

›Informatik‹ – eine Wissenschaft auf Abwegen

Peter Brödner

Zusammenfassung: Das Produktivitätsparadoxon der Computertechnik und vergleichsweise häufiges Scheitern großer Softwareprojekte deuten an, dass inadäquate Begriffe und Beschreibungen falsche Vorstellungen und Erwartungen über Funktionsweisen computertechnischer Artefakte hervorrufen. Gestützt auf einen elaborierten Zeichenbegriff werden fachliche Grundlagen kritisch beleuchtet im Hinblick darauf, wie die sich von klassischen Maschinen fundamental unterscheidenden Artefakte im Zusammenhang mit der Organisation von Wissensarbeit zu verstehen sind. Ferner werden die Verwendung irreführender Metaphern sowie daraus resultierende Illusionen über Nutzen und Gefahren der Computertechnik mit der Folge beträchtlicher Fehlallokation von Ressourcen analysiert.

Abstract: The productivity paradox of computer technology as well as relatively frequent failures of huge software projects indicate that inadequate concepts and descriptions evoke erroneous ideas and expectations about modes of operation of computer artifacts. Based on an elaborated sign concept, basic principles of computer technology are being analysed with respect to how these artifacts, fundamentally different from classical machines, can be apprehended in connection with the organization of knowledge work. Moreover, the use of deceptive metaphors and resulting illusions about benefits and risks of computer technology, as well as resulting misallocation of resources, are being contemplated.

Schlüsselbegriffe:

Informationsverarbeitung, Zeichen, soziotechnische Systeme, maschinelles Lernen

1 Einführung: Uneingelöste Versprechen

Seit rund fünf Dekaden werden Computer in entwickelten Gesellschaften für vielfältige Aufgaben der Wissensarbeit auf breiter Front eingesetzt und weltumspannend vernetzt. Trotz massiver Investitionen in Computertechnik, die diejenigen in Produktionstechnik längst übersteigen, werden die damit verbundenen hohen Erwartungen an die Steigerung der Arbeitsproduktivität immer wieder enttäuscht (sog. ›Produktivitätsparadoxon‹ der Computertechnik; vgl. Gordon 2014, Brödner 2020, Horn 2021). Zudem zeigt sich stets aufs Neue, dass große Software-Projekte trotz hoher Budgetüberschreitungen die angestrebte Funktionalität oftmals verfehlen oder sogar ganz scheitern (Standish Group 2015). Derart beispiellose, in anderen Technikfeldern so kaum zu verzeichnende Krisenerscheinungen, insbesondere die Diskrepanz zwischen ausbleibenden Produktivitätsgewinnen und gleichwohl aufrecht erhaltenen hohen Erwartungen, lassen dahinter systematische Gründe vermuten. Unter den mutmaßlichen Gründen für diese Krisenanzeichen stechen tief sitzende, sich immer wieder neu bildende Missverständnisse der wahren Natur der Computertechnik, ihrer Funktionsweise und Potenziale hervor.

Diese Missverständnisse zeigen sich auch in unterschiedlichen Sichtweisen der Wissenschaftsdisziplin ›Informatik‹, darunter in zwei dominanten: zum einen in derjenigen, welche Computer als »informationsverarbeitende Maschinen« versteht, zum anderen derjenigen, deren Grundverständnis sich im sog. »computational model of the mind« widerspiegelt. Beide sind eng miteinander verwandt und verlangen nach kritischer Analyse ihrer von Beginn an nicht wirklich geklärten, z.T. auch widersprüchlich verwendeten Grundbegriffe (z.B. maschinelle ›Verarbeitung von Information‹ versus ›Datenverarbeitung‹, Verhältnis von ›Software‹ zu ›Hardware‹). Desgleichen verdient auch der irreführende metaphorische Gebrauch von Begriffen aus fachfremden Wissensdomänen (»intelligente Agenten«, »maschinelles Lernen«, »künstliche neuronale Netze (KNN)«, »autonome Systeme« etc.) eine kritische Auseinandersetzung. Darin offenbart sich eine beträchtliche Unsicherheit über die Natur des Fachs und seiner Gegenstände. Sie bescheren dem Fach zwar immer wieder große öffentliche Aufmerksamkeit, tragen aber auch wesentlich zu Missverständnissen seiner Artefakte und deren Funktionsweise bei. Selbst nach einem halben Jahrhundert stürmischer Entwicklung dieser Disziplin, sind trotz ihrer großen wirtschaftlicher Bedeutung noch immer grundlegende Fragen nach dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand, nach ihm angemessenen Methoden und dessen besonderem Charakter offen.

Zu beträchtlichen Teilen resultieren diese Schwierigkeiten aus dem Umstand, dass vernetzte Computersysteme als Artefakte zur maschinellen Verarbeitung, Speicherung und Übertragung von Daten tiefgreifend in soziale Praktiken der Kommunikation und Kooperation intervenieren, aus denen die Daten stammen und die ihnen Bedeutung verleihen. Bei Gestaltung und Gebrauch dieser Artefakte sind daher Erkenntnisse aus ganz unterschiedlichen Wissensdomänen gleichermaßen gefragt: Logik bzw. Arithmetik, Physik und Sozialwissenschaft. Bei der soziotechnischen Gestaltung (vgl. z.B. Mumford 2006) von Computersystemen und ihrer produktiven Verwendung müssen folglich Erkenntnisse aus allen diesen Wissensdomänen sinnvoll zusammengeführt werden: Wie lassen sich Aspekte sozialer Kommunikation und Kooperation in Form einer Abfolge logischer und arithmetischer Operationen modellieren und formalisieren, wie lassen sich diese maschinell ausführen und wie die damit erzielten Ergebnisse wieder interpretieren und sinnvoll nutzen?

