

Ist der Mensch berechenbar? Freud trifft Einstein

Ulrich Eckhardt
Universität Hamburg
MIN-Fakultät
Department Mathematik
— Optimierung und Approximation —
Bundesstraße 55
20 146 Hamburg
E-Mail: Eckhardt@math.uni-hamburg.de

Albert Einstein, 14. 3. 1879 – 18. 4. 1955
Sigmund Freud, 6. 5. 1856 – 23. 9. 1939

Inhaltsverzeichnis

1	Präludium	2
2	Mein Weg zu Freud	4
2.1	Iwan Petrowitsch Pawlow	4
2.2	Die Psychoanalyse Sigmund Freuds	7
2.3	Das Unbewußte und das Freudsche Modell	8
2.4	Wozu Psychoanalyse?	11
3	Einstein und Freud	13
4	Modelle des menschlichen Bewußtseins – Ist der Mensch berechenbar?	19
4.1	Von der Nervenzelle zum Bewußtsein	19
4.2	Modelle des Menschen	22
4.2.1	Ist der Mensch berechenbar?	27
4.2.2	Ist das Gehirn ein Computer?	27
4.2.3	Ist das Bewußtsein ein Programm?	27

Vortrag am 9. August 2006 im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Wissenschaftssommer Sylt »Traum und Deutung«.“
Sämtliche biographischen Angaben sind den Lexika [20] beziehungsweise [28] entnommen.

1 Präludium

Sie haben es gehört: Ich bin Mathematiker, und Sie werden sich nun sicherlich fragen: Was hat Mathematik mit Sigmund Freud zu tun? Ich werde mich dem Thema dadurch nähern, daß ich erst einmal drei – mehr oder weniger seriöse – Antworten auf diese Frage versuche.

Nichts! Diese Antwort ist die kürzeste, allerdings auch die unergiebigste, denn wenn wir uns damit begnügen wollten, könnten wir jetzt alle nach Hause gehen. Wir werden noch sehen, daß diese Antwort zumindest eine Teilwahrheit enthält, Mathematik und Psychologie scheinen tatsächlich verschiedenen Universen anzugehören.

Mathematiker sollten mehr von der Psychoanalyse Gebrauch machen Wenn Sie in Hamburg, vom Dammtorbahnhof kommend, sich der Rothenbaumchaussee zuwenden, dann wird Ihnen zur Linken, unmittelbar vor dem Hauptgebäude der Universität ein Denkmal auffallen, welches von Pappeln umgeben ist. Dies Denkmal ist dem berühmten Hamburger Mathematiker, Wirtschaftswissenschaftler, Pädagogen und Publizisten Johann Georg Büsch (1728–1800) gewidmet. Dieser schrieb im Jahre 1795 die *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften* [8]. In der Einleitung zu diesem Buch rühmt er den Wert der Mathematik als ein Mittel zur Schulung des menschlichen Geistes, versäumt es aber nicht, einen warnenden „Packungshinweis“ hinzuzufügen:

Was die erstern betrifft [diejenigen, welche die Mathematik zu ihrem Handwerk machen], so ist es überhaupt gewiß, daß derjenige mehr in einer Wissenschaft ausrichten werde, der sich dieselbe mit Kenntniss der Sache zu seinem Zwekke wählt, als der, welchem diese Kenntniss ganz fehlt. Man wird sich nicht so leicht in ihr ermüden, weil man das Maas der Vollkommenheit, das man in ihr zu erreichen sich vorsezt, so viel genauer schätzen kann. Allein in der Mathematik ist dies um so viel nothwendiger, weil die Annehmlichkeiten, die man sich in ihr vorstellt, ehe man sie hinlänglich kennt, oft sich zu früh verlieren, ihre Schwierigkeit alsdann uns grösser, als ihre Nuzbarkeit, vorkömmt, und unser Fleis ermüdet, weil wir den Zweck desselben nicht hinlänglich einsehen. Die gewöhnliche Folge davon ist diese, daß ein der Mathematik beflissener zu früh aus der nothwendigen Ordnung weicht, das schwerere und minder angenehme überschlägt, oder wenigstens die Beweise übersieht, um desto geschwinder zu dem leichtern und angenehmern zu eilen. Trift er auch hier Schwierigkeiten an, so schlägt er auch diese über, und läßt die Einbildungskraft die Stelle des Nachdenkens ersezen. Kömmt er aber zu geseztern Jahren, da der Verstand wieder in seine Rechte eintritt, und Ueberzeugung, nicht blos Wahrscheinlichkeit verlangt, so ermüdet er sich vergebens mit den tiefsinnigsten Sachen. Es wird ihm alsdann zu schwer, zurückzukehren und die versäumte Theorie nachzuholen. Indessen hält sich mancher für stark genug, neue Erfindungen an den Tag zu geben, deren Richtigkeit er selbst nicht prüfen kann, und deren Beweis er vergeblich sucht, oder unrichtig angiebt. Der Verstand leidet dabei auf eine gewaltsame Art, und auf diese Weise ist das Studium der Mathematik manchem gefährlich, und die Ursache einer unheilbaren Wahnsinnigkeit¹ geworden.

Diese Beobachtung scheint plausibel: Mißbrauch von Mathematik kann zu erheblichen geistigen Defekten führen. Übrigens, ehe bei uns ein Gefühl der Herablassung gegenüber den gerade eben aufgeklärten Menschen des Jahres 1795 aufkommen kann: Auch der zeitgenössische Autor und ausgewiesene Psychologe Horst-Eberhard Richter findet bei der Beschäftigung der Mathematiker bedenkliche pathologische Strukturen vor [64]. Für eine ausführliche Diskussion sei auf den Artikel von Peter Flor [21] verwiesen. Ehe ich jetzt meine Kollegen (womöglich noch mit Angabe von Namen) denunziere, weise ich auf das Beispiel von John F. Nash hin, einem der bedeutenden

¹vgl. Apg 26,24: *Paulus, du bist von Sinnen! Das große Wissen macht dich wahnsinnig.*

Mathematiker des zwanzigsten Jahrhunderts, der in jungen Jahren wichtige Beiträge zur Spieltheorie lieferte, wofür er im Jahre 1994 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften erhielt. Vorher jedoch verbrachte er einige Jahre in einer geschlossenen Anstalt! Ich meine jedoch, daß uns auch diese Beobachtung nicht weit führt.

Mathematik ist für Psychiater unentbehrlich Zunächst einmal ist es meine feste Überzeugung, daß Mathematik für **jeden** unentbehrlich ist, und wenn man mir etwas Zeit ließe, könnte ich dies auch belegen. Im vorliegenden Kontext verweise ich als Beleg für meine Aussage lediglich auf das Vorlesungsverzeichnis der Universität Hamburg. Von den Studentinnen und Studenten des Fachbereichs Psychologie wird erwartet, daß sie Seminare über *Statistik in der Psychologie* erfolgreich belegen. Allerdings: Nicht am Fachbereich Mathematik, diese Veranstaltungen werden von Psychologen angeboten, so daß man wieder zweifeln kann, ob es sich dabei wirklich um das Gleiche handelt, was in der Mathematik vom Schwerpunkt *Mathematische Statistik und Stochastische Prozesse* gelehrt wird. Andererseits ist dieses Konzept, Mathematik durch „Amateure“ lehren zu lassen, weit verbreitet, ich bezeichne dieses Modell gern als „Hofpredigermodell“. Die beiden Mediziner Hans-Hermann Dubben und Hans-Peter Beck-Bornholdt vom Universitätskrankenhaus Hamburg-Eppendorf haben in verschiedenen Büchern gezeigt, wie man „mit Statistik lügt“ [15]. Ich meine, daß die von den beiden Autoren angeführten Beispiele lediglich zeigen, wie riskant die Amateurstatistik ist. Wer würde wohl sein Auto von einem Bäcker reparieren lassen?

Nach diesem Präludium gliedert sich der Rest meines Vortrages wie folgt:

- Mein Weg zu Freud
- Einstein und Freud
- Modelle des menschlichen Bewußtseins – Ist der Mensch berechenbar?

Im ersten Teil möchte ich Sie nur davon überzeugen, daß ich von allen Menschen am wenigsten geeignet bin, über Freud zu reden. Wenn Sie mir dann noch über den Weg trauen, werde ich ein wenig darüber plaudern, was Einstein und Freud miteinander zu tun haben. Es wird sich zeigen, daß einerseits Einstein und Freud zwei sehr unterschiedliche Auffassungen von „Naturwissenschaft“ verkörpern, daß sie also an verschiedenen Ufern des Ozeans der Wissenschaften angesiedelt sind, daß es andererseits mehr Gemeinsamkeiten zwischen ihnen gibt, als man auf den ersten Blick annehmen würde. Schließlich werde ich Ihnen vorstellen, was ein „kleiner Mathematiker von der Straße“ – oder meinetwegen ein Ingenieur oder Informatiker – sich so denkt, wenn er über den Begriff „Bewußtsein“ nachdenkt.

An dieser Stelle noch eine etwas seriösere Motivation, die mich bewog, hier vorzutragen. In den letzten Jahrzehnten habe ich auf einem Gebiet geforscht, welches man mit *mathematische Modelle visueller Wahrnehmung* umschreiben kann. Ein Ziel der Anstrengungen auf diesem Gebiet ist es, zu untersuchen, wie man einen Computer (beziehungsweise einen Roboter) dazu bringen kann, seine Umwelt zu „sehen“ und zu „verstehen“. Hierzu muß man sich natürlich die Frage stellen, auf welche Weise ein wahrgenommenes Objekt im Inneren des Computers repräsentiert werden kann, das heißt, wie das „Bewußtsein“ des Computers organisiert sein sollte. Eine Möglichkeit, die sich hier anbietet, wäre, „einfach“ das menschliche Bewußtsein zu analysieren und „nachzubauen“. Ich muß gestehen, daß wir auf diesem Wege nicht sehr weit gekommen sind, aber wenigstens haben wir dabei gelernt, was unser Bewußtsein **nicht** kann und **nicht** ist.

Noch eine Anmerkung zum Wortgebrauch: Unter „Naturwissenschaft“ verstehe ich durchweg „exakte Naturwissenschaft“, also Mathematik, Physik (oder Chemie), das heißt, die Wissenschaft Einsteins mit mehr oder weniger starker „Schlagseite“ in Richtung Mathematik – es hat keinen Zweck, vor Ihnen verbergen zu wollen, daß ich Mathematiker bin.

2 Mein Weg zu Freud

2.1 Iwan Petrowitsch Pawlow

Als ich im Jahre 1959 die deutsch-deutsche Grenze von Osten kommend überschritt, hatte ich allenfalls eine nebelhafte Vorstellung des Werkes von Sigmund Freud. Dies lag daran, daß aus verschiedenen Gründen auf dem Gebiet der Psychologie der bekannte russische Wissenschaftler Iwan Petrowitsch Pawlow (1849–1936) für uns unumstrittene Autorität war. Sie kennen den Namen: Pawlow hatte gezeigt, daß man bei Hunden – und sicherlich auch bei Menschen – Verhaltensweisen „umprogrammieren“ kann. So kann man erreichen, daß die Speicheldrüsen eines entsprechend konditionierten Hundes nicht nur bei Anblick eines appetitlichen Mahles zu arbeiten beginnen, sondern auch beim schrillen Klang einer Glocke. Mit anderen Worten, Pawlow hatte durch Einwirkung von außen gewisse Schaltvorgänge im Gehirn umgeleitet. Seine Theorie der *bedingten Reflexe* war uns nachdrücklich nahegebracht worden.

Es ist nicht uninteressant, daß dieser Pawlowsche Mechanismus bereits von Leibniz beschrieben wurde. Er schreibt in seiner *Monadologie* [46, §26] (Hervorhebungen U.E.):

Das Gedächtnis liefert den Seelen eine Art Verknüpfung, welche die Vernunft nachahmt, *die davon aber unterschieden werden muß*. So sehen wir, daß die Tiere, indem sie Perzeptionen haben, die sie erregen und die sie auf ähnliche Weise schon vorher gehabt haben, *vermöge der Vorstellung ihres Gedächtnisses erwarten, was mit dieser vorausgehenden Perzeption verbunden war*, und zu Gefühlen neigen, die jenen ähnlich sind, die sie damals hatten. Ein Beispiel: Zeigt man Hunden einen Stock, so erinnern sie sich an den Schmerz, den er ihnen bereitet hat, und sie heulen auf oder laufen davon.

Letzteres erinnert an die nominalistische Zeichentheorie des Mittelalters: Der Stock als ein konventionelles Zeichen für Prügel. Für Leibniz ist die Pawlowsche „Konditionierung“ also eine reine Gedächtnisleistung. Popper argumentiert ähnlich [62, S. 175]: „Meiner Auffassung nach *entwickelte* der aktiv an seiner Umwelt interessierte Pawlowsche Hund bewußt oder unbewußt *eine Theorie*, die er dann ausprobierte. Er entwickelte die wahre und offensichtliche Theorie oder Erwartung, daß es Futter gibt, wenn die Glocke läutet.“ Sowohl Leibniz als auch Popper argumentieren demnach, daß zur Erklärung des Phänomens keine mechanisch-neuronalen Schaltvorgänge im Gehirn notwendig seien, sondern daß wohlbekannte „innere“ Vorgänge wie Gedächtnis oder Theoriebildung bereits ausreichen. Das heißt, es müten keine neuen Hypothesen zur Erklärung eingeführt werden. Eine solche Reduktion auf eine Minimalzahl von Erklärungshypothesen wird auf William von Ockham (1286–1347 (1349?)) zurückgeführt [3] .

Pawlow wurde ein „Vorzeigewissenschaftler“ der jungen Sowjetunion, obwohl er keinen Zweifel daran ließ, daß er die Bolschewiki sehr zurückhaltend beurteilte. Trotzdem wurde im Jahre 1921 von Lenin das sogenannte *Pawlow-Dekret* unterzeichnet, wonach Pawlow eine biologische Station in Koltuschi eingerichtet wurde. Eine Kommission unter Leitung von Maxim Gorki hatte dafür zu sorgen, daß alle Bedingungen geschaffen wurden, die Pawlow für seine Arbeit benötigte. Man muß dies vor dem Hintergrund sehen, daß gerade in dieser Zeit in der Sowjetunion eine Hungersnot herrschte ².

Man muß sich fragen, aus welchen Gründen man in der jungen Sowjetunion, die wahrlich gravierendere Probleme zu lösen hatte, ausgerechnet Pawlows Forschungen auf diese besondere Weise förderte. Die Antwort darauf ist vielschichtig und für unser Thema nicht uninteressant:

²Die Leitung der internationalen Hilfsmaßnahmen wurde Fridtjof Nansen (1861–1930) übertragen, der für diese Leistung im Jahre 1922 den Friedensnobelpreis erhielt.

- Pawlow hatte im Jahre 1904 den Nobelpreis, allerdings für Arbeiten auf dem Gebiete der Verdauungsphysiologie, erhalten. Er war Russe und international anerkannter Gelehrter, und diese beiden Eigenschaften hatten schon immer eine besondere Bedeutung in Rußland und natürlich auch in der Sowjetunion.
- Pawlow hatte mit seinen Arbeiten gezeigt, daß man eine Gehirnfunktion „von außen“ manipulieren kann. Damit hatte er den Beleg erbracht, daß – zumindest gewisse – Funktionen des Gehirns mechanisch erklärbar sind. Nun hatte Lenin sich im Jahre 1909 zu Fragen der Wissenschaftstheorie, insbesondere der Erkenntnistheorie geäußert [48]. Hierbei lieferte Lenin auch eine Skizze einer Theorie der menschlichen Wahrnehmung, die sogenannte *Widerspiegelungstheorie*, die übrigens auch im Westen prominente Anhänger fand (man vergleiche etwa [45]). Die Resultate Pawlows wurden als eine Bestätigung dieser dialektisch-materialistischen Theorie angesehen.
- In seinen letzten Lebensjahren hatte Pawlow eine – allerdings recht nebelhafte und unausgearbeitete – Theorie höherer kognitiver Leistungen vorgelegt, die Theorie des *zweiten Signalsystems*. Damit versuchte Pawlow, auch das Problem der menschlichen Sprache von seiner Theorie der bedingten Reflexe aus zu verstehen. Auch diese erweiterte Theorie wurde in der Sowjetunion vom Nachfolger Lenins mit Begeisterung aufgenommen. In der Einleitung der 1955 erschienenen *Ausgewählten Werke* Pawlows [57, S. 26] schreibt der sowjetische Herausgeber C. S. Koschtojanz:

Das PAWLOWSche Problem des zweiten Signalsystems und die wichtige Frage nach den Wechselbeziehungen zwischen erstem und zweitem Signalsystem haben für die Physiologie der höheren Nerventätigkeit ebenso wie für die Psychologie, Pädagogik und Klinik eine große Bedeutung. Außerdem geht die Lösung dieses Problems, soweit es den Menschen, seine Worte, seine Sprache und sein Denken betrifft, weit über die Grenzen der Physiologie hinaus. Auf diesem komplizierten Gebiet der Wissenschaft, dessen Entwicklungswege durch STALINS Arbeit über Fragen der Sprachwissenschaft³ klar bestimmt sind, hat PAWLOWS Lehre vom zweiten Signalsystem zweifellos einen wichtigen Platz inne.

