

Hardwin Jungclaussen

Was ist Information? Was ist Informatik?

Zusammenfassung

Es wird ein Informationsbegriff erarbeitet, der überall anwendbar sein soll, wo das Wort Information sinnvoll benutzt wird. Das Ergebnis lautet: *Eine Information ist ein Realem zusammen mit seiner Bedeutung*. Ein *Realem* ist ein Ausschnitt der realen Welt, der über die Eingangssensoren eines Empfängers in diesem eine Wirkung auslöst. Die Wirkung ist die *Bedeutung* des Realems. Wird die Wirkung im Bewusstsein eines Menschen ausgelöst, so wird die Information *bewusstseinsgebunden* genannt, wird sie im Zentralnervensystem eines Menschen oder in einem Computer ausgelöst, so wird die Information *systemgebunden* genannt. Wenn das Realem ein Zeichenkörper ist, wird die Information *sprachlich* genannt, andernfalls *nichtsprachlich*. Die Bedeutung einer Information beinhaltet unmittelbar oder mittelbar eine Aussage über die Welt. Eine Aussage kann als sprachliches Modell aufgefasst werden. Das modellierte Original ist Dasjenige, worüber eine Aussage getroffen wird. Das berechtigt dazu, Informationsverarbeitung als sprachliches Modellieren zu bezeichnen und die Informatik als *Lehre vom sprachlichen Modellieren*.

Schlüsselwörter

Information, Informationsverarbeitung, Informatik, Computer Science, sprachliches Modell, Aussage (Prädikation), Realem (Denotat bzw. Designator), Idem (Designat), Bewusstsein, Bedeutung, Semantik, Pragmatik, Hybridobjekt, Intellektik, eliminativer Realismus.

Fragestellungen

Zu folgenden Fragen werden Antworten gesucht:

- Frage 1:** Warum lässt sich der Informationsbegriff nicht exakt definieren, d.h. weder mittels Messungen noch im Rahmen einer formalisierten Theorie?
- Frage 2:** Wie lässt sich der Begriff der Bedeutung ausreichend scharf definieren, sodass mit seiner Hilfe eine aussagekräftige Definition des Informationsbegriffs möglich ist?
- Frage 3:** Wie ist der Informationsbegriff zu definieren, sodass er für jeden konkreten Fall, in dem das Wort Information sinnvoll verwendet wird, passend spezifiziert werden kann?
- Frage 4:** Lässt sich der Gegenstand der Informatik aussagekräftiger bestimmen als durch Aufzählung von Teilgebieten oder durch den Satz „Die Informatik ist die Wissenschaft von der Informationsverarbeitung“?

Gründe für ein Überdenken der Begriffe Information und Informatik

Die rasante Entwicklung der Informatik seit ihrer Etablierung als einer selbständigen Disziplin lässt es angeraten erscheinen, die Begriffe *Information* und *Informatik*, wie sie ursprünglich bestimmt worden waren und sich bis heute in vielen Lehrbüchern und Lexika erhalten haben, neu zu überdenken.

Unter dem Stichwort **Information** findet man beispielsweise in Meyers großem Taschenlexikon von 1999 den Eintrag:

- 1) allg.: Auskunft, Nachricht, Unterrichtung, Belehrung, Mitteilung;
- 2) Bibliothekswesen: siehe Fachinformation;

3) Informatik: die Informationstheorie versteht unter Information ein techn. Maß, das den Zeichen einer Nachricht zugeordnet wird.

Die unter 1) angegebene Bedeutung entspricht dem umgangssprachlichen Informationsbegriff. Aus der Bedeutung, auf die unter 2) verwiesen wird, war eine Verwendung des Wortes *Informatik* als Bezeichnung für eine *Theorie der wissenschaftlichen Information* hervorgegangen, die in den 60er und 70er Jahren in der damaligen Sowjetunion favorisiert wurde. Der Eintrag unter 3) ist insofern missverständlich, als das Wort *Information* im Rahmen der Informatik nur relativ selten im Sinne der Informationstheorie benutzt wird, weit häufiger entweder im Sinne von *Nachricht* oder als Synonym zu *Daten* im Sinne von computerlesbaren Zeichenketten. Die Verwendung des Wortes *Information* im Sinne der Informationstheorie hat Claude Shannon eingeführt. Durch die Umbenennung seiner „Kommunikationstheorie“ in „Informationstheorie“ (vgl. /33/, /34/) hat Shannon eine Flut von nützlichen, aber auch von nutzlosen Diskussionen ausgelöst. Die nützlichen Diskussionen betreffen die Bemühungen, den physikalischen und den informationstheoretischen Entropiebegriff in einem übergeordneten Strukturbegriff zusammenzuführen (siehe z.B. /7/, /14/, /15/, /18/). Hier liegt wohl die Wurzel einer verbreiteten Auffassung von der Informatik als einer „Strukturwissenschaft“ (vgl. /1/, S. 22). Viele, oft nutzlosen Diskussionen verfolgen das Ziel, den shannonschen Informationsbegriff dem umgangssprachlichen Begriff dadurch anzunähern, dass das shannonsche Informationsmaß als Maß für den *Wissenszuwachs* bei Empfang eines Zeichens aufgefasst wird. Das ist insofern irreführend, als dieser „Wissenszuwachs“ für den Empfänger der betreffenden Nachricht keinerlei inhaltliche Bedeutung hat, sondern sich lediglich auf die syntaktische Struktur der Nachricht bezieht.

Ich halte mich an die in Meyers Lexikon unter 1) angegebene Begriffserklärung, verschärfe sie und treffe – zunächst probeweise – folgende Vereinbarung:

(1) Die Wörter *Nachricht*, *Mitteilung* und *Information* werden wie Synonyme verwendet. Für die Überlegungen dieses Kapitels wird sich diese Vereinbarung als tragfähig erweisen. Eine *Mitteilung* enthält eine oder mehrere Aussagen über die Welt. Wegen (1) gilt das auch für eine *Information*.

Unter dem Stichwort *Informatik* findet man in Meyers Lexikon den Eintrag:

(engl. *Computerscience*), die Wissenschaft, Technik und Anwendung von der systemat., zumeist computergestützten Verarbeitung und Übermittlung von Informationen.

In diesem Sinne wird das Wort *Informatik* im deutschsprachigen Raum heute relativ einheitlich verwendet, also im Sinne der Wortverbindungen *Computer Science* oder *Elektronische Datenverarbeitung*. Darauf hatten sich, nach einem Bericht von K. Nickel /28/, die Teilnehmer des III. Internationalen Kolloquiums über aktuelle Probleme der Rechentechnik in Dresden im Februar 1968 geeinigt. Bereits 1966 hatte die Academie Française beschlossen, den Terminus *Computer Science* durch *Informatique* zu übersetzen.

Damit war der Terminus *Informatik* klar festgelegt, zumindest klarer als durch den zitierten Lexikoneintrag, denn durch die Wörter „systematisch“, „zumeist“ und „computergestützt“ wird er verschwommen. Dahinter verbirgt sich möglicherweise das Gefühl oder die Überzeugung, dass die Bezeichnung *Computer Science* zu eng ist, zu eng insbesondere, weil sie die menschliche Komponente der Begriffe *Information* und *Informationsverarbeitung* vernachlässigt. In diesem Sinne wurde und wird immer wieder Kritik geübt und der Versuch unternommen, sich von der amerikanischen Bezeichnung zu lösen und unter *Informatik* mehr als nur die Wissenschaft vom Computer zu verstehen. Einen Überblick über die diesbezüglichen intensiven Diskussionen in den 60er und 70er Jahren gibt Manfred Bonitz in einem Artikel /6/, der unter historischem Aspekt auch heute noch sehr lesenswert ist. Zahllose Definitionsvorschläge sind gemacht worden. Beispielsweise heißt es in /16/, S. 97:

Die Informatik ist die Wissenschaft von der Struktur und Organisation semantischer und syntaktischer Informationsverarbeitungsprozesse und –systeme unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der Nutzung des Automaten in einer effektiven Mensch-Maschine-Kombination.

Friedrich L. Bauer charakterisiert die Informatik als eine „Ingenieur-Geisteswissenschaft (oder eine Geistes-Ingenieurwissenschaft, wem das besser gefällt)“ /2/ (zitiert nach /35/, S.4). Auch aus dieser Charakterisierung kann man eine, wenn auch nicht explizit ausgesprochene, Kritik an der Eingrenzung der Informatik auf eine reine Wissenschaft vom Computer herauslesen. Seit Beginn der 90er Jahre bemüht sich ein Kreis von Informatikern auf Initiative von Prof. Wolfgang Coy um ein tieferes Verständnis des Wesens, der Inhalte und der Wirkungen der Informatik. Die Ergebnisse der Bemühungen wurden u.a. in den Sammelbänden /13/ und /35/ veröffentlicht.

Christian Horn und Immo O. Kerner schreiben nach einer ausführlichen Diskussion verschiedener Informatikbegriffe (/20/ S. 365):

Die folgende weiter gefasste Auffassung sollte man sich zu eigen machen:

- (2) *Informatik ist die Wissenschaft von der Informationsverarbeitung in Natur (insbesondere von Lebewesen), Technik und Gesellschaft.*

Diese Auffassung habe ich mir zu eigen gemacht und werde im Weiteren die Informatik in diesem Sinne definieren, obwohl ich glaube, dass gegenwärtig die Zeit für eine solche Definition nicht reif ist. Doch erwarte ich, dass sie sich früher oder später durchsetzen wird.

Bewusstseinsgebundene Information

Definition (2) setzt einen sehr allgemeinen Informationsbegriff voraus. Er wird im Weiteren schrittweise entwickelt, bis er die in Frage 3 implizit enthaltene Forderung erfüllt. Die Forderung kann folgendermaßen konkretisiert werden:

- (3) Der Informationsbegriff muss der Denkweise und den Ergebnissen aller einschlägigen wissenschaftlichen Disziplinen standhalten. Er muss ausreichend scharf und trotzdem so umfassend bestimmt werden, dass er den Intentionen von Informatikern, Neurophysiologen, Psychologen, Philosophen, Soziologen, Kognitions- und Sprachwissenschaftlern gerecht wird und von ihnen allen in einem einheitlichen, zugleich aber für jedes Fach spezifizierbaren Sinne angewendet werden kann und dass er außerdem die umgangssprachliche Bedeutung erfasst.