Diesen Fragen wird hier nachgegangen mit dem Ziel, zu ihrer Klärung und zum besseren Verständnis der technischen Herausforderungen beizutragen. Dazu wird zunächst ›Information‹ als dem Fach ›Informatik‹ zugeschriebener Grundbegriff kritisch beleuchtet und als ungeeignet für die Darstellung wesentlicher Vorgänge der Computertechnik ausgewiesen. Mit dem triadischen Zeichenbegriff, wie er im wesentlichen von den Logikern C.S. Peirce und G. Frege elaboriert wurde, wird dann eine alternative begriffliche Grundlage vorgestellt, die es insbesondere erlaubt, logisch-arithmetische Operationen und ihre maschinelle Ausführung durch binäre Schaltsysteme mit deren Interpretation im Kontext sozialer Praktiken in Verbindung zu setzen. Eben das damit explizit beschreibbare Zusammenspiel maschineller Operationen auf bedeutungslosen Alphabetzeichen mit deren sinnhaftem Gebrauch in sozialer Praxis lässt die Besonderheiten der Computertechnik und der mit ihrem Einsatz auftretenden Probleme besser verstehen. Damit können dann schließlich auch die vielen irreführend antropomorphisierenden Erzählungen entkräftet werden, die sich um die Computertechnik ranken.

2 ›Information‹: Ein schillernder und trügerischer Begriff

Seit Claude Shannon (1948) seine Analyse nachrichtentechnischer Übertragungssysteme als »A Mathematical Theory of Communication« publizierte (›Nachrichten‹ werden dabei ausdrücklich als reine Wortfolgen ohne ›Bedeutung‹ betrachtet) und darin, gestützt auf seine Vorläufer Nyquist und Hartley, ein rein syntaktisch über einem endlichen Alphabet definiertes Maß für die Menge an durch einen Nachrichtenkanal übertragener »Information« definierte, geistert dieses Wort durch unterschiedlichste wissenschaftliche Diskurse; so wurde es sogleich etwa auch im einflussreichen Buch »Kybernetik« von Norbert Wiener (1948) aufgegriffen und erreichte damit später Disziplinen übergreifende Aufmerksamkeit. Aufgrund rein formaler Ähnlichkeit dieser für Signale geltenden Definition mit derjenigen der physikalischen Entropie hat Shannon dieses Maß, seiner Sache offenbar selbst nicht sicher, alternativ auch »Entropie« genannt.

Die darin angelegte Begriffsverwirrung vergrößert sich noch mit dem kurz darauf unter dem leicht veränderten Titel »The Mathematical Theory of Communication« publizierten Nachdruck der Shannonschen Arbeit, ergänzt um eine äußerst fragwürdige, von positivistisch inspiriertem Zeitgeist geprägte Arbeit von Warren Weaver, dem langjährigen (bis 1955 amtierenden) Direktor für Naturwissenschaften der Rockefeller Foundation als einflussreicher Institution der Wissenschaftsförderung. Hierin bringt Weaver, anders als Shannon, auch die semantischen und pragmatischen Aspekte von Nachrichten wieder ins Spiel; so behauptet Weaver etwa, die technisch effiziente Signalübertragung bestimme auch Fragen des Verstehens und der Anerkennung einer Nachricht: „... a larger part of the significance comes from the fact that the analysis at Level A [signal transmission, PB] discloses that this level overlaps the other levels more than one could possibly naively suspect. Thus the theory of Level A is, at least to a significant degree, also a theory of levels B [semantics, PB] and C [pragmatics, PB]“ (Shannon & Weaver 1949: 3).

Die begriffliche Wirrnis wird noch vertieft durch die Alltagssprache, in der unter »Information« gemeinhin der Inhalt einer Mitteilung, Auskunft oder Belehrung als Ergebnis ihrer Interpretation verstanden wird. Und aus sozialwissenschaftlicher Perspektive ist für das Handeln im Rahmen einer sozialen Praxis ohnehin nur die kontextabhängige Bedeutung einer Nachricht wesentlich, wie es in der prägnanten Definition: »Information ist jeder Unterschied, der etwas ausmacht« (»any difference that makes a difference«, Bateson 1980: 250) markant zum Ausdruck kommt. Somit existieren unter derselben Benennung ›Information‹ mindestens drei höchst unterschiedliche, untereinander unverträgliche Begriffe nebeneinander. Unglücklicherweise werden davon aber im Kontext soziotechnischer Systemgestaltung computerunterstützter Arbeit zumindest zwei, der rein syntaktische von Shannon und der sozialwissenschaftliche Begriff, zugleich gebraucht, um soziale Praktiken im Umgang mit Computertechnik und deren innere Funktionsweise angemessen beschreiben zu können (Brödner 2016). So kann es auf die dabei zentralen Fragen: Womit genau Computer eigentlich operieren – mit ›Information‹ oder Signalen? und wie sich das im Arbeitsprozess genau auswirkt? keine klaren Antworten geben, zumal dabei auch der alltagssprachliche Begriff stets mitspielt. Bis heute sind denn auch alle weiteren Versuche, zu einem Disziplinen übergreifend einheitlichen Informationsbegriff zu gelangen, kläglich gescheitert (vgl. etwa den in den Heften 4 und 5 des Informatik Spektrums 26 (2003) geführten Diskurs sowie Janich 2006).

Gleichwohl gilt ›Information‹ als Grundbegriff der für Computertechnik zuständigen Fachdisziplin ›Informatik‹ – eine erstmals 1957 vom Nachrichteningenieur Karl Steinbuch geprägte, 1962 von Philippe Dreyfus in Frankreich eingeführte, 1967 von der Academie Française als »Wissenschaft von der rationalen, insbesondere maschinellen Verarbeitung von Information« geadelte Wortschöpfung, für die der Begriff bereits konstitutiv ist und die »automatische Informationsverarbeitung« durch Computer zum grundlegenden Paradigma erhebt (vgl. etwa das Positionspapier »Was ist Informatik?« der GI (2006) oder einschlägige Lehrbücher, z.B. Bauer & Goos 1971). Dabei fällt freilich auf, dass außer in kurzen einleitenden, wenig erhellenden Abschnitten über ›Information‹ in den für das Fach wesentlichen Darstellungen der theoretischen Informatik (Berechenbarkeit), der technischen Informatik (Schaltssystementwurf) und der praktischen Informatik (Softwaretechnik) der Begriff ›Information‹, offenbar verzichtbar, nirgends mehr vorkommt. Er ist ja auch weder ein Begriff der Physik (in keinem deutsch- oder englischsprachigen Handbuch der Physik kommt er als Stichwort vor), noch ein Begriff der Logik oder Mathematik, die beide wesentliche Grundlagen des Fachs bereitstellen (im Englischen heißt das Fach denn auch »computer« bzw. genauer: »computing science«). Dieser bereits in den Grundlagen des Fachs angelegte gedankliche Wirrwarr trägt beträchtlich zu den verbreiteten Missverständnissen rund um die Computertechnik bei, indem der irreführende Informationsbegriff, aufgeladen durch soziale Bedeutung suggerierende Konnotationen, ständig dazu verführt, maschinell vollzogene Zustandsänderungen bedeutungsloser Signale mit deren sinnhafter Interpretation im Kontext sozialer Praktiken zu verwechseln. Das wird durch eine Reihe weiterer durchweg anthropomorphisierender Fehlbenennungen noch gesteigert (vgl. Brödner 2021 und Abschnitt 4). Vorderhand wird mithilfe eines elaborierten Zeichenbegriffs eine alternative begriffliche Grundlage gelegt.