- Für Machthaber aller Schattierungen, besonders natürlich für solche, die an die Macht der Naturwissenschaften und an ihre eigene Sendung glauben, ist es immer wieder eine wichtige Frage gewesen, auf welche Weise sie die ihnen anbefohlenen Untertanen zum rechten Denken bringen könnten. So findet man in dem (westdeutschen) *Biographischen Lexikon* unter dem Stichwort **Pawlow** [40, S. 254]

Die Theorie der bedingten Reflexe – dazu bestimmt, Aufschluß über die Vorgänge in der Gehirnrinde zu liefern – hat auf die moderne Psychologie einen starken Einfluß ausgeübt und ist als Ausgangspunkt von Verfahren zur „Gehirnwäsche“ von politischer Bedeutung. [K. M. Meyer-Abich]

Was nun Freud anbelangt, so war er für mich seinerzeit allenfalls ein Beleg für den allseits zu beobachtenden Verfall des Kapitalismus. Auch hierzu gab es Aussagen „von allerhöchster Stelle“. In Ihren *Erinnerungen an Lenin* äußerte sich Clara Zetkin ausführlich zu dem Thema Psychoanalyse und Freud [84]. Zur Vorgeschichte ist dazu zu sagen, daß unter den Mitgliedern der kommunistischen Parteien eine gewisse Empfänglichkeit für das Thema „sexuelle Befreiung“ zeigte. Zu den bekanntesten Repräsentantinnen dieser Richtung in der Sowjetunion gehörte Alexandra

³Gemeint sind die sogenannten *Linguistikbriefe* Stalins aus dem Jahre 1950 [26].

Michailowna Kollontai (1872–1952). Sie vertrat die These, daß in der angestrebten idealen Gesellschaft die Befriedigung sexueller Bedürfnisse den gleichen Rang haben sollte wie das Trinken eines Glases Wasser. In Österreich hatte Wilhelm Reich (1897–1957) den *Freudomarxismus* im Zusammenhang mit der *Sex-Pol*-Bewegung begründet. Reich besaß zeitlebens ein hervorragendes Talent, sich „zwischen die Stühle“ zu setzen. Er wurde im Jahre 1929 aus der SPÖ ausgeschlossen, 1933 aus der KPD und schließlich 1934 – auf Betreiben Freuds – aus der *Internationalen Psychoanalytischen Vereinigung*. Daß er sich den Nachstellungen der Nationalsozialisten durch Emigration entziehen mußte, versteht sich fast von selbst.

Doch nun zurück zu Lenin! Clara Zetkin zitiert aus einem Gespräch mit ihm aus dem Jahre 1920 [84, S. 65 f]:

... Die gelesenste Schrift soll die Broschüre einer jungen Wiener Genossin über die sexuelle Frage sein. Ein Schmarren! Was Richtiges darin steht, haben die Arbeiter schon längst bei Bebel gelesen. Nur nicht so langweilig, als ledernes Schema, wie in der Broschüre, sondern agitatorisch packend, aggressiv gegen die Bourgeoisgesellschaft. Die Erweiterung durch die Freudschen Hypothesen sieht ‚gebildet‘, ja nach Wissenschaft aus, ist aber Laienstümperei. Die Freudsche Theorie ist jetzt auch solch eine Modenarrheit.

...

Mir scheint, daß dieses Überwuchern sexueller Theorien, die zum größten Teile Hypothesen sind, oft recht willkürliche Hypothesen, aus einem persönlichen Bedürfnis hervorgeht, nämlich das eigene anormale oder hypertrophische Sexualleben vor der bürgerlichen Moral zu rechtfertigen und von ihr Duldsamkeit zu erbitten.

...

In der Partei, beim klassenbewußten, kämpfenden Proletariat ist kein Platz dafür.“

Mit Bezug auf Kollontai sagt Lenin wenig später:

Ogleich ich nichts weniger als finsterer Asket bin, erscheint mir das sogenannte ‚neue sexuelle Leben‘ der Jugend – manchmal auch des Alters – oft genug als rein bürgerlich, als eine Erweiterung des gutbürgerlichen Bordells. Das alles hat mit der Freiheit der Liebe gar nichts gemein, wie wir Kommunisten sie verstehen. Sie kennen gewiß die famose Theorie, daß in der kommunistischen Gesellschaft die Befriedigung des sexuellen Triebens, des Liebesbedürfnisses so einfach und belanglos sei, wie ‚das Trinken eines Glases Wasser‘. Diese Glas-Wasser-Theorie hat einen Teil unserer Jugend toll gemacht, ganz toll. Sie ist vielen jungen Burschen und Mädchen zum Verhängnis geworden. Ihre Anhänger behaupten, daß sie marxistisch sei. Ich danke für einen solchen Marxismus, der alle Erscheinungen und Umwandlungen im ideologischen Überbau der Gesellschaft unmittelbar und gradlinig aus deren wirtschaftlicher Basis ableitet. Gar so einfach liegen denn doch die Dinge nicht. Das hat ein gewisser Friedrich Engels schon längst betreffs des historischen Materialismus festgestellt.

Es ist bemerkenswert, daß etwa zweitausend Jahre vor Lenin der Apostel Paulus mit einem ähnlichen Problem konfrontiert war. Das noch junge Christentum versprach einerseits eine neue Freiheit, die in Paulus’ Briefen immer wieder thematisiert wird, andererseits hatte es sich von den zahlreichen – insbesondere den orgiastischen – Kulte des Späthellenismus abzugrenzen. Paulus war gesetzestreuer Jude, ein Pharisäer, und eine ablehnende Einstellung wie bei Lenin wäre für ihn naheliegend gewesen. Er fand jedoch die erstaunlich liberale Formel (1 Kor 6,12; 10,23): „Alles ist mir erlaubt, aber nicht alles dient zum Guten. Alles ist mir erlaubt, aber es soll mich nichts gefangen nehmen.“ Vielleicht liegt hier eine Wurzel für die vergleichsweise Langlebigkeit des Christentums.

2.2 Die Psychoanalyse Sigmund Freuds

Im „Westen“ bot sich mir ein buntscheckiges Bild, welches mich in der Interpretation der Werke Freuds als Beleg für den Verfall des Kapitalismus bestärkte. Da gab es einerseits die euphorische Akzeptanz der Psychoanalyse, besonders natürlich – bezeichnenderweise – in den U.S.A. Ein Bestsellerautor der fünfziger Jahre, Robert Jungk schrieb in seinem Buch *Die Zukunft hat schon begonnen* [35] emphatisch ein Kapitel über *Seeleningenieure*, über das Wirken von Psychologen, um die Produktivität von Arbeitern in einer Firma zu steigern. Bezeichnenderweise war im „Osten“ gerade dieses Wort völlig anders belegt. Wir hatten gelernt, daß J. W. Stalin am 26. November 1932 in einer Unterredung mit einer Gruppe von Schriftstellern in der Wohnung von Gorki die Schriftsteller als *Ingenieure der Seele* bezeichnet hatte.

Gerade die Lehre Freuds fordert Amateurpsychologen zu kuriosen Hervorbringungen heraus (warum eigentlich nicht auch die Theorien Einsteins?). So läßt sich Phyllis Greenacre darüber aus, daß Jonathan Swift nach Ausweis seiner Werke anal fixiert sei [29]. Noch kurioser: Der immerhin bedeutende Schriftsteller Arno Schmidt hat ein Buch geschrieben, in dem er Gleiches über Karl May behauptet [69]. Dieses Buch hat ihm auch von ausgesprochenen Gegnern Karl Mays Schelte eingebracht (so etwa von Reich-Ranicki). Ein Zitat daraus mag belegen, daß die Freudsche Theorie sich nicht nur vor ihren erklärten Feinden zu hüten hat:

Eine Welt aus Hintern erbaut! –: Hintern als Felsenkessel; Hintern als Tälchen ...; Hintern als Höhlen und schlimme Klüfte; Riesenbäume lümmeln phallisch an liebreizenden Leibritzen ...; Hintern figurieren als musizierende Tale; und hoch über allem kreist nachtdiebisch die Scheibe eines Hintern als Gestirn –: das Ausmaß, in dem hier solche Verwandlung betrieben wurde, übertrifft jeglichen andern, aus der Literatur bekannten Fall! [S. 114]

Neben der euphorischen Aufnahme, die die Lehre Freuds im „Westen“ erfuhr, stieß und stößt man aber auch allenthalben auf eine irrationale und emotionale Ablehnung, die durchaus vergleichbar mit der Leninschen Einschätzung ist. Hierzu nur eine kleine Zeitungsnotiz aus jüngster Zeit:

WANDSBEK

Gedenktafel für Sigmund Freud?

Die GAL in Wandsbek möchte eine Gedenktafel für Sigmund Freud aufstellen. Als mögliche Standorte schlägt die GAL den Historischen Friedhof in Wandsbek oder den neugestalteten Wandsbeker Marktplatz vor. Einen entsprechenden Antrag will die GAL auf der heutigen Sitzung der Bezirksversammlung stellen. Die Planungen, die Wandsbeker Allee in Sigmund-Freud-Allee umzubenennen, weil die Frau des Psychoanalytikers mal in Wandsbek gelebt hat, hat die Bezirksversammlung inzwischen wegen der vielen Proteste von Anwohnern aufgegeben. (*diz*)

Hamburger Abendblatt, Donnerstag, 2. März 2006.

Hierzu am Rande: Was hat Wandsbek mit Freud zu tun? In Wandsbek wohnte die Verlobte von Freud, Martha Bernays. Deren Vater hatte die Zustimmung zur Hochzeit davon abhängig gemacht, daß der junge Sigmund Freud in der Lage sei, eine Familie angemessen zu ernähren. Dies gab für Freud den Anlaß, seine theoretischen Untersuchungen zur Neurophysiologie aufzugeben und in Wien eine Praxis zu eröffnen. Wäre also Martha Bernays aus Wandsbek nicht gewesen, dann wäre Freud einer der zahlreichen Forscher auf dem Gebiet der Neurophysiologie geblieben, deren Namen man jetzt kaum noch kennt. Wie wir heute wissen, war es zu Freuds Zeiten völlig aussichtslos, die Funktionen der Nervenzellen auch nur annähernd zu verstehen. Man kann also sagen, daß gerade Wandsbek ein wichtiger Ort für die Psychologie von Sigmund Freud ist, allemal

wichtig genug, um eine Straße nach ihm zu benennen. Immerhin wurde unlängst auch ein 150-Meter-Stück der Straße „Schwanenwik“ in „Eduard-Rhein-Ufer“ umbenannt. Wenn Sie nicht wissen sollten, wer Eduard Rhein war: Er war Chefredakteur der Zeitschrift HÖRZU und schuf deren Maskottchen „Mecki“!

Die Beispiele ließen sich beliebig vermehren. So taucht in dem bereits genannten Lexikon *Große Naturwissenschaftler* [40] der Name *Freud* nicht auf (wohl aber, wie zitiert, der Name Pawlows).

2.3 Das Unbewußte und das Freudsche Modell

Wie stellte sich mir die Lehre von Freud seinerzeit dar? Zunächst einmal war dies geheimnisvolle Unbewußte recht suspekt. Da gibt es einen wichtigen Motor für alle menschlichen Motivationen und Handlungen, aber dieser hat eingebaute Mechanismen – Zensur, Verdrängung – die verhindern, daß man die Funktionweise erkennen kann. Das klingt nach Verschwörungstheorie, und man weiß, daß man mit einer solchen Theorie auch die absurdesten Dinge begründen kann. Man kennt die Geschichte von Freuds „Wolfsmann“, der über einen Zeitraum von 60 Jahren durch Freud und andere Psychoanalytiker behandelt wurde. Die Behandlungen sind gut dokumentiert, zudem kennt man die Memoiren und ein Interview des „Wolfsmanns“. Offenbar hielt der „Wolfsmann“ nicht allzuviel von den Deutungen, die Freud zu seinen Zwangsvorstellungen fand, er gab aber zu, daß die Methode erfolgreich war. In dem erwähnten Interview sagt er [71, S. 133]:

Wenn man alles kritisch betrachtet, dann bleibt nicht viel übrig von der Psychoanalyse. Na ja, geholfen hat's mir. Nun, er war ein Genie.

Freud selbst hätte sich durch eine solche Aussage freilich kaum beirren lassen. Es liegt eben in der Natur des Unbewußten, daß der Betroffene sich des Unbewußten nicht bewußt ist. Andererseits befällt jemanden, der eine physikalische Ausbildung erhalten hat, ein Unbehagen: Auf diese Weise läßt sich alles „erklären“!

Jedoch: Irgend etwas schien an der Freudschen Lehre „dran“ zu sein. Das Unbewußte war ja bekannt, besonders eindrucksvoll aus Platons *Menon* [59, Band I, S. 411–457]. Sokrates zeigt dort, daß sogar die – zu seiner Zeit – entlegensten und schwierigsten Ergebnisse der Wissenschaft, hier die Erkenntnis, daß die Länge der Diagonale eines Quadrats in keinem rationalen Verhältnis zur Seitenlänge steht, im Unbewußten eines jeden Menschen – ja sogar eines Sklaven – vorhanden ist, und daß Erkenntnisgewinn nichts anderes ist als Wiedererinnerung des vorher Unbewußten. Mit anderen Worten, Platon beschreibt ein frühes Beispiel der Tiefenanalyse.

Wir kennen aus der Literatur – und nicht nur aus der griechischen Tragödie – mannigfache Beispiele für das geheimnisvolle und unkontrollierbare Unbewußte, ob wir nun E. T. A. Hoffmann, Dostojewski, Kafka oder Poe lesen. In dem Märchen *Der goldene Topf* von Hoffmann begegnet man überall dieser Brechung der Realität: Der ganz normale Alltag mit Kanzleiräten, Konrektoren, Archivarii verwandelt sich immer wieder in eine phantastische Welt mit eigenen Gesetzen und „springt“ bei näherem Hinsehen wieder in den „Normalzustand“ (der bei Hoffmann eben anormal ist) zurück. Der groteske Nonsens von Edward Lear oder Lewis Carroll (übrigens in „Zivilberuf“ Mathematiker) ist auf keine andere Weise verständlich denn als Signale des Unbewußten, Chiffren einer anderen Realität, die sich unserer rationalen Vernunft weitgehend entzieht, die aber gelegentlich überraschend und blitzartig ins Bewußtsein gerufen wird. Dieser letztere Vorgang wird von Gottfried Benn eindrucksvoll beschrieben:

EIN WORT

Ein Wort, ein Satz –: Aus Chiffren steigen
erkanntes Leben, jäher Sinn,

die Sonne steht, die Sphären schweigen,
und alles ballt sich zu ihm hin

Ein Wort – ein Glanz, ein Flug, ein Feuer
ein Flammenwurf, eine Sternenstrich –
und wieder Dunkel, ungeheuer,
im leeren Raum um Welt und Ich.

Wir kennen die großartigen Darstellungen des Unbewußten in der griechischen Antike. Ich werde hier nicht über Oedipus reden, darüber erfahren sie in dieser Vortragsreihe sicherlich mehr als genug. Mich haben immer die *Bacchantinnen* von Eripides beeindruckt. Hier wird die zwiespältige Natur der Bacchantinnen dargestellt: Einmal friedliche Frauen, die auf den Weiden mit Blümchen, Efeuzweigen und Lämmern spielen, ein richtiges „grünes Paradies“, dann aber plötzlich verwandeln sich die friedfertigen Frauen in rasende Mainaden und zerstören alles, was ihnen über den Weg läuft.