Der gesuchte allgemeine Informationsbegriff muss also unabhängig davon anwendbar sein, ob der Empfänger (Interpretierer) der Information ein Computer oder ein Mensch ist, wobei unter dem interpretierenden Menschen sowohl sein Zentralnervensystem als auch sein bewusstes „Ich“ zu verstehen ist. Die so formulierte Zielstellung macht die Bedeutungsbreite, in der das Wort „Information“ verwendet wird, deutlich. Sie reicht von Computereingaben, wie z.B. Befehlen, bis zu Sinneseindrücken, wie z.B. ein Gesehenes oder Gehörtes „Achtung“. In diesem Kapitel wird von Informationen die Rede sein, die vom Menschen als bewusstem Ich empfangen und verstanden werden. Die Herausarbeitung des gesuchten Begriffs soll anhand von Beispielen erfolgen. Als erstes Beispiel dient eine telegraphische Nachricht. Angenommen, Hans erhält ein Telegramm mit dem Inhalt:

- (4) Komme morgen – Otto.

Diese Situationsbeschreibung ist insofern irreführend, als das Telegramm für sich genommen (als bedrucktes Blatt Papier), lediglich eine Zeichenkette enthält, aber keinen „Inhalt“ (Bedeutungsinhalt). Wenn Hans das Telegramm liest (interpretiert), tritt die Aussage (Interpretation) „Otto kommt morgen“ in sein Bewusstsein. In dieser gedachten Aussage liegt die Bedeutung der Zeichenkette für Hans. Dass der Text kein Imperativsatz, sondern ein verkürzter Aussagesatz ist, weiß Hans, da er Otto erwartet. Das Telegramm *informiert* Hans über Ottos Ankunft am morgigen Tage. Der Text zusammen mit seiner „Bedeutung für

Hans“, der gedachten Aussage, ist eine Mitteilung, Nachricht oder *Information* für Hans (siehe Vereinbarung (1)). Wenn die Nachricht nicht per Telegramm, sondern per E-Mail übertragen wird, ändert sich lediglich die Transportmethode.

Die Bedeutung (gedachte Aussage) einer Information (Nachricht, Mitteilung) muss nicht unbedingt durch eine Zeichenkette ausgedrückt (artikulierte) werden sein. Die Allgemeine Form der Artikulation nenne ich Zeichenkörper und vereinbare:

- (5) Ein **Zeichenkörper** ist ein reales (materialisiertes) ein- oder mehrdimensionales visuelles oder auditives Muster, das nach syntaktischen Regeln von einem Sender (Artikulierer) aus Elementarzeichen komponiert worden ist. Eine Dimension kann die Zeit sein (z.B. im Falle gesprochener Sprache). Im Grenzfall kann ein Zeichenkörper aus einem einzigen Elementarzeichen bestehen, z.B. aus einem Buchstaben oder einer Ziffer.

Ein gedruckter bzw. gesprochener Satz ist eine Kette (ein eindimensionales Muster) von Buchstaben bzw. Phonemen.

Das Telegrammbeispiel legt folgende Begriffsbestimmung nahe:

- (6) Ein Zeichenkörper zusammen mit seiner Bedeutung wird **Information** genannt (präziser: *sprachliche* Information; siehe (19)).

Es sei noch einmal unterstrichen, dass mit dem Wort „Zeichenkörper“ hier und im Weiteren kein abstrakter Begriff, sondern ein stoffliches Objekt bezeichnet wird.

Ähnlich bestimmt Horst Völz den Informationsbegriff, jedoch kürzer und anschaulicher, wengleich weniger scharf (/37/, S. 7):

- (7) Information ist Träger plus Getragenes.

Das Wort „Träger“ könnte falsch verstanden werden. Der „Träger“ (im Telegrammbeispiel die Zeichenkette (4)) besitzt („trägt“) zwar Bedeutung für den Interpretierer, aber er *überträgt* sie nicht; transportiert wird nur der Zeichenkörper. Diesem muss zweimal eine Bedeutung (eine gedachte Aussage) *hinzu*gefügt (mit ihm *assoziiert*) werden, zuerst durch den Sender beim Artikulieren, dann durch den Empfänger beim Interpretieren des Zeichenkörpers. Das „Getragene“ besteht also aus zwei Bedeutungen (gedachten Aussagen), die nicht zusammenfallen müssen. Nur wenn sie zusammenfallen, ist der Empfänger vom Sender *informiert* worden, nur dann hat die vom Sender beabsichtigte „Informationsübertragung“ stattgefunden.

Dieser Sachverhalt legt nahe, die (von Sender und Empfänger gleich verstandene) *Bedeutung* einer Nachricht als *Information* zu bezeichnen. In vielen Lehrbüchern wird der Informationsbegriff in diesem Sinne definiert. Beispielweise bestimmt Manfred Broy den Informationsbegriff folgendermaßen (/8/, S. 3):

- (8) Information nennt man den abstrakten Gehalt („Bedeutungsgehalt, Semantik“) einer Aussage, Beschreibung, Anweisung, Nachricht oder Mitteilung. Die äußere Form der Darstellung nennt man Repräsentation (konkrete Form der Nachricht).

Die Charakterisierung der Information als „abstrakten Gehalt“ ist sehr allgemein (sehr „abstrakt“). Wohl aus diesem Grunde fügt Broy zur Verdeutlichung die Wörter „Bedeutungsgehalt, Semantik“ hinzu, allerdings ohne anzugeben, was genau darunter zu verstehen ist. In dieser Hinsicht sind Friedrich L. Bauer und Gerhard Goos konsequenter. Sie schreiben (/3/, S. 3):

- (9) „Nachricht“ und „Information“ sind Grundbegriffe der Informatik, deren technische Bedeutung sich nicht vollständig mit dem umgangssprachlichen Gebrauch der beiden Worte deckt. Die daher notwendige Präzisierung ihres Begriffsinhalts soll nicht durch eine Definition erfolgen, da diese sich auf andere, ebenfalls undefinierbare Begriffe abstützen müsste. Wir führen deshalb **Nachricht** und **Information** als nicht weiter definierbare Grundbegriffe ein und erläutern ihre Verwendung an einigen Beispielen.

Die in /3/ angeführten Beispiele erläutern die Begriffe in einer für das Verständnis des dargebotenen Lehrstoffs ausreichenden Schärfe. Aus ihnen geht hervor, dass unter

Information die Bedeutung einer Nachricht zu verstehen ist, wobei das Wort *Bedeutung* nicht verwendet wird. Das hat einen guten Grund, denn es bezeichnet den wohl schwierigsten Begriff, mit dem ein Informatiker konfrontiert ist.

Das Telegrammbeispiel hatte deutlich gemacht, dass die Bedeutung einer Nachricht an das menschliche Bewusstsein gebunden ist. Hinter den „undefinierbaren Grundbegriffen“, auf die zurückgegriffen werden muss, um die Begriffe Nachricht und Bedeutung zu definieren, verbirgt sich letzten Endes das menschliche Bewusstsein. Das ist die Antwort auf Frage 1: Die Bindung an das Bewusstsein macht eine exakte Definition des Informationsbegriffs unmöglich.

Die Bedeutung einer Nachricht als Information zu bezeichnen verbietet sich, wenn auf die Fragen 2 und 3 positive Antworten gefunden werden sollen. Denn in vielen konkreten Fällen wird das Wort Information nicht im Sinne von Bedeutung verwendet, beispielsweise in dem Wort „Informationsverarbeitung“.

Wenn mit Information das Paar Träger-Getragenes oder Zeichenkörper-Bedeutung verstanden wird, ergibt sich ein „zwiespältiger“ Begriff, denn der Träger, der stoffliche Zeichenkörper ist ein reales Objekt, Dagegen ist das Getragene, die Bedeutung, eine gedachte Aussage. Der Informationsbegriff ist also insofern „zwiespältig“, als sich in ihm zwei Welten berühren, oder, anschaulicher, ineinander verwoben sind, die Welt der Realität und die Welt des Gedachten, der Vorstellungen und Gedanken, die stoffliche Welt und die Welt der Ideen, Welt 1 und Welt 2, wie Karl Popper sagen würde /31/.

Der Bezug zum Bewusstsein ist nicht erforderlich, solange von rein technischen Aspekten der Informationsverarbeitung und nur von „Nachrichten an einen Computer“ die Rede ist. Er wird aber notwendig, wenn nach den prinzipiellen Möglichkeiten des Computers als eines Werkzeugs des Menschen gefragt wird. Dann muss die Grenze zwischen der Tätigkeit des Computers und der des Menschen klar und deutlich gezogen werden. In diesem Sinne schreibt Wolfgang Coy /12/:

Der Einsatz von Computern verlangt damit die Identifizierung der komplementären Aufgabenbereiche von Mensch und Maschine, eine Grenze, die historisch nicht fest, wohl aber im konkreten Fall bestimmbar ist: Es geht um den „maschinisierbaren Anteil der Kopfarbeit“, aber auch um die Nützlichkeit programmierter Maschinen als Arbeitsmittel – als Werkzeuge und Medien.

Ich füge hinzu: Die Grenze zwischen dem maschinisierbaren und dem nichtmaschinisierbaren Anteil der Kopfarbeit verläuft „mitten durch“ den Informationsbegriff, der die reale Welt mit der Welt der Gedanken verbindet. Um die Grenze unmissverständlich und unübersehbar zu ziehen, führe ich das Begriffspaar **Realem-Idem** ein (Betonung jeweils auf der letzten Silbe in Analogie zu Morphem oder Lexem), wohl wissend, dass es viele Wortpaare gibt, die Ähnliches, aber niemals genau das Folgende bezeichnen:

- (10) Ein **Idem** ist ein relativ abgeschlossener Bewusstseinsinhalt oder Bewusstseinsausschnitt, mit dem das Denken als einer selbständigen Einheit operiert; m. a. W. ein Idem ist ein Objekt des Denkens, ein „Gedanke“.
- (11) Ein Ausschnitt der realen Außenwelt, der von einem Menschen wahrgenommen wird (der sich im Bewusstsein eines Menschen „widerspiegelt“), wird **Realem** genannt. Die Wirkung eines Realems im Bewusstsein, d.h. der durch das Realem ausgelöste Bewusstseinsinhalt, wird als das dem Realem **zugeordnete Idem** bezeichnet. Ein Realem nenne ich **Zeichenrealem** oder **sprachliches Realem**, wenn es einen Zeichenkörper darstellt, andernfalls nenne ich es **nichtsprachliches Realem**.

Nun wird folgende Vereinbarung getroffen:

- (12) Ein Realem zusammen mit dem ihm zugeordneten Idem nenne ich **bewusstseinsgebundene Information**.

Offensichtlich ist jede Nachricht (Information) zwischen Menschen bewusstseinsgebunden. Darum kann das Adjektiv „bewusstseinsgebunden“ unterdrückt werden, wenn aus dem

Kontext hervorgeht, dass von Informationen von Mensch zu Mensch die Rede ist, wie in diesem Abschnitt.

Die Wörter „Realem“ und „Idem“ scheinen mir wegen ihrer Kürze und assoziativen Kraft (Realem – real, Idem - Idee) als sinnfällige Markierung der Grenze zwischen maschinisierbarer und nichtmaschinisierbarer Kopfarbeit geeignet zu sein. Man beachte, dass nach (10) und (11) einem Realem stets ein Idem, einem Idem aber nicht unbedingt ein Realem zugeordnet ist.

Im Falle des Telegrammbeispiels ist die gedruckte Zeichenkette (4) ein Realem, genauer ein Zeichenrealem. Die vom Sender und Empfänger gedachte Aussage ist das zugeordnete Idem. Das Telegramm ist eine (bewusstseinsgebundene) Information oder Nachricht. Das Idem wurde in (6) als Bedeutung bezeichnet. Daraus ergibt sich eine erste Teilantwort auf Frage 2:

(13) Die Bedeutung einer empfangenen Nachricht (Information) ist der Bewusstseinsinhalt, den die Nachricht im Bewusstsein des Empfängers auslöst, oder kürzer und präziser: sie ist das Idem des empfangenen Zeichenkörpers.

Es bleibt noch zu begründen, mit welchem Recht in (10) „Gedanke“ mit „Denkobjekt“ (Idem) gleichgesetzt wird. Das Wort „Gedanke“ bezeichnet in (10) nicht wie „in der Psychologie einen psychischen Akt, einen Teilvorgang des Denkens“, sondern „wie in der Logik das Ergebnis des Denkens, einen Denkinhalt, der in einem Satz ausdrückbar ist“ (kursive Zitate nach Meyers Lexikon). Dieser *Satz*, in geschriebener oder gesprochener Form, ist nach (11) ein Realem, das dem Gedanken zugeordnet ist. Der Gedanke spielt also die Rolle eines Idems, m. a. W.:

(14) Ein **Gedanke** ist das Idem eines artikulierbaren Satzes.

Offensichtlich ist die von Hans gedachte Aussage „Otto kommt morgen“ ein Gedanke in dem genannten Sinne. Zu zeigen bleibt, dass jeder Gedanke eine gedachte Aussage ist.

Zunächst ist festzustellen, dass ein Satz stets eine Aussage beinhaltet, im Falle eines Aussagesatzes direkt, im Falle eines Frage- oder Imperativsatzes indirekt; ein Fragesatz fragt nach einer Aussage, ein Imperativsatz verlangt die Verwirklichung einer Aussage. Ein Satz beinhaltet letzten Endes immer eine Aussage über die Welt. Das gilt auch für so „abgezogene“ (abgehobene) Sätze wie „Die Welt ist meine Vorstellung“ oder „Die Welt ist alles, was der Fall ist“. Selbst mathematische Sätze und Formeln werden zu Aussagen über die Welt, wenn sie zwecks Anwendung in der Praxis interpretiert werden.

Der Aussagebegriff ist folgendermaßen definiert:

(15) Eine **Aussage** ist entweder eine Elementaraussage oder eine Kompositaussage. Eine Elementaraussage stellt entweder eine Zuordnung zwischen einem Objekt und einem Merkmal (Attribut) oder eine Relation zwischen zwei Merkmalen (Attributen) her. Ein Merkmal kann ein Eigenschafts- oder ein Handlungsmerkmal sein. Eine Kompositaussage besteht aus mehr als einer Elementaraussage.

Der so definierte Begriff wird in der Sprachwissenschaft als *Prädikation* und in der mathematischen Logik als *Prädikat* bezeichnet, wobei der mathematische Begriff von jeder Semantik abstrahiert, bis auf die formale Semantik der mathematischen Sprache.

An dieser Stelle sei folgende Bemerkung eingefügt, die später von Bedeutung sein wird:

(16) Eine Aussage kann als sprachliches Modell aufgefasst werden. Das modellierte Original ist Dasjenige (das Objekt oder der Sachverhalt), worüber etwas ausgesagt wird.

Ein konkreter Satz kann unvollständig sein. Beispielsweise kann das *Objekt*, dem ein Merkmal (Attribut) zugeordnet wird, - grammatikalisch meistens das *Satzsubjekt* - durch das unbestimmte „es“ oder „man“ vertreten oder auch ganz unterdrückt sein. Selbst ein „Doch!“ in einem Gespräch kann als verstümmelter Aussagesatz aufgefasst werden, der die verneinende Aussage des vorangehenden Satzes verneint. In jedem Fall beinhaltet der „ausgedrückte Gedanke“ eine Aussage. Beschreibungen, Informationen im

umgangssprachlichen Sinne, Gedichte, philosophische Darlegungen, Messprotokolle oder Gleichungen der theoretischen Physik, sie alle stellen Aussagen oder Ketten von Aussagen, also nach (16) sprachliche Modelle dar.

Dem Sprechen (dem Artikulieren von Aussagen, dem sprachlichen Modellieren) haften zwei Besonderheiten an, die unangenehme Konsequenzen haben können. Zum einen muss eine Aussage nicht sinnvoll sein, sie muss kein sinnvolles Modell irgendeines Originals sein. Ein Mensch kann Unsinn, Lügen oder leeres Geschwätz von sich geben. Zum anderen sind selbstreflektierende Aussagen möglich, d.h. Aussagen über sich (die Aussage) selbst, was zu den bekannten logischen Schwierigkeiten und Widersprüchen führen kann. Ein Beispiel ist der Satz „Dieser Satz ist falsch“.

Beobachtet man nach diesen vorbereitenden begrifflichen Klärungen das eigene Denken, erkennt man, dass man in Aussagen denkt. Man kann nicht anders als in Aussagen im Sinne von (15) denken. Ein anderes Denken gibt es nicht. Die Aussage ist die elementare Einheit des Denkens und Sprechens. Jürgen Mittelstraß drückt das so aus /27/:

(17) Als eine fundamentale Sprachhandlung ist die Prädikation unhintergebar.

Das bedeutet, dass die Analyse des Denkens und Sprechens eine prinzipielle Grenze hat, die Prädikation (Aussage). Es ist zu beachten, dass die introspektive und psychologische Analyse des Denkens zu diesem Schluss geführt hat, nicht seine neurophysiologische Erforschung. Letztere steht auf einem anderen Blatt (s.u.).

Die Ergebnisse der Überlegungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

(18) Ein Idem ist eine gedachte Aussage und damit ein Gedanke. Der Mensch denkt in Aussagen. Denken ist das Aneinanderknüpfen von Aussagen, von Gedanken. Die Aussagen können assoziativ, deduktiv oder intuitiv miteinander verknüpft sein.

Eine artikulierte Aussage ist eine Information. Wenn sie an einen Empfänger gerichtet ist, wie im Telegrammbeispiel, so ist sie eine Mitteilung oder Nachricht. Dies ist die nachträgliche Rechtfertigung der Vereinbarung (1).

Das Telegrammbeispiel veranschaulicht den Realembegriff nur zum Teil. Eine Gegenüberstellung von (6) und (12) zeigt, dass die in (12) gegebene Definition des Informationsbegriffs hinsichtlich des Trägers eine Verallgemeinerung von (6) darstellt, denn der Realembegriff ist gemäß (11) *nicht* auf Zeichenkörper eingeschränkt. An einem Beispiel soll demonstriert werden, worin die Verallgemeinerung konkret bestehen kann.

Angenommen, ein wetterkundiger Mensch betrachtet die Wolken am Abendhimmel und schließt aus ihrer Form (Struktur), dass es morgen Regen gibt. Er deutet (interpretiert) die Wolkenformen als *Anzeichen* (Indikator) für bevorstehenden Regen, m. a. W. die *Form* der Wolken *informiert* den Wetterkundigen über die Wetterentwicklung. Die in bestimmter Weise geformten Wolken spielen die Rolle eines Zeichenkörpers, den der Wetterkundige interpretiert, dem er Bedeutung, nämlich die gedachte Aussage „Morgen gibt es Regen“, zuordnet. Jedoch ist die Wolkenform kein Zeichenkörper, wie er in (5) definiert ist. Sie ist aber ein Realitätsausschnitt, dem ein Idem zugeordnet ist; sie ist also nach (11) ein Realem. Demzufolge ist der Definition (6) eine zweite zur Seite zu stellen. Das führt zu folgender Spezifizierung des in (12) vereinbarten Informationsbegriffs:

(19) Ein Realem-Idem-Paar nenne ich **sprachliche Information** oder **Zeicheninformation**, wenn das Realem ein Zeichenkörper (ein sprachliches Realem) ist, andernfalls nenne ich es **nichtsprachliche Information**.

Wenn das Idem (die gedachte Aussage) einer nichtsprachlichen Information artikuliert wird, wenn beispielweise der Wetterkundige seinen Nachbarn über seine Wetterprognose *informiert*, entsteht eine sprachliche Information.

Ähnlich wie eine Wolke wird jedes strukturierte stoffliche Objekt, Strahlung eingeschlossen, zu einem Zeichenrealem, wenn die Struktur gedeutet („interpretiert“) wird. Die Deutung muss keine Prognose, sie kann auch eine Ursache beinhalten, nämlich dann, wenn aus der Struktur die Ursache herausgelesen wird, die zu der Struktur geführt hat. Die

Struktur *informiert* über ihre Ursache. Die Ursache ist die Deutung (die *Bedeutung*) der Struktur. So betrachtet stellt die Natur für den Naturforscher einen riesigen Informationsspeicher dar.

Es ist zu beachten, dass die Wetterprognose in dem Wolkenbeispiel keine Aussage über das auslösende Realem (die Wolken) selbst, sondern über einen anderen Ausschnitt der Realität ist. Das Realem ist ein *Anzeichen* oder Indikator für einen anderweitigen Tatbestand. Darum nenne ich ein solches Realem-Idem-Paar *Anzeicheninformation* und verallgemeinere und ergänze: Wenn das Idem eines nichtsprachlichen Realems eine Aussage ist, die sich *nicht* auf das Realem selbst bezieht, spreche ich von **Anzeicheninformation**, andernfalls, wenn sich die Aussage auf das Realem selbst bezieht, von **Bezeichnungsinformation**, denn das Idem „bezeichnet“ (charakterisiert) das Realem in irgendeiner Hinsicht. Ein Beispiel soll den Begriff der Bezeichnungsinformation illustrieren.

Angenommen, Otto begegnet auf der Straße einer Person und erkennt in ihr seinen Freund Hans. Die Wahrnehmung der Person ruft in Ottos Bewusstsein das Idem „Hans“ (ausführlicher: die gedachte Aussage „Das ist Hans“) hervor. Die Person spielt – ebenso wie die strukturierte Wolke – die Rolle eines nichtsprachlichen Realems. Otto assoziiert mit der Person den Namen „Hans“. Es kann auch sein, dass ihm der Name nicht einfällt, dafür aber eine ganze Reihe anderer Merkmale. Sie bilden das Idem, das dem Realem Otto zugeordnet wird. Dieses Realem-Idem-Paar ist eine *Bezeichnungsinformation*. Ich habe diesem Begriff der systematischen Vollständigkeit halber eingeführt. Die Realem-Idem-Zuordnung, von der hier die Rede ist, wird üblicherweise **Assoziation** genannt.

Obwohl ein Idem an ein Ich gebunden, also etwas zutiefst Individuelles ist, können Menschen sprachlich mittels Zeichenkörpern kommunizieren. Ein gegenseitiges Verstehen ist möglich, wenn die Zeichenkörper, die stofflichen Träger der Kommunikation, von den Beteiligten einheitlich interpretiert werden, wenn sie also eine „objektive“, vom interpretierenden Subjekt unabhängige Bedeutung haben. In diesem Falle bezeichne ich die Bedeutung des Zeichenkörpers als „*objektiviertes* Idem“ oder als „externe Semantik“ des Zeichenkörpers („extern“ aus der Sicht des „Ich“, die Außenwelt des Ich betreffend), m. a. W.:

(20) Das **objektivierte Idem** oder die **externe Semantik** eines Realems beinhaltet eine von allen Beteiligten einheitlich verstandene Aussage über die „externe“ Welt, in der das interpretierende bzw. artikulierende „Ich“ lebt.

Die Objektivierung von Idemen ist sowohl Voraussetzung als auch Resultat der kulturellen Evolution.

Es ist zu beachten, dass in der Sprachwissenschaft unter dem Wort „Semantik“ die Lehre von der *Beziehung zwischen Zeichenkörper und Bedeutung* verstanden wird, während in (20) mit „Semantik“ die *Bedeutung* eines Realems bezeichnet wird. Damit kann die erste Teilantwort (13) auf Frage 2 folgendermaßen erweitert werden: Unter dem Wort „Bedeutung“ werden die Begriffe „Idem“ und „externe Semantik“ zusammengefasst.

Wieweit hat sich die Hoffnung erfüllt, dass (12) die Antwort auf Frage 3 ist? Offenbar reichen die bisher eingeführten Begriffe aus, um den Informationsbegriff (12) für diejenigen Fälle zu spezifizieren, in welchen das Wort Information im Sinne von *bewusstseinsgebundener* Information verwendet wird, allerdings nicht ganz widerspruchsfrei. Zu Beginn dieses Abschnitts war verlangt worden, dass die Definition auch dann anwendbar sein soll, wenn ein Sinneseindruck als Eingangsinformation des Gehirns bezeichnet wird. Im Falle einer auditiven Information ist der Sinneseindruck die Wirkung von Schallwellen. Sie sind das Realem, das ein Idem auslöst. Wenn die Schallwellen gesprochene Sprache „tragen“, ist der Träger ein *sprachliches* Realem und stellt eine Phonemkette dar. Im Falle einer visuellen Information ist der Sinneseindruck die Wirkung von Lichtwellen. Sie sind das auslösende Realem. Im Telegrammbeispiel wurden jedoch nicht die von den Augen

empfangenen Lichtwellen als Realem bezeichnet, sondern der Telegrammtext. Dieser begriffliche Widerspruch lässt sich durch folgende Vereinbarung ausräumen:

(21) Ein Realem wird direktes bzw. indirektes Realem genannt, wenn es unmittelbar bzw. über ein vermittelndes Medium auf die Sinnesorgane wirkt.

Im Falle eines gesprochenen Satzes erübrigt sich die Unterscheidung.

Das Attribut „direkt“ bzw. „indirekt“ kann unterdrückt werden, wenn aus dem Kontext hervorgeht, um welche Art von Realem es sich handelt.

Systemgebundene Information

In diesem Abschnitt wird zunächst von Informationen die Rede sein, die vom Computer verarbeitet werden, später auch von solchen, die vom Zentralnervensystem verarbeitet werden. Ich beginne mit der Frage, ob die Eingabedaten eines Computers eine Information im Sinne von (12) darstellen. Die Antwort liegt nicht auf der Hand, und sie ist nicht eindeutig. Ein Vergleich mit dem Telegrammbeispiel soll den Sachverhalt verdeutlichen. In dem Beispiel wurde einer Zeichenkette zweimal ein und dasselbe Idem (dieselbe Bedeutung) zugeordnet, zuerst vom Sender, dann vom Empfänger des Telegramms. Aus der Sicht von Sender und Empfänger findet *Informationsübertragung* statt. Jetzt werden zwei Zeichenketten, den Eingabe- und den Ausgabedaten, vom Computernutzer zwei verschiedene Ideme (Bedeutungen) zugeordnet. Im Hinblick auf den Nutzer sind Eingabe und Ausgabe bewusstseinsgebundene Informationen im Sinne von (12) und es findet *Informationsverarbeitung* statt.

Bezüglich des Computers sind Eingabe und Ausgabe keine Informationen im Sinne von (12), denn der Computer hat kein Bewusstsein, sodass er einer Zeichenkette kein Idem und keine externe Semantik zuordnen kann. Der Computer für sich genommen verarbeitet also keine Information, sondern Zeichenketten, die erst dadurch zu Informationen im Sinne von (12) werden, dass der Mensch sie interpretiert.

Obwohl für den Computer keine externe Semantik existiert, wird von der „Semantik“ einer Computereingabe gesprochen, z.B. von der Semantik eines Befehls oder eines Programms. Doch ist damit eine andersgeartete Semantik gemeint, nämlich die Wirkung der Eingabe im Computer. Ich nenne sie *computerinterne Semantik*. Genauer bezeichne ich mit diesem Terminus den Prozess, der im Computer *intern* während des Interpretierens einer Eingabe abläuft, einschließlich des Resultats, zu dem der Prozess im Endeffekt führt. Demgegenüber wird in Lehrbüchern der Informatik der Prozess oft als *Pragmatik* und seine genaue Beschreibung als *Semantik* bezeichnet. Wegen der sogleich zu besprechenden Verallgemeinerung auf Prozesse im Gehirn ziehe ich meine Terminologie vor.

Im Gegensatz zur externen Semantik ist interne Semantik nicht an das Bewusstsein gebunden. In Analogie zur *computerinternen* Semantik könnte man bezüglich der Informationsverarbeitung durch das Gehirn oder besser durch das Zentralnervensystem (ZNS) von „*ZNS-interner* Semantik“ sprechen und damit die Wirkung eines Realems im ZNS bezeichnen. Verallgemeinernd und präzisierend treffe ich folgende Vereinbarungen:

(22) Die Wirkung, die eine Eingabe (z.B. ein gesprochener Satz oder ein Computerbefehl) in dem empfangenden IVS auslöst, nenne ich systeminterne oder kurz **interne Semantik** des eingegebenen Zeichenkörpers. Die externe Wirkung, d.h. die ausgelöste Handlung, nenne ich **Pragmatik**. Zur Handlung gehört auch die „Sprachhandlung“, der sogenannte Sprechakt.

In der Sprachwissenschaft wird mit dem Wort „Pragmatik“ die Lehre vom sprachlichen Handeln (Sprechakt) bezeichnet.

Zu Beginn des vorangehenden Abschnitts war gefordert worden, dass der Informationsbegriff so allgemein definiert werden soll, dass er die Bedeutung des Wortes

Information in der Wortverbindung „Information verarbeitendes System“ erfasst unabhängig davon, ob der Computer oder der Menschen die „Information“ verarbeitet.

Offensichtlich ist diese Bedeutung im Falle des (vom Nutzer isolierten) Computers durch (12) nicht erfasst, da der Idembegriff und folglich auch der Begriff des Realems, wie er in (11) definiert ist, im Falle des Computers keinen Sinn hat. Um die gestellte Forderung zu erfüllen, wird die Vereinbarung (11) verallgemeinert zu:

- (23) Ein Realitätsausschnitt, der über den Eingang eines IVS in diesem (direkt oder indirekt) eine Wirkung auslöst, wird als **Realem** und die Wirkung als die **Bedeutung** des Realems bezüglich des IVS bezeichnet.
- (24) Unter der Bezeichnung **Bedeutung eines Realems** werden die Begriffe Idem und Semantik zusammengefasst. Die Semantik wird **intern** bzw. **extern** genannt, wenn die Wirkung im stofflichen Trägersystem (Hardware oder ZNS) bzw. im Bewusstsein stattfindet.

Die Begriffsbestimmung (24) ist die Antwort auf Frage 2.

- (25) Die Zusammenfassung eines Realems mit seiner internen Semantik nenne ich **systemgebundene Information**.

In Verallgemeinerung von (6) kann nun auch Frage 3 endgültig beantwortet werden:

- (26) Eine **Information** ist ein Realem zusammen mit seiner Bedeutung.

Darin sind die Wörter „Realem“ und „Bedeutung“ im Sinne von (23) bzw. (24) zu verstehen.

Die durchgeführte Analyse des Informationsbegriffs hat zu einer Reihe spezifischer Informationsbegriffe geführt, die in folgender hierarchischen Tabelle zusammengefasst sind:

- (27) Informationen
- 1 bewusstseinsgebundene Informationen
 - 1.1 bewusstseinsgebundene sprachliche Informationen
 - 1.2 bewusstseinsgebundene nichtsprachliche Informationen
 - 2 systemgebundene Informationen
 - 2.1 systemgebundene sprachliche Informationen
 - 2.2 systemgebundene nichtsprachliche Informationen.

Die unterschiedlichen Informationsbegriffe, wie sie sich in verschiedenen Bereichen der Wissenschaft, der Technik und des Alltagslebens herausgebildet haben und verwendet werden, lassen sich (mit Ausnahme des Informationsbegriffs der Informationstheorie) in diese Tabelle einordnen. Klasse 1.1 umfasst Informationen im umgangssprachlichen Sinne, also im Sinne von Nachricht oder Auskunft (Telegrammbeispiel). Zur Klasse 1.2 gehören Anzeicheninformationen (Wolkenbeispiel) und Bezeichnungsinformationen (Assoziationen; Erkennungsbeispiel: „Das ist Hans“). In der Multimediatechnik werden aus der Sicht des Nutzers sprachliche Informationen mit nichtsprachlichen kombiniert.

Die Klasse 2.1 umfasst Informationen, die in der Regel gemeint sind, wenn im Rahmen der Computer Science von Information und Informationsverarbeitung die Rede ist. In diese Klasse fällt aber auch die genetische Information. Sie besteht aus einem Zeichenkörper, dem Gen (einem Abschnitt des DNS-Moleküls), und der „Bedeutung“ des Zeichenkörpers, der Wirkung des Gens während der „Interpretation“ der DNS, d.h. während der Herausbildung der Merkmale des sich entwickelnden Individuums, die in der DNS „artikuliert“ („beschrieben“) sind. Diese Wirkung des Gens kann also als systeminterne Semantik des Gens bezeichnet werden. Die Verwendung des Terminus „Semantik“ ist berechtigt, denn die Bedeutung (Wirkung) eines Gens ist vom interpretierenden Organismus (Individuum der betreffenden Art) unabhängig. Eine genetische Information ist also eine *systemgebundene Zeicheninformation*. Das bezüglich der genetischen Information Gesagte lässt sich von den Genen auf andere Moleküle übertragen, die im Organismus eine steuernde Rolle spielen, wie z.B. Enzyme.

Wenn Neurophysiologen im Zusammenhang mit der Untersuchung von Sinneseindrücken auf die neuronale Aktivität von „Informationen“ sprechen, sind i.d.R. systemgebundene

Informationen gemeint, die in die Klasse 2.1 bzw. 2.2 fallen, je nachdem, ob das dargebotene Realem ein Zeichenkörper ist oder nicht. Eine Information der Klasse 2.2 liegt auch vor, wenn die Sensoren eines Roboters einen Gegenstand registrieren und im Computer des Roboters einen Erkennungsprozess auslösen, der seinerseits eine „Handlung“ auslösen kann, die aber nicht mehr zur Semantik, sondern zur Pragmatik zu rechnen ist. Der Informationsbegriff der Informationstheorie wird von der Definition (26) nicht erfasst. Er liegt außerhalb der Klassenhierarchie (27) und gehört – ganz im Sinne von Shannons ursprünglicher Intention (vgl. /33/) – in die Kommunikationstheorie bzw. Codierungstheorie.

Wenn der Mensch denkt, verarbeitet er Informationen der Klasse 1.1, denn er denkt in Aussagen, also sprachlich. Wenn der Computer „denkt“ verarbeitet er Informationen der Klasse 2.1, denn er verarbeitet Zeichenketten. In beiden Fällen werden sprachliche Informationen verarbeitet. Die Bedeutungen der Informationen sind jedoch im ersten Falle Ideme (gedachte Aussagen), im zweiten Falle dagegen Prozesse in der Computerhardware. Der Computer hat von der externen Semantik, die ein Mensch mit einem Zeichenkörper (z.B. einem Text) assoziiert, keine Ahnung. Solange er kein Bewusstsein besitzt, kann er einem Realem kein Idem zuordnen.

Das kann sich ändern, wenn Computer beginnen, *unter sich* eine eigene Sprache zu entwickeln. Dann kann von *Computerbewusstsein* und von *Computeridemem* gesprochen werden, sodass zwischen **Computerinformation** und **Humaninformation** zu unterscheiden ist. Computerinformationen müssen vom Menschen ebenso *entschlüsselt* werden wie Informationen, die Tiere untereinander austauschen, oder wie schriftliche Dokumente versunkener Kulturen oder wie genetische Informationen. Ob sich die Computer von ihrer „Knechtschaft“ befreien und vom Menschen unabhängig machen werden, wissen wir nicht. Doch gibt es keinen zwingenden Grund, diese Möglichkeit auszuschließen.

Da heutige Computer nur Zeichenkörper ohne Kenntnis ihrer externen Semantik verarbeiten können, scheint es unmöglich zu sein, dass sich Mensch und Computer „verstehen“ können und dass der Computer dem Menschen beim Denken helfen kann. Nichtsdestoweniger ist es durchaus gerechtfertigt, den Computer als *Denkassistenten* zu bezeichnen, als Helfer beim Lösen sprachlich artikulierter Probleme, und ihm insofern eine eingeschränkte *künstliche Intelligenz* zuzuschreiben. Die Einschränkung besteht in der Beschränkung auf reine *Zeichenverarbeitung*. Die Voraussetzung dafür, dass der Nutzer (Auftraggeber) eines Computers sich auf Zeichenverarbeitung stützen kann, als sei sie Verarbeitung bewusstseinsgebundener Informationen, ist eine ausreichend präzise Anbindung der externen Semantik der Sprache, in welcher der Nutzer denkt und sich artikuliert, an die Semantik der Maschinensprache, sodass eine Eingabe (Anfrage, Aufgabenstellung) des Nutzers diejenigen internen Verarbeitungsprozesse auslöst, die den Intentionen des Nutzers entsprechen und die zu Computerausgaben führen, die der Nutzer interpretieren, d.h. ihnen externe Semantik zuordnen und als die verlangte Antwort auf die gestellte Anfrage (Aufgabe) verstehen kann. Die Anbindung externer an interne Semantik ist ein Problem, das vor jedem Computernutzer steht. Ich nenne es das *technische Semantikproblem*. Seine Lösung ist die Voraussetzung für eine „Verständigung“ zwischen Mensch und Computer.

Die semantische Anbindung wird in der Regel dadurch erleichtert, dass zwischen die Modellersprache mit ihrer externen Semantik und die Maschinensprache mit ihrer internen Semantik eine höhere Programmiersprache mit ihrer formalen Semantik eingeschoben wird. Um eine korrekte semantische Anbindung garantieren zu können, muss folgende Bedingung erfüllt sein. Sowohl der in der Nutzersprache artikulierte Auftrag als auch das durch zweifache Übersetzung sich ergebende Maschineprogramm müssen Interpretationen des Kalküls sein, der durch die höhere Programmiersprache definiert ist.

Das technische Semantikproblems ist ein zentrales Problem der Informatik und ein zentrales Thema meines Buches „Kausale Informatik“ /21/. Das „*natürliche*

Semantikproblem“ der zwischenmenschlichen Kommunikation wird, wie bereits erwähnt, durch die Herausbildung objektivierter Ideme durch Gewöhnung und Lernen gelöst.

Diskussion

Die Gewöhnung an die eingebürgerte Fachsprache der Informatik könnte dazu verführen, über die angestellten Überlegungen und eingeführten Begriffe global den Stab zu brechen mit dem Urteil, die Darlegungen und Begriffsdefinition, insbesondere die Begriffe Realem und Idem, seien unnütz, denn es handele sich um bekannte Begriffe, die mit neu erfundenen Wörtern belegt werden, wodurch sie nicht klarer, sondern unverständlicher werden. Auf ein solches Urteil würde ich mit Wilhelm Kamlah und Paul Lorenzen /22/ antworten:

Was kann er (der „*neu Anfangende*“, d.h. derjenige, der sich anschickt, eine neue begriffliche Basis einer etablierten Disziplin zu entwickeln; H.J.) also tun, damit ihm nicht mitgebrachte Überzeugungen (die er wie jeder andere zweifellos hat) das Geschäft von vornherein verderben? Er kann es vermeiden, solche Überzeugungen zu „denken“, d.h. zu formulieren, auszusprechen, indem er den Standpunkt einnimmt, dass er die Wörter, die er dazu verwenden müsste, noch gar nicht zur Verfügung hat.

Als ich mich anschickte, der Bedeutung des Wortes Information auf den Grund zu gehen, um so sicheren Grund für die Bestimmung der Begriffe Information und Informatik zu finden, fühlte ich mich als ein „*neu Anfangender*“. Die Ergebnisse meiner Bemühungen habe ich in dem Buch „Kausale Informatik“ /21/ dargelegt und in diesem Artikel hinsichtlich einiger Details weiterentwickelt. Beim Suchen und Schreiben stellte sich mir - ebenso wie Kamlah und Lorenzen - die Frage, was ich tun könne, um zu verhindern, dass ich oder meine Leser in alte Denkgewohnheiten und Überzeugungen zurückfallen, die „das Geschäft verderben“ würden. Ich musste vermeiden, „solche Überzeugungen zu denken“ und durfte nicht die gewohnten Wörter verwenden, sondern musste mir neue ausdenken wie z.B. „Realem“ und „Idem“. Es sind neue Namen für bekannte Begriffe aus der Sprachwissenschaft. Anhand des Begegnungsbeispiels sollen die neuen Namen den alten zugeordnet werden.

Otto begegnet einer Person, in der er einen Bekannten erkennt. Er erinnert sich an dessen Namen und begrüßt ihn mit Handschlag und den Worten „Guten Tag, Hans.“ Der Bekannte, das von Otto wahrgenommene nichtsprachliche Realem, wird in der Linguistik als *Denotat* bezeichnet, das zugeordnete Idem „das ist Hans“ als *Designat*, der Zeichenkörper „Hans“ als Designator. Die Zusammenfassung von Designat und Designator bezeichnen die Linguisten als *Denotator*, ich als „bezeichnende Information“. Die sich entsprechenden Begriffe sind nicht völlig identisch. Beabsichtigte Unterschiede liegen in den Assoziationen, die von den jeweiligen Wörtern hervorgerufen werden, z.B. die Assoziation des *stofflich Realen* mit dem Wort *Realem* und die des *Ideellen*, des *Gedachten* und des *Bewusstseins*, mit dem Wort *Idem*. Demgegenüber ist die Assoziation *notieren* mit *Denotat* und *Denotator* und die Assoziation *Zeichen (signum)* mit *Designat* und *Designator* vordergründiger und ohne tiefere Bedeutung.

Es ließen sich weitere verwandte Begriffe anführen. Zumindest seit Platon und Aristoteles haben Denker ähnliche Begriffsinhalte definiert und in ihrer Sprache bezeichnet. Die wesentliche Besonderheit der hier eingeführten Begriffe liegt in der introspektiven „Selbstverständlichkeit“, dass die Welt aus Realem besteht, dass ein Realem an ein Idem und ein Idem an ein Bewusstsein, an ein „bewusstes Ich“ gebunden ist. Aus der Perspektive des „Ich“ kann diese Selbst-Verständlichkeit in den Satz gefasst werden „Die Welt ist meine Vorstellung“, mit dem Arthur Schopenhauer sein Werk „Die Welt als Wille und Vorstellung“ beginnt. Aus den linguistischen Begriffen ist dieser Satz kaum herauszulesen.

Informatik

Die Bestimmung (26) des Informationsbegriffs erfüllt zusammen mit den in (27) genannten Unterbegriffen (Spezifikationen, Qualifikationen) die in (3) gestellten Forderungen, und wenn auf der Grundlage von (26) und (27) die Informatik durch den Satz:

(28) Die Informatik ist die Wissenschaft von der Informationsverarbeitung definiert wird, dann ist darin die Begriffsbestimmung (2) enthalten, denn alle Arten von Informationen, deren Verarbeitung nach (2) Gegenstand der Informatik sind, lassen sich in (27) einordnen.

Nichtsdestoweniger ist die Begriffsbestimmung (28) unbefriedigend. Ihr haftet eine Spur von Zirkularität an, und sie wirkt nichtssagend. Genauso gut könnte man die Chemie als Wissenschaft von der Chemikalienverarbeitung definieren. Damit stellt sich die Frage 4: Lässt sich der Gegenstand der Informatik aussagekräftiger bestimmen als durch (28) oder durch Aufzählung von Teilgebieten? Ich nehme meine Antwort auf Frage 4 vorweg:

(29) Die Informatik ist die Lehre vom sprachlichen Modellieren.

Das Wort *Lehre* soll den wissenschaftlichen *und* den technischen Aspekt umfassen.

Der Übergang von (28) zu (29) wird formal dadurch erreicht, dass „Informationsverarbeitung“ durch „sprachliches Modellieren“ substituiert wird. Die Substitution lässt sich durch den Gebrauch der Wörter Modell und Modellieren in den beiden folgenden Zusammenhängen rechtfertigen. Zum einen werden Programme häufig als *Computermodelle* oder *Simulationsmodelle* bezeichnet. In /38/ wird die Verwendung des Modellbegriffs in der Informatik eingehend analysiert. Zum anderen wird die Aufgabe des ZNS darin gesehen, ein internes Modell der Umwelt zu erstellen, um auf seiner Grundlage das Verhalten des betreffenden Individuums optimal zu steuern. Das vom ZNS getragene Denken und Sprechen dient letztlich immer der Erstellung sprachlicher Modelle der Welt und ihrer Übermittlung an andere Personen; mit anderen Worten:

(30) **Sprechen** bzw. **Denken** ist sprachliches Modellieren mit bzw. ohne Sprechakt.

Diese Argumentation reicht offenbar nicht aus, um kritische Informatiker zu überzeugen, denn erfahrungsgemäß gehen viele meiner Gesprächspartner und Leser den Schritt von „Informationsverarbeitung“ zu „sprachliches Modellieren“ nicht mit. Darum werde ich ihn auf zwei Wegen begründen, einem direkten Weg und einem Umweg.

Der **Umweg** führt über eine Klassifikation aller möglichen, denkbaren Modelle nach den dichotomischen Merkmalspaaren *sprachlich – nichtsprachlich* und *agierend – nichtagierend*. Für *nichtsprachlich* kann man auch *darstellend* sagen und für das Paar *agierend – nichtagierend* auch *aktiv – passiv* oder *dynamisch – statisch*. Darstellende *metrische* Modelle werden als *analoge* Modelle bezeichnet.

Der Unterschied zwischen aktiven und passiven sprachlichen Modellen besteht darin, dass aktive Modelle das Trägersystem, in dem die modellierenden Prozesse ablaufen, einschließen, passive Modelle dagegen nicht. Passive sprachliche Modelle haben ohne Interpretierer keinen Sinn. Beispielsweise ist ein in einem Buch abgedruckter Satz oder eine Formel zur Berechnung irgendeiner Größe ein *passives* sprachliches Modell; der Sinn des Satzes bzw. der Formel muss vom Leser herausgelesen (hineininterpretiert) werden. Dagegen ist die Implementation („Realisierung“) der Formel in einem Computer, der die Formel auswerten kann, zusammen mit dem Computer ein *aktives* sprachliches Modell.

Nach dieser Modellklassifikation, die in /21/ ausführlicher diskutiert wird, stellt ein programmierter Digitalrechner ein *sprachliches*, aktives Modell des Originals dar, dessen Verhalten programmiert ist. Darum spricht man auch von *Digitalmodell*. Demgegenüber ist ein „programmierter“ (verschalteter) Analogrechner ein *darstellendes (nichtsprachliches)* aktives und zudem ein metrisches Modell des dargestellten Originals. Dementsprechend spricht man von *Analogmodell* (genauer von *aktivem Analogmodell*).

Für unterschiedliche wissenschaftliche oder technische Disziplinen sind in der Regel unterschiedliche Modellklassen charakteristisch, mit denen die jeweilige Disziplin arbeitet. Beispielsweise entwickeln theoretische Physiker mathematische, d.h. passive, sprachliche,

formalisierte (präziser: kalkülisierte) Modelle der von experimentellen Physikern beobachteten Phänomene. Bei der Nutzung bzw. Verifikation der Modelle kommen oft aktive Modelle zum Einsatz, sowohl Digitalmodelle (Simulationsmodelle) als auch Analogmodelle in Form von Versuchsapparaturen oder Analogrechnern.

Praktisch alle Disziplinen verwenden heutzutage den Computer als Träger aktiver sprachlicher Modelle. Das dafür notwendige Instrumentarium wird von den Informatikern, den Hardwareingenieuren und den Softwareingenieuren, entwickelt. Eben dies ist die Aufgabe der Informatik. Das legt folgende Begriffsbestimmung nahe:

(31) Die **Informatik** ist die Lehre von der Produktion und Nutzung aktiver sprachlicher Modelle,

oder kürzer und allgemeiner die vorweggenommene Bestimmung (29). Das Wort *Modellieren* enthält das Merkmal *agierend*.

Der **direkte Weg** geht von (16) aus. Danach ist das Idem einer bewusstseinsgebundenen Information eine gedachte Aussage über ein Objekt oder einen Sachverhalt. Eine Aussage kann als sprachliches Modell desjenigen Originals aufgefasst werden, über das etwas ausgesagt wird. Informationsverarbeitung kann demnach auch als Modellerstellung und -verarbeitung bezeichnet werden. Sie umfasst das Artikulieren, Interpretieren, Transformieren, Transportieren und Speichern von Aussagen, d.h. von sprachlichen Modellen. Die genannten Operationen fasse ich unter der Bezeichnung „sprachliches Modellieren“ zusammen

Der direkte Weg bezog sich auf bewusstseinsgebundene, der Umweg auf systemgebundene Informationen. Beide Wege sind auch bezüglich der jeweils anderen Klasse von Informationen gangbar.

Abschließend soll der Unterschied zwischen der Informatik im gängigen Sinne – ich nenne sie Informatik i.e.S. (im engen Sinne) – und der Lehre von sprachlichen Modellieren – ich nenne sie Informatik i.w.S. (im weiten Sinne) in einen einzigen Satz gefasst werden:

(32) Die Informatik i.e.S. hat es mit computerlesbaren Zeicheninformationen (Informationen der Klasse 2.1 in (27)) zu tun, die Informatik i.w.S. mit Informationen aller Klassen.

Diskussion

Gegen die Aussage in (31), die Informatik i.e.S. (Computer Science) habe *nur* mit computerlesbaren Informationen zu tun, kann eingewendet werden, dass ein Informatiker beim Programmieren zwar eine computerlesbare, d.h. systemgebundene Information produziert, dass er dabei aber von einer im Bewusstsein vorhandenen Aufgabenstellung ausgeht und bewusstseinsgebundene in systemgebundene (computerlesbare) Informationen „übersetzt“. Der Einwand ist berechtigt, doch ist dieses „Übersetzen“ *Human-IV* (Informationsverarbeitung durch den Menschen) und keine *Computer-IV* (Informationsverarbeitung durch den Computer). Richtig ist jedoch, dass ein vom Menschen erstelltes Programmobjekt sowohl an externe Semantik (Nutzersemantik) als auch an interne Semantik (Computersemantik) gebunden. Der Terminus *Hybridobjekt* bezeichnet diesen Sachverhalt sehr treffend. Dirk Siefkes charakterisiert Hybridobjekte als „*schematische, auf Zeichen-Regel-Systemen beruhende Notationen, die als bewegend oder agierend gedacht werden*“ (/24/, S. 3). In meiner Terminologie ist ein Hybridobjekt ein Zeichenrealem zusammen mit seiner Semantik und Pragmatik. Wenn die Pragmatik außer Acht gelassen wird, ist der Ort des *Agierens der Notation* (der Ort der *Wirkung* des Zeichenrealems) entweder der Computer oder das ZNS oder das Bewusstsein. Wenn die Notation als „*computerbewegend*“ bzw. als „*ZNS-bewegend*“ gedacht wird, ist die Wirkung systeminterne Semantik der Notation und das Hybridobjekt ist eine systemgebundene Information. Wenn die Notation als „*bewusstseinsbewegend*“ gedacht wird, ist die Wirkung ein Idem (Bewusstseinsinhalt), im Falle eines objektivierten Idems ist sie die externe Semantik der

Notation. Das Hybridobjekt ist dann bewusstseinsgebundene Information. Ein Hybridobjekt als *intern agierend gedachte Notation* ist also zusammen mit einer der Notation zugeordneten externen Semantik ein „*aktives sprachliches Modell*“ des durch die Notation beschriebenen Originals. In jedem der drei betrachteten Fälle ist die Information und ihre Verarbeitung Gegenstand der Informatik i.w.S. Der Ausschluss der Pragmatik stellt eine bewusste Einengung des von Siefkes definierten Begriffs des Hybridobjektes dar. Nach meiner Auffassung von der Informatik als Lehre von sprachlichen Modellieren ist die Pragmatik mit Ausnahme des Sprechaktes (vgl. (22)) nicht Gegenstand der Informatik.

Aus Erfahrung weiß ich, dass gegen mein Konzept der Informatik ernst zu nehmende, zuweilen sogar vehemente Einwände erhoben werden. Gegen die in (2) gegebene Definition der Informatik, von der ich ausgegangen bin, sind ähnliche Einwände möglicherweise nicht gemacht worden, denn die Folgen der Definition zeigen sich nicht unbedingt auf den ersten Blick. Ein tieferer Blick zeigt, dass die Informatik i.w.S. unter anderem folgende Fragen zu untersuchen hat: Welches sind die neuronalen Mechanismen der Human-IV? Was ist die Natur der Ideme und wie entstehen sie? Sind Ideme (Bewusstseinsinhalte) intern „codiert“, d.h. sind ihnen ZNS-interne Zeichenkörper in Form neuronaler Zustände zugeordnet, und wie werden diese, falls sie existieren, verarbeitet? Wie bilden sich in einer Kulturgemeinschaft objektivierte Ideme aus, sodass Kommunikation möglich wird? Darüber, ob bzw. wieweit diese Fragen jemals beantwortet werden, kann zur Zeit nur spekuliert werden.

Der tiefere Blick auf die Folgen von (2) und (29) kann die unterschiedlichsten Argumente gegen das Konzept der Informatik i.w.S. provozieren. Auf einige von ihnen soll abschließend eingegangen werden.

Gewohnheitsrecht. Die Öffentlichkeit darf mit Recht erwarten, dass Wörter, an deren Bedeutung sie sich gewöhnt hat, nicht plötzlich in einer anderen Bedeutung verwendet werden. Danach sollte das Wort *Informatik* weiterhin in Sinne von *Computer Science* (*Informatik i.e.S.*) verwendet werden. Der Grund dafür, dass ich gegen das Gewohnheitsrecht verstoße, wenn ich vorschlage, dem Wort Informatik einen neuen Sinn zu geben, ist die Überzeugung, dass es angesichts der weltweiten Entwicklung an der Zeit ist, der Wissenschaft vom sprachlichen Modellieren einen ebenbürtigen Platz neben Physik Chemie und Biologie einzuräumen, und dass ich für diese Wissenschaft keine passendere Bezeichnung weiß, die diesem Anspruch inhaltlich und an Prägnanz gerecht wird, als das Wort *Informatik*. Doch kann ich nicht damit rechnen, dass sich mein Vorschlag in absehbarer Zeit durchsetzen wird. Dafür ist der Begriff „Informatik“ im Sinne von „Computerwissenschaft“ zu tief in den Wortschatz der Fachsprache und in das öffentliche Bewusstsein eingedrungen. Ich sehe in der Wissenschaft vom sprachlichen Modellieren (Informatik i.w.S.) diejenige Basiswissenschaft, von welcher in /19/ die Rede ist, wenn auch Werner Hartmann und Jörg Nievergelt offenbar nicht eine Informatik in der Breite wie ich im Auge haben. Doch meine ich, dass die Forderungen an die Informatikausbildung einschließlich der Schulausbildung, die in /19/ gestellt werden, auf die Informatik i.w.S. zu übertragen sind. Dies war ein Hintergedanke, mit dem ich das Buch „Kausale Informatik“ geschrieben habe. Das Buch soll u.a. eine Unterstützung für Informatiklehrer und eine Lektüre für wissensdurstige Schüler sein.

Disziplinabgrenzung. Gegen den erweiterten Informatikbegriff kann eingewendet werden, dass er die Grenzen zu anderen Disziplinen verwischt, insbesondere zur Neurophysiologie. Der Einwand ist als Warnung vor verschwommenem Sprachgebrauch begründet; er ist aber kein stichhaltiges Argument gegen die Verwendung des erweiterten Informatikbegriffs, denn jede Kooperation zwischen verschiedenen Disziplinen beruht auf der Überschreitung der Disziplinengrenzen. Beispielsweise entwickeln Informatiker die Computerhardware Hand in Hand mit Physikern, und die Eigenschaften neuronaler Netze werden von Biologen Hand in Hand mit Informatikern untersucht. Freilich ist die Kooperation der an der Informatik i.w.S. beteiligten Disziplinen besonders tief; sie ist so tief, dass Ernst Pöppel von einer neuen

Qualität der Kooperation spricht und dafür das Wort *Syntopie* einführt. Er schreibt (/29/, S. 21):

Das Zusammengehen von Hirnforschung und Computerwissenschaft, wie wir sie jetzt erleben, ist Ausdruck einer radikalen Syntopie, weil wohl jeder der Beteiligten sieht, dass sich hier eine neue Dimension des Denkens und Verstehens über uns selbst erschließt.

Ich sehe in dieser „radikalen Syntopie“ die Herausbildung einer neuen Disziplin, eben der *Lehre vom sprachlichen Modellieren*.

Eine ähnliche Syntopie wie das Zusammengehen von Hirnforschung und Computerwissenschaft ist das Zusammengehen von KI (Künstliche-Intelligenz-Forschung) und Kognitionsforschung, von zwei Bereichen, die Wolfgang Bibel und Jörg Siekmann zu einer einzigen Disziplin vereinigen, die sie Intellektik nennen. Sie schreiben /4/:

So wie sich dieses Gebiet (die Kognitionswissenschaft; H.J.) in den letzten beiden Jahrzehnten entwickelt hat, ist der Gegenstand der Untersuchungen in der Kognitionswissenschaft vorwiegend die menschliche Kognition (...) Es liegt daher nahe, sowohl die KI als auch die Kognitionswissenschaften als Teil einer umfassenderen Wissenschaft anzusehen, eben der Intellektik.

Einige Zeilen später heißt es:

KI ist der informatische Anteil der Intellektik.

Die Zitate sind dem Artikel /23/ entnommen, in dem Erhard Konrad die Herausbildung der KI aus ihren Wurzeln, der Kybernetik und der Informatik (i.e.S.), darstellt. Man erkennt, dass sich der Gegenstandsbereich der Intellektik mit dem der Informatik als der Lehre vom sprachlichen Modellieren weitgehend überdeckt. Das tritt sehr deutlich in den Bezeichnungen zutage, wenn man unter Intelligenz die Fähigkeit zum sprachlichen Modellieren versteht. Die Berechtigung dieser Auffassung wird in /21/ eingehend diskutiert und begründet (siehe im Sachverzeichnis von /21/ unter Intelligenz). Beide Bereiche fallen zusammen, wenn in den Gegenstandsbereich der Intellektik die Modellträger (Computer und ZNS) einbezogen werden.

Zirkularität des Erkennens. Zum sprachlichen Modellieren gehört sowohl das Benutzen bekannter Modelle, sei es durch den Menschen, sei es durch den Computer, als auch das Gewinnen neuer gültiger Modelle, also neuer richtiger Aussagen über die Welt. Demnach ist Erkenntnisgewinnung eine Komponente des sprachlichen Modellierens und folglich Gegenstand der Wissenschaft vom sprachlichen Modellieren. Sprachliches Modellieren ist also gleichzeitig Gegenstand und Mittel der Forschung. Es scheint ein Zirkel vorzuliegen, der die Realisierung dieser Aufgabe unmöglich macht, sodass die Erweiterung der Informatik auf die Human-IV unsinnig ist. Dieses Argument kann sich auf Immanuel Kant berufen. Er schreibt in den „Prolegomena“, § 36:

Wie aber diese eigentümliche Eigenschaft (die Erkenntnisfähigkeit; H.J.) unserer Sinnlichkeit selbst, oder die unseres Verstandes und der ihm und allem Denken zum Grunde liegenden notwendigen Apperzeption, möglich sei, lässt sich nicht weiter auflösen und beantworten, weil wir ihrer zu aller Beantwortung und zu allem Denken der Gegenstände immer wieder nötig haben.

In dem gleichen Sinne schreibt Arthur Schopenhauer in der Schrift „Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde“, § 41:

Daher gibt es kein Erkennen des Erkennens, weil dazu erfordert würde, dass das Subjekt sich vom Erkennen trennte und nun doch das Erkennen erkannte, was unmöglich ist.

Beide Aussagen haben ihre Gültigkeit, solange für das Erkennen des Erkennens nur der Weg über die Introspektion offen steht. Seit Kant ist dieses Argument immer wieder neu formuliert und begründet worden. Heute entfällt es dank der nichtintrospektiven Möglichkeiten der Gehirnforschung.

Bewusstsein. Wenn Denken im Bewusstsein abläuft, das Bewusstsein aber von der Betrachtung ausgeschlossen wird, so wird damit auch die Human-IV (die Verarbeitung von Idemen, von Bewusstseinsinhalten) von der Betrachtung ausgeschlossen. Folglich ist die vorgeschlagene Erweiterung des Informatikbegriffs gegenstandslos. Der Einwand ist berechtigt. Doch kann die Informationsverarbeitung durch das ZNS in denselben Grenzen untersucht werden, wie im Falle der Computer-IV, nämlich eingeschränkt auf Zeichenverarbeitung. Dabei muss von der Arbeitshypothese ausgegangen werden, dass Idemen ZNS-interne Zeichenkörper zugeordnet sind, dass sie also in Form neuronaler Zustände codiert sind, sodass die *elektromagnetischen codierenden Zustände* im Computer ihr Analogon in *neuronalen codierenden Zuständen* des ZNS haben. Da Codierung arbiträr, d.h. beliebig, aber verbindlich festlegbar ist, hat es durchaus „Sinn“ (erkenntnistheoretischen Wert), nur die Zeichenverarbeitung im Gehirn zu untersuchen, beispielsweise durch Computersimulation. *Sinn*, d.h. externe Semantik, erhält die Simulation allerdings erst dann, wenn eine *sinnvolle* Interpretation der codierenden Zustände (Idemzuweisung, d.h. *Sinnzuweisung*) möglich ist, sodass der Computer einen *sinnvollen* Denkprozess simuliert.

Es hat den Anschein, als entspräche diese Herangehensweise der *eliminativ-materialistischen* Position in der modernen Erkenntnistheorie (siehe z.B. /5/, /9/). Das trifft, genau genommen, jedoch aus zwei Gründen nicht zu. Zum einen hätte das Wort *eliminativ* zur Charakterisierung der dargelegten Herangehensweise eine allgemeinere Bedeutung als in der Erkenntnistheorie, wo es die Elimination „*alltagspsychologischer Kategorien*“ (siehe /9/ S.79ff) bezeichnet. In Anwendung auf die hier beschriebene Position bezeichnet es die Elimination des *Bewusstseins*, was freilich die Elimination alltagspsychologischer Kategorien nach sich zieht. Zum anderen wäre die Bezeichnung „materialistisch“ fehl am Patze, denn über die Natur der Ideme werden keinerlei Aussagen gemacht. Zwischen den beiden Welten, die der Informationsbegriff miteinander verbindet, zwischen Physiologie und Psychologie, klafft eine Lücke oder besser „ein weites Feld“, das Raum lässt für jede Art von Glauben oder auch von Aberglauben. Die Bezeichnung „**eliminativer Realismus**“ wäre treffender für die hier vertretene Position, die sich mit der Erforschung der Welt des *Realen*, der *Realeme* einschließlich der gehirninternen *Zeichenrealeme* begnügt, die Welt der *Ideme* aber *eliminiert*. Damit wird auch der Begriff der bewusstseinsgebundenen Information eliminiert. Der eliminative Realismus hat es mit systemgebundener Information zu tun. Die Zuordnung externer Semantik ist arbiträr und liegt außerhalb der Informatik.

Ein Vergleich dieser Position mit derjenigen des Biologen Humberto Maturana ist aufschlussreich. Maturana geht davon aus, dass das ZNS ein abgeschlossenes System ist und keinen Zugang zur Außenwelt hat. Die Steuerung des Organismus durch das ZNS vergleicht er mit der Steuerung eines Flugzeugs beim Blindflug. Ebenso wie für den Piloten die „Außenwelt“ seines Cockpits insofern nicht existiert, als er sie nicht unmittelbar wahrnimmt, ebenso existiert auch für das Nervensystem die Außenwelt nicht. Maturana sagt in einem Interview /25/:

Dabei (beim ständigen Wechsel der Aktivitätsmuster im Nervensystem; H.J.) gibt es kein Innen und Außen, sondern nur einen endlosen Tanz interner Wechselbeziehungen von miteinander interagierenden Elementen. Innen und Außen existieren allein für den *Beobachter*, nicht aber für das System selbst.

Die Position des eliminativen Realismus geht in Maturanas Position über, wenn das Bewusstsein als *steuernder Beobachter* neuronaler Prozesse aufgefasst und aus dem „System selbst“ *eliminiert* wird, und wenn außerdem alle unbewussten Wirkungen der Sensoren auf das System selbst, in dem der „endlose Tanz“ stattfindet, eliminiert werden.

Menschheitswerte. Man kann der Auffassung sein, es sei besser, gar nicht zu versuchen, die oben an die Informatik i.w.S. gestellten Fragen zu beantworten, weil die Kenntnis der neuronalen Mechanismen des Denkens Folgen haben könnten, die sich uns Heutigen als unmenschlich und grauenhaft darstellen. Man stelle sich vor, die Prognose von Ray Kurzweil

würde Wirklichkeit: „Im Jahre 2009 verschmilzt das menschliche Denken mit der ursprünglich von der menschlichen Spezies erschaffenen Maschinenintelligenz“ /26/. Dies ist der wohl härteste Einwand gegen die Informatik i.w.S., denn er betrifft, nach unserem heutigen Selbstverständnis, den Verlust des Wertes und der Würde des Menschen. Scheinbar ist der Verlust unausweichlich, wenn die neuronalen Mechanismen des Denkens erkannt sind, wenn Denken auf Physik „reduziert“ ist und wenn Kurzweils Prognose eintritt. Der Einwand ist emotionaler Natur und entspringt einer tiefen Sorge um die Zukunft der Menschheit. Er richtet sich nicht nur gegen das Konzept der Informatik i.w.S., sondern prinzipiell gegen jeden „reduktionistischen“ Versuch, das menschliche Denken naturwissenschaftlich zu erklären und zu simulieren. Derartige Versuche werden als Angriff auf den Menschen als ein geistiges Wesen aufgefasst, auf dasjenige, was den eigentlichen Wert des Menschen ausmacht, seine geistige Welt; sie werden als Angriff gegen das „Göttliche im Menschen“ aufgefasst. Dieser grundsätzliche Einwand gegen alle derartigen reduktionistischen Bestrebungen ist berechtigt. Er trifft jedoch nicht die Informatik i.w.S., soweit sie von der Position des eliminativen Realismus ausgeht, denn durch die Erforschung der Realemverarbeitung im Gehirn wird das Körper-Geist-Problem nicht gelöst, nicht einmal berührt.

Resümee. Trotz aller möglichen Bedenken ist die Erforschung der Human-IV in vollem Gange. An ihr beteiligen sich nicht nur Neurophysiologen und Informatiker, sondern auch Psychologen, Kognitions- und Sprachwissenschaftler, Philosophen und selbstverständlich auch Mathematiker. Die Anzahl der Veröffentlichungen auf diesem Gebiet wächst rasant. Es existieren Fachbücher (z.B. /10/) und allgemeinverständliche Darstellungen der Forschungsergebnisse und ihrer segensreichen wie gefährlichen Anwendungsmöglichkeiten (u.a. /11/, /17/, /24/, /30/, /32/, /36/). Die gegenwärtige Situation wird durch die Überschrift der ersten Abteilung der Artikelsammlung /24/ schlagwortartig beschrieben:

Hirnforschung und Informatik wachsen zusammen: ein Paradigmenwechsel.

Wohin die Entwicklung geht, wissen wir nicht. Wir können zwar das Ziel, aber nicht das Ergebnis unseres Denkens und Handelns bestimmen. Wir Menschen haben keine Macht über die Evolution, obwohl die menschliche Erfindungsgabe im gegenwärtigen Moment der Menschheitsgeschichte zum Hauptmotor der Evolution geworden zu sein scheint.

Ich habe sehr vielen Kollegen zu danken, die bereit waren, mit mir über meine Vorstellungen und Begriffe zu diskutieren, mir ihre Meinung zu sagen und Anregungen zu geben. Auch kontrovers geführte Diskussionen, und zuweilen gerade diese, haben mir geholfen, Anliegen und Begriffsbestimmungen möglichst klar und verständlich darzulegen. Die Leser werden entscheiden, wieweit mir dies gelungen ist. Insbesondere danke ich den Herrn Dr. Manfred Bonitz, Prof. Volkmar Dienhold, Prof. Immo Kerner, Prof. Karl-Heinz Müller, Prof. Frieder Nake, Dr. Wolfgang Oertel, Dr. Horst Piehler, Dr. Heinz Rötger, Prof. Dietrich Schubert, Prof. Peter Schefe, Dr. Rainer Schulze, Prof. Dirk Siefkes, Prof. Erwin Stoschek, Prof. Reiner Tschirschwitz, Prof. Hartmut Wedekind und Prof. Paul Ziesche.

Literatur

- /1/ Balzert, Helmut: Lehrbuch Grundlagen der Informatik. Heidelberg; Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 1999
- /2/ Bauer, Friedrich L.: *Was heißt und was ist Informatik?* In: Informatik Spektrum 1974, S.336
- /3/ Bauer, Friedrich L.; Goos, Gerhard: *Informatik 1- Eine einführende Übersicht.* Berlin u.a.: Springer-Verlag, 1991
- /4/ Bibel, Wolfgang; Siekamm, Jörg: *Informatik und Intellektik als zukünftiges Zwiesgespann.* In: KI, 1, S. 16-22

- /5/ Bieri, Peter (Hrsg.): *Analytische Philosophie der Erkenntnis*. Frankfurt am Main: Athenäum Verlag, 1987
- /6/ Bonitz, Manfred: *Zur Entwicklung der Wissenschaftsdisziplin Informatik in der DDR*. Informatik, **25** (1978) H.4, S. 43-48
- /7/ Brillouin, Leon, *Science and Information Theory*. New York: Academic Press Publishers, 1956
- /8/ Broy, Manfred: *Informatik. Eine grundlegende Einführung. Teil 1*. Berlin u.a.: Springer-Verlag, 1992
- /9/ Carrier, Martin; Jürgen Mittelstraß: *Geist, Gehirn, Verhalten. Das Leib-Seele-Problem und die Philosophie der Psychologie*. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1989
- /10/ Churchland, Patricia S.; Terrence J. Sejnowski: *Grundlagen zur Neuroinformatik und Neurobiologie*. Wiesbaden: Vieweg, 1997
- /11/ Churchland, Paul, M.: *Die Seelenmaschine. Eine philosophische Reise ins Gehirn*. Heidelberg; Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2001
- /12/ Coy, Wolfgang: *Reduziertes Denken. Informatik in der Tradition des formalistischen Forschungsprogramms*. In: Scheffe, Peter et al. (Hg.): *Informatik und Philosophie*. Mannheim u.a.: B.I. Wissenschaftsverlag, 1993, S. 51f
- /13/ Coy, Wolfgang u.a. (Hrsg.): *Sichtweisen der Informatik*. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1992
- /14/ Ebeling, Werner; Rainer Feistel: *Chaos und Kosmos. Prinzipien der Evolution*. Heidelberg; Berlin; Oxford: Spektrum. Akad. Verl., 1998
- /15/ Ebeling, Werner; Jan Freund; Frank Schweitzer: *Komplexe Strukturen: Entropie und Information*. Stuttgart; Leipzig: B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1998
- /16/ Fuchs-Kittowski, K.; H. Kaiser; R. Tschirschwitz; B. Wenzlaff: *Informatik und Automatisierung, Bd. 1*. Berlin: Akademie-Verlag 1976
- /17/ Gehirn & Geist. Das Magazin für Hirnforschung und Psychologie. Herausgegeben von der Redaktion von „Spektrum der Wissenschaft“
- /18/ Gell-Mann: *Das Quark und der Jaguar. Vom Einfachen zum Komplexen. Die Suche nach einer neuen Erklärung der Welt*. München; Zürich: Piper, 1996
- /19/ Hartmann, Werner; Jörg Nievergelt: *Informatik und Bildung zwischen Wandel und Beständigkeit*. Informatik Spektrum **25/6** Dezember 2002, S. 465-476
- /20/ Horn, Christian; Immo O. Kerner: *Lehr- und Übungsbuch Informatik, Bd. 3: Praktische Informatik*. Leipzig: Fachbuchverlag, 1997
- /21/ Jungclaussen, Hardwin: *Kausale Informatik. Einführung in die Lehre vom aktiven sprachlichen Modellieren durch Mensch und Computer*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2001
- /22/ Kamlah, Wilhelm; Paul Lorenzen: *Logische Propädeutik. Vorschule des vernünftigen Redens*, S. 21f. Stuttgart; Weimar: Verlag J.B. Metzler, 1996
- /23/ Konrad, Erhard: *Zur Geschichte der Künstlichen Intelligenz in der Bundesrepublik Deutschland*. In: Siefkes, Dirk; Peter Eulenhöfer; Heike Stach; Klaus Städtler (Hrsg.): *Sozialgeschichte der Informatik. Kulturelle Praktiken und Orientierungen*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 1998, S. 287-303
- /24/ Maar, Christa; Ernst Pöppel; Thomas Christaller (Hg.): *Die Technik auf dem Wege zur Seele. Forschungen an der Schnittstelle Gehirn / Computer*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt, 1996
- /25/ Maturana, Humberto. *Piloten im Blindflug. Interview mit dem Biologen Humberto Maturana*. Gehirn und Geist Nr. 4/2002, S. 62-63
- /26/ Maurer, Hermann: *Prognosen und Thesen...nicht nur zum Schmunzeln*. Informatik Spektrum **23/1**, S. 53, 2000

- /27/ Mittelstraß, Jürgen: *Die Prädikation und die Wiederkehr des Gleichen*, S. 157; in: J.Mittelstraß: *Die Möglichkeit von Wissenschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, StW 62, 1974
- /28/ Nickel, K.: *Die Dualität Hardware-Software*. In: Informatik 1972, Nova acta leopoldina, Neue Folge, No. 206, Bd. 37/1, S. 373-398
- /29/ Pöppel, Ernst: *Radikale Syntopie an der Schnittstelle zwischen Gehirn und Computer*. In: Maar, Christa; Ernst Pöppel; Thomas Christaller (Hg.): *Die Technik auf dem Wege zur Seele. Forschungen an der Schnittstelle Gehirn / Computer*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt, 1996, S.12-29
- /30/ Pöppel, Ernst: *Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn*. Informatik Spektrum **25**, H.6, Dezember 2002, S. 427-437
- /31/ Popper, Karl; John C. Eccles: *Das Ich und sein Gehirn*. München; Zürich: Piper, 1982
- /32/ Roth, Gerhard: *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Frankfurt am Main: Suhrkamp, 1997
- /33/ Shannon, C.: *A mathematical theory of communication*. Bell System Techn. J., **27** (1948), No. 379-423; No. 4, 623-656
- /34/ Shannon, C.: *Some topics in information theory*. Proceedings of the international Congress of mathematicians, **II** (1950), 262-263
- /35/ Siefkes, Dirk; Peter Eulenhöfer; Heike Stach; Klaus Städtler (Hrsg.): *Sozialgeschichte der Informatik. Kulturelle Praktiken und Orientierungen*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 1998
- /36/ Spitzer, Manfred: *Geist im Netz. Modelle für Lernen, Denken und Handeln*. Heidelberg; Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2001
- /37/ Völz, Horst: *Information verstehen. Facetten eines neuen Zugangs zur Welt*. Braunschweig; Wiesbaden: Vieweg, 1994
- /38/ Wedekind, Hartmut; Günter Görz; Rudolf Kötter; Rüdiger Inhetveen: *Modellierung, Simulation, Visualisierung: Zu aktuellen Aufgaben der Informatik*. Informatik Spektrum 21/ 5, Oktober 1998, S. 265-272