3 Logik der Zeichen: Eine alternative begriffliche Grundlage der Computertechnik

Mit der Entstehung eines gewaltigen gesellschaftlichen Mehrprodukts in den fruchtbaren Schwemmland-Gebieten der alten Flusskulturen wurden vor gut 5000 Jahren Schrift- und Zahlzeichen entwickelt. Mit deren Hilfe konnten Vorgänge der Verwaltung vielfältiger und umfangreicher Vorräte – neben solchen der Landvermessung (›Geometrie‹), der Ertrags- und Steuerberechnung – genau beschrieben und ›buchführend‹ symbolisch nachvollzogen werden. Sehr viel ältere Praktiken des Zählens wurden dafür mittels arithmetischer Operationen zu Berechnungsverfahren fortentwickelt (so stammen etwa früheste bekannte Berechnungen der Kreiszahl oder einer rekursiven Funktion aus diesem Kontext; vgl. Ifrah 1989). Der springende Punkt dabei ist die Repräsentation und Beschreibung der materiellen Vorgänge durch einzelne diskrete Zeichen eines endlichen Alphabets, deren Verknüpfung zu Worten und Manipulation nach bestimmten Regeln, die bis heute gelten. So unterscheiden sich etwa dazu entwickelte Berechnungsverfahren der Buchführung nicht grundsätzlich von denen moderner ERP-Systeme, außer dass letztere umfassender und vielseitiger sind und v.a. maschinell ausgeführt werden.

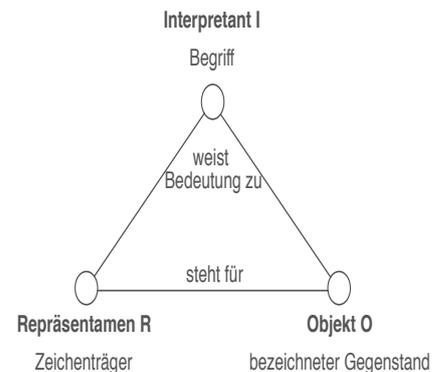
Im weiteren geschichtlichen Verlauf werden zudem durch radikale Abstraktion von den Inhalten schriftsprachlicher Aussagen logische Aussageverknüpfungen formalisiert: So publiziert George Boole, die ›de Morganschen Gesetze‹ ($\neg(a \wedge b) = \neg a \vee \neg b$ und $\neg(a \vee b) = \neg a \wedge \neg b$)

aufnehmend, Mitte des 19. Jahrhunderts einen Logikkalkül, der, um 1888 von Peano als ›Boolesche Algebra‹ axiomatisiert, schließlich das logisch-funktionale Fundament für binäre Schaltsysteme als heutiger Computer-Hardware bildet.

In diesem Kontext erarbeitet der amerikanische Logiker C.S. Peirce erstmals einen Prädikatenkalkül 1. Stufe, arbeitet an »logischen Maschinen« und entwickelt dabei eine triadische Zeichentheorie, die heute allgemein als logische Grundlage für den Einsatz von Computern gelten kann (als äquivalent ist die gleichzeitig und unabhängig davon entwickelte Begriffsschrift von Gottlob Frege anzusehen).

Der Peircesche triadische Zeichenbegriff (Peirce 1983) bestimmt ein Zeichen allgemein als dreistellige Relation aus

1. einem *Repräsentamen R*, dem physischen Zeichenkörper oder -träger (ein als Zeichen gedeuteter Gegenstand oder Vorgang, ›Alphabetzeichen‹),
2. einem *Objekt O*, dem bezeichneten Gegenstand oder Vorgang und
3. einem *Interpretanten I*, der Bedeutung, die ein Interpret dem Paar (R, O) situativ und kontextabhängig zuschreibt (Begriff).



Somit ist ein Zeichen »etwas, das für jemanden in einer bestimmten Hinsicht oder Fähigkeit für etwas steht«. Der Begriff ist rekursiv, denn der Interpretant ist selbst ein Zeichen, das bezeichnet und interpretiert werden kann.

Dabei beschreibt (vgl. z.B. IFIP 1998)

- *Syntaktik* die auf R reduzierten Aspekte von Zeichenprozessen (*womit* wird bezeichnet? → Daten, repräsentiert durch Signale);
- *Semantik* deren auf die Relation $(R - O)$ reduzierten Aspekte (*was* wird bezeichnet? → Information i.S. von ›steht für‹);
- *Pragmatik* die sozio-kulturell anerkannt wirksamen Aspekte von Zeichenprozessen (*wie* wird Bezeichnetes in einem Handlungskontext gedeutet? → begriffliches Wissen).

In dieser »praxistheoretischen« Perspektive (Reckwitz 2003) werden Gegenstände und Tatsachen (›Fakten‹) der sozialen Welt – sog. ›institutionelle Tatsachen‹ – erst durch Kommunikation und Kooperation als Formen zeichenbasierten koordinierten Handelns aufgrund »geteilter Intentionalität« (Tomasello 2009) geschaffen und, insoweit anerkannt, auch erhalten: »Wir sorgen dafür, dass etwas der Fall ist, indem wir es als etwas repräsentieren, was der Fall ist« (Searle 2012). Als Paradebeispiel dafür kann die ausschließlich mit gedachten (daher empirisch nicht zugänglichen), durch Alphabetzeichen und formale Regeln geschaffenen Objekten operierende Mathematik gelten, die Hilbert zufolge »ein Spiel mit wenigen Regeln und bedeutungslosen Zeichen auf Papier« ist (dafür bieten etwa die der Computertechnik zugrunde liegenden Theorien der Berechenbarkeit oder der Automaten und formalen Sprachen reiches Anschauungsmaterial).

Grundsätzlich können beliebige physische Gegenstände oder Vorgänge als Repräsentamen fungieren und als Zeichen für etwas gedeutet werden. Mit dem triadischen Zeichenbegriff wird zudem der zentralen Tatsache Rechnung getragen, dass ›Bedeutung‹ keine natürliche

Eigenschaft physischer Gegenstände oder Vorgänge ist, sondern diesen in einem konkreten Handlungskontext sozialer Praktiken, in bewusster Interaktion durch sinngebende Interpretation ihrer Funktionen, zugeschrieben wird; sie ist stets subjektiv und kann daher nicht Gegenstand wiederholbarer, maschineller Operationen sein. Mit diesem Zeichenbegriff lässt sich jedoch eine logische Verbindung herstellen zwischen der physischen Welt kausal determinierter Wirkungen und der sozialen Welt der Genese intentional bedingter, situativ zugeschriebener Bedeutungen. Damit ist er in besonderem Maße geeignet, Vorgänge der sozialen Praxis computerunterstützter Wissensarbeit und ihrer soziotechnischen Gestaltung präzise zu beschreiben und zu erklären (vgl. Abb. 1).

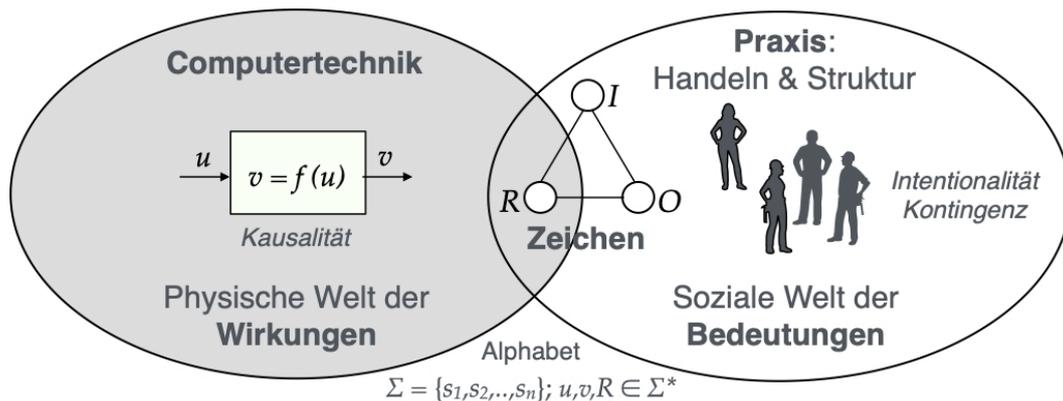


Abb. 1: Das triadische Zeichen als logische Verbindung von Physik und Semantik (eigene Darstellung)

Der Computereinsatz beginnt mit der stets partiellen Modellierung und Formalisierung bestimmter Aspekte einer sozialen Praxis: Dabei dienen durch Selbst- und Fremdbeobachtung mittels Sprache, in Gestalt von Text oder Grafik, vereinbarte teils deskriptive, teils präskriptive Modelle gewünschter sozialer Praktiken als Grundlage, um daraus streng formale Beschreibungen in Form von Algorithmen und Datenstrukturen abzuleiten. Auf diese Weise werden bestimmte Aspekte einer zeichenbasierten sozialen Interaktion beschreibende, aber perspektivisch reduzierte Modelle in Programme als formaler Darstellung von Berechnungsmodellen abgebildet: $v = f(u)$; $v, u \in \Sigma^*$. Durch diese Reduktion gehen infolge der Abstraktion sowohl Bezeichnungen ($R - O$) als auch Bedeutungen $I - (R - O)$ verloren; die per Programm fremdgesteuerte, allein mit $R \in \Sigma^*$ operierende Maschine ›Computer‹ ›weiß‹ nicht mehr, was sie prozessiert und warum. Programme werden per Compiler automatisch in ausführbaren Maschinencode übersetzt. Während ihrer Laufzeit existiert die Maschine ›Computer‹ nur noch als reine ›Hardware‹, als Abfolge von Signalzuständen binärer Schaltsysteme, zweckmäßig gesteuert durch den Maschinencode. Vom Computer für bestimmte zulässige Eingaben per Programm erzeugte Ergebnisse können dann aufgrund von Aneignung und Kenntnis der Eigenschaften des Berechnungsmodells f im Kontext der Verwendung interpretiert und erneut mit Bedeutung aufgeladen werden. Insgesamt wird dadurch die soziale Praxis restrukturiert.

Software hat somit zwei Seiten: Programme werden in der sozialen Welt der Bedeutungen nach deren Anforderungen und Zwecken gestaltet und vermögen – nach automatischer Compilierung in Maschinencode – als solche in der physischen Welt der Wirkungen

Signal-Zustandsänderungen in Schaltsystemen zu steuern. Eben diese Doppelnatur verführt zur verbreiteten Illusion vermeintlich kognitiver Leistungen: In der sozialen Welt der Bedeutungen bilden Programme und Daten eine formale Beschreibung maschineller Funktionen als (freilich oft nur schwer) lesbarem Text. Software gehört in dieser Hinsicht zur sozialen Welt der Bedeutungen, sie beschreibt, was ablaufen soll und wozu. In Form kompilierter Programme ist sie aber zugleich auch funktionale Steuerung einer Maschine. Daher muss sie interessensabhängigen sozialen Zwecken und Anforderungen genügen und zugleich eine formal korrekte Beschreibung berechenbarer Funktionen (Algorithmen, Berechnungsmodell) liefern.

Durch die automatische Verwandlung in maschinell ausführbaren Code und die dabei insgesamt vollzogene Abstraktion und formale Reduktion auf logisch determinierte Signalzustände verlieren Programme jeglichen Bezug zur sozialen Welt von Bezeichnungen und Bedeutungen. Der Code steuert dann nur Zustandsänderungen bedeutungsloser Signale in binären Schaltsystemen und wird so zum Herzstück der Maschine ›Computer‹ in der physischen Welt der Wirkungen, ohne noch zu ›wissen‹ wozu. Erst das damit erzeugte Ergebnis ist aufgrund der Kenntnis der Funktionen zugrunde liegender Berechnungsmodelle in der sozialen Welt wieder interpretierbar.

Diese Betrachtungen gelten im übrigen *mutatis mutandis* auch für den Fall des Computereinsatzes zur Steuerung physischer Prozesse (sog. »cyber-physische Systeme«): In diesem Fall ist die vorgängig ebenfalls in der sozialen Welt der Bedeutungen vorgenommene mathematische oder doch zumindest heuristisch begründete formale Modellierung des betrachteten physischen Prozesses zwingende Voraussetzung dafür, überhaupt ein formal notiertes Programm zur Steuerung des physischen Prozesses entwerfen zu können, die diesem dann in kompilierter Form, durch Mess- und Stellsignale vermittelt, ein zweckgemäßes Verhalten zu verleihen vermag. So beruht auch dieser Steuerungsentwurf auf einem zeichenbasierten Prozessmodell. Im derart durch Signale vermittelten Zusammenspiel von Steuerung und Prozess bilden dann beide eine selbsttätig prozessierende Einheit in der physischen Welt der Wirkungen, deren Funktionsweise und Güte aber wiederum nur in der sozialen Welt der Bedeutungen beurteilt werden kann.

Damit erweisen sich Computersysteme als technische Artefakte, die ausschließlich berechenbare Funktionen vollziehen, die ihrerseits während des Entwurfs aus Zeichenprozessen (›Semiosen‹) kooperativer Wissensarbeit (›Kopfarbeit‹) zweckgemäß abstrahiert und als »auto-operationale Formen« (Floyd 2002) verwirklicht werden. Deren maschinelle Ausführung besteht ausschließlich aus physischen Vorgängen einer entsprechend programmierten Steuerung von Signalzuständen in Schaltsystemen. Somit bewegt sich die soziotechnische Gestaltung computerunterstützter Arbeit, verstanden als Anpassung von Form, Funktion und Handlungskontext, stets im Spannungsfeld des technisch Machbaren, der Formbarkeit von Natur bzw. sozialer Praxis, und des sozial Wünschenswerten, abhängig von jeweiligen Interessen und Machtverhältnissen.

Diese Sicht der Dinge spiegelte sich denn auch lange Zeit in sachlich angemessenen Bezeichnungen für die so verstandenen technischen Artefakte, etwa »elektronischen Rechenanlagen« zur »Datenverarbeitung« oder »Prozessrechner« zur Prozesssteuerung, bevor widersinnig die Rede von »Informationsverarbeitung« erneut Oberhand gewann. Dementsprechend wird auch in internationalen Begriffsnormen sehr klar zwischen

»Information« (als »knowledge concerning objects, such as facts, events, things, processes, or ideas, including concepts, that within a certain context has a particular meaning«) und »Daten« (als »reinterpretable representation of information in a formalized manner suitable for communication, interpretation, or processing«) als logischer Form physischer Signale unterschieden (vgl. ISO/IEC 2015).

4 Wortspiele: Irreführende Benennungen verführen zu Selbsttäuschung

Aus den dargelegten Zusammenhängen geht insbesondere hervor, dass es, um Computertechnik überhaupt zweckmäßig nutzen zu können, zunächst erforderlich ist, durch Analyse, Modellierung und Formalisierung von Vorgängen sozialer Praktiken (bzw. physischer Systeme im Falle von Prozesssteuerung) berechenbare Funktionen zu identifizieren, mit dem Ziel, sie zu aufgabenangemessen gestalteten, interaktiv nutzbaren Berechnungsverfahren (Algorithmen) zu bündeln, die auch maschinell ausführbar sind. Diese zwar erprobten, aber aufgrund der nötigen Interpretationsleistungen nur mit Nutzerbeteiligung zu bewältigenden, meist sehr aufwändigen und von Rückschlägen bedrohten Entwicklungsprozesse soziotechnischer Gestaltung werden neuerdings mit sog. »KI«-Methoden zu umgehen versucht (vgl. Brödner 2020).

Technische Grundlage derartiger Umgehungsversuche ist die Verfügbarkeit sehr großer Datenbestände (»Big Data«) und extrem gesteigerter Rechenleistung. Zusammen genommen ermöglichen sie, sog. adaptive Systeme zu gestalten, deren Funktionsweise einfach auf vorgegebenen generischen, komplex strukturierten Funktionen (etwa in Gestalt von KNN oder Entscheidungsbäumen) beruht. Sie enthalten eine große Zahl von Parametern, die mittels – größtenteils alt bekannten – Optimierungsverfahren an die Vielzahl von außen aufgenommener Daten optimal angepasst (»trainiert«) werden; mathematisch handelt es sich um Verfahren der Funktions-Approximation. Mittels der so »trainierten« Funktionen lassen sich dann für eingegebene weitere Daten zugehörige Resultate errechnen, z.B. in Aufgaben der Klassifikation oder Entscheidung.

Mit diesem vermeintlichen Befreiungsschlag von den Mühen der Modellierung und Formalisierung handelt man sich freilich sogleich neue, noch schwerwiegendere Probleme ein. Diese Vorgehensweise

- beruht auf theielosem Probieren mit unterschiedlich vorstrukturierten Funktionen, damit allein auf dem Erfahrungswissen der Entwickler hinsichtlich ihrer Eignung und Reichweite (Abhängigkeit von Erfahrung);
- steht und fällt mit der Qualität der Daten hinsichtlich Erhebungsmethode, Korrektheit oder Verzerrungen, die aber meist höchst fragwürdig und zumindest im vorhinein kaum einschätzbar ist (unsichere Datenqualität);
- setzt in Vergangenheit angepasstes Verhalten auch in Zukunft fort und negiert damit die prinzipielle Kontingenz sozialer Praktiken (Behinderung von Wandel);
- macht das Zustandekommen der zudem stets mit Unsicherheit behafteten Ergebnisse für die Nutzer gänzlich intransparent und behindert damit im Gebrauch deren zielführendes instrumentelles Handeln (Handlungshindernis).

Diese im Grundsatz simple, methodisch jedoch höchst fragwürdige, letztlich auf schierer Rechenleistung zur Verarbeitung großer Datenmengen beruhende Vorgehensweise wird

nun durch eine Fülle aufregender, aber irreführender Fehlbenennungen wie »künstliche Intelligenz«, »Maschinelles Lernen«, »KNN« oder gar »autonome Systeme« zu verschleiern versucht. Damit wird nahtlos an eine verbreitete Praxis missbräuchlicher Verwendung von Metaphern angeknüpft, die von Beginn an die ›Kybernetik‹ und Computertechnik begleiten. So ist etwa, von damals vorherrschenden positivistischen und behavioristischen Vorstellungen verführt, schon früh von »Elektronengehirnen«, »Giant Brains or Machines That Think« (Buchtitel von E.C. Berkeley 1949) die Rede. Derartige Metaphern rufen gänzlich falsche Vorstellungen funktionaler Vergleichbarkeit lebendiger, sich selbst organisierender (›autopoietischer‹) Gehirne mit Computern als toten, bewusst hergestellten, Natureffekte nutzenden semiotischen Artefakten hervor, haben sich aber sogleich im bis heute dominanten sog. ›computational model of the mind‹ der ›Kognitionswissenschaften‹ niedergeschlagen. So behauptet etwa Steinbuch in dafür typischer reduktionistischer Manier, »dass zur Erklärung geistiger Funktionen höchstwahrscheinlich keine Voraussetzungen gemacht werden müssen, die über die Physik hinausgehen« (Steinbuch 1965: 2). In diesem Zusammenhang erscheint ferner auch zur Beantwortung der Frage, ob Computer denken, der Turing-Test (Turing 1950) als sinnlos, weil er – ganz im Geiste des Behaviorismus – aus äußerlich beobachtetem Verhalten irrtümlich auf deren innere Funktionsweise zu schließen sucht.

Denken lässt sich nicht mit Berechnen gleichsetzen oder nachahmen. Computer ›denken‹ nicht, sondern vollziehen nur, wie in Abschnitt 3 gezeigt, von Menschen ausgedachte und vereinbarte Algorithmen. Nicht ihrer Funktionsweise als Maschine, sondern der kreativen Leistung ihrer Entwickler wohnt »Intelligenz« inne. Intuition, »Abduktion« (Peirce 1934: CP 5.189), Begreifen und Urteilen sind menschliche kognitive Leistungen, die über maschinelles Berechnen und Schließen hinausgehen, wie etwa die Beweisführung zu den Gödelschen Unvollständigkeitssätzen eindrücklich aufzeigt: Im Kern beruht der Beweis gerade darauf, dass er als kompetenter Mathematiker metamathematische Prädikate über Terme eines formalen Systems, z.B. die Beweisbarkeit, per operativer Codierung als Formeln im System selbst auszudrücken vermag. Damit gelingt ihm, eine Formel im System so zu konstruieren, dass sie über sich als einem durch ihn als wahr erkannten Satz aussagt, nicht beweisbar zu sein (vgl. Gödel 1931).

Als gestaltete Artefakte funktionieren Computersysteme auch keineswegs »autonom«, wie das derzeit ständig behauptet wird, sondern allenfalls ›automatisch‹. Tatsächlich sind Systeme nur dann ›autonom‹, wenn sie sich die Regeln ihres Verhaltens selbst zu setzen vermögen; Computersysteme sind im Gegensatz dazu ›heteronom‹, ihr Verhalten ist durch fremdbestimmte Algorithmen determiniert, sie sind selbsttätig, aber nicht *von selbst* tätig, schon gar nicht setzen sie die Regeln ihres Funktionierens selbst. Ihnen ist folglich auch keinerlei ›Handlungsträgerschaft‹ eigen, wie von sozialwissenschaftlicher Seite gelegentlich behauptet wird (vgl. z.B. Rammert 2003), denn diese würde das Vermögen voraussetzen, eigene Ziele setzen zu können. Stattdessen ergibt sich auch das zielführende Verhalten von ähnlich irreführend als »intelligente Agenten« (Russell & Norvig 2009) bezeichneten adaptiven Systemen aus den von ihren Schöpfern durch jeweilige ›Verlustfunktionen‹ und die darauf fußenden Algorithmen zur Funktions-Approximation implizit vorgegebenen Zielen.

Besonderes Unheil scheint indes die Benennung »Maschinelles Lernen« für Berechnungsverfahren anzurichten, wie sie in adaptiven Systemen in Gestalt von KNN,

insbesondere Verfahren des »Deep Learning«, oder Entscheidungsbäumen derzeit häufig zum Einsatz kommen (und oft viel Aufsehen erregen). Solche Verfahren haben mit herkömmlichen Begriffen von ›Lernen‹ im Sinne des Gewinnens von Einsichten nichts zu tun, sondern dienen allein der zweckgemäßen Anpassung des Systemverhaltens an Daten von außen (mit allen genannten, damit einhergehenden Problemen). Gleichwohl führt das ohne Umschweife zu den in zahlreichen sozialwissenschaftlichen Publikationen und gesellschaftlichen Diskursen Platz greifenden Missverständnissen von Computersystemen als »lernenden Maschinen« oder gar »lernenden Algorithmen« (als Gipfel grotesker Selbsttäuschung, denn Algorithmen zeichnen sich gerade dadurch aus, dass ihr Verhalten vollständig und eindeutig festgelegt ist). Daher sind es auch nicht, wie oft befürchtet, irgendwelche ›Algorithmen, die Macht über deren Nutzer‹ gewinnen, sondern die den Entwicklern und ihren Auftraggebern eigenen Machtpotenziale und Interessenlagen bestimmen, wie sie diese mittels entsprechend gestalteter Computerartefakte über deren Nutzer ausüben.

Diese gravierenden Missverständnisse der Computertechnik bilden Wegmarken wachsenden Realitätsverlustes. An dieser kritischen Sicht der Dinge vermag auch der blendend schöne Schein von Berichten über aufsehenerregende Erfolge bei einzelnen spezifischen Aufgaben, etwa der maschinelle Sieg über den weltbesten Go-Spieler, beeindruckende maschinelle Sprach-»Übersetzungen« oder Bildklassifikationen, nichts zu ändern. Wie ein raffiniert konstruierter hydraulischer Schaufelbagger menschliche Muskelkraft in bestimmten mechanischen Bewegungsabläufen um Größenordnungen zu übertreffen vermag, kann auch heuristisch scharfsinnig genutzte, schiere maschinelle Rechenleistung menschliche kognitive Leistungen bei bestimmten genau definierbaren Aufgaben weit übersteigen (zu technischen Details vgl. Brödner 2019). Für diese bestimmten Aufgaben spezifisch konstruierte Berechnungsverfahren sind aber nicht, jedenfalls nicht ohne großen Aufwand, auf andere Aufgaben übertragbar.

5 Schlussfolgerung: Wissenschaft als Ideologie

Alles in allem zeigt sich, dass – leider auch von Fachvertretern propagierte – irreführende Benennungen und falsche Metaphern für Artefakte der Computertechnik leider dauerhaft üblich geworden sind und von Beginn an zu immer wieder neuen erheblichen Missverständnissen ihrer genauen Funktionsweise wie auch zur Verschleierung der eigentlichen Probleme ihrer Gestaltung und ihres Gebrauchs führen. Durch diese mittels begrifflichen ›Framings‹ induzierte Mystifizierung von Computerartefakten werden diesen stets aufs Neue kognitive Fähigkeiten wie ›Intelligenz‹, ›Lernen‹, ›Entscheiden‹, ›Verstehen‹ oder gar ›Autonomie‹ angedichtet. Diese Art der Mythenbildung führt freilich im Weiteren zu beträchtlichen Folgeschäden, indem sie Diskurse fehlorientiert und gesellschaftliche Ressourcen in hohem Maße fehlalloziert (obgleich dabei einzelne Akteure stark profitieren: Cloud-Anbieter an der Rechenleistung, Netzbetreiber an der Bandbreite, Wissenschaftler an Forschungsmitteln, Finanzkapital an Spekulationsgewinnen etc.). An der auf diese Weise vorherrschenden Mystifizierung von Computerartefakten erweist sich einmal mehr, wie auch »Technik und Wissenschaft [zu] Ideologie« (Habermas 1968) mutieren können.

Indes zeichnet sich mit der Häufung realer Probleme bei Entwicklung und Einsatz datengetriebener adaptiver Systeme eine zunehmend kritischere Sicht auf den derzeitigen Stand der Technik ab. So hat erst kürzlich Wolfgang Wahlster (2020), ein führender Vertreter der »KI«-Forschung, resümiert: »Inzwischen wurde die Bedeutung von kausalem Hintergrundwissen in der jeweiligen Anwendungsdomäne klar. Ohne Kausalwissen können von datengetriebenen Lernverfahren abgeleitete Scheinkorrelationen kaum als Unsinn erkannt und aussortiert werden. Auch die derzeit auf der ganzen Welt geforderte Erklärungsfähigkeit von KI-Systemen kann ohne explizite Modelle, wie sie etwa seit jeher für die Beschreibung von Naturgesetzen verwendet werden, kaum in einer für den Menschen nachvollziehbaren Weise erreicht werden.« Freilich bleibt dabei ausgeblendet, dass eben solche Anstrengungen zur Realisierung wissensbasierter Systeme der sog. »symbolischen KI« der 1980er Jahre an den Hürden nur sehr begrenzter Explizierbarkeit impliziten Wissens und dessen situativer Anwendung gescheitert sind. Insgesamt sind die Mystifizierung von Computerartefakten und die damit verbundenen Fehlorientierungen untrügliche Anzeichen einer Krise des Fachs ›Informatik‹, die auch zu einem beträchtlichen Teil das eingangs zitierte Produktivitätsparadoxon zu erklären vermögen. Rückbesinnung auf fachspezifische Grundlagen und Klärung relevanter Grundbegriffe sowie sachgerechte Bezeichnungen und Vorgehensweisen sind daher dringend geboten. Der Orientierung dieser Rückbesinnung in der Perspektive soziotechnischer Gestaltung computerunterstützter Wissensarbeit (vgl. als jüngstes Bsp. APRODI-Verbund 2021) mögen folgende abschließende Überlegungen dienen: ›Informatik‹ (eigentlich: Computertechnik) ist eine Ingenieurwissenschaft, die technische Artefakte zur gebrauchstauglichen maschinellen Verarbeitung von Signalen (logisch: ›Daten‹ – nicht ›Information‹) in Zeichenprozessen sozialer Praxis analysiert, gestaltet und bewertet. Von früheren Ingenieurdisziplinen (Maschinenbau, Elektrotechnik, chemische oder biologische Verfahrenstechnik) unterscheidet sie sich dadurch grundlegend, dass nicht allein Naturprozesse, sondern v.a. auch durch Zeichen vermittelte Prozesse sozialer Interaktion (Kommunikation und Kooperation) analysiert und in Form von berechenbaren Funktionen modelliert werden. Diese Besonderheit erfordert auch besondere Vorgehensweisen und Methoden.

Ein Kennzeichen der Praxis sozialer Interaktion ist es, dass sie ›Objektivität‹ nur insoweit gewinnt, als die Gemeinschaft der beteiligten sprach- und handlungsfähigen Akteure sie als gemeinsame Wirklichkeit erlebt. Notwendige Bedingung dafür ist, dass sich die kommunikativ handelnden Akteure über das verständigen, was in ihrer geteilten Welt bzw. der Wirklichkeit ihrer sozialen Praxis der Fall ist und in ihr bewirkt werden soll. Als in einer sozialen Praxis mittels Zeichen kommunikativ handelnde Akteure müssen Informatiker und Anwender technischer Artefakte maschineller Datenverarbeitung folglich eine gemeinsame Wirklichkeit mit geteilten Interpretationsschemata für ihre Gegenstände und die Art und Weise, sie zu gebrauchen, entwickeln. Zum Kernbestand ›informatischer‹ Bildung muss daher neben der Gestaltung und Bewertung datenverarbeitender Artefakte auch die Befähigung zum systematischen Dialog mit anderen Wissenschaftlern, Anwendern und Nutzern dieser Artefakte gehören.

Literatur

- APRODI-Verbund (2021): Betriebliche Digitalisierung erfolgreich gestalten, Eschborn: RKW Rationalisierungs- und Kompetenzzentrum
- Bateson, G. (1980): Mind and Nature. A Necessary Unity, Toronto: Bantam Books
- Bauer, F.L & Goos, G. (1971): Informatik. Eine einführende Übersicht, 2 Bde., Berlin Heidelberg: Springer
- Brödner, P. (2021) »Machines that think« – die »KI«-Illusion und ihre Wurzeln, in: Klaus Lenk & Jörg Pohle (Hg.): Der Weg in die »Digitalisierung« der Gesellschaft – Was können wir aus der Geschichte der Informatik lernen? Marburg: Metropolis, 67-82
- Brödner, P. (2020): Das Produktivitätsparadoxon der Computertechnik, in: H.J. Bontrup & J. Daub (Hg.): Digitalisierung und Technik – Fortschritt oder Fluch? Perspektiven der Produktivkraftentwicklung im modernen Kapitalismus, Köln, PapyRossa, 114-144
- Brödner, P. (2019): Grenzen und Widersprüche der Entwicklung und Anwendung ›Autonomer Systeme‹, in: H. Hirsch-Kreinsen & A. Karacic (Hg.): Autonome Systeme und Arbeit. Perspektiven, Herausforderungen und Grenzen der Künstlichen Intelligenz in der Arbeitswelt, Bielefeld: transcript 2019, 69-97
- Brödner, P. (2016): Verwirrung durch »Information«? Zur Kritik des Paradigmas »maschineller Informationsverarbeitung«, in: F. Fuchs-Kittowski & W. Kriesel (Hg.): Informatik und Gesellschaft. Festschrift zum 80. Geburtstag von Klaus Fuchs-Kittowski, Frankfurt/M: Peter Lang, 297-308
- Floyd, C. (2002): Developing and Embedding Autooperational Form, in: Dittrich, Y.; Floyd, C.; Klischewski, R. (Eds.): Social Thinking – Software Practice, Cambridge (MA): MIT Press, 5-28
- Gesellschaft für Informatik (2006): Was ist Informatik? Unser Positionspapier, <https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/was-ist-informatik-lang.pdf>
- Gödel, K. (1931): Über formal unentscheidbare Sätze der *principia mathematica* und verwandter Systeme I, Monatshefte für Mathematik und Physik 38, 173-198
- Gordon, R.J. (2014): The Demise of U. S. Economic Growth: Restatement, Rebuttal, and Reflections, NBER Paper, https://content.csbs.utah.edu/~mli/Economics%207004/Gordon_NBER%20P383F%20Sequel_140126.pdf
- Habermas, J. (1968): Technik und Wissenschaft als Ideologie, Frankfurt/M: Suhrkamp
- Horn, A. (2021): Zehn Jahre Industrie 4.0 und kein Produktivitätsfortschritt, Novo Argumente, https://www.novo-argumente.com/artikel/zehn_jahre_industrie_4.0_und_kein_produkivitatsfortschritt
- IFIP (1998); FRISCO Report: A Framework of Information Systems Concepts, <https://www.mathematik.uni-marburg.de/~hesse/papers/fri-full.pdf>
- Ifrah, G. (1989): Universalgeschichte der Zahlen, Frankfurt New York: Campus
- ISO/IEC 2382 (2015): Information Technology – Vocabulary, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:2382:ed-1:v1:en>
- Janich, P. (2006): Was ist Information? Frankfurt/M: Suhrkamp
- Mumford, E. (2006): The Story of Socio-technical Design. Reflections on its successes, failures and potential, in: Information Systems Journal 16 (4), 317-342

- Peirce, C.S. (1983): Phänomen und Logik der Zeichen, Frankfurt/M: Suhrkamp
- Peirce, C.S. (1934): Collected Papers Vol. 5, Pragmatism and Pragmaticism, Cambridge (MA): Harvard University Press
- Rammert, W. (2003): Technik in Aktion, in: T. Christaller & J. Wehner (Hg.): Autonome Maschinen – Perspektiven einer neuen Technikgeneration, Wiesbaden: Westdeutscher Verlag, 289-315
- Reckwitz, A. (2003): Grundelemente einer Theorie sozialer Praktiken. Eine sozialtheoretische Perspektive, Zeitschrift für Soziologie 32 (4), 282-301
- Russell, S. & Norvig, P. (2009): Artificial Intelligence: A Modern Approach, 3rd. ed., Essex (GB): Pearson
- Searle, J.R. (2012): Wie wir die soziale Welt machen, Berlin: Suhrkamp
- Shannon, C. (1948): A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal 27, July, 379–423 & October, 623–656
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949): The Mathematical Theory of Communication, Urbana: University of Illinois Press
- Standish Group (2015): CHAOS Report 2015, https://standishgroup.com/sample_research_files/CHAOSReport2015-Final.pdf
- Steinbuch, K. (1963): Automat und Mensch. Kybernetische Tatsachen und Hypothesen, 3. Aufl., Berlin Heidelberg: Springer
- Turing, A.M. (1950): Computing Machinery and Intelligence, Mind 49: 433-460
- Tomasello, M. (2009): Die Ursprünge menschlicher Kommunikation, Frankfurt/M: Suhrkamp
- Wahlster, W. (2020): Deep Learning alleine reicht nicht, FAZ vom 10.09.2020
- Wiener, N. (1948): Cybernetics or control and communication in the animal and the machine, Cambridge (MA): MIT Press