Daß sich im Inneren des Menschen unter der dünnen Decke der Zivilisation Abgründe verbergen, ist ein altes und als wahr empfundenes Wissen. Wir haben immer wieder Gelegenheit zum Erstaunen über die Rätsel unserer Innenwelt, um mit Goethe zu sprechen

...
Was, von Menschen nicht bewußt
Oder nicht bedacht
Durch das Labyrinth der Brust
Wandelt in der Nacht.

Der Dichter der Romantik Novalis hat sich intensiv mit den Naturwissenschaften befaßt, und er schreibt in seinem Fragment *Die Enzyklopädie* [55]:

Sonderbar, daß das Innere des Menschen bisher nur so dürftig betrachtet und so geistlos behandelt worden ist. Die sogenannte Psychologie gehört auch zu den Larven, die die Stellen im Heiligtume eingenommen haben, wo echte Götterbilder stehn sollten. Wie wenig hat man noch die Physik für das Gemüt – und das Gemüt für die Außenwelt benutzt. Verstand, Phantasie – Vernunft, das sind die dürftigen Fachwerke des Universums in uns. Von ihren wunderbaren Vermischungen, Gestaltungen, Übergängen kein Wort. Keinem fiel es ein, noch neue, ungenannte Kräfte aufzusuchen – ihren geselligen Verhältnissen nachzuspüren – Wer weiß, welche wunderbare Vereinigungen, welche wunderbare Generationen uns noch im Innern bevorstehn.

Wir lesen bei Georg Christoph Lichtenberg – um einen „rationalistischeren“ Schriftsteller zu nennen – in den *Sudelbüchern* (II, Heft K, 38):

Ehemals zeichnete mein Kopf (mein Gehirn) alles auf, was ich hörte und sah, jetzt schreibt er nicht mehr auf, sondern überläßt es *Mir*. Wer ist dieser *Ich?* bin ich und der Schreiber nicht einerlei?

Andererseits gefällt mir als „exaktem“ Naturwissenschaftler die klare – heute würde man sagen: *modulare* – Gliederung des Freudschen Modells unseres Bewußtseins in Ich, Über-Ich und Es. Dies läßt mich sofort an ein Schema nach Art von Abbildung 1 denken und dann unmittelbar an ähnliche Schemazeichnungen der Kybernetik oder der Systemtheorie, in denen ein „System“ – hier der Mensch – durch einen „schwarzen Kasten“ (*black box*) modelliert wird. Das System kann „identifiziert“ werden, das heißt, man kann ein Modell des Systems konstruieren, indem man

sein Verhalten studiert. Einmal kann man das System beobachten – ein Beispiel hierfür wäre das Planetensystem, welches von Ptolemäus, Kopernikus, Brahe beziehungsweise Kepler studiert und auf verschiedene Weise in ein Modell umgesetzt wurde. In unserem Kontext würde dies etwa der Traumdeutung entsprechen. Zum anderen kann man versuchen, das System an der „Schnittstelle“ zur Umwelt mit geschickt gewählten Eingabedaten zu „füttern“ und dessen Reaktion zu beobachten. Dies entspräche der Analyse des Psychiaters, der den Patienten anregt, Unbewußtes offenzulegen. Insbesondere für diese aktive Vorgehensweise zur Systemidentifikation existiert eine umfangreiche, anspruchsvolle, wohlerprobte und sehr schöne mathematische Theorie.

Das Problem, das sich hier stellt, ist, daß die mathematische Systemtheorie voraussetzt, daß das System zwar vom Beobachter manipuliert werden kann, daß aber nicht umgekehrt das System auf den Beobachter einwirkt. Ferner wird vorausgesetzt, daß das System sich „fair“ verhält. Es gibt eine schöne Geschichte von Mark Twain [74] über die Ameise. Dort stellt er die Hypothese auf, die Ameise sei – anders als in den Sprüchen Salomonis⁴ – „in Wirklichkeit“ ein faules Tier, und er belegt dies auf die folgende Weise:

Sie arbeitet nur, wenn jemand zusieht, insbesondere einer, der wie ein Naturforscher aussieht und sich Notizen zu machen scheint.

Die Twainsche Ameise wäre demnach ein Beispiel für ein System, welches man nicht identifizieren kann (wenigstens nicht, wenn man wie ein Naturforscher aussieht).

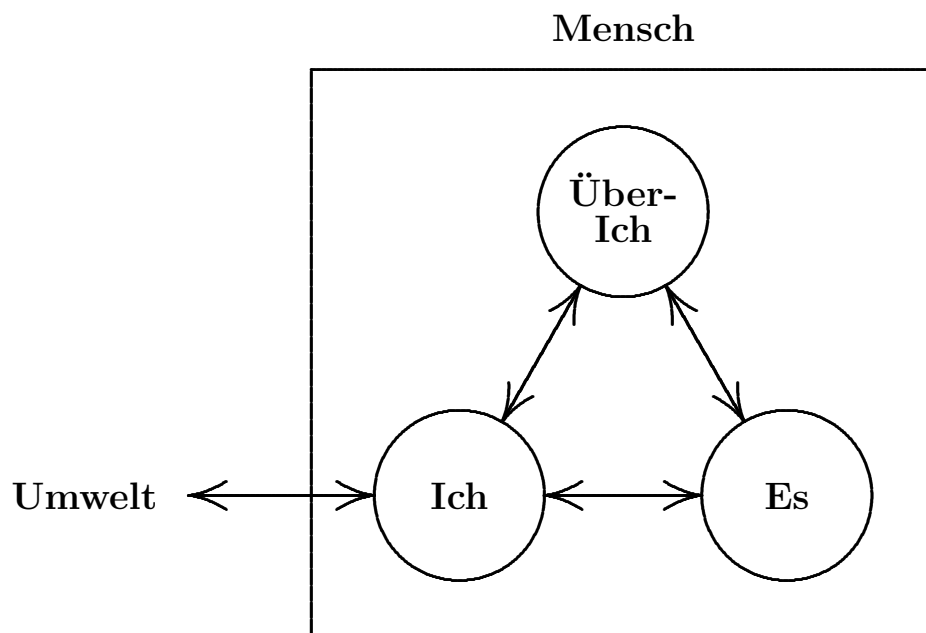


Abbildung 1: Schematisches Modell der Wechselwirkung Mensch – Umwelt.

Das von der Psychoanalyse untersuchte Sytem „Mensch“ verletzt nun aber alle Voraussetzungen der Systemtheorie. Zwar kann man etwa Träume analysieren, und die Traumdeutung spielt

⁴Spr. 5,5: Geh hin zur Ameise, du Fauler, sieh an ihr Tun und lerne von ihr!

seit Freud eine hervorragende Rolle in der Psychoanalyse, aber wir alle wissen, daß unser Unterbewußtsein gerade Traum inhalte sehr schnell mit dem Schleier des Vergessens bedeckt. Noch schlimmer steht es mit der aktiven Tiefenanalyse. Man weiß, daß das Unterbewußtsein der Analyse Widerstand entgegensetzt, es ist sich der Analysesituation „bewußt“, es reagiert wie die Twainsche Ameise, seine Reaktionen unterliegen einer „Zensur“. Noch schlimmer, schon Freud kannte das Phänomen der „Gegenübertragung“ (vgl. dazu den Aufsatz von Alexander Mitscherlich [70, S. 368]), das Unbewußte versucht, den Analytiker zu instrumentalisieren. Mit anderen Worten: Unser schönes Schema in Abbildung 1 hilft uns nicht weiter, wir haben es in der Psychologie mit einer von den „exakten“ Naturwissenschaften durchaus verschiedenen Situation zu tun. Freud hat gelegentlich darauf bestanden, daß die Psychoanalyse eine „Natur“wissenschaft wie jede andere sei. Zum Beispiel hat er in seinem unvollendeten Spätwerk *Abriß der Psychoanalyse* (1936) die Psychoanalyse gegen die Bewußtseins-Psychologie – welche der Pawlowschen Psychologie verwandt ist – abgegrenzt [23, S. 18 f]:

Während man in der Bewußtseins-Psychologie nie über jene lückenhaften, offenbar von anderswo abhängigen Reihen hinauskam, hat die andere Auffassung, das Psychische sei an sich unbewußt, gestattet, die Psychologie zu einer Naturwissenschaft wie jede andere auszugestalten. Die Vorgänge, mit denen sie sich beschäftigt, sind an sich ebenso unerkennbar wie die anderer Wissenschaften, der chemischen oder physikalischen; aber es ist möglich, die Gesetze festzustellen, denen sie gehorchen, ...

Es entspricht dann auch ganz unserer Erwartung, daß die Grundbegriffe der neuen Wissenschaft, ihre Prinzipien (Trieb, nervöse Energie u. a.) auf längere Zeit so unbestimmt bleiben wie die der älteren Wissenschaften (Kraft, Masse, Anziehung).

Freud fährt jedoch fort:

Alle Wissenschaften beruhen auf Beobachtungen und Erfahrungen, die unser psychischer Apparat vermittelt. Da aber unsere Wissenschaft diesen Apparat selbst zum Objekt hat, findet hier die Analogie ein Ende.

Karl Popper vertritt einen engen positivistischen Wissenschaftsbegriff. Nach seiner Definition gehört zu einer wissenschaftlichen Theorie unbedingt deren *Falsifizierbarkeit*, das heißt, es muß jeweils mindestens ein *experimentum crucis* geben, dessen negativer Ausgang die Theorie als falsch erweist. Für die Einsteinsche Relativitätstheorie war dies etwa die Messung der Lichtablenkung im Schwerfeld der Sonne. Für die Psychologie ist derartiges nicht denkbar. Dieses Säurebad der Falsifizierbarkeit ist für Popper entscheidend, und er schreibt darüber [61, S. 113]:

Aber es ist scharf genug, um eine Unterscheidung zu machen zwischen vielen physikalischen Theorien einerseits und metaphysischen Theorien, wie zum Beispiel der Psychanalyse und dem Marxismus (in seiner gegenwärtigen Form) andererseits.

Dies ist bemerkenswert: Für Popper handelt es sich bei der Psychoanalyse um „Metaphysik“.

2.4 Wozu Psychoanalyse?

Unabhängig von allen Auseinandersetzungen für und Wider die Psychoanalyse bestand und besteht ein handfestes praktisches Interesse an der wissenschaftlichen Analyse der Triebe und Ursachen menschlichen Handelns. Die Notwendigkeit der Beschäftigung mit der menschlichen Seele begründet sich aus verschiedenen Motiven:

Was ist der Mensch? Seit der Mensch denken kann, hat er über sich selbst nachzudenken versucht. Angefangen von Aristoteles' *Ethik* bis hin zu den zahlreichen Publikationen der modernen Psochologie und Psychoanalyse hat immer wieder das Rätsel *Mensch* fasziniert: Was ist der Mensch, was ist sein Bewußtsein? Ist der Mensch frei oder Sklave von höheren Mächten oder Gesetzen? Was muß man tun, damit der Mensch als soziales Wesen konfliktfrei unter seinesgleichen leben kann?

Was ist der Mensch, daß du seiner gedenkst, und des Menschen Kind, daß du dich seiner annimmst? PS 8,5

Heilung von psychischen Krankheiten Dieser Aspekt der Psychoanalyse ist recht neu, vor Freud waren psychische Defekte Abnormitäten, die die Betroffenen isolierten. Es ist im wesentlichen Freud und er modernen Psychoanalyse zu verdanken, daß man heute abweichendes Verhalten zu tolerieren bereit ist und in ihm Symptom einer behandelbaren Krankheit sieht.

Pädagogik Auch dies ist ein Problem, welches weit in die menschliche Geschichte hinabreicht: Auf welche Weise muß man zu lernende Inhalte darbieten, damit diese im Gedächtnis jederzeit bewußt zugriffsbereit gespeichert werden. Hierzu hat es zahlreiche theoretische Überlegungen und praktische Rezepte gegeben, man kann aber nicht behaupten, daß auf diesem Gebiet alle Fragen geklärt (oder wenigstens befriedigend formuliert) seien. Es ist unnötig, an dieser Stelle das Wort „Pisa“ zu gebrauchen!

Arbeitspsychologie Ein wichtiges Thema der modernen Gesellschaft ist die, Frage, die sich in deutschen Personalbüros alltäglich stellt: Zu welchen Leistungen und zu welchem Fehlverhalten ist ein gegebener Mensch unter den Bedingungen der modernen Produktion fähig? Ein weiteres wichtiges Forschungsgebiet ist es, Bedingungen zu erforschen, unter denen der Mensch effizient „funktioniert“. Hierzu findet man in dem erwähnten Buch von Robert Jungk [35] hübsche Beispiele, die sich schon deshalb recht amüsant lesen, weil sie schon etwas antiquiert sind. Um ein fernerliegendes Beispiel zu bringen: Der deutsche Schriftsteller Ernst Toller (1893–1939) schildert in seinem 1926 erschienenen Buch *Quer durch. Reisebilder und Reden* seine Eindrücke von einer Reise in die Sowjetunion. Er hatte dort ein Institut besucht, in dem Gastev, basierend auf den Theorien von Frederick Winslow Taylor (1856–1915) und eben von Pawlow, sich mit „modernen“ Methoden der Steigerung der Arbeitseffizienz befaßte. Toller schreibt (zitiert nach [67]):

Man sieht keine Aufseher. An Stelle des Aufsehers steht auf dem Tische eine Maschine, die bestimmte Summ- und Knarr-Laute gibt, Wortbefehle ersetzend. In vier geschlossenen Reihen marschieren die Arbeiter in militärischer Ordnung auf, jeder bleibt vor seinem Tisch stehen. Das erste Knarrzeichen der Maschine ertönt. Jeder Arbeiter tritt an seinen Tisch. Ein zweites Knarrzeichen. Jeder Arbeiter ergreift sein Instrument. Das dritte Knarrzeichen. Jeder Arbeiter beginnt zu arbeiten. [...] Am Anfang der folgende Rhythmus: eine Minute Arbeit, zwei Minuten Pause. Später zwei Minuten Arbeit, zwei Minuten Pause. Auf der letzten Stufe: Fünfzehn Minuten Arbeit, drei Minuten Pause. Die Haltung des Arbeiters vor seinem Tisch ist genau festgelegt, die Fußstellung auf einem kleinen Arbeitspodium aufgezeichnet. [...] In begeisterten Worten schildert mir Gastev, der Leiter des Instituts, die bisher erzielten Resultate. Man hat durch diese Mechanisierung die in einer Zeitspanne mögliche Zahl der Arbeitsbewegungen verdreißigfacht. Mir wird bekloffen zumute. Das soll das Ziel sein: Mechanisierung des Menschen, Ertötung alles dessen, was schöpferisch in ihm lebt?

Was denkt der Mensch? Schon immer wollten die Herrschenden – welcher Ideologie sie sich auch verrieben hatten – herausfinden, was ihre „Untertanen“ wirklich denken. Hierzu gab es die unterschiedlichsten Vorschläge und Modelle, ich zitiere nur einen Vorschlag von Jonathan Swift (1667–1745) in seinem Buch *Gullivers Reisen* beschrieb [72, Part Tree, Capter VI]:

Another professor shewed me a large paper of instructions for discovering plots and conspiracies against the government. He adviced great statesman to examine into the diet of all suspected persons; their times of eating; upon which side they lay in bed; whith which hand they wiped their posteriors; take a strict view of their excrements, and from the colour, the ordure, the taste, the consistence, the crudeness or maturity of digestion, form a judgement of their thoughts and designs; because men are never so serious, thoughtful, and intent, as when they are at stool, which he found by experience; for, in such conjunctures, when he used, merely as a trial, to consider which was the best way of murdering the King, his ordure would have a tincture of green; but quite different when he thought only of raising an insurrection, or burning the metropolis.

...

I told him, that in the kingdom of Tribnia, by the natives called Langden, where I had long sojourned, the bulk of the people consisted wholly of discoverers, witnesses, informers, accusers, prosecutors, evidences, swearers ...

Es ist schon verständlich, daß Frau Greenacre aus Swifts Texten eine anale Fixierung herauslas.

Wie erreicht man, daß der Mensch das Rechte denkt? Auch dieses Thema wurde immer wieder von den Mächtigen praktisch angegangen. Ich verweise hierzu auf das Buch *1984* von George Orwell (1903–1950), auf *Wir* von Jewgeni Iwanowitsch Samjatin (1884–1937) oder auf das Buch *Brave New World* von Aldous Huxley (1894–1963).

Man muß übrigens diese letzte Frage gar nicht so hoch aufhängen. In unserem Alltag werden wir von allen Seiten von Menschen bedrängt, die erreichen möchten, daß wir nach ihren Modellen denken und handeln. Ich spreche von der allgegenwärtigen Werbung. Mit den Mitteln der modernsten Psychologie versucht man uns zu unserem Glück zu verhelfen. Für einen außerirdischen Besucher, der die Anzeigen in Zeitschriften und Illustrierten studiert, könnte es den Anschein haben, daß ein modernes Kraftfahrzeug zum Betrieb weniger auf fossile Energieträger als auf junge und spärlich bekleidete Damen angewiesen sei.

3 Einstein und Freud

Es gibt zwei interessante Publikationen über Begegnungen von Einstein und Freud, einmal das Buch von Panck [56] und dann einen Aufsatz von John Forrester in dem hochinteressanten Buch von Hagner, welches im letzten Jahre erschien [30, 96–123].

Was haben Einstein und Freud miteinander gemeinsam? Man möchte auf den ersten Blick sagen: Wenig! Allerdings, beim näheren Hinsehen findet man eine ganze Reihe von Gemeinsamkeiten. Beide hatten nahezu zur gleichen Zeit ihre Phase höchster wissenschaftlicher Produktivität. Beide lebten in einer Zeit des Umbruchs, des Verfalls der traditionellen Werte. Hieraus ist der Einfluß zu erklären, den beide auf ihre Zeitgenossen hatten, sie wurden „Ikonen“ (nach Forrester, [30]), von den einen, den „Progressiven“, auf den Schild gehoben, von den „Reaktionären“ leidenschaftlich verdammt. In einer Zeit der Umwertung aller Werte kann natürlich der Begriff „Relativitätstheorie“ mit dem Begriff „Relativismus“ verwechselt werden, das heißt, mit der Vorstellung, daß alle „Werte“ konventionell und nicht absolut seien. Dies kann zu falschen Assoziationen führen, und diese Gelegenheit wurde ausgiebig genutzt. Ebenso hat die Botschaft von Freud, daß es keine „edlen“ Motive des Denkens und Handelns gebe, Freund und Feind zu emotionalen Reaktionen veranlaßt. Es gibt noch eine ganze Anzahl von eher äußerlichen Gemeinsamkeiten, etwa daß beide Juden waren, daß sie beide das Manifest der Gesellschaft für positivistische Philosophie, welches im Jahre 1911 erschien, an hervorgehobener Stelle unterzeichneten [56, S. 184], und nicht zuletzt,

daß beide zu den Autoren gehörten, deren Bücher am 10. Mai 1933 öffentlich verbrannt wurden. Interessant mag auch sein, daß beide unter Stalin nicht geduldet waren, wir hatten schon gesehen, daß Lenin sicher nicht zu der Fangemeinde von Freud gehörte.

Albert Einstein und Sigmund Freud haben sich physisch wohl nur einmal getroffen. Neujahr 1927 suchte Einstein Freud auf, welcher gerade in Berlin seine Söhne besuchte. Das Resultat dieses Besuches wird von Freud mit den Worten beschrieben: „Er . . . versteht von Psychologie soviel wie ich von Physik, und so haben wir uns sehr gut gesprochen.“ [22, S. 735]. Es gab einen lockeren Briefwechsel zwischen Einstein und Freud, Einstein war an Freuds Arbeiten interessiert, er liebte Freuds Stil, wollte aber seinen Theorien nicht folgen. Freud seinerseits machte auch nicht den geringsten Versuch, sich die Relativitätstheorie anzueignen. Es gab jedoch einen spektakulären Briefwechsel. Im Jahre 1932 richtete Einstein einen knappen emotionalen offenen Brief an Freud, in dem er ihn einlud, die Frage zu diskutieren „Gibt es eine Möglichkeit, die psychische Entwicklung der Menschen so zu leiten, daß sie den Psychosen des Hasses und des Vernichtens gegenüber widerstandsfähiger werden?“ [19, 24] Auch in diesem Falle war die Diskussion eher unergiebig. Einstein, damals 53 Jahre alt, ein, wie er sich selbst bezeichnete, „militanter Pazifist“ und dagegen Freud, im Alter von 76 Jahren – er hatte seine Theorie des Todestriebes geschaffen – reagierte in einem längeren, ebenfalls offenen, Antwortbrief verhalten pessimistisch. Das gleiche Thema wurde von Alexander Mitscherlich in neuerer Zeit wieder aufgegriffen [51], allerdings nicht wesentlich optimistischer in seinen Schlußfolgerungen als Freud.

Auch hier kommt Freud übrigens wieder auf den Vergleich von Psychologie und Physik zu sprechen [24, S. 448]:

Vielleicht haben Sie den Eindruck, unsere Theorien seien eine Art von Mythologie, nicht einmal eine erfreuliche in diesem Fall. Aber läuft nicht jede Naturwissenschaft auf eine solche Art von Mythologie hinaus? Geht es Ihnen heute in der Physik anders?

Ich möchte die Zusammenstellung Einstein – Freud durch einige Gegensatzpaare etwas strukturieren (Tabelle 1). Ich erlaube mir, Einstein durch das Wort *Mathematik* zu kennzeichnen. Hier hätte Einstein selbst sicher Einwände erhoben, aber erstens ich bin nun einmal Mathematiker und für mich ist insbesondere die allgemeine Relativitätstheorie ein *mathematisches* Kunstwerk. Ich bin auch davon überzeugt, daß erst die Minkowskische Formulierung – also die mathematische Formulierung – der speziellen Relativitätstheorie die Verhältnisse auch für Einstein zurechtrückte und ihn auf den Weg zur allgemeinen Relativitätstheorie brachte. Demgegenüber hat Freud mit Mathematik nichts zu tun, und sein Werk hat nur bei Anwendung auf lebende Menschen Bedeutung. Deshalb habe ich bei Freud das Wort *Leben* zur Charakterisierung verwendet, genau das macht die Schwierigkeit des Forschungsgegenstandes von Freud aus, daß er sich mit dem widersprüchlichen, vielfältigen, ungebärdigen Erscheinungen befassen mußte, die lebende Materie kennzeichnen. Einstein und Freud markieren zwei verschiedene Ufer des Ozeans der Wissenschaften. Zwischen diesen Ufern liegen die verschiedenen Gebiete wissenschaftlicher Erkenntnis, von den „exakten“ Naturwissenschaften wie Mathematik, Physik, Chemie am Einsteinschen Ufer bis hin zu den Lebenswissenschaften, zu denen ich die Biologie, die Medizin, aber auch die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften zähle. Die Trennung ist nicht ganz eindeutig, so liegt die für die Psychologie wichtige Neuropsychologie nahe dem Einsteinschen Ufer. Wissenschaften wie Philosophie oder auch Theologie haben in diesem einfachen Bild keinen Ort. Hierbei am Rande: Goethe, der zwar kein glückliches Verhältnis zur Mathematik hatte, der aber genau wußte, wie wichtig die Mathematik zum Verständnis der Natur ist, der andererseits sich intensiv und kompetent mit Eigenschaften lebender Wesen auseinandergesetzt hat, drückte in seinen *Maximen und Reflexionen* [705] das Verhältnis von Mathematik und Leben sehr schön wie folgt aus:

Wäre die Natur in ihren leblosen Anfängen nicht so gründlich stereometrisch, wie wollte sie zuletzt zum unberechenbaren und unermeßlichen Leben gelangen?

Albert Einstein	Sigmund Freud
Mathematik	Leben
abstrakt	konkret
quantitativ	qualitativ
exakt	unexakt
logisch	dialektisch (pragmatisch)
objektiv	subjektiv
einfach	komplex
ewig	ephemer
unveränderlich	veränderlich
immateriell	materiell
Realität	

Tabelle 1: Gegensatzpaare Einstein – Freud.

Abstrakt — konkret Es bedarf wohl keiner Argumentation, um zu belegen, daß Einsteins Theorien im hohen Maße abstrakt sind. Freud befaßt sich durchweg mit konkreten Menschen – Menschen, die Namen und Adressen haben, die man „sehen und anfassen“ kann – und deren Problemen. Er selbst hat dies sehr deutlich gesehen, er schreibt: „[E]s berührt mich selbst noch eigentümlich, daß die Krankengeschichten, die ich schreibe, wie Novellen zu lesen sind, und daß sie sozusagen des ernststen Gepräges der Wissenschaftlichkeit entbehren.“ (zitiert nach [56, S. 162]).

Goethe macht Newton in seiner „Farbenlehre“ den Vorwurf, daß dieser sich dem Phänomen der Farbe abstrakt annähere. Anstatt das anschauliche Licht, die Farben, unvermittelt auf sich einwirken zu lassen, einfach zu *sehen*, begibt sich Newton zunächst in einen abgedunkelten Raum und läßt Licht nur durch einen schmalen Spalt eintreten (Nach Goethe: Er „quält“ das Licht durch den Spalt). Die Newtonsche Abstraktion, losgelöst vom realen Geschehen, und insbesondere nicht bezogen auf einen begeisterten und kunstsinnigen Beobachter, hat sich als äußerst brauchbar erwiesen, die Goethesche Sicht hingegen ist die unmittelbar anschauliche, individuelle, konkrete, menschlich lebendige [27].

Quantitativ — qualitativ Die „Sprache“ der Physik – wie auch aller „exakten“ Naturwissenschaften ist die Mathematik. In seiner Vorrede zu *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* schreibt Immanuel Kant [37, Band 5, S. 14]

Ich behaupte aber, daß in jeder besonderen Naturlehre nur so viel *eigentliche* Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin *Mathematik* anzutreffen ist.

In der Tat, die Mathematik, die Quantifizierbarkeit der Aussagen der Physik grenzen diese von der Psychologie – wie auch von anderen Lebenswissenschaften, also einem Teil der Biologie, den Wirtschaftswissenschaften, der Soziologie . . . – ab. Wir kennen die Einsteinschen Feldgleichungen (Abbildung 2). Diese Beziehungen regeln alles, was in Einsteins Universum vorkommen kann, den Fall von Newtons Apfel, Galileis Versuche mit der schiefen Ebene, die äußere Ballistik, die Bahnen

der Planeten, die Geometrie der Schwarzen Löcher, den „Urknall“ und die Zukunft des Universums. Die Konstante G_N ist mit hoher Genauigkeit bekannt, alle die beschriebenen Phänomene können aus den Feldgleichungen streng und quantitativ erschlossen werden. Ausnahmen sind nicht bekannt (und müßten als Sensation eingestuft werden).

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R - \Lambda g_{\mu\nu} = G_N T_{\mu\nu}$$

Hierbei ist

G_N	fundamentale Naturkonstante (Newtons Konstante)
$g_{\mu\nu}$	metrischer Tensor einer vierdimensionalen Raum-Zeit = Gravitationsfeld
$R_{\mu\nu}$	Krümmungstensor der Raum-Zeit
Λ	Kosmologische Konstante
$T_{\mu\nu}$	Energie-Impuls-Tensor

Abbildung 2: Die Einsteinschen Feldgleichungen.

Sigmund Freud gebraucht in seinen Arbeiten häufig das Wort „Energie“, er spricht beispielsweise von „Triebeenergie“. Man muß diesen Sprachgebrauch als einen Versuch Freuds werten, sich der Sprache der Physik zu bedienen und damit seine Wissenschaft der Physik anzunähern. Dieses Bestreben hat er immer wieder formuliert. Jedoch hat die Energie Freuds mit dem gleichlautenden Begriff in der Physik nichts zu tun, Freud benutzt den Begriff als Metapher, als Allegorie beziehungsweise als Gleichnis. Es gibt für Freuds Energie keine Formel und die Freudsche Energie ist nicht quantifizierbar. Im 18. und 19. Jahrhundert war der Energiebegriff der Physik ebenfalls noch sehr verschwommen, und Freud hoffte, wie wir gesehen haben, daß seine Wissenschaft sich ebenfalls irgendwann auf diese Ebene begeben wird, die die Physik erreicht hat. Die Physik hat sich zu einer quantitativen Wissenschaft hin entwickelt durch eine „positivistische Revolution“, dadurch, daß sie es völlig aufgegeben hat, hinter den Begriffen Bedeutung zu suchen. Für den Physiker ist Energie eine Erhaltungsgröße der Einsteinschen Gleichungen, und er ist gut beraten, sich darunter nichts weiter vorzustellen. Es ist höchst fraglich, ob die Psychologie jemals diesen Zustand erreichen wird und ob dies wünschenswert ist.

Exakt — unexakt Eine Aussage der Physik (beziehungsweise der „exakten“ Naturwissenschaften) sollte präzise und überprüfbar sein. In aller Regel lassen sich die Resultate einer physikalischen Theorie zahlenmäßig angeben, und es ist dann auch ganz klar, mit welcher Genauigkeit die vorhergesagten Phänomene eintreten werden. Am 29. März dieses Jahres fand eine Sonnenfinsternis statt. Wenn sich herausgestellt hätte, daß dieses Ereignis auch nur geringfügig anders verlaufen wäre, als von den Astronomen vorausberechnet, dann wäre dies eine Sensation gewesen und Anlaß für eine äußerst sorgfältige Überprüfung der Rechnungen und der Theorie. Demgegenüber sind Aussagen von Psychologen (generell auch von Ärzten oder „Lebenswissenschaftlern“) vage und es wird nicht erwartet, daß die Vorhersagen wirklich eintreffen.

In ihrem Buch *The Year 2000* prognostizieren die beiden – wenigstens seinerzeit – angesehenen Futurologen Herman Kahn und Anthony J. Wiener [36] für das Jahr 2000 die folgenden Pro-Kopf-Bruttonationalprodukte (in US-Dollar, Wert von 1965):

Land	niedere	mittlere	hohe
	Schätzung		
Westdeutschland	5.150	7.790	10.410
Ostdeutschland	—	8.355	—
Japan	3.990	8.590	10.000

Demnach würde „die Bundesrepublik in der Entwicklung des Sozialprodukts je Einwohner ... sowohl von Japan als auch von der DDR überholt werden“ [18, S. 281]. Die Tatsache, daß Kahn und Wiener mit ihrer Prognose derart daneben lagen, hat meines Wissens niemanden ernstlich beunruhigt. Die Prognose war keine Prognose im Sinne einer physikalischen Aussage. Sie wurde von den politisch Handelnden sehr wohl wahrgenommen [18], und vielleicht hat gerade die Tatsache, daß eine solche Prognose vorlag, zu einer Änderung des Systems geführt, die die Prognose falsifizierte.

Logisch — dialektisch (pragmatisch) Aristoteles schuf mit der Logik ein mächtiges Werkzeug zur Navigation auf dem Ozean der wissenschaftlichen Erkenntnis. Dieses Werkzeug ist allerdings für den Alltag wenig brauchbar. Der bedeutende Mathematiker Godfrey Harold Hardy (1877–1947) hat behauptet, daß der Mensch allenfalls vier Stunden pro Tag logisch zu denken in der Lage sei [31, S. 32]. Für uns gewöhnliche Menschen, die wir nicht zu den wirklich bedeutenden Mathematikern gehören, sind allenfalls zehn Minuten pro Tag anzusetzen. Die restliche Zeit über denken wir pragmatisch, unlogisch – eben lebendig!

Jakob Johann Baron von Uexküll (1864–1944; von 1926 bis 1940 Direktor des von ihm begründeten Instituts für Umweltforschung an der Universität Hamburg) schreibt [75]:

„... Ebenso unfruchtbar sind die Versuche, mit Hilfe der Logik oder der Mathematik an die biologischen Probleme heranzutreten.

Alle Logik, alle Psychologie, alle Mathematik sind unanschaulich, aber die Biologie ist ihrem Wesen nach Anschauung.“

Ich meine, daß einer der besten Dialektiker östlich der Elbe Bertold Brecht war. In seinem Gedicht „Der Zweifler“ gibt er eine mustergültige Darstellung dessen, was wissenschaftliche oder philosophische Arbeit ist. Ich empfehle meinen Studentinnen und Studenten dieses Gedicht immer wieder. Brecht schreibt dort über das wissenschaftliche Resultat: [7, S. 587]

... Es kann auch eindeutig sein
Und den Widerspruch aus den Dingen entfernen; ist es zu eindeutig?
Dann ist es unbrauchbar, was ihr sagt. Euer Ding ist dann leblos.

Objektiv — subjektiv Die Physik ist in dem Sinne objektiv, als zum Beispiel die oben angeführten Gravitationsgleichungen – nach unserem Wissen – bereits galten, als es noch keinerlei Leben, insbesondere kein Bewußtsein gab. Sie haben bereits den Ablauf des „Urknalls“ bestimmt. Demgegenüber ist die Wissenschaft Freuds auf den konkreten Menschen, auf das Subjekt ausgerichtet und ohne dieses leer.

Einfach — komplex Es mag befremden, wenn ich die Mathematik als „einfach“ bezeichne. Aber ich kann nie begreifen, wie man etwa behaupten kann, einen Computer nicht verstehen zu können, jedoch eine einfache Hauskatze, deren Verhalten ungleich komplexer und vielfältiger ist, zu „verstehen“. Der große Erfolg – freilich auch die große Schwäche – der Mathematik beruht darauf, daß in der Mathematik die Dinge auf ihre allereinfachste Form gebracht werden. Die Physik hat die in ihrer Geschichte aufgetretenen Krisen regelmäßig dadurch gemeistert, daß sie ihren Anwendungsbereich reduziert hat, das heißt, durch Vereinfachung. Karl R. Popper [60] zitiert hierzu Wilhelm Busch:

Zwei mal zwei gleich vier ist Wahrheit.
Schade, daß sie leicht und leer ist,
Denn ich wollte lieber Klarheit
Über das, was voll und schwer ist.

In der lebenden Natur ist nichts einfach, alle Systeme sind „komplex“, miteinander verwoben, „vernetzt“, und es gibt keine bequeme Aufteilung in Effekte erster Ordnung und Nebeneffekte, jede Einflußgröße ist Haupteffekt, dies macht die Beschäftigung mit dem Leben so kompliziert.

Ewig — ephemer Typisch für lebende Materie ist, daß sie historisch, zeitlich begrenzt, episodisch ist. Wie in der Bibel steht (PS 103:15–16):

Ein Mensch ist in seinem Leben wie Gras, er blüht wie eine Blume auf dem Felde;
wenn der Wind darüber geht, so ist sie nimmer da, und ihre Stätte kennet sie nicht
mehr.

Demgegenüber zeichnen sich die Objekte der theoretischen Physik – und natürlich ganz besonders der Mathematik – durch eine wahrhaft ewige Dauer aus. Man weiß, daß die Kreiszahl π nicht durch einen endlichen Dezimalbruch darstellbar ist. Gegenwärtig kennt man etwa die ersten 51 Milliarden Dezimalstellen dieser Zahl. Man kann sich nun die Frage stellen, ob es „irgendwo“ in der Dezimaldarstellung eine ununterbrochene Folge von zehn aufeinanderfolgenden Nullen gibt. Bislang hat man eine solche Folge meines Wissens noch nicht gefunden. Wenn aber auf dem Bildschirm eines der zahlreichen auf diesem Gebiete tätigen „Rechensportler“, die ihre Bemühungen der Berechnung immer weiterer Dezimalstellen von π gewidmet haben, eine Folge von zehn Nullen erscheint, dann wüßte man, daß diese Folge schon „existierte“, als es noch keine Mathematiker auf der Welt gab. Wenn es vor dem Urknall so etwas wie eine Zeit gegeben hat, dann existierten auch damals diese Dezimalstellen. Und wenn dereinst die Menschheit ausgestorben sein wird und die Sterne erloschen sind, dann „gäbe“ es immer noch die zehn Nullen!

Unveränderlich — veränderlich Es heißt, die „Elemente“ von Euklid seien — neben der Bibel — das meistverbreitetste Buch. Die von Euklid mitgeteilten mathematischen Sätze und seine Methoden sind auch für einen modernen Mathematiker – bis auf einige notwendige Modifikationen – mustergültig. Die von Einstein aufgestellten Gravitationsgleichungen beschreiben den „Urknall“ ebenso wie die weitere Entwicklung des Universums, sie sind also „so gut wie ewig und unveränderlich“. Es gibt nur wenige Erzeugnisse des menschlichen Erfindungsgeistes, die eine derart langwährende Aktualität hätten. Lebende Materie hingegen zeichnet sich gerade durch Flexibilität und Variabilität aus, und damit notwendigerweise auch durch Kurzlebigkeit. Insbesondere war Freuds Theorie von den Verhältnissen seiner Zeit beeinflusst, und es gibt Anzeichen dafür, daß jede Zeit und jede menschliche Gemeinschaft ihre eigene Psychologie haben muß.

Immateriell — materiell Die Charakterisierung der Physik durch den Begriff „immateriell“ erscheint auf den ersten Blick als unzutreffend. Was ist denn Physik anders als die Wissenschaft von der Materie. Jedoch handelt die Physik nicht von dem einzelnen individuellen *Materiebrocken*, den man „sehen und anfassen“ kann, sondern von „allgemeiner“, man möchte sagen, Platonischer Materie. Für Einstein ist Materie ein Datenfeld (in Abbildung 2 durch das Symbol $g_{\mu\nu}$ bezeichnet) in seinen Feldgleichungen. Carl Friedrich von Weizsäcker hat eine Arbeit geschrieben mit dem Titel „Parmenides und die Graugans“ [80]. Dort stellt er die „Idee“ von der Graugans dem einzelnen, individuellen, real lebenden Exemplar der Graugans gegenüber. Die Graugans als Gattungsbegriff, als Gegenstand der Wissenschaft, ist immateriell, jede einzelne Graugans ist materiell. Es zeigt sich, daß einzelne Graugänse sich durchaus die Freiheit nehmen, gegen die abstrakte Definition der Graugans durch ihre reale, materielle, lebendige Existenz zu verstoßen. Man könnte „dialektisch“ sagen, daß sich der Begriff „Materie“ in der modernen Physik gewandelt hat, vom Materieklumpen zu dem Datenfeld $g_{\mu\nu}$.

Realität Der schon erwähnte Mathematiker Hardy äußerte in einem Vortrag vor Physikern provokativ, daß Mathematik mit Realität zu tun habe, Physik hingegen nicht [31, S. 122f]. Ähnliches könnte man auch hier sagen. Freud hat es mit Menschen zu tun, und je mehr er sich mit dem einzelnen Menschen auseinandersetzt, desto komplexer und vielfältiger stellt sich ihm dieser Mensch

dar, das heißt, bei genaueren Hinsehen löst sich das auf den ersten Blick einfache und „reale“ Objekt in eine „Wolke“ von Eigenschaften – teils einander widersprechend – auf. Dagegen nehmen mathematische Objekte bei näherer Untersuchung an Schärfe zu.

4 Modelle des menschlichen Bewußtseins – Ist der Mensch berechenbar?

Für einen Ingenieur, aber auch für einen „exakten“ Naturwissenschaftler, gilt eine Erscheinung als „verstanden“, wenn er sie in einem gewissen Sinne „nachzubauen“ imstande ist, das heißt, wenn er ein – sei es mechanisches, elektronisches oder auch softwaremäßiges – Modell der Erscheinung erstellen kann.

Hierbei gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten- Man kann einmal versuchen, den kleinsten materiellen Träger des menschlichen Bewußtseins, also die Nervenzelle, genauestens zu analysieren und diese dann nachzubauen. Anschließend müßte man sich dann überlegen, wie man solche elementaren Bausteine zusammenfügen kann in der Hoffnung, daß man auf diese Weise sich dem Verständnis des Bewußtseins nähert. In der Informatik beziehungsweise der Systemanalyse hat man für eine solche Vorgehensweise die Bezeichnung *bottom-up-Design* gefunden. Diesen Weg hat zunächst auch Freud eingeschlagen, er hat wertvolle Beiträge auf dem Gebiet der Neurophysiologie geleistet. Das Problem hierbei ist, daß Bewußtsein ein *emergenter* Prozeß des Nervensystems ist, das heißt, es ist aus dem Studium einzelner Nervenzellen nicht erklärbar, es tritt erst „plötzlich“ bei hinreichend komplexer Struktur auf. Man wird hierbei an das Hegel-Marxsche „Gesetz“ des Umschlagens von Quantität in Qualität erinnert. Leider sind diese emergenten Erscheinungen mathematisch nicht modellierbar, sie sind hinter einem „Komplexitätsvorhang“ verborgen.

Die andere Möglichkeit wäre, auf einem Computer „Bewußtsein“ zu modellieren, ohne sich dabei um die elementaren Details zu kümmern. In der Informatik würde man diese Vorgehensweise als *top-down-design* bezeichnen. Hierzu müßte man aber wissen, was „Bewußtsein“ eigentlich ist, und eben dies weiß man aber nicht. Man kann sich nun entweder darauf zurückziehen, Teilleistungen zu modellieren, die typisch für bewußte Vorgänge sind, die jedoch unter stark eingeschränkten Bedingungen – etwa in einem speziellen technischen Umfeld – realisiert werden. Die andere Möglichkeit ist, daß man sich auf eine eingeschränkte, jedoch nachprüfbare Arbeitsdefinition des Bewußtseins festlegt, die technische Realisierbarkeit und Verifizierbarkeit gestattet.

4.1 Von der Nervenzelle zum Bewußtsein

Nachdem die Rolle der Nervenzelle bei Bewußtseinsvorgängen allmählich klarer geworden war, und nachdem man in den logischen Schaltkreisen der Computer Verwandtschaften zu der Funktion der Nervenzellen zu sehen glaubte, entstand die Idee, aus vernetzten logischen Elementen oder einfachen Computern eine Art von „Gehirn“ zusammenzusetzen. Die Idee wurde schon 1943 von Walter Pitts und Warren McCulloch dargestellt. Der bedeutende Mathematiker John von Neumann (1903–1957) hat kurz vor seinem Tode ein Vortragsmanuskript nahezu fertiggestellt, in dem Gehirn und Computer auf Schaltkreis- beziehungsweise Neuronenebene miteinander verglichen wurden [54]. In den Jahren 1957–58 entwickelten Frank Rosenblatt, Charles Wightman und ihre Mitarbeiter am MIT einen „neuronalen“ Computer, das *Mark I Perceptron*.

Wir werfen einen Blick auf ein solches Perzeptron (Abbildung 3). Sensoren nehmen Informationen aus der Umgebung auf. Man könnte sich etwa vorstellen, daß jeder Sensor eine Videokamera enthält. Außerdem verfügt jeder Sensor über eine gewisse Rechenkapazität, er kann also die wahrgenommene Information verarbeiten und Schlüsse ziehen. Das Ergebnis seiner Berechnungen sendet er an den Hauptrechner, der seinerseits die einlaufenden Informationen verarbeitet

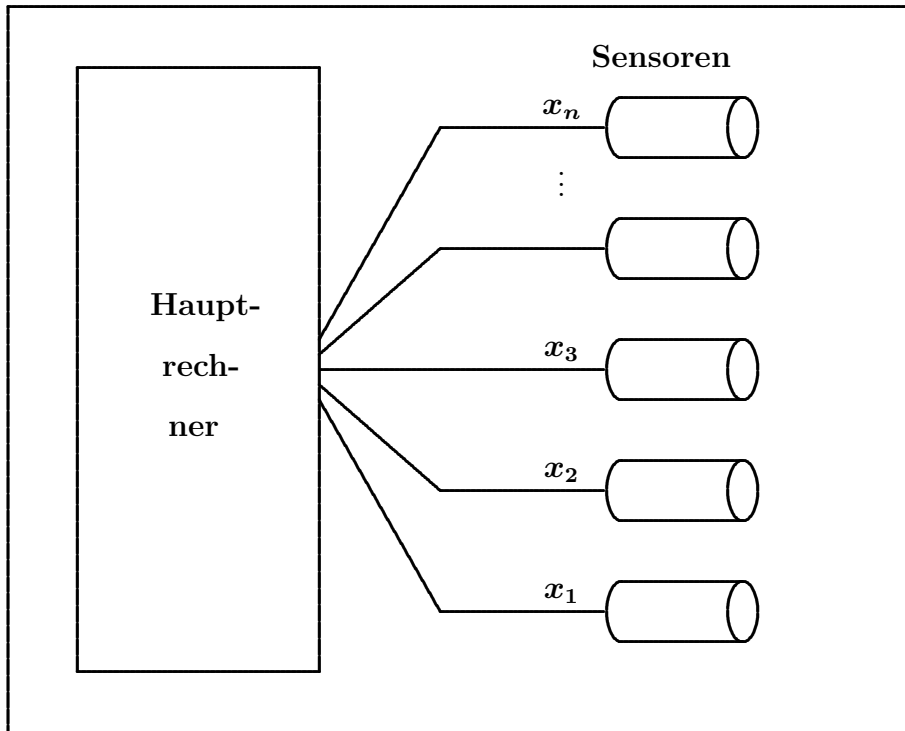


Abbildung 3: Perzeptron.

Die Sensoren nehmen jeweils einen Ausschnitt der Realität wahr, Die Leitungen haben begrenzte Kapazität.

und dann eine Aussage über die von den Sensoren wahrgenommene Realität abgibt. Wir merken am Rande an, daß es sich hier um eine einfache Parallelrechnerarchitektur handelt, die Sensoren rechnen gleichzeitig und unabhängig voneinander.

Ein einfaches Beispiel möge den Sachverhalt illustrieren. Der Physiker Wilhelm Fucks, der durch eine große Anzahl von recht spektakulären Publikationen bekannt wurde („Formeln zur Macht“), hat sich in verschiedenen Artikeln auch dem in den sechziger Jahren populären Thema der mathematischen Charakterisierung des literarischen Stils⁵ zugewandt. In einer Arbeit, die er gemeinsam mit Josef Lauter publiziert hat [25] ließ er von einer großen Anzahl verschiedener Bücher die mittlere Anzahl der Worte pro Satz sowie die mittlere Anzahl der Silben pro Wort auszählen. Das Resultat dieser Auszählung ist in Abbildung 4 zu finden. Wir haben also hier nur zwei Sensoren, der eine berechnet aus dem Text die mittlere Anzahl der Worte pro Satz, der andere die mittlere Anzahl der Silben pro Wort. Fucks und Lauter haben die untersuchten Werke klassifiziert, nämlich in Produkte von „Schriftstellern“ und von „Prosadichtern“. Was man „auf einen Blick“

⁵Dazu aus dem Gedicht „Die Entwicklung der Menschheit“ von Erich Kästner (1932):

... Und sie stellen durch Stiluntersuchungen fest,
daß Cäsar Plattfüße hatte.

sieht, ist, daß Schriftsteller von den Prosadichtern in dem Diagramm recht klar getrennt werden können – sieht man von „Grenzfällen“ ab. Die Schriftsteller bevorzugen gegenüber den Prosadichtern längere Worte und auch längere Sätze (wie zu erwarten, sind etwa die Sätze von Hegel und Marx im Mittel länger als die von Prosadichtern). Es überrascht, daß ausgerechnet Thomas Mann in dem Diagramm im Grenzbereich liegt, während Karl May eindeutig im „Dichtergebiet“ angesiedelt ist. Sigmund Freud und Albert Einstein liegen dem Gebiet der Prosadichter recht nahe, was zu bestätigen scheint, daß beide über einen guten Schreibstil verfügten.

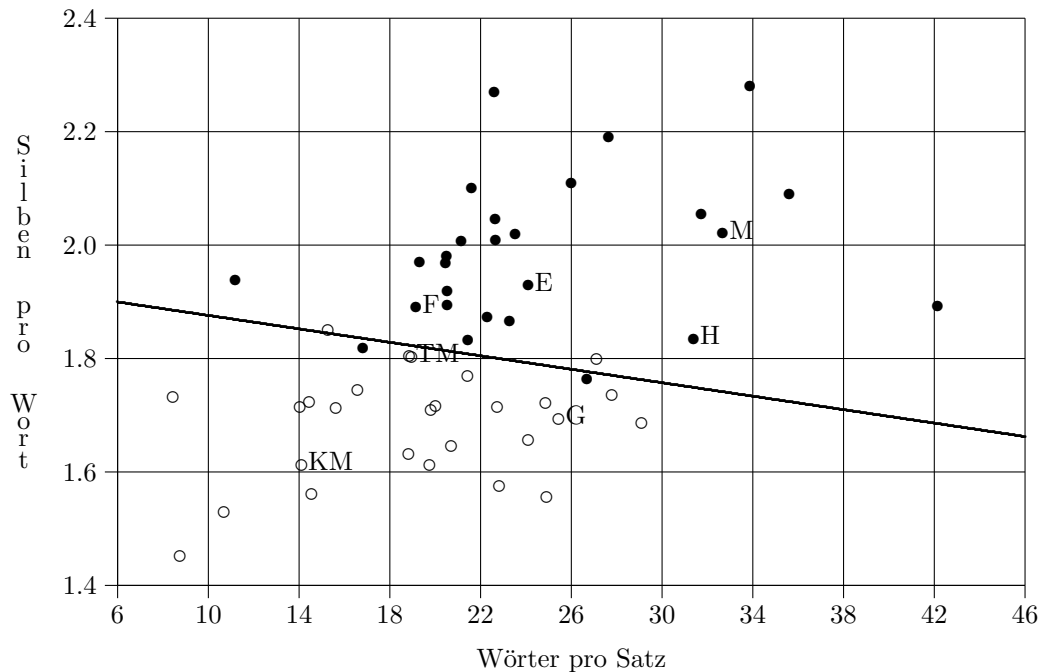


Abbildung 4: Mittelwerte der Silbenzahlen pro Wort aufgetragen gegen den Mittelwerten der Wörterzahlen je Satz nach Fucks und Lauter [25].

Vollkreise (●) bezeichnen die Werte für „Schriftsteller“, Kreise (○) die Werte für „Prosadichter“.

Die ausgezogene Gerade trennt die beiden Punkthafen „optimal“.

Bedeutung der Buchstaben:

G – Goethe, TM – Thomas Mann, KM – Karl May, E – Einstein, F – Freud, H – Hegel, M – Marx.

Wir unterstellen nun einmal, wir wollten eine Maschine bauen, die automatisch Schriftsteller von Prosadichtern unterscheiden kann. Dazu könnten wir im Diagramm eine gerade Linie ziehen, die den Prosadichterbereich – so gut es geht – von dem Bereich der Schriftsteller trennt. In Abbildung 4 ist eine solche Linie eingezeichnet. Hat man mehr als zwei Sensoren, dann ist die Sache nicht mehr so durchsichtig, aber man kennt in der Mathematik eine große Anzahl von Methoden, die eine solche Trennung in einem präzisen Sinne „bestmöglich“ und automatisch ausführen kann. Wenn wir jetzt irgendeinen Text hernehmen, dann würde unsere Maschine sofort nach Auszählung der Worte und Silben den diesem Text entsprechenden Punkt im Diagramm einzeichnen können und damit auch – je nach Lage bezüglich unserer Trennlinie – entscheiden können, ob es sich um

den Text eines Prosadichters oder eines Schriftstellers handelt.

Das Interessante hieran ist, daß unser System in zwei Phasen arbeiten kann. Die erste Phase, die sogenannte *Lernphase* haben wir hier skizziert: Aus einer großen Anzahl von bereits klassifizierten Texten bestimmt die Maschine eine trennende Gerade. Danach, in der *Arbeitsphase*, kann die Maschine automatisch Entscheidungen über die Qualität eines vorgelegten Textes fällen.

Es gab in den fünfziger und sechziger Jahren eine wahre „Perzeptroneuphorie“. Allen Ernstes wurde verkündet, daß man nun über ein Modell für Gehirnfunktionen verfüge [6, 5] oder suggerierte durch Verwendung des Wortteils *Neuro-*, daß man in der Lage sei, Nervenfunktionen zu simulieren [66].

Im Jahre 1969 veröffentlichten Marvin Minsky und Seymour Papert ein Buch mit dem Titel *Perceptrons* [50]. In diesem Buch bewiesen sie eine außerordentlich tiefliegende Aussage, nämlich, daß eine sehr umfangreiche Klasse von solchen Maschinen gewisse Dinge nicht „erkennen“ können. Es handelt sich bei diesen unerkennbaren Prädikaten um sogenannte „topologische“ Eigenschaften von Objekten. Nun wissen wir, daß es auch unserem visuellen Wahrnehmungssystem auch nicht gegeben ist, „auf einen Blick“ den Ausweg aus dem Schema eines Irrgartens zu finden, wir müssen vielmehr mühsam „sequentiell“ suchen und probieren. Das Resultat von Minsky und Papert hatte zur Folge, daß zunächst in den USA und dann weltweit die Forschung an diesen Perceptrons eingestellt wurde. Dieser Vorgang wirft ein bezeichnendes Licht auf die Forschungspolitik in den USA und generell in der Welt.

Nach einigen Jahren der Lähmung traten die Perceptrons modifiziert und in neuem Gewande als *selbstorganisierende Karten* von Teuvo Kohonen oder aber schlicht als *neuronale Netze* wieder auf. In den achtziger Jahren gab es dann ganz analoge Erscheinungen wie in der Perceptron-Zeit, wieder wurden „Gehirnmodelle“ versprochen [1, 13, 32]. Im letzten Jahrzehnt wurde im wesentlichen die gleiche Idee wieder unter einem neuen Begriff, als *Support Vector Machines*, „verkauft“.

4.2 Modelle des Menschen

Die Bemühungen, Modelle von Lebensvorgängen und gar von kognitiven Leistungen zu erstellen, sind alt. Stammvater und Symbolfigur aller dieser Bestrebungen war der Titan Prometheus, der gegen den Willen der Götter Menschen konstruierte. Einen interessanten Beitrag zur Geschichte dieser Idee stellt die Sage vom *Golem* des Rabbi Jehuda Löw ben Bezalel von Prag (1512–1609) dar. Hierbei wird die Ambivalenz der künstlichen Schöpfung thematisiert, der Golem, geschaffen als Retter der bedrohten Juden, gerät „außer Kontrolle“. Der uns heute geläufige Name *Roboter* für solche künstlichen Nachbildungen des Menschen geht auf den tschechischen Schriftsteller Karel Čapek (1890–1938) zurück, der das Thema in dem „Kollektivdrama“ *R.U.R. Rossum's Universal Robots* (1922) bearbeitete. Auch hier geht die Geschichte tragisch aus.

Spektakulär waren im 18. und 19. Jahrhundert mechanische Figuren in Tier- oder Menschengestalt [65], und unter diesen die Automaten von Jacques de Vaucanson (1709–1782), insbesondere die musizierenden Androiden, das heißt menschenähnliche Automaten. Wolfgang von Kempelen (1734–1804) hatte einen „Schachautomaten“ in Gestalt eines Türken gebaut. Dieser Automat wurde nach einer bewegten Geschichte, die Theodor Heuß in seiner *Schattenbeschwörung* [33] dargestellt hat, von Johann Nepomuk Maelzel (1772–1838) erworben. Maelzel reiste mit seiner Maschine nach den U.S.A., wo Edgar Allan Poe in einer scharfsinnigen Deduktion nachwies, daß die Funktion des Automaten auf einem Betrug beruhe.

Solche Automaten hatten neben der Befriedigung der Sensationslust den Zweck, zu zeigen, daß die „Funktion“ des menschlichen Körpers auf natürlich-mechanische Prinzipien zurückführbar sei, angeregt durch den Titel – nicht den Inhalt – des Buches *L'homme machine* von Julien Offray de La Mettrie (1709–1751). Es ist höchst bemerkenswert, daß Jean Paul im Jahre 1789 in seiner

Auswahl aus des Teufels Papieren dem Thema einen interessanten und für uns sehr aktuellen neuen Gesichtspunkt abgewann. Er schreibt:

Vor dem Schlusse unserer Vorstellung rücken wir Damen und Spieler zugleich dem H. von Kempele die wichtige Frage aufs Herz: ob er nicht seiner Ehre und seiner Tugend besser gerathen hätte, wenn er, anstatt sich niederzusetzen und feurig Sprach- und Spielmaschinen auszubrüten, die auf einmal tausend seiner Brüder außer Nahrung setzen, recht nachgesonnen hätte und wirklich mit Denkmaschinen zum Vorschein gekommen wäre: denn da nur sehr wenige Profession vom Denken machen, so hätt' er geringes oder gar kein Unheil anrichten können, da zumal die wenigen, die durch die Nebenbuhlerei der Denkmaschinen verhungert zu sein geschienen hätten, sicher auch ohne diese Hungers gestorben wären. Vielleicht hätte dann – statt daß auf das orientalische Wörterbuch des Meninsky niemand pränumerierte als der König von Polen – fast jeder Fürst sich eine Denkmaschine zum Gebrauche seines ganzen Landes kommen lassen, weil ein Mann zwar (nach Sonnenfels) nur für zehn Mann ackern, allein sicherlich für mehr als zehntausend denken kann; ja Einer aus Luthers Reformationszeit konnte für die ganze Nachkommenschaft denken.

Prometheus, der so gut wie H. von Kempele Menschen erschuf, wurde dafür abgestraft: aber H. v. K. hat auch eine Leber.

Dieser Gesichtspunkt Jean Pauls wurde in neuester Zeit hochaktuell, man hat versucht, Modelle kognitiver Leistungen des menschlichen Gehirns zu schaffen. Solche Modelle dienen einerseits dem menschlichen Erkenntnisgewinn, sie könnten aber auch von bedeutendem praktischen Nutzen sein. Modelle der visuellen Wahrnehmung könnten im Verkehr, bei der Produktkontrolle, aber auch als Hilfsmittel für Behinderte gute Dienste leisten, und Maschinen, die Texte verstehen können, wären hochwillkommen, ebenso Übersetzungsautomaten. Echte „Denkmaschinen“ waren der Traum von Wirtschaftswissenschaftlern und Militärstrategen als „Entscheidungshilfen“. Man versah diese Bemühungen mit dem etwas hochtrabenden Namen *künstliche Intelligenz*.

Es ist interessant, daß die theoretischen Grundlagen in einer erstaunlichen Breite – von der Mathematik bis hin zur Wirkungsforschung – bereits in den dreißiger Jahren durch Alan Mathison Turing (1912–1954) gelegt wurden. Er schlug insbesondere im Jahre 1950 einen Test vor, durch den man die Frage „Können Maschinen denken?“ pragmatisch entscheiden kann [34, S. 133–160]. In moderner Sprechweise: Wir nehmen an, wir könnten mit einer Person oder eben einer Maschine in einem „Chat-Room“ im Internet über eine Tastatur kommunizieren. Wenn es nicht möglich ist, aus dem Verlauf der Kommunikation zu erschließen, ob man mit einem wirklichen Menschen oder aber mit einer Maschine kommuniziert hat, dann könnte man der Maschine „Denkfähigkeit“ bescheinigen. Die Beweislast liegt hier bei dem menschlichen Teilnehmer, und die Sache ist nicht ganz so einfach, wie man zunächst annehmen möchte. Wenn beispielsweise der unbekannte Partner auf Fragen zur Philosophie Hegels ungemein kluge Antworten gäbe, dann würde dies nichts beweisen, denn man kann heutzutage sämtliche Werke Hegels und seiner Kommentatoren schnell zugriffsbereit abspeichern und aus diesen sehr eindrucksvolle Antworten zusammenstellen. Der Computer, der solches leisten könnte, würde Kenntnisse der Sprache oder gar Verständnis Hegels nicht benötigen. Andererseits, wie wenige Menschen wären in der Lage, zur Philosophie Hegels irgend etwas Gescheites zu äußern. Der Turing-Test, so verstanden, würde unbrauchbare Resultate liefern. Man möchte jedoch meinen, daß man unter Umständen die Identität des Computers durch eine triviale Frage aus dem Alltag, zu deren Antwort „Weltwissen“ benötigt wird, entlarven könne.

Nun hat Joseph Weizenbaum im Jahre 1966 ein ganz einfaches Programm mit Namen ELIZA publiziert, welches die Sache noch ein wenig komplizierter machte [79]. In diesem Programm wird eine Sitzung bei einem Psychiater simuliert. Das heißt, das Programm stellt eigentlich nur Fragen,

und diese setzt es aus Teilen zusammen, die es den Reaktionen des Partners entnimmt. Da die englische Sprache eine sehr simple Grammatik hat, läßt sich dies auch auf ganz einfache Weise bewerkstelligen. Wenn beispielsweise der menschliche Partner in einem Satz das Wort „Mutter“ gebraucht, dann stellt ihm das Programm eine Frage der Form „Haben Sie Probleme mit Ihren Eltern?“ In der Tat hatten viele Menschen, denen man dies Programm vorführte, den Eindruck, mit einem verständnisvollen „menschlichen“ Partner zu kommunizieren, und dies allein deshalb, weil das Programm überhaupt nicht kommunizierte, sondern nur exzellent zuhören konnte. Man möchte hierbei an den *Sandmann* von E. Th. A. Hoffmann (vielleicht besser bekannt aus der Oper *Hoffmanns Erzählungen* von Jacques Offenbach (1819–1880)) denken: Die Automate Olimpia antwortet auf die Suada des verliebten Studenten Nathaniel nur gelegentlich mit „Ach – ach!“, und Nathaniel ruft begeistert: „... du tiefes Gemüt, in dem sich mein ganzes Sein spiegelt“.

Versuchspersonen, die mit dem ELIZA-Programm kommunizierten, verhielten sich dann auch so, als wenn sie es mit einem menschlichen Gesprächspartner zu tun hätten. Offensichtlich war es ihnen nicht allzu wichtig, ob der Antwortende am anderen Ende der Leitung wirklich ein Mensch war oder ein Computerprogramm. Es kam nur darauf an, dass die Antworten und Fragen menschlich *erschiene*n. Dies ist der sogenannte ELIZA-Effekt, der heute bei vielen Chatterbots ausgenutzt wird. Die Versuchspersonen in den Experimenten waren zu einem großen Teil sogar davon überzeugt, daß der „Gesprächspartner“ ein tatsächliches Verständnis für ihre Probleme aufbrachte. Selbst wenn sie mit der Tatsache konfrontiert wurden, daß das Computer-Programm, mit dem sie „gesprochen“ hatten, auf der Basis einiger simpler Regeln und sicherlich ohne „Intelligenz“, „Verstand“, „Einfühlungsvermögen“, etc. einfach gegebene Aussagen in Fragen umwandelte, weigerten sie sich oft, dies zu akzeptieren.

Weizenbaum war erschüttert über die Reaktionen auf sein Programm, vor allem, daß praktizierende Psychiater ernsthaft daran glaubten, damit zu einer automatisierten Form der Psychotherapie gelangen zu können. Er entwickelte sich nicht zuletzt aufgrund dieser Erfahrungen zu einem Informatik- und Technologie-Kritiker [77]. Übrigens: Joseph Weizenbaum wurde am 8. Januar 2003 vom Fachbereich Informatik der Universität Hamburg mit der Ehrendoktorwürde ausgezeichnet.

Es gibt in der Tat eine Reihe von Wissenschaftlern, die Versionen von ELIZA-Programmen wenn nicht zur „automatischen“ Analyse von Patienten, so doch gewissermaßen als „automatische Beichtväter“ benutzen [11]. Es wird auch versucht, Computermodelle für psychische Krankheiten zu entwickeln, so wurde zum Beispiel ein System entwickelt, welches paranoides Verhalten modelliert [9, 10]. Man hat neuronale Netzwerke konstruiert, die psychiatrische Abnormitäten simulierten [68]. Kenneth Mark Colby hat sogar ein Programm PARRY entwickelt, welches einen paranoiden Schizophrenen simuliert. Dieses Programm wurde mehrere Male mit dem ELIZA-Programm „kurzgeschlossen“, und im Internet kann man das Protokoll einer „Behandlung“ vom 18. September 1972 nachlesen. Es gibt eine kurze Geschichte von Umberto Eco über paranoeide Computer (In deutscher Übersetzung *Allzu intelligent, quasi blöd* in [17]). Eco schildert in dieser Geschichte mit Humor die Bemühungen um „künstliche Intelligenz“.

Der polnische Schriftsteller und Philosoph Stanislaw Lem hat in seinem Buch *Summa technologiae* die Konsequenzen der Realisierung eines kommunizierenden Automaten auf der Basis des ELIZA-Konzepts ausführlich diskutiert [47, Kap. IV. Intel(l)elektronik – Der Geist in der Maschine]. In dem Abschnitt *Zweifel und Antinomien* des gleichen Buches setzt sich der Autor mit dem im Jahre 1966 erschienenen Buch *Der Mythos der Denkmachine* von Mortimer Taube [73] auseinander. In diesem Abschnitt geht es auch um die kognitiven Fähigkeiten von Perzeptrons (die damals noch „der letzte Schrei“ auf dem Gebiete der elektronischen Modellierung von Intelligenz waren) und um Schachcomputer.

Was hat es nun wirklich mit der Konstruktion von Computern auf sich, die in der Lage sind, die kognitiven Leistungen des menschlichen Gehirns nachzuahmen, die also wirklich „Denkmachines“ sind. Wir müssen zunächst einmal die Begriffe klären. Es ist sicher nicht sinnvoll, „innere

Zustände“ als Kriterien für die Leistungsfähigkeit solcher Maschinen heranzuziehen, das heißt, wir sollten uns, ganz wie Turing, auf die sprachlichen Äußerungen konzentrieren, am einfachsten auf die geschriebene Sprache. Dies ist eine erhebliche, aber notwendige Einengung. Sicher gibt es mentale Zustände, die der sprachlichen Formulierung nicht zugänglich sind, dieser Tatsache verdankt die Lyrik ihre Existenz. Man kann sogar behaupten, daß diese nichtverbalisierbaren Zustände den Hauptteil des Bewußtseinsinhalts ausmachen, wie dies Gilbert Keith Chesterton (1874–1936) in einer Monographie über den Maler Watts formulierte:

Der Mensch weiß, daß seine Seele Tönungen birgt, bestürzender, zahlloser und namenloser als die Farbschattierungen eines Herbstwaldes. Dennoch glaubt er ernsthaft, daß diese Tönungen in allen ihren Verschmelzungen und Übergängen durch einen willkürlichen Grunz- und Kreischmechanismus aufs genaueste wiedergegeben werden können. Er glaubt, daß aus dem Inneren eines Börsianers tatsächlich Geräusche hervordringen, die alle Mysterien des Erinnerns und alle Agonien der Sehnsucht ausdrücken.

Es gab in der Geschichte zahlreiche Ansätze, sich dem Phänomen – dem Rätsel – der menschlichen Sprache zu nähern [16]. Interessant ist der Versuch von Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716), eine formale Sprache zu finden, vermittels derer sich Meinungsverschiedenheiten rein mechanisch, also etwa durch ein Computerprogramm, beilegen lassen. Seine Vision formuliert er wie folgt [4, S. 4]:

Das einzige Mittel, unsere Schlußfolgerungen zu verbessern, ist, sie ebenso anschaulich zu machen, wie es die der Mathematiker sind, derart, daß man seinen Irrtum mit den Augen findet und, wenn es Streitigkeiten unter Leuten gibt, man nur zu sagen braucht: „Rechnen wir!“ ohne eine weitere Förmlichkeit, um zu sehen, wer recht hat.

Nach Leibniz stellt sich die menschliche Vernunft, also das menschliche Denken, als algorithmisierbar dar, das heißt, für Leibniz ist der Mensch – zumindest sein rationales Verhalten – berechenbar. Diese Meinung wurde von verschiedenen namhaften Wissenschaftlern vertreten, so zum Beispiel von Pawlow, der aus seinen Untersuchungen gerade diesen Schluß zog. Das folgende Zitat beschließt einen Vortrag von Pawlow aus dem Jahre 1932 (der Text wurde von Pawlow in deutscher Sprache veröffentlicht) [57, S. 213]:

Ich bin davon überzeugt, daß gegenwärtig eine wichtige, neue Stufe des menschlichen Denkens herannaht, auf der das Physiologische und das Psychologische, das Objektive und das Subjektive sich wirklich vereinigen, *tatsächlich* miteinander verfließen werden. Dann wird auch die Zeit kommen, wo die qualvollen Gegensätze und das Auseinanderhalten meines Bewußtseins und meines Körpers sich ganz natürlich auflösen oder einfach wegfallen werden. Wahrhaftig! Wenn die objektive Forschung an höheren Tieren, z. B. am Hund, sich auf eine Stufe erheben wird, und das wird natürlich geschehen, wo der Physiologe unter bliebigen Bedingungen über ein absolut genaues Vorherwissen des Verhaltens dieses Tieres verfügt, was bleibt dann für eine besondere, selbständige Existenz der subjektiven Zustände dieses Tieres übrig? Aber diese subjektiven Zustände bestehen doch beim Tier, nur sind es seine eigenen, gleich wie für uns unsere eigenen existieren. Wird denn dadurch der menschliche Gedanke nicht gezwungen, die Tätigkeit eines jeden Lebewesens, den Menschen mit einbegriffen, als ein unteilbares, einheitliches Ganzes zu betrachten?

Es überrascht, daß Immanuel Kant (1724–1804), der „eigentlich“ keine deterministische Position vertrat, in seiner *Kritik der praktischen Vernunft* schrieb [37, Band VII]:

Man kann also einräumen, daß, wenn es für uns möglich wäre, in eines Menschen Denkungsart, so wie sie sich durch innere sowohl als äußere Handlungen zeigt, so tiefe Einsicht zu haben, daß jede, auch die mindeste Triebfeder dazu uns bekannt würde, imgleichen alle auf diese wirkende äußere Veranlassungen, man eines Menschen Verhalten auf die Zukunft mit Gewißheit, so wie eine Mond- oder Sonnenfinsternis, ausrechnen könnte, und dennoch dabei behaupten, daß der Mensch frei sei.

Dieser extreme Determinismus wurde erstmalig von dem französischen Mathematiker und Astronomen Pierre Simon Marquis de Laplace (1749–1827) scharf formuliert. Laplace hatte das Denkmodell eines Dämons geschaffen, der sämtliche Positionen und Geschwindigkeiten aller Atome im Universum kennt. Dieser Dämon könnte daraus die Zukunft des Universums – aber auch die Vergangenheit – in Analogie zu der von Laplace mitbegründeten Himmelsmechanik (auf die sich ja auch Kant im obigen Zitat bezogen hatte) präzise vorausberechnen [49, Text 75]. Nach einer bekannten Anekdote hatte Napoleon mit Bezug auf Laplaces *Himmelsmechanik* diesen beglückwünscht: „Ein großartiges Werk, Marquis! Aber warum kommt in einem Buch über den Himmel das Wort Gott überhaupt nicht vor?“ „Dieser Hypothese bedurfte ich nicht!“ soll Laplace erwidert haben. Es hat nicht sehr lange gedauert, bis sich diese Sicht der Dinge nicht mehr halten ließ. Zunächst hatte der zweite Hauptsatz der Thermodynamik von Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822–1888) klar ergeben, daß dieses deterministische mechanische Modell nicht richtig sein kann. Die Entdeckung der Radioaktivität und schließlich die Quantenmechanik führten zum völligen Zusammenbruch dieses strengen Determinismus.

Aber auch von anderer Seite meldeten sich Zweifel, nämlich ausgerechnet von der Mathematik. Man hatte hier die Vorstellung, daß wenigstens auf diesem Gebiet, welches nach Meinung zahlreicher Wissenschaftler eine ureigene Konstruktion des menschlichen Geistes sein sollte, völlige Berechenbarkeit herrsche – wenn überhaupt, dann nur hier! Demgemäß hatte Friedrich Ludwig Gottlob Frege (1848–1925) ein System einer logischen Sprache entwickelt, welches auf dem Gebiete der Mathematik die „vollkommene Sprache“ im Sinne von Umberto Eco [16] sein sollte. Unmittelbar vor Erscheinen seines Werks mußte er feststellen, daß dieses einen entscheidenden und für ihn irreparablen Trugschluß enthielt. Der bedeutendste Mathematiker des 20. Jahrhunderts, David Hilbert (1862–1943) glaubte noch, daß eine solche Entscheidbarkeit der Mathematik möglich sei. Alle diese Hoffnungen wurden durch Kurt Gödel (1906–1978) zerstört, Gödel wies nach, daß kein System der Mathematik in dem Sinne vollständig sein kann, daß alle in der Sprache des Systems formulierbaren Fragen sich mit Mitteln des Systems auch entscheiden lassen. Da es also sogar in der Mathematik immer Fragen geben muß, die sich nicht beantworten lassen, wie viel mehr wird dies in der so vielfach komplexeren „realen“ Welt gelten! In die gleiche Richtung deuten Ergebnisse der theoretischen Informatik, insbesondere auch Resultate des bereits erwähnten Alan Turing.

„Praktisch“ fast noch bedeutsamer sind die Resultate der modernen Chaos- und Komplexitätstheorie. Diese besagen – vereinfacht dargestellt – daß ein Vorgang in der realen Welt zwar sehr wohl berechenbar sein kann, daß die Anforderungen an Datengenauigkeit oder Rechenaufwand jedoch prohibitiv sein können, so daß der Vorgang dann eben doch „praktisch“ unberechenbar bleibt. Sogar das „Musterbeispiel“, auf das sich Laplace stützte, das Planetensystem, ist davon nicht frei. So konnte Laskar [44] zeigen, daß die Planeten unseres Sonnensystems chaotische Zustände durchlaufen können und daß deshalb gewisse Vorgänge im Planetensystem im Detail nicht vollständig berechenbar sind (vgl. auch [43]).

Man darf hier durchaus and Goethe denken: „... und sehe, daß wir nichts wissen können!“

Wir schließen drei Fragen an:

4.2.1 Ist der Mensch berechenbar?

An dieser Stelle können wir mit Bestimmtheit und in aller Schärfe und Kürze sagen: Gottlob nicht! Wir haben soeben gesehen, daß noch nicht einmal die Vorgänge der klassischen Mechanik sämtlich berechenbar sind, daß wir bei dem Versuch des rechnerischen Nachvollzugs an den Mauern der Unbestimmtheit, des Chaos und der Komplexität scheitern. Warum sollte nun augerechnet der unendlich komplizierte Mensch zu den Dingen gehören, die man berechnen kann?

4.2.2 Ist das Gehirn ein Computer?

Bereits John von Neumann hat das Gehirn mit einem Computer verglichen [54]. In der Tat bestehen zahlreiche Gemeinsamkeiten.

Ray Kurzweil [42, 41] entwirft ein phantastisches Zukunftsbild. Aus der Tatsache, daß die Leistungen der Computer – nach dem sogenannten *Moore'schen Gesetz* – exponentiell wachsen, schließt er, daß etwa im Jahre 2019 ein Computer für 1000 Dollar die Rechenleistung des menschlichen Gehirns haben werde. Abgesehen davon, daß solche Prophezeiungen schon seit Jahrzehnten gemacht wurden, nur daß der jeweilige Zeitpunkt, an dem die Computer uns überholen, jedesmal weiter in die Zukunft projiziert wurde, scheint diese Extrapolation reichlich gewagt. Kurzweil geht von der Anzahl der aktiven Elemente im Gehirn und im Computer aus. In Tabelle 2 sind einige Leistungszahlen für das menschliche Gehirn und für (heutige) Computer zusammengestellt. Wie man sieht, sind die Computer, was die „aktiven Elemente“ anbelangt, nur noch um einen Faktor 100 von uns entfernt. Man darf aber nicht, wie es hier geschehen ist, Transistoren mit Nervenzellen vergleichen. In einem gewissen Sinne sind Nervenzellen „Prozessoren“, das heißt, sie sind zu Rechenleistung fähig. Ein normaler Computer hat aber nur einige wenige Prozessoren in diesem Sinne, die Mehrzahl seiner „aktiven“ Elemente sind Speicherzellen. Wahrhaft dramatisch wird es aber, wenn man die Anzahl der Kommunikationsverbindungen betrachtet. Jede Nervenzelle ist über Schaltstellen, die sogenannten *Synapsen*, mit etwa 1000 anderen Nervenzellen verbunden, während bei einem Computer mit gängiger Architektur die Speicherzellen mit einem Prozessor verbunden sind. Das heißt, daß das Gehirn hochkomplex verschaltet ist. Die künstlichen neuronalen Netze, von denen ich weiß, haben höchstens 50 Prozessoren, die auf recht übersichtliche Weise miteinander verbunden sind. Das heißt, daß ein gewöhnlicher Computer in seinem Aufbau keinerlei Ähnlichkeit mit einem Gehirn hat und daß ein neuronales Netz noch nicht einmal ein „Gehirnchen“ ist. Jede Ameise ist um Größenordnungen komplexer verschaltet, als die modernsten neuronalen Netze. Der einzige Parameter, der bei dem menschlichen Gehirn wesentlich weniger leistungsfähig ist als bei Computern, ist die Schaltzeit. Hier rächt es sich beim natürlichen System, daß an den Synapsen die Natur die ihr geläufigere chemische Nachrichtenübermittlung gewählt hat, die eben nicht so schnell reagiert, wie die elektrische.

Es ist sehr interessant, einen Blick auf einen weiteren technischen Aspekt des menschlichen Wahrnehmungssystems zu werfen. Wie aus Abbildung 5 hervorgeht, wird nur ein ganz winziger Bruchteil der von den Rezeptoren wahrgenommenen Information in das Langzeitgedächtnis aufgenommen (Die Zahlenangaben in Abbildung 5 sind diskutierbar, dürften aber die Realität einigermaßen zutreffend darstellen). Hieraus ergeben sich sehr interessante Konsequenzen. Zum Beispiel muß unser Wahrnehmungssystem in einem hohen Maße abstrahieren, um die einlaufende Information überhaupt ins Gedächtnis einspeichern zu können. Es wird aus den angegebenen Zahlen in Verbindung mit Tabelle 2 auch klar, daß es im Bewußtsein notwendig „verborgene Zustände“ geben muß.

4.2.3 Ist das Bewußtsein ein Programm?

In seiner *Monadologie* stellt Leibniz die Frage, ob man das menschliche Bewußtsein (bei Leibniz: die Perzeption) mechanisch modellieren könne. Er schreibt [46, §17]:

	Gehirn	Computer
aktive Elemente	$\approx 10^{11}$	$\approx 10^9$
Verbindungen	$\approx 10^{14}$ Synapsen	$\approx 10^9$
Architektur	hochparallel	seriell
Speicherung	assoziativ	adreßbasiert
Schaltzeit	$\approx 10^{-3}$ s	$\approx 10^{-9}$ s
elem. Vorgänge (theor.)	$\approx 10^{13}$ /s	$\approx 10^{18}$ /s
elem. Vorgänge (tats.)	$\approx 10^{12}$ /s	$\approx 10^{10}$ /s

Tabelle 2: Das menschliche Gehirn und der Computer.

Übrigens muß man notwendig zugestehen, daß die Perzeption und was von ihr abhängt auf mechanische Weise, d. h. mit Hilfe von Figuren und Bewegungen, unerklärbar ist. Nehmen wir einmal an, es gäbe eine Maschine, die so eingerichtet wäre, daß sie Gedanken, Empfindungen und Perzeptionen hervorbrächte, so würde man sich dieselbe gewissermaßen proportional-vergrößert vorstellen können, daß man in sie hineinzutreten vermöchte, wie in eine Mühle. Dies vorausgesetzt, wird man bei ihrer inneren Besichtigung nichts weiter finden als einzelne Stücke, die einander stoßen – und niemals etwas, woraus eine Perzeption zu erklären wäre. Also muß man die Perzeption doch wohl in der einfachen Substanz suchen, und nicht in dem Zusammengesetzten oder in der Maschinerie! Auch läßt sich in der einfachen Substanz nur dieses allein finden: Perzeptionen und ihre Veränderungen. Darin allein müssen alle inneren Tätigkeiten der Monaden bestehen.

Für Leibniz ist dies eine absurde Vorstellung, innere Zustände, Gefühle, Gedanken durch Bewegungen von Hebeln und Rädern darzustellen und zu erklären. Heutzutage würden wir das Bewußtsein nicht mechanisch modellieren, sondern durch ein Computermodell, also durch ein Programm. Ebenso schwer akzeptabel erscheint eine Aussage wie: „die Programmzeilen 1107 bis 1235 drücken ‚alle Mysterien des Erinnerns und alle Agonien der Sehnsucht‘ (Chesterton) aus. Damit sind diese Begriffe erklärt.“

Der bekannte US-amerikanische Robotiker Hans Moravec vertritt jedoch die These, daß das menschliche Bewußtsein die im „Computer“ Gehirn implementierte „Software“ ist [53]. Er geht dabei so weit, diese Software für das eigentliche „Wesen“ des Menschen zu halten [53, S. 117]:

Body-identity assumes that a person is defined by the stuff of which a human body is made. Only by maintaining continuity of body stuff we can preserve an individual person. Patteren-identity, conversely, defines the essence of a person, say myself, as the *pattern* and the *process* going on in my head and body, not the machinery supporting that process. If the process is preserved, I am preserved. The rest is mere jelly.

Er zieht daraus die Konsequenz, daß es in naher Zukunft möglich sei, dieses „Wesen“ des Menschen auf einen Computer beziehungsweise einen Roboter zu übertragen und den menschlichen

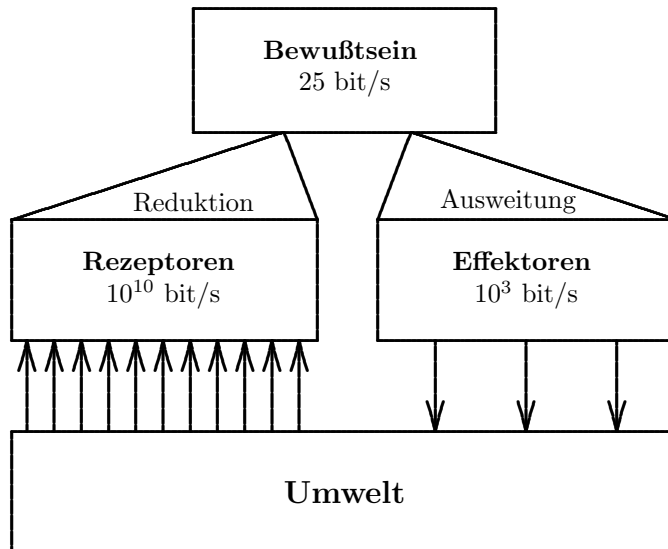


Abbildung 5: Das menschliche Wahrnehmungssystem.

Nach Georg Klaus und Heinz Liebscher [38], Stichwort „Information“.

Körper als „Gelee“ einfach umweltverträglich zu entsorgen. Er proklamiert demgemäß das *Post-biologische Zeitalter*, das Zeitalter der Roboter und Computer. Marvin Minsky, einer der Begründer der Idee der künstlichen Intelligenz, drückte ironisch die Hoffnung aus: „Wenn wir Glück haben, werden die Roboter uns als Haustiere behalten.“ (nach [76, S. 8])

Moravec (und auch Kurzweil) haben ihren schärfsten Kritiker in dem oben genannten Joseph Weizenbaum gefunden. Dieser verglich das Buch von Moravec in seiner Konsequenz und Menschenverachtung mit Hitlers „Mein Kampf“ [76, S. 31]. In Klagenfurt hielt Weizenbaum am 1. Februar 1990 einen Vortrag mit dem provokanten Titel *Künstliche Intelligenz als Endlösung der Menschenfrage* [76] gehalten. Dieser Vortrag enthält eine scharfe Polemik gegen die von Moravec in seinem Buch ausgesprochenen Ideen. Insbesondere findet Weizenbaum eine „psychologische“ Begründung für diese reduktionistische Sicht der Dinge, die von zahlreichen Autoren im Ernst vertreten wird. Er bezeichnet die Software-Technologen als „zwanghafte Programmierer“ in Analogie zu zwanghaften Spielern und schreibt [76, S. 13]:

Es stellt sich auch heraus, daß fast alle zwanghaften Programmierer auf der ganzen Welt Männer sind. Ich habe noch nie einer Frau als zwanghaften Programmierer gesehen.

Weizenbaum zieht daraus den Schluß [76, S. 15]:

Die Hauptfrage ist wieder: Warum machen Leute, besonders Männer, so etwas? Ich habe das viele Jahre hindurch beobachtet und wage jetzt, es auszusprechen: Was hier im Spiel ist, ist Gebärneid. Wir Männer sehen, daß die Frauen etwas können, was wir

nicht können, nämlich Kinder haben. Das ist überhaupt nicht trivial! Wir gehen her und sagen: Wir können es doch, wir können künstliches Leben herstellen, nicht nur mit KI und Robotern, sondern vielleicht auch mit Gentechnik, obwohl das eine ganz andere Richtung ist. Wir können Leben herstellen, und wir können es viel besser als die Frauen.

Wir können uns angesichts dieser Aussichten drei Fragen stellen:

Können wir das? Es scheint, daß „Technologen“ die Geschwindigkeit des technischen Fortschritts eher überschätzen. In neuerer Zeit wird diese Tendenz befördert durch die Spielregeln, nach denen in den U.S.A. Forschungsförderung betrieben wird. Ein Antrag, der nicht vollmundig den „Durchbruch“ bei einem Modethema verspricht, hat wenig Aussicht auf Berücksichtigung. Es ist mir schon vorgekommen, daß ich von einem Antragsteller aus den U.S.A., der erfahren hatte, daß sein Antrag zur Begutachtung auf meinem Schreibtisch landen würde, einen Brief bekam, in dem er mich bat, alle Superlative seines Antrags schlicht zu ignorieren, das sei eben so üblich und inzwischen unerlässlich für den Erfolg eines Antrags. Zur Zeit läuft es bei uns noch etwas solider, aber „Wir arbeiten daran“.

Alan Turing schrieb im Jahre 1950:

Nevertheless I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted.

Nun, das Ende des zwanzigsten Jahrhunderts liegt hinter uns!

Selbst der erklärte Skeptiker Weizenbaum äußerte sich in einem Interview der Wochenzeitschrift *DIE ZEIT* aus dem Jahre 1972 [78] wie folgt:

Ich habe keinerlei Zweifel, daß am Ende dieses Jahrzehnts Computersysteme existieren werden, mit denen Spezialisten wie etwa Ärzte, Chemiker und Mathematiker in natürlicher Sprache verkehren werden. Und sicherlich wird ein Teil dieser Errungenschaften auf anderen Erfolgen aufbauen, wie zum Beispiel auf der Simulation von Erkenntnisprozessen durch Computer.

Wenn wir uns also die Frage stellen, ob die Sicht von Moravec und Kurzweil tatsächlich korrekt ist, daß wir in naher Zukunft mit unseren Computern die Leistungen des menschlichen Intellekts überflügeln werden, dann darf man doch erhebliche Abstriche machen. Die von den beiden Autoren angegebenen Daten sind nicht schlüssig. Wie ein Blick auf Tabelle 2 zeigt, nähert sich die Anzahl der Schaltelemente in einem Computer in der Tat der Anzahl der Nervenzellen im Gehirn. Aus der gleichen Tabelle geht aber auch hervor, daß die Verknüpfung der Nervenzellen untereinander auf eine unvergleichbar kompliziertere Weise organisiert ist, als dies bei einem Computer der Fall ist. Zudem ist die Gleichsetzung Transistor = Nervenzelle mehr als fraglich. Roger Penrose [58, S. 366] wies darauf hin, daß eine Nervenzelle eine ungemein komplizierte Innenstruktur besitzt, und daß es daher gute Gründe gibt, davon auszugehen, daß eine Nervenzelle ein weitaus komplexerer „Computer“ ist, als die genannten Autoren unterstellen. Penrose schätzt die Rechenleistung des Gehirns auf die gigantische Zahl von 10^{27} Operationen pro Sekunde. Ganz davon abgesehen, daß offenbar die reduktionistische Gleichsetzung Denken = Tätigkeit der Nervenzellen so nicht richtig ist. So spielen beispielsweise auch chemische Botenstoffe im Gehirn für unser Bewußtsein eine wichtige Rolle. Aus dieser Sicht erscheint es sehr fraglich, ob der Zeitpunkt, zu dem Computer die Komplexität des menschlichen Gehirns erreichen, in absehbarer Zeit kommen wird.

Der Hamburger Verkehrsverbund bietet ein Dialogsystem zur Fahrplanauskunft an. Es ist recht instruktiv – allerdings auch recht frustrierend – einen solchen Dialog zu führen. Man sieht dabei aber wenigstens, wie weit wir immer noch davon entfernt sind, natürliche Sprache per Computer zu beherrschen, ganz zu schweigen von „Erkenntnisprozessen“.

Sollten wir das? Es stellt sich wirklich die Frage, ob es angesichts der zahlreichen Probleme, die wir heute haben, sinnvoll ist, ausgerechnet derartige Dinge zu erforschen. Auch Weizenbaum wirft diese Frage auf und verneint sie. Es muß allerdings hierzu angemerkt werden, daß Weizenbaum auch zu denjenigen Wissenschaftlern gehörte, die den Bau von Computertomographen aus Kostengründen ablehnten, solange noch eine große Anzahl von Menschen – auch und besonders in den U.S.A. – auf die einfachste medizinische Grundversorgung verzichten müssen [76, S. 18–20]. Vom heutigen Standpunkt aus gesehen, erscheint diese Einstellung nicht mehr nachvollziehbar, denn der Computertomograph ist heute schwer aus der medizinischen Versorgung wegzudenken, er gehört inzwischen nicht mehr zu den exorbitant teuren Geräten (die sogenannte „Apparatemedizin“ belastet mit einem Anteil von lediglich 5 Prozent ohnehin kaum die Gesundheitskosten⁶).

Dürfen wir das? Dies ist eine Frage der Ethik und als solche nicht allgemeinverbindlich beantwortbar. Ich habe vor einigen Jahren auf einer Konferenz über Robotik in einer öffentlichen Diskussion kritisiert, daß bei derartigen Gelegenheiten nur die Frage der Machbarkeit behandelt wird. Zu meinem Verständnis von Wissenschaft gehört es, daß man zuweilen den Computer abschaltet, sich bequem zurücklehnt und dann darüber meditiert, ob dasjenige, was man gerade untersucht, gemacht werden solle oder nicht, ob man der „Mann mit dem weißen Kittel“ aus der kleinen Geschichte von Wolfgang Borchert sein möchte:

Der Mann mit dem weißen Kittel schrieb Zahlen auf das Papier. Er machte ganz kleine zarte Buchstaben dazu.

Dann zog er den weißen Kittel aus und pflegte eine Stunde lang die Blumen auf der Fensterbank. Als er sah, daß eine Blume eingegangen war, wurde er sehr traurig und weinte.

Und auf dem Papier standen die Zahlen. Danach konnte man mit einem halben Gramm in zwei Stunden tausend Menschen totmachen.

Die Sonne schien auf die Blumen.

Und auf das Papier.

Goethe verstand sich als Wissenschaftler, aber er sah Wissenschaft nicht als Produktionsfaktor, sondern als ethische Aufgabe. Er schrieb

Es gibt in der Natur ein Zugängliches und ein Unzugängliches. Dieses unterscheide man wohl und habe Respekt.

Bill Joy, der Technologie-Berater des US-Präsidenten, forderte ein Moratorium für bestimmte, KI-nahe Forschungen⁷. Wir müssen uns fragen, ob wir so lange warten sollten, bis uns die Politik Einhaltung gebietet. Ich denke, daß es der Respekt im Sinne Goethes ist, den wir wieder für uns Wissenschaftler entdecken und üben müssen.

Ich komme zum Schluß. Von Kants *Kritik der praktischen Vernunft* stammt der bekannte Ausspruch [37, Band VII, S. 300]:

⁶Nach Kristin Mierzowski: Der Körper ist ein Atlas, *Computer Zeitung* 30. Jahrgang Nr. 17 / 29. April 1999), Seite 32.

⁷Siehe dazu Reinhard Breuer und Carsten Könneker: Interview: Hirn und KI-Forschung: „Es geht ans Eingemachte“, *Spektrum der Wissenschaft*, Oktober 2000:72–75.

Zwei Dinge erfüllen das Gemüt mit immer neuer und zunehmender Bewunderung und Ehrfurcht, je öfter und anhaltender sich das Nachdenken damit beschäftigt: *Der bestirnte Himmel über mir, und das moralische Gesetz in mir.*

Albert Einstein hat uns gezeigt, daß das uns umgebende Universum, „der gestirnte Himmel über mir“, unverständlicher und vielfältiger ist, als wir uns das je hätten träumen lassen. Sigmund Freud verdanken wir die Erkenntnis, daß es in unserem Inneren ein Universum gibt, welches dem äußeren Universum in nichts nachsteht, was Schönheit, intellektuellen Reiz und Tiefe anbelangt.

Literatur

- [1] D. J. Amit: *Modeling Brain Function. The World of Attractor Neural Networks*, Cambridge University Press, New York, 1989.
- [2] Kenneth J. Arrow: *Social Choice and Individual Values*, Second Edition (*Cowles Foundation for Research in Economics at Yale University, Monograph 12*), John Wiley & Sons, Inc., New York · London · Sydney, 1963.
- [3] Jan P. Beckmann: *Wilhelm von Ockham, (Beck'sche Reihe, Denker, BsR 533)*, Verlag C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 1995.
- [4] Karol Berka und Lothar Kreiser: *Logik-Texte. Kommentierte Ausgabe zur Geschichte der modernen Logik*, Unter Mitarbeit von Siegfried Gottwald und Werner Stelzner. 4., erweiterte und durchgesehene Auflage, Akademie-Verlag, Berlin, 1986.
- [5] H. D. Block: The Perceptron: A model for brain functioning. I. *I. Reviews of Modern Phys.*, 34:123–135, 1962.
- [6] H. D. Block: Adaptive neural networks as brain models. *Proc. Sympos. Appl. Math.*, 15:59–72, 1963.
- [7] Bertold Brecht: *Gedichte 1913 – 1956 (Gesammelte Werke, Band IV)*, Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, 1967.
- [8] Johann Georg Büsch: *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften., Zweite durchaus umgearbeitete und mit einer mathematischen Bibliographie vermehrte Ausgabe von Johann Georg Büsch Professor in Hamburg Mit einem Kupfer*, Bei Benjamin Gottlob Hoffmann, Hamburg, 1795.
- [9] Kenneth Mark Colby: *Artificial Paranoia. A Computer Simulation of Paranoid Processes. (Pergamon General Psychology Series, 49)*, Pergamon Pr., New York, NY [u.a.], 1975.
- [10] Kenneth Mark Colby, Franklin Dennis Hilf, Sylvia Weber and Helena C. Kraemer: Turing-like indistinguishability tests for the validation of a computer simulation of paranoid processes. *Artificial Intelligence*, 3:199–221, 1972.
- [11] K. M. Colby, J. B. Watt and J. P. Gilbert: A computer method for psychotherapy: Preliminary communication. *The Journal of Nervous and Mental Disease*, 142:148–152, 1966.
- [12] Corinna Cortes and Vladimir Vapnik: Support vector networks. *Machine Learning*, 20(3):273–297, September 1995.

- [13] A. F. da Rocha: *Neural Nets. A Theory for Brains and Machines*, (*Lecture Notes in Artificial Intelligence. Subseries of Lecture Notes in Computer Science, Vol. 638*), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 1992.
- [14] R. Descartes: *Discours de la méthode (1637)*. Deutsche Übers. von L. Gäbe: „Von der Methode“, Meiner, Hamburg, 1960.
- [15] Hans-Hermann Dubben und Hans-Peter Beck-Bornholdt: *Mit an Wahrscheinlichkeit grenzender Sicherheit. Logisches Denken und Zufall (rororo Taschenbücher Nr. 61902)* Rowohlt Verlag, Reinbek bei Hamburg, 2005.
- [16] Umberto Eco: *Die Suche nach der vollkommenen Sprache*. Aus dem Italienischen von Burkhard Kroeber, Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1997.
- [17] Umberto Eco: *Streichholzbriefe*. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1990.
- [18] Herbert Ehrenberg: *Zwischen Marx und Markt. Konturen einer infrastrukturorientierten und verteilungswirksamen Wirtschaftspolitik, (dtv 1133)*, Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1976.
- [19] Albert Einstein und Sigmund Freud: *Warum Krieg? Ein Briefwechsel Mit einem Essay von Isaac Asimov, (Kleine Diogenes-Taschenbücher, 70044)*, Diogenes, Zürich, 1996.
- [20] Fachwortschatz: *Fachwortschatz Physik, Häufigkeitswörterbuch Russisch, Englisch, Französisch*, Verlag Enzyklopädie, Leipzig, 1976.
- [21] Peter Flor: Zu einer Anwendung der Psychoanalyse auf die mathematische Grundlagenforschung. *Mathematische Semesterberichte*, 37:40–45, 1990.
- [22] Albrecht Fölsing: *Albert Einstein, eine Biographie*. Frankfurt am Main 1995.
- [23] Sigmund Freud: *Abriß der Psychoanalyse. Das Unbehagen in der Kultur*. Mit einer Rede von Thomas Mann als Nachwort. (*Fischer Bücherei – Bücher des Wissens 6043*), Fischer Bücherei, Frankfurt am Main und Hamburg, 1953.
- [24] Sigmund Freud: *Das Lesebuch. Schriften aus vier Jahrