognitionswissenschaft (unter anderem die Linguistik, Psychologie, Philosophie) in den vergangenen Jahrzehnten nicht müde geworden, immer neue Theorien und Modelle zu entwickeln über die Art und Weise, wie Informationen 'im Kopf' gespeichert, d.h. repräsentiert sind. Mittels dieser Modelle versucht man, empirisch gewonnene Experimentalbeobachtungen zu erklären und möglichst gute Vorhersagen über das Verhalten von Versuchspersonen zu machen. Man geht heute davon aus, daß es im wesentlichen zwei verschiedene Repräsentationsformen gibt: eine eher sprachlich orientierte, und eine, die eher bildlich ausgerichtet ist[2]. Die Unterscheidung der Repräsentationsformen weist auf strukturelle Unterschiede zwischen Sprache auf der einen Seite und Bildern auf der anderen Seite hin. Dies ist der Ausgangspunkt meiner Arbeit.

1.2 Fragestellung

In dieser Arbeit möchte ich auf den Unterschied zwischen sprachlich und bildhaft dargebotenen Informationen und den entsprechenden Repräsentationen näher eingehen. Um das Thema etwas einzugrenzen, will ich mich nur mit visuell wahrnehmbaren Informationen beschäftigen und im Falle von Bildern nur mit einer Unterklasse, den Diagrammen. Dabei orientiere ich mich an folgenden Leitfragen: Wann ist ein Diagramm ein Diagramm? Was ist überhaupt ein Diagramm? Was ist ein Diagramm im Gegensatz zu einem geschriebenen Text? Warum ist für manche Darstellungen ein Diagramm besser als ein geschriebener Text? Ziel ist es bei all diesen Bemühungen, das Wesen der Sprache besser zu erfassen und verstehen zu lernen.

1.3 Vorgehensweise

Nach dieser Einleitung, die mit einem kurzen Abschnitt zur Terminologie endet, werde ich zunächst chronologisch auf die wichtigsten Repräsentations-Theorien der Kognitionswissenschaft eingehen. Anschließend möchte ich einige Unterschiede zwischen Diagrammen und Sprache diskutieren und dabei an den aktuellen Stand der Forschung heranführen. Eine kritische Reflexion der Ergebnisse im Hinblick auf ihren Nutzen für das Verständnis der Sprache schließt die Arbeit ab.

[1] Vergleiche Anderson 1989, Kapitel 2.

[2] Siehe hierzu die Abschnitte 1.4 und 2.1, sowie Anderson 1989, Kapitel 4 und 5.

1.4 Terminologie

Da sich diese Arbeit im Grenzgebiet zwischen Informatik, Linguistik und Psychologie bewegt, will ich im folgenden kurz auf die zentralen Begriffe dieser Arbeit eingehen und genauer beschreiben, was ich damit meine.

Der Begriff der *Repräsentation* ist einer der geläufigsten in der Kognitionswissenschaft, aber doch auch einer der unschärfsten. In Andersons Standardwerk zur kognitiven Psychologie [3] wird der Begriff zum ersten Mal im Zusammenhang mit dem Begriff der *Informationsverarbeitung* benutzt:

> "Der Begriff der *Information* kennzeichnet [...] die verschiedenen mentalen Gegenstände, die kognitiv verarbeitet werden: die Frage, die Repräsentation ihrer Bedeutung, [...] und so fort."[4]

Später benutzt der Autor das Verb 'repräsentieren' im Zusammenhang der Informationskodierung im Gehirn. Als instruktives Beispiel führt er die Art und Weise an, wie Computer Informationen als Folgen von Nullen und Einsen speichern. Analog dazu seien die Informationen aus der Welt im Kopf über "neuronale Muster"[5] kodiert. Die Muster stellen die für den Rezipienten wesentlichen Aspekte der Wirklichkeit dar, sie repräsentieren sie also. Eine Repräsentation ist eine wie auch immer geartete Kodierung von Informationen, wobei die neuronalen Muster eine sehr konkrete biologische Repräsentation sind, die man nur auf abstrakter Ebene analysieren kann.[6] Dies führt zu den abstrakten, modellhaften Repräsentationen, mit denen die kognitive Psychologie arbeitet und die im Abschnitt 2 ansatzweise vorgestellt werden sollen.

Der Repräsentationsbegriff der Informatik, vor allem der Künstlichen Intelligenz (KI), bezieht sich nicht primär auf den Menschen, sondern auf den Computer: Repräsentationen sind hier willkürlich konstruierte Datenstrukturen, die auf einem Rechner implementiert werden können und eine gestellte Aufgabe (beispielsweise das automatische Übersetzen) effizient lösen helfen sollen. Naturgemäß sind sie somit auch Kodierungen von Informationen, jedoch mit einem anderen Anspruch. Gute und schlechte Repräsentationen unterscheiden sich nicht dahingehend, wie gut sie menschliches Verhalten voraussagen, sondern wie gut man das gegebene Problem damit lösen kann.[7] Zu einer Repräsentation gehören immer Zugriffsoperationen, mit denen man auf die darin gespeicherten Informationen zugreifen kann, sowie eine Beschreibung, wie die Datenstrukturen zu interpretieren sind, welche Bedeutung sie besitzen.

Bezogen auf die Sprachwissenschaft ist der Begriff der Repräsentation unklar. In den einschlägigen Lexika (zum Beispiel Bußmann 1990, das ansonsten vorzüglich ist) findet man unter dem Begriff 'Repräsentation' keinen Eintrag. Das mag vielleicht damit zusammenhängen, daß in der kognitiven Psychologie und in der Informatik 'Repräsentation' die gleiche Bedeutung hat wie der englische Ausdruck *representation*, was ein Sprachwissenschaftler möglicherweise nicht uneingeschränkt bejahen würde. Am ehesten findet sich der Begriff im Wort 'Darstellung' wieder, wie es im Zusammhang mit

[3] Anderson 1989

[4] Anderson 1989, S. 24, Hervorhebungen beibehalten.

[5] Anderson 1989, S. 24

[6] Zur Notwendigkeit abstrakter Analysen in der kognitiven Psychologie vergleiche Anderson 1989, S.22f.

[7] Die KI-Standardwerke von Luger und Stubblefield (Luger/Stubblefield 1993) und Winston (Winston 1984) enthalten beide ganze Kapitel zu diesem Thema.

Bühlers Organonmodell in der Semiotik benutzt wird. Die *Darstellungsfunktion* der Sprache (engl. *representational function of speech*) bezeichnet die Beziehung zwischen dem sprachlichen Zeichen und denjenigen Dingen oder Sachverhalten, für die es steht.

Ich will den Begriff 'Repräsentation' in der Bedeutung der kognitiven Psychologie benutzen. Die Arbeiten in dieser Disziplin und diejenigen aus den entsprechenden Gebieten der Informatik haben sich thematisch und sprachlich bereits so stark angenähert, daß in der zitierten Literatur von einem einheitlichen Verständnis des Begriffes auszugehen ist. Weniger einheitlich ist dagegen die Klassifizierung von verschiedenen Repräsentationsformen. Dennoch ist eine deutliche Zweiteilung zu beobachten, die aber unscharf abgegrenzt ist.[8] Anderson unterscheidet auf der einen Seite die "wahrnehmungsmäßigen" Wissensrepräsentationen und auf der anderen Seite die "bedeutungsmäßigen" Wissensrepräsentationen.[9] Zu der ersten Klasse zählen unter anderem die sogenannten räumlichen Vorstellungsbilder (zur Kodierung räumlicher Strukturen) und auch die Diagramme darf man zu dieser Klasse rechnen. In der englischsprachigen Literatur werden sie oft auch als *diagrammatic*, *visual*, *pictorial*, oder *spatial* bezeichnet. In der deutschen Literatur spricht man oft von konkreten, visuellen oder piktoriellen Repräsentationen. Für die andere Klasse werden im Gegensatz dazu die Attribute 'abstrakt', 'linguistisch' oder 'propositional' benutzt. Im Englischen spricht man von *symbolic*, *Fregean* oder *sentential representations*. Zu ihr gehören alle Arten von mathematischen Formalismen wie zum Beispiel die Prädikatenlogik, die in der formalen Semantik eine wichtige Rolle zur Repräsentation von Satz- und Wortbedeutungen spielt.[10] Der Klarheit wegen werde ich im ersten Fall immer von 'piktoriellen' und im zweiten Fall immer von 'linguistischen' Repräsentationen sprechen. Auf die genaue Unterscheidung dieser beiden Klassen werde ich im Hauptteil dieser Arbeit eingehen.

Als *heterogeneous representations* bezeichnet Eric M. Hammer Mischformen beider Klassen, z.B. Landkarten, Blaupausen oder beschriftete Ablaufpläne. Sie zeichnen sich dadurch aus, daß sie sowohl textuelle als auch diagrammartige Elemente enthalten. Seine Untersuchungen zeigen, daß sich diese Repräsentationen im wesentlichen auf rein piktorielle Repräsentationen zurückführen lassen, weshalb ich sie auch zu dieser Klasse zähle.[11]

2 Unterschiede zwischen Sprache und Diagrammen

Diagramme sind uns im täglichen Leben so vertraute Helfer, daß uns schon gar nicht mehr auffällt, wo sie überall auftauchen: das Geflecht von Straßen in einer Großstadt, die Lage der Büros auf einer Hochhausetage, die Verdrahtung von elektronischen Bau-

[8] Oft werden die konnexionistischen Repräsentationsformen (manchmal auch *sub-symbolic representations* genannt) als dritte Klasse der Repräsentationen noch angeführt, dies ist jedoch hier nicht weiter von Interesse. Es sind ja gerade diese Repräsentationen, von denen die kognitive Psychologie abstrahieren möchte. (Vergleiche dazu Fußnote 6 auf Seite 4.) Als aktuellster Zeuge berichtet Michael Mohnhaupt von neuesten Ergebnissen der kognitiven Psychologie, die für eine dritte Repräsentationsform sprechen, welche sich zur Speicherung motorischer Prozesse gut eignet, vergleiche dazu Mohnhaupt 1992, S. 24.

[9] Vergleiche Anderson 1989, Kapitel 4 und 5.

[10] Vergleiche Gärtner/Romanowski 1995.

[11] Vergleiche dazu Hammer 1995, Kapitel 2. Dort verfolgt er auch die Frage, warum beschriftete Diagramme meistens sehr viel aussagekräftiger sind als textlose.

teilen auf einer Platine, die Hierarchien und Beteiligungsstrukturen von Unternehmen — sämtliche erwähnten Sachverhalte werden mit Hilfe von Diagrammen dargestellt. Die Mächtigkeit dieser Form von Präsentation wird zumeist erst dann schmerzlich bewußt, wenn sie einem nicht zur Verfügung steht, zum Beispiel, wenn man jemandem über das Telefon den Weg vom Bahnhof zur Universität erklären soll. Auch sind die Informationen, die beispielsweise in einer topographischen Karte der Alpen enthalten sind, nicht wirklich durch Sprache mitteilbar. Das Ergebnis einer solchen Unternehmung wäre (wenn man es denn versuchte) ein dicker Band mit Hunderten von Seiten, der nicht entfernt so leicht benutzbar wäre wie das Ausgangsmaterial. Dies zeugt davon, daß Diagramme im Kern anders sein müssen als Sprache. Was macht also das Wesen von Diagrammen aus? Hängt es von der darzustellenden Information ab, ob man sie besser bildlich oder sprachlich darstellt?

In diesem Abschnitt, dem Hauptteil der Arbeit, werde ich mich mit dem Unterschied zwischen Sprache und Diagrammen beschäftigen, genauer gesagt, mit den Unterschieden zwischen linguistischen und piktoriellen Repräsentationen. Dazu werde ich zunächst einen kurzen historischen Blick auf die wichtigsten Repräsentations-Theorien der Kognitionswissenschaft werfen, bevor ich dann die wesentlichen Ansätze zur Unterscheidung der beiden Repräsentationsformen nacheinander durchgehen und besprechen will. Mein Literaturstudium hat mir gezeigt, daß ein Wissen um die Historie dieser Forschungsrichtung für das Verständnis der aktuellen Situation sehr hilfreich sein kann.

2.1 Historischer Rückblick[12]

Die Diskussion über mentale Repräsentationen von Informationen kann man von verschiedenen Seiten betrachten: von der kognitionspsychologischen Seite und von der Seite der KI. Die KI schöpfte in ihren Anfängen aus einem umfangreichen Reservoir, das die Logiker und Philosophen des 18. und 19. Jahrhunderts aufgebaut hatten. Bertrand Russell zeigte mit seinem Paradoxon der 'Menge aller Mengen, die sich nicht selbst enthalten', daß die Grundlage der modernen Mathematik, die Mengentheorie, grundsätzlich widersprüchlich ist. Damit lieferte er die Vorarbeiten zu dem berühmten Unvollständigkeitssatz von Kurt Gödel, der aussagt, daß formale Systeme, die mindestens die einfache Arithmetik umfassen, prinzipiell Widersprüche enthalten, die nicht auflösbar sind. Eine formale Universalsprache, in der man philosophische Streitigkeiten 'ausrechnen' konnte und die Leibniz noch erträumt hatte, war also von vornherein ausgeschlossen. Trotzdem hat der Ansatz, Wissen durch rein logik-basierte (also im Sinne dieser Arbeit linguistischer) Repräsentationen darzustellen, bis heute in der KI vorgeherrscht. Dies wurde gefördert durch etwas, das Jon Barwise und John Etchemendy die "logocentricity" der Mathematik nennen. Damit meinen sie die Weigerung der Mathematiker, Diagramme, Schaubilder oder irgendwelche anderen Darstellungsformen außerhalb der üblichen Notationen in formalen Beweisen zu akzeptieren.[13] Erst in den vergangenen Jahren gewannen alternative Repräsentationsformen an Gewicht. Neueste Ergebnisse belegen, daß Diagramme genauso strikt formalisiert und manipuliert werden können wie logische Formeln, und tragen somit zu der Renaissance piktorieller

[12]Dieser Abschnitt stützt sich im wesentlichen auf Sloman 1995, Anderson 1989, S. 22ff und Mohnhaupt 1992, Kapitel 2.2.

[13]Vergleiche Barwise/Etchemendy 1995, S. 212, wo auf die Hintergründe näher eingegangen wird. Zum aktuellen Stand der Logik-Diskussion vergleiche die Angaben in Mohnhaupt 1992, S. 74f.

Repräsentationsformen bei.[14]

Aus kognitionswissenschaftlicher Perspektive war die sogenannte 'Dual-Coding-Theorie' von Allan Paivio eine der Wegbereiterinnen für alternative Repräsentationsformen.[15] Sie geht davon aus, daß es im Kurzzeitgedächtnis im wesentlichen zwei unterschiedliche Repräsentationsformate gibt: eine sequentielle, eher sprachorientierte und eine räumliche, eher bildorientierte.[16] Zusätzlich bindet sie die erste Form an den Sprachverarbeitungsapparat des Menschen und die zweite an die visuellen Fähigkeiten. Wenn auch dieser letzte Punkt eher umstritten ist, so war die Theorie Paivios bahnbrechend für die Aufwertung piktorieller Repräsentationsformen. In den Jahren darauf haben viele Untersuchungen gezeigt, daß man mit räumlichen Repräsentationsformen die experimentellen Befunde sehr gut erklären kann.[17]

2.2 Unterschiede

Im folgenden werde ich die gängigsten in der Literatur genannten Unterschiede zwischen sprachlichen Äußerungen und Diagrammen vorstellen und diskutieren. Dabei will ich zuerst auf ein paar populäre Ansätze eingehen, die sich auf den zweiten Blick als problematisch erweisen werden, um anschließend die meiner Meinung nach fundamentaleren Unterschiede darzustellen. Obwohl die einzelnen Aspekte untereinander eng verwoben sind, will ich sie dennoch jeweils einzeln betrachten, werde sie jedoch durch Verweise untereinander verknüpfen, um die Zusammenhänge deutlich zu machen. Die Kernpunkte der zu überprüfenden Thesen sind folgende:

- Sprache ist eindimensional, Diagramme sind zweidimensional.
- Diagramme sind nicht nur aus Sprachzeichen zusammengesetzt.
- Diagramme sind kontinuierlich und besitzen keine Kompositionalität.
- Diagramme muß man nicht lesen lernen.
- Diagramme erhalten räumliche Relationen im Dargestellten (Isomorphismus-These).
- Diagramme nutzen Eigenschaften ihres Mediums aus.

$$\boxed{\text{Zeichen} = \begin{cases} \text{Ikon} \\ \text{Index} \\ \text{Symbol} \end{cases}}$$

Abbildung 2:

[14] Zwei dieser Untersuchungen sind Shin 1994 und Hammer 1995.

[15] Paivio 1971

[16] Anderson zählt beide zu den wahrnehmungsmäßigen Wissensrepräsentationen und nennt die ersteren "linearen Ordnungen" und die letzteren die "räumlichen Vorstellungsbilder." (Anderson 1989, Kapitel 4) Die linearen Ordnungen liegen in einer Grauzone zwischen piktoriellen und linguistischen Repräsentationen, da sie Merkmale beider Klassen besitzen.

[17] Vergleiche dazu Anderson 1989, S. 80ff.

Sprache ist eindimensional, Diagramme sind zweidimensional

Abbildung 2 zeigt ein einfaches Beispieldiagramm.[18] Das textuelle Pendant dazu könnte etwa heißen: 'Ein Zeichen ist entweder ein Ikon, ein Index oder ein Symbol.' Was macht Abbildung 2 zum Diagramm und den Satz zum Satz? Eine einfache Erklärung wäre, daß das Diagramm im Gegensatz zur Schrift immer zweidimensional ist.

Was bedeutet in diesem Zusammenhang 'eindimensional'? Meinem Verständnis nach spielt dieser Begriff auf die Linearität der Sprache an, meint also die "eindimensionale Aufeinanderfolge, das zeitliche Nacheinander sprachlicher Einheiten (Laute, Wörter, Sätze) im Kommunikationsprozeß."[19] Doch ist geschriebene Sprache tatsächlich immer eindimensional?

Die Mathematiker benutzen oft und gerne Indizes zur Bezeichnung von Variablen. So könnte beispielsweise '$x_i^{(j)}$' den i-ten Eintrag im Vektor $x^{(j)}$ benennen. Intuitiv würde man ein solches Konstrukt nicht als Diagramm klassifizieren, obwohl hier der lineare Charakter der Sprache (wenigstens auf dem Papier) kurzzeitig umgangen wird. Deutlicher wird es in ganz gewöhnlichen Texten, wenn es zum Beispiel um die satztechnische Hervorhebung von Aufzählungen geht. Abbildung 3 zeigt das schriftiche Pendant zu Abbildung 2 als hervorgehobene Aufzählung. Durch die horizontale Ausrichtung der Wörter auf die gleiche vertikale Linie erhält der Satz eine deutliche zweidimensionale Komponente, ohne als Diagramm zu gelten.

Ein Zeichen ist entweder

- ein Ikon,
- ein Index oder
- ein Symbol.

Abbildung 3:

Zur Rehabilitation der Sprachtheoretiker muß man anmerken, daß die eigentliche Linearität der Sprache nach wie vor unbestritten ist und durch diese Beispiele nicht widerlegt wird. Erstens geht es hier um geschriebene Sprache, also nicht um Sprache im allgemeinen, und zweitens lassen sich die obigen Beispiele in durchaus eindeutiger Weise auch rein linear ausdrücken. Doch sie zeigen auch, daß das Unterscheidungsmerkmal 'Linearität' etwas oberflächlich ist, um hierdurch eine klare Grenze zu ziehen. Dies wird umso deutlicher, wenn man sich eindimensionale Diagramme vergegenwärtigt. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel, welches die relativen Entfernungen der Planeten Erde, Mond und Mars ausdrücken soll.[20] Intuitiv würde jeder diese Abbildung als Diagramm klassifizieren, und doch ist sie eindimensional.

Unbefriedigend ist zudem die ungenaue bedeutungsmäßige Abgrenzung der Begriffe 'linear,' 'eindimensional' und 'zweidimensional,' die bei der Nennung zweidimensionaler

[18] Das Beispiel stammt aus Hammer 1995, S. 2 und geht auf Pierce zurück. Der Klarheit halber habe ich manche der folgenden Abbildungen mit einem einfachen Rahmen versehen, der die Grenzen des Diagramms anzeigen soll.

[19] Bußmann 1990, S. 458

[20] Das Beispiel ist wieder Hammer 1995, S. 2 entlehnt.

Erde — Mond ——————— Mars

Abbildung 4:

Satzbeispiele anklang. Diese Ungenauigkeit deutet darauf hin, daß sich hinter den gemeinten Eigenschaften mehr verbirgt, als bei der gerade erfolgten Diskussion der eher oberflächlich gemeinten Unterscheidung zu Tage getreten ist. Ich werde auf den Kern dieses Argumentes noch zurückkommen müssen.

Diagramme sind nicht nur aus Sprachzeichen zusammengesetzt

Anhand der eben vorgetragenen Beispiele könnte man zu der Überzeugung kommen, geschriebene Sprache und Diagramme unterschieden sich dahingehend, daß in den Diagrammen geschweifte Klammern, Striche oder sonstige Konstruktionen auftauchen, die nicht als sprachliche Zeichen im eigentlichen Sinne klassifiziert werden können. Diese These möchte ich wieder anhand eines Beispiels diskutieren.

Abbildung 5 zeigt vier unterschiedliche Repräsentationen für die Tatsache, daß drei Personen (Alexandra, Bettina und Charly) in einer bestimmten Reihenfolge auf einer Bank sitzen.[21] Die Symbole Dreieck, Kreis und Quadrat stehen für die Personen Alexandra, Bettina und Charly, die Teile (b) und (d) sind stilisierte Ausdrücke der Aussagenlogik mit einem zweistelligen Prädikat *rechts_von* (wobei '$\wedge$' das logische UND bezeichnet). Welche dieser vier Repräsentationen würden wir als Diagramme klassifizieren?

(a) △ ○ □

(b) *rechts_von*(Charly, Bettina) $\wedge$ *rechts_von*(Bettina, Alexandra)

(c) Alexandra Bettina Charly

(d) *rechts_von*(□, ○) $\wedge$ *rechts_von*(○, △)

Abbildung 5:

Meinem intuitiven Verständnis zufolge würde ich (a) und (c) als Diagramme bezeichnen, während ich (b) und (d) den linguistischen Repräsentationen zurechnete. Sind nun die geometrischen Figuren Dreieck, Kreis und Quadrat Zeichen im eigentlichen Sinne? Einerseits ist ihre Bedeutungszuordnung durch die obige Vereinbarung arbiträr, doch sind sie nur eingeschränkt konventionell. Zu Abbildung 5(c) muß man weniger erklären als zu Teil (a), weil die Bedeutung der drei Symbole nicht weiter geklärt werden muß. Aber ist hier das Prädikat *rechts_von* konventionell? Es ist dies nicht ganz, weil vielen Personen die Prädikatsscheribweise der Logik nicht vertraut ist, aber dennoch ist es in stärkerem Maße konventionell als ein Quadrat, weil wir allein

[21] Das Beispiel entstammt Shin 1994, S. 156f und wurde etwas aufbereitet.

mit der Bezeichnung eine Semantik assoziieren.

Die Diskussion zeigt, daß piktorielle Repräsentationen auch Elemente enthalten können, die Sprachzeichen im eigentlichen Sinne sind. Außerdem gibt es viele Notationen, die wir als linguistische Repräsentationen bezeichnen würden und in denen wir kaum ein einzelnes Zeichen verstehen (die Mathematik und Physik wimmelt davon). Der Unterschied muß also woanders gesucht werden.

Diagramme sind kontinuierlich und besitzen keine Kompositionalität

Mit dem vorhergehenden Argument verwandt ist die Behauptung, Diagramme seien kontinuierlich, womit das Gegenteil von 'diskret' ausgedrückt werden soll. Herkömmliche Sätze lassen sich zergliedern in Wörter, Silben, Buchstaben, sind demnach eine trennbare Aneinanderreihung von Symbolen (im Sinne der KI), die mittels Regeln der Syntax und der Wortbildung zusammengesetzt sind. Diagramme haben oft eine räumliche Struktur, die beispielsweise im Falle von Landkarten schwerlich diskretisierbar ist. Das heißt aber nicht, daß dies immer der Fall sein muß. Abbildung 2 auf Seite 7 stellt ein Gegenbeispiel dar. Könnte das Kriterium der Kontinuierlichkeit aber vielleicht trotzdem ein *hinreichendes* Merkmal für Diagramme sein?

Die Erwähnung der Syntax ist — wie sich zeigen wird — ein Punkt, der sich lohnt, weiterbetrachtet zu werden. Linguistische Repräsentationen gehorchen einer endlichen Menge von Bildungsregeln, mit denen man unendlich viele Sprachkonstrukte ableiten kann. Gibt es auch eine Syntax bei Diagrammen, eine Art 'Bildsprache'? Der Punkt, auf den diese Betrachtungen hinführen, ist das sogenannte *Kompositionalitätsprinzip*. Es besagt, daß sich die "Gesamtbedeutung eines Satzes in funktionaler Abhängigkeit von den Bedeutungen seiner wohlgeformten Teile beschreiben läßt."[22] Die Syntax spielt demnach eine zentrale Rolle bei der Ermittlung der Satzbedeutung. Bei Diagrammen wäre die Benennung einer konkreten Syntax vermutlich der Schlüssel zu der in ihrem Aufbau steckenden Aussagekraft. Doch während es einige Diagramme gibt, die eindeutig zerlegt werden können, so bestehen doch berechtigte Zweifel daran, daß dies bei beliebigen piktoriellen Repräsentationen möglich ist. Jedenfalls ist es noch nicht gelungen, Methoden und Regeln zur eindeutigen Zerlegung beliebiger Diagramme anzugeben, die es — wie die Syntax der Sprache — erlauben, wohlgeformte Teile der Darstellung gegen beliebige andere Teile der gleichen syntaktischen Klasse auszutauschen ohne das Ganze zu ruinieren oder leere Stellen zu hinterlassen.[23] Ob das an der Natur dieser Repräsentationsform liegt oder bisher nur noch niemand auf die richtige Idee gekommen ist, bleibt offen. Möglicherweise aber geben die nächsten Punkte auch hierzu näheren Aufschluß.

Diagramme muß man nicht lesen lernen

Es ist interessant, wie wenig man Betrachtern von guten Diagrammen sagen muß, damit sie die darin enthaltenen Informationen begreifen. Viele Diagramme, wie zum Beispiel eine Straßenkarte von Shanghai, sind nahezu selbsterklärend, und das, auch wenn die Straßennamen möglicherweise auf Chinesisch dargestellt sind. Dies steht ganz

[22] Bußmann 1990, S. 402

[23] Vergleiche Sloman 1995, S. 15.

im Gegensatz zur natürlichen Sprache, bei der jedes einzelne Wort konventionell ist. Wie steht es also mit der Konventionalität von Diagrammen?

Bei der Betrachtung der Sprachzeichen in Diagrammen weiter oben bin ich bereits auf den Begriff der Konventionalität im Zusammenhang mit diesem Thema eingegangen und möchte nochmal auf die dort (Seite 9) benutzten Beispiele in Abbildung 5 zurückkommen. Wenn man einer Person die Sitzreihenfolge von Alexandra, Bettina und Charly mitteilen wollte, so könnte man einfach ein Foto von der Situation auf der Bank machen und dies vorzeigen. Hierzu sind keine Konventionen nötig. Betrachtet man die Beispiele (a) und (c), dann benötigt man lediglich eine Vereinbarung darüber, wofür die drei 'Zeichen' (Dreieck, Kreis, Quadrat auf der einen und die Namen der Personen auf der anderen Seite) stehen. In (b) und (d) muß man zusätzlich noch die Bedeutung des Prädikates *rechts_von* und der logischen Verknüpfung '$\wedge$' wissen. Sun-Joo Shin hat in diesem Zusammenhang folgende Vermutung:

> "The more similar to reality a mode of representation is, the less conventional it is. This suggestion is related to one of our naive distinctions between pictures and words, which says that words denote objects by convention and pictures or diagrams by similarity."[24]

Doch was bedeutet hier genau *more similar to reality*[25]? Shin schlägt vor, stattdessen die Abhängigkeit einer Repräsentation von den natürlichen Fähigkeiten unserer (visuellen) Wahrnehmung zu betrachten:

> "The fact that a picture relies on our perceptual abilities more than a diagram or symbol is closely related to our intuition that a picture is more similar to reality than a diagram or symbol. [...] diagrams rely on our perceptual inferences more than linguistic texts do."[26]

Das heißt, es ist nicht richtig zu sagen, Diagramme enthielten überhaupt keine Konventionalität, sie ist weiterhin vorhanden, nur in einem weniger starken Ausmaß. Sie schwindet in dem gleichen Maße, wie die Informationen aus dem Diagramm 'direkt' über den Wahrnehmungsapparat des Menschen erfaßt werden können. Simon und Larkin merken jedoch an, daß nur 'gute' Diagramme diese Tatsache nutzen. Es heißt nicht automatisch, daß ein Diagramm besser ist als ein Text mit 10.000 Worten. Die Kodierung der wesentlichen Information muß auf die Wahrnehmungsfähigkeit des Empfängers zugeschnitten sein.[27] Und hier wird es Zeit, daß ein zuvor behandeltes Problem nochmals betrachtet wird.

Diagramme erhalten räumliche Relationen im Dargestellten (Isomorphismus-These)

Man ist versucht, in der Überleitung vom letzten Abschnitt zu diesem das eigentlich schon behandelte Merkmal 'Zweidimensionalität' aus der Versenkung zu holen und wie-

[24] Shin 1994, S. 158

[25] Die Frage zu behandeln, warum eine Photographie der Szene auf der Bank der Wirklichkeit ähnlicher ist als ein gezeichnetes Diagramm, geht weit über das Ziel dieser Arbeit hinaus und soll hier nicht weiter behandelt werden.

[26] Shin 1994, S. 159

[27] Vergleiche Larkin/Simon 1995, S. 107f.

derzubeleben. Das ist aber durchaus legitim, war doch der Kern der dortigen Aussage dort nicht befriedigend behandelt worden.[28]

Es ist häufig angemerkt worden, daß Diagramme in ihrem Aufbau eine natürliche Ähnlichkeit mit der Wirklichkeit haben: Baupläne und topographische Karten spiegeln (in verkleinertem Maßstab) direkte räumliche Relationen der Wirklichkeit wider. Das 'Erde/Mond/Mars'-Beispiel (Seite 9) und das 'Bank'-Beispiel (Seite 9) erhalten im Gegensatz zur Sprache auf dem Papier diejenigen Relationen, die für den Betrachter wesentlich sind. Dies ist der in der Literatur am häufigsten vermutete Unterschied zwischen piktoriellen und linguistischen Repräsentationen. Hammer nennt dies die "Isomorphismus-These" (*isomorphism thesis*[29]).

Der Begriff des 'Isomorphismus' ist in diesem Zusammenhang der Algebra (und nicht der Chemie) entlehnt. Dort bezeichnet er eine umkehrbar eindeutige Abbildung von einer algebraischen Struktur auf eine andere. Das heißt: Zwei Objekte sind in einem Aspekt ihrer Struktur gleich, wenn zwischen ihnen ein Isomophismus existiert. Die wörtliche Übersetzung aus dem Griechischen wäre etwa 'Gleichgestaltigkeit' (von *isos* = gleich und *morphe* = Gestalt). Die Frage, die nun untersucht werden soll, lautet: Wie sieht es also aus mit der strukturellen Ähnlichkeit von Diagramm und den darin enthaltenen Informationen?

Ein erster Ansatz (wie er durch die konkrete Formulierung der These nahegelegt wird) wäre, die im Diagramm enthaltenen räumlichen Relationen zu untersuchen. Im Falle von topographischen Karten oder Bauplänen ist diese Eigenschaft tatsächlich gegeben: Die Struktur des Diagramms erhält die realen räumlichen Relationen des Dargestellten. Was sich im Diagramm direkt nebeneinander befindet, ist es in der Wirklichkeit auch. Dies gilt aber nur für die jeweils wesentlichen Dimensionen, die das Diagramm zu kodieren versucht. Zwei schmale Bergstraßen mögen auf der Landkarte sehr eng aneinander vorbeiführen, während sie in Wirklichkeit durch mehrere hundert Höhenmeter getrennt sind. Es werden also nicht alle Relationen erhalten. Doch muß diese Strukturerhaltung immer räumlich sein?

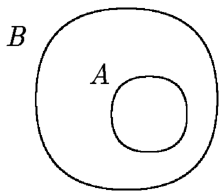

Abbildung 6:

Hammer bringt zwei weitere Beispiele, die in den Abbildungen 6 und 7 zu sehen sind.[30] Abbildung 6 zeigt ein sogenanntes Euler-Diagramm, welches aussagt, daß alle Elemente der Menge A auch Elemente der Menge B sind. In diesem Diagramm ist eine abstrakte Beziehung zwischen zwei Mengen dargestellt, die keine echte physikalische Entsprechung hat. Abbildung 7 repräsentiert ein einfaches elektronisches Schaltnetz mit einer Spannungsquelle, die mit '6 V' bezeichnet ist, einem Widerstand (Bezeich-

[28] Siehe Seite 8.

[29] Vergleiche Hammer 1995, S. 3.

[30] Vergleiche Hammer 1995, S. 8f.

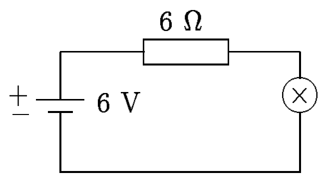

Abbildung 7:

nung '6 Ω') und einer Glühlampe, die durch einen elektrischen Leiter verbunden sind. Die Struktur, die durch dieses Diagramm erhalten ist, entspricht der physikalischen Verkabelung der Komponenten untereinander. Die tatsächliche räumliche Plazierung der Bauteile wird nicht dargestellt. Eine andere Relation wird sozusagen 'räumlich gemacht.'

Doch wie isomorph sind Diagramme mit dem, was sie darstellen sollen? Aaron Sloman bringt ein interessantes Beispiel, welches aus dem Gebiet der maschinellen Bildverarbeitung stammt und in Abbildung 8 dargestellt ist.[31] Dort wird ein Quader mittels Gitternetzlinien repräsentiert. Nun ist aber der reale Quader dreidimensional, und die beiden Punkte, an denen sich jeweils zwei Linien kreuzen, sind in Wahrheit gar keine Kreuzungspunkte. Hier schneiden sich die in die Ebene projizierten Linien. Wie kann man da noch von Isomorphie sprechen? Solche Fragen bereiten den Forschern auf diesem Gebiet große Probleme, denn die Unterscheidung, ob ein Punkt ein Kreuzungspunkt ist oder nicht, verlangt eine Interpretation des Diagramms. Dies ist jedoch wieder schwierig zu fassen, und in der Praxis behilft man sich damit, mit möglichst unzweideutigen Repräsentationen zu arbeiten.[32]

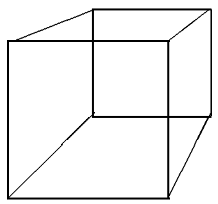

Abbildung 8:

Hier kommt wieder die Konventionalität ins Spiel: Selbst die klarsten Diagramme verlangen vom Beobachter eine Interpretation. Hubert Zimmer schreibt dazu treffend:

> Die Wahrnehmung ist ein konstruktiver Akt, und im Zuge dieses Aktes bestimmt der Betrachter die Interpretation des Wahrgenommenen.[33]

[31] Vergleiche Sloman 1995, S. 16, das Diagramm stammt von mir.

[32] Als gutes Beispiel dient hier der Artikel von Brian Funt (Funt 1980), der bereits im Rahmen des Seminarvortrages vorgestellt wurde und einer der wichtigsten frühen Beiträge auf diesem Gebiet ist. Letzteres wird dadurch deutlich, daß er in dem neuen und wertvollen Sammelband Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995 neu abgedruckt ist. Der Autor Funt selber hat sich allerdings interessanterweise mittlerweile anderen Themen zugewandt, siehe zum Beispiel Ho/Funt/Drew 1992.

[33] Zimmer 1983, S. 54

Etwas spitzfindig muß ich dieses Zitat fast noch verstärken und sagen: Wahrnehmung ist *immer* ein konstruktiver Akt. Der Vorteil von piktoriellen Repräsentationen ist, daß die Wahl der Interpretation durch unsere Wahrnehmungsfähigkeit eingeschränkt wird. Wenn ein Objekt A im Diagramm *über* einem Objekt B angeordnet ist, dann kann ich es nicht interpretieren, als läge A *unter* B. Dies steht im Zusammenhang mit der Tatsache, daß ich Probleme habe, einen quadratischen Kreis zu *malen*, während ich dieses Objekt ohne Probleme *mit Sprache beschreiben* kann.[34] Meinem Gefühl nach ist man dem Kern der Unterscheidung von Sprache und Diagrammen hier sehr nahe. Der folgende Abschnitt soll diese Annahme untermauern.

Diagramme nutzen Eigenschaften ihres Mediums aus

Im vorhergehenden Abschnitt wurde deutlich, daß Diagramme die semantisch wesentlichen Aspekte des Dargestellten durch ihre eigene 'Syntax' ausdrücken. Doch dies reicht noch nicht aus, um Diagramme von Sprache abzugrenzen. Denn wie schon bei der Diskussion der Kompositionalität gesagt wurde, ist diese Kompositionalität auch bei linguistischen Repräsentationen der Fall. Doch abgesehen davon, ob es jemals möglich sein wird, eine Bild-Syntax aufzustellen, so ist doch bei piktoriellen Repräsentationen entscheidend, daß sie untrennbar mit dem Medium verbunden sind, welches sie trägt. Ihre Ausdruckskraft beruht darauf, daß sie Eigenschaften des Mediums ausnutzen, um bestimmte Eigenschaften des Dargestellten zu repräsentieren, und keine linguistischen Symbole.[35]

2.3 Wofür sind piktorielle Repräsentationen prädestiniert?

An dieser Stelle ist ein kleiner Einschub passend: Diagramme eignen sich gut zur Repräsentation räumlicher Strukturen. Wofür eignen sie sich noch? Sun-Joo Shin hat in ihrer Arbeit über die Formalisierung piktorieller Darstellungen von Logik untersucht, welche Art von logischen Verknüpfungen wirkungsvoll mittels Diagrammen dargestellt werden können und welche nicht. Da dies eine interessante Ergänzung der bis jetzt vorgetragenen Ergebnisse sein kann, will ich die wesentlichen Punkte ihrer Untersuchung hier kurz vortragen.[36]

Am Beispiel der drei Personen auf einer Bank (Abbildung 5 auf Seite 9) betrachtet sie die Darstellung konjunktiv (= logisch UND-) verknüpfter Informationen. Sagen wir, Alexandra setzt sich zuerst auf die anfangs leere Bank. Dann kommt Bettina und setzt sich (aus der Perspektive des Betrachters) rechts von Alexandra ebenfalls auf die Bank. Anschließend kommt Charly und plaziert sich rechts von Bettina. Die zwei Informationen, die hier UND-verknüpft werden, sind: Bettina sitzt rechts von Alexandra, und Charly sitzt rechts von Bettina. In den piktoriellen Repräsentationen der angegebenen Abbildung erfolgte diese Verknüpfung einfach durch das 'Hinmalen' dieser beiden Fakten in dasselbe Diagramm. Im Falle der linguistischen Repräsentationen mußte ein neues Symbol '$\wedge$' eingeführt werden. Doch was noch viel wichtiger ist: Das Diagramm erlaubt es uns augenblicklich zu sagen, daß Charly auch rechts von Alexandra sitzt,

[34] Vergleiche Sloman 1995, S. 12.

[35] Hiermit werden piktorielle Repräsentationen zu dem, was Sloman als *analogical representations* bereits 1971 eingeführt hat (siehe Sloman 1971, zitiert nach Sloman 1995, S. 13).

[36] Vergleiche Shin 1994, S. 160ff.

während dies im Falle der linguistischen Darstellung einer zusätzlichen gedanklichen Arbeit bedarf.[37]

Eng damit verbunden ist die Tatsache, daß Negationen und Widersprüche in Diagrammen sehr schwer dargestellt werden können, bzw. unsere Intuition eines Diagrammes verletzen würden. Das Bank-Beispiel kann nämlich auf die folgende Art und Weise fortgesetzt werden: Alexandra wird instruiert, sich rechts von Charly auf die Bank zu setzen. Die Instruktionen an die anderen beiden Personen bleiben unverändert. Das entstehende Diagramm könnte kaum gezeichnet werden, da Alexandra mehrmals darin vorkommen müßte, was unserer Intuition von einem Diagramm widerspricht, denn Alexandra gibt es nur ein Mal, und so darf das Symbol für Alexandra nur ein Mal im Diagramm erscheinen. Widersprüche werden also durch die Repräsentationsform von vornherein vermieden, weil sie sehr einfach erkannt werden können. Dies ist beispielsweise auch der Grund, warum wir bei der Planung von Terminen auch eine diagrammartige Darstellung benutzen: Eine Terminüberschneidung ist peinlich und sollte möglichst ausgeschlossen werden.

3 Zusammenfassung und Diskussion

Ich habe in dieser Arbeit versucht, den Unterschied zwischen piktoriellen und linguistischen Repräsentationen näher zu beleuchten. Dabei habe ich, nach der Klärung der Terminologie, die meiner Meinung nach wichtigsten Unterschiede diskutiert und untersucht, wofür piktorielle Repräsentationen sich besonders gut eignen. Man könnte jetzt fragen: Welche Repräsentation ist denn generell besser? Und welche der beiden Repräsentationen wird denn nun tatsächlich in unserem Kopf benutzt? In diesem letzten Abschnitt will ich diese Fragen aufgreifen und den Inhalt dieser Arbeit wieder in den Rahmen des Forschungsgebietes einordnen.

3.1 Mentale Bilder und ihr Status

Es ist schon gesagt worden, daß es in der Kognitionswissenschaft und in der Wissenschaft generell einen Streit darüber gab, ob piktorielle Repräsentationen einen Platz unter den anerkannten formalen Werkzeugen haben oder nicht.[38] Dies war ein Indiz dafür, daß man sich die im Kopf gespeicherte Information in Form von propositionalen, also linguistischen Repräsentationen vorstellte, weil diese einfach 'besser' waren. Tatsache ist nun aber einmal, daß Versuchspersonen in psychologischen Experimenten (und wir aus unserer eigenen Erfahrung heraus) über 'mentale Bilder' berichten können, mit denen wir uns an Dinge oder Sachverhalte erinnern oder Probleme lösen. Diese Diskussion um die 'bessere' Repräsentation ist aber sinnlos, da wir doch wissen, wie die

[37] Piktorielle Repräsentationen spielten gerade dann ihre Stärke aus, schreibt Shin, wenn die in ihnen dargestellten Relationen bestimmte mathematische Eigenschaften haben:

> "For example, transitive, symmetric, or asymmetric relations are represented in a perceptually obvious way when more than one piece of information is added. We know this convenience very well. This is one of the main reasons why we use pictures and diagrams as a heuristic tool and why we transform a linguistic text to a diagram, for example, when we solve problems on the Graduate Record Exam." (Shin 1994, S. 165)

[38] Siehe Seite 6.

Informationen im Kopf kodiert sind: als neuronales Aktivitätsmuster.[39] Die eigentliche Diskussion dreht sich also darum, wie man dieses Aktivitätsmuster am besten beschreiben kann, nicht um die Frage, was es ist. Wenn R das neuronale Aktivitätsmuster ist, welche unser Gefühl für ein mentales Bild wachgerufen hat, dann schreiben Glasgow, Narayanan und Chandrasekaran:

> "[...]our point here is that the debate is about the appropriate descriptive language. It makes no sense to ask if R is a picture or a set of propositions: R is a neural pattern."[40]

Mit den Fortschritten in der Neuro-Medizin wird man möglicherweise irgendwann sagen können, daß R am ehesten als Bild zu interpretieren ist; doch zu sagen, R ist ein Bild, ist einfach falsch.

3.2 Über die 'Effizienz' von Repräsentationen

Die Kognitionswissenschaft ist angetreten, um mittels Modellbildung Aussagen über die konkreten Abläufe im Gehirn zu machen. Man will das menschliche Denken, Schließen und Problemlösen verstehen lernen, und zwar durchaus mit dem Hintergedanken, die Ergebnisse auch bei der Umsetzung in technische Systeme zu verwenden, Maschinen dadurch intelligenter, aber vor allem benutzbarer und hilfreicher zu machen. Ein zentraler Bestandteil ist immer die Fähigkeit zur *Inferenz* gewesen, also aus einer Menge von expliziter Information, implizit darin enthaltene Informationen zu erkennen.[41] Es wird oft behauptet, daß bildhaftes Schließen, also die Inferenz mit Hilfe piktorieller Repräsentationen, in manchen Situationen effizienter ist als herkömmliches Schließen in der Logik, und experimentelle Untersuchungen sowohl mit Menschen[42] als auch mit Maschinen[43] scheinen diesem Recht zu geben. Doch es ist sehr fraglich, ob sich die experimentellen Ergebnisse vom Menschen einfach auf den Rechner übertragen lassen. Die tatsächliche Effizienz hängt nämlich nicht nur von der gewählten Repräsentation und den darauf ausgeführten Manipulationsfunktionen ab, sondern auch von den Eigenschaften und Fähigkeiten der Akteure, die dieses Schließen ausführen:

> "For example, visual or spatial reasoning processes that introspectively seem very simple and efficient for the human brain may actually make use of enormously 'expensive' computations performed by vast numbers of neurons working in parallel."[44]

3.3 Zusammenfassung

Ich habe in dieser Arbeit die Unterschiede von linguistischen und piktoriellen Repräsentationen untersucht. Dabei bin ich zu dem Schluß gekommen, daß piktorielle Repräsentationen (also beispielsweise Diagramme) untrennbar mit dem Medium verbunden sind,

[39] Glasgow, Narayanan und Chandrasekaran sprechen von einem *neural pattern of activation* (Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995, S. xviii).
[40] Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995, S. xviii
[41] Vergleiche Barwise/Etchemendy 1995, S. 212.
[42] Vergleiche Anderson 1989, S. 82ff.
[43] Vergleiche Funt 1980.
[44] Sloman 1995, S. 13

das sie trägt. Zwar hat die Sprache auch einen Bezug zum Medium, doch ist sie nicht in der Lage, die zusätzlichen Ausdrucksmöglichkeiten des Mediums zu nutzen, die über einen reinen linearen Charakter hinausgehen. Insofern kann man von linguistischen Repräsentationen vielleicht als einem 'kleinsten gemeinsamen Nenner' der Repräsentationsformen sprechen: Wo keine Linearität möglich ist, weil entweder keine Raumdimension oder keine Zeitdimension vorhanden ist, dort ist keine Repräsentation und damit letztlich auch keine Kommunikation möglich. Sprache ist in diesem Sinne also universell, man kann sie immer zur Kommunikation verwenden, wenn Kommunikation möglich ist. Diagramme hingegen sind gebunden, man kann sie nicht einfach von ihrem Medium ablösen und in ein beliebiges anderes Medium hineinsetzen. Genau das ist aber oft ihr Vorteil.

Was zeichnet Diagrammen darüberhinaus noch vor der Sprache aus? Einige Punkte, die bisher nicht in dieser Arbeit angeklungen sind, finde ich zusätzlich noch bemerkenswert. Dazu gehört beispielsweise die Tatsache, daß die Diagramme, die wir uns selbst im Zuge einer Erklärung oder bei der Lösung eines Problems machen, inhärent ungenau, wackelig, *ad hoc* sind, also eine "Vagheit"[45] besitzen. Diese Vagheit beruht (zumeist) nicht etwa auf mangelnden Zeichenkünsten, sondern spielt eine funktionale Rolle bei der Lösung des Problems. Sie ermöglicht es uns nämlich, Teile aus dem Diagramm auszusparen, die nicht wichtig sind, oder die wir einfach noch nicht wissen. Es ist dies, was Sloman die *heuristic power* dieser Repräsentationsform nennt.[46]

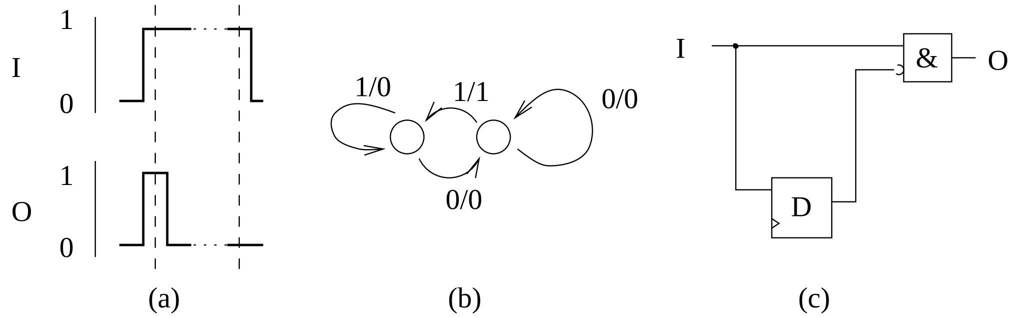

Abbildung 9: Verschiedene Darstellungen eines einfachen elektronischen Bauteils (eines *unit pulsers*, aus Barwise/Etchemendy 1995, S. 217).

Bemerkenswert finde ich auch den Ansatz, der von Barwise und Etchemendy vertreten wird. Sie schließen von vornherein aus, daß es eine 'wahre' Repräsentation gibt, sondern betonen, daß jede Form von Problemlösen und Wissensspeicherung eine Vielzahl von verschiedenen Repräsentationsformen enthält, die zusammenwirken.[47] Als Beispiele bringen sie drei Diagramme aus dem Gebiet des Chip-Entwurfs (siehe Abbildung 9). Jedes dieser drei Diagramme repräsentiert in wirkungsvoller Weise einen unterschiedlichen Aspekt eines sehr einfachen elektronischen Gatters: (a) das zeitliche Verhalten der Ein- und Ausgabevariablen, (b) die Struktur der Zustandsübergänge

[45] Vergleiche Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995, S. xxv.

[46] Vergleiche Sloman 1995, S. 12; dies hängt vermutlich mit Punkten zusammen, die bei der Behandlung der Isomorphismus-These genannt worden sind.

[47] "Efficient reasoning is, we believe, inescapably heterogeneous (or 'hybrid') in nature." (Barwise/Etchemendy 1995, S. 212).

innerhalb des Gatters, und (c) den tatsächlichen Schaltplan. Niemand benutzt ein und dieselbe Repräsentation für alle drei Aspekte. Zur Untermauerung ihrer These schreiben sie:

> "The world is a complex, multi-dimensional affair. Besides the four dimensions of space and time, there are other dimensions as well where other relations most naturally reside. The regularities that we want to exploit reside in and across these dimensions. There just aren't enough regularities in two-space (or three- or four-space) to go around to devise a universal [...] representation system."[48]

Unterstützt wird dies dadurch, daß in den praktischen Arbeiten bei der Verwendung piktorieller Repräsentationen immer andere, teilweise auch unterschiedliche Repräsentationen gleichzeitig verwendet wurde.[49]

Es ist durchaus möglich, daß das Gehirn ähnlich arbeitet und sich für jedes Problem eine neue Form von Repräsentation macht. Informell gesprochen ist es ja manchmal auch so, daß wir das als Repräsentation nutzen, was wir sehen, etwa, wenn wir einen großen Sessel durch eine Tür bugsieren wollen und in Gedanken den Sessel drehen und wenden, um zu überprüfen, ob er durchpassen könnte.[50] Doch die Probleme, die hinter diesen ganzen Vermutungen stecken, sind vermutlich sehr viel komplexer, als viele Leute denken. Aaron Sloman äußert daher zu Recht die Vermutung, daß noch viele Jahre vergehen werden, bis es Repräsentationen geben wird, die eine ähnliche Flexibilität und Ausdruckskraft hervorbringen, die mit dem menschlichen Gehirn konkurrieren können:[51]

> "I suspect that there are still many new forms of representation waiting to be discovered, all with their own syntax and forms of transformation suited to particular subject domains and types of problems. In particular I believe that attempts to understand and replicate human-like *visual* capabilities will not succeed without some radically new forms of representation that integrate information about spatial structure and motion with information about possible changes, causal relations, and functional roles in a deep way."[52]

[48] Barwise/Etchemendy 1995, S. 216
[49] Vergleiche Iwasaki 1995, S.660ff und Funt 1980.
[50] Vergleiche Sloman 1995, S. 16f.
[51] Vergleiche Sloman 1995a, S. 5.
[52] Sloman 1995, S. 15

Literatur

[Allwein/Barwise 1996] Gerard Allwein und Jon Barwise: *Logical reasoning with diagrams.* Oxford, Oxford University Press, 1996.

[Anderson 1989] John R. Anderson: *Kognitive Psychologie: eine Einführung.* Heidelberg, Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft, ^{2}1989.

[Barwise/Etchemendy 1994] Jon Barwise und John Etchemendy: *Hyperproof.* Stanford, CSLI Press, 1994 (= CSLI lecture notes 42).

[Barwise/Etchemendy 1995] Jon Barwise und John Etchemendy: *Heterogeneous Logic.* Seiten 211–234 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995.

[Bingi/Khazanchi/Yadav 1992] R. Bingi, D. Khazanchi und S.B. Yadav: *A framework for the comparative analysis and evaluation of knowledge representation schemes.* In: Information Processing and Management, Band 31, Nummer 2, März/April 1996, Seiten 233–247.

[Bußmann 1990] Hadumod Bußmann: *Lexikon der Sprachwissenschaft.* Stuttgart, Kröner, ^{2}1990.

[Funt 1980] Brian V. Funt: *Problem Solving with Diagrammatic Representations.* In: Artificial Intelligence, Band 13, 1980, Seiten 201–230. Neuabgedruckt als Seiten 33–68 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995.

[Gärtner/Romanowski 1995] Felix Gärtner und Susanne Romanowski: *Wege in der Bedeutungsanalyse.* Hausarbeit im Hauptseminar 'Semantik' im Wintersemester 1995/96 bei Professor Franz Hebel am Institut für Sprach- und Literaturwissenschaften der TH Darmstadt. Erhältlich im Internet unter `http://www.student.informatik.th-darmstadt.de/ theedge/publications/ bedeutungsanalyse.html`.

[Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995] Janice Glasgow, N. Hari Narayanan und B. Chandrasekaran (Hrsg.): *Diagrammatic reasoning: cognitive and computational perspectives.* Menlo Park, Kalifornien, AAAI Press, 1995.

[Goel 1995] Vinud Goel: *Sketches of Thought.* Cambridge (USA), MIT Press, 1995.

[Hammer 1995] Eric M. Hammer: *Logic and visual information.* Center for the Study of Language and Information (Reihe *Studies in logic, language, and information*), Stanford, USA, 1995.

[Healy/Shafer/Wolff 1992] G.E. Healy, S.A. Shafer und L.B. Wolff (Hrsg.): *Color – physics-based vision: principles and practice.* Boston, Jones & Bartlett, 1992.

[Ho/Funt/Drew 1992] J. Ho, B.V. Funt und M.S. Drew: *Separating a color signal into illumination and surface reflectance components.* Seiten 272–283 von Healy/Shafer/Wolff 1992.

[Iwasaki 1995] Yumi Iwasaki: *Problem Solving with Diagrams. Section Introduction.* Seiten 657–668 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995.

[Larkin/Simon 1995] Jill Larkin und Herbert Simon: *Why a Diagram Is (Sometimes) Worth 10000 Words.* Seiten 69–110 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995. Zuerst erschienen in: Cognitive Science, Band 11, Seiten 65–99, 1987.

[Luger/Stubblefield 1993] G.F. Luger und D. Stubblefield: *Artificial Intelligence.* Redwood City (USA), Benjamin-Cummings, ^{2}1993.

[Mohnhaupt 1992] Michael Mohnhaupt: *Prinzipien piktorieller Repräsentationssysteme. Untersuchungen zur bildhaften Repräsentation von Wissen in informationsverarbeitenden Systemem.* Berlin, Springer, 1992.

[Paivio 1971] Allan Paivio: *Imagery and Verbal Processes.* New York, Holt, Rinehart and Winston, 1971.

[Shin 1994] Sun-Joo Shin: *The logical status of diagrams.* Cambridge, Cambridge University Press, 1994.

[Sloman 1971] Aaron Sloman: *Interactions Between Philosophy and AI: The Role of Intuition and Non-Logical Reasoning In Intelligence.* In: Proceedings of the Second International Joint Conference on Artificial Intelligence, London. San Francisco, Morgan Kaufmann, 1971.

[Sloman 1995] Aaron Sloman: *Musings on the Roles of Logical and Non-Logical Representations in Intelligence.* Seiten 7–32 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995.

[Sloman 1995a] Aaron Sloman: *Historical and Philosophical Background.* Einleitung zu Abschnitt 1 in Glasgow/Narayanan/Chandrasekaran 1995, Seiten 3–6.

[Winston 1984] P. Winston: *Artificial Intelligence.* Reading (USA), Addison-Wesley, ^{2}1984.

[Zimmer 1983] Hubert D. Zimmer: *Sprache und Bildwahrnehmung: die Repräsentation sprachlicher und visueller Information und deren Interaktion in der Wahrnehmung.* Frankfurt (Main), Haag und Herchen, 1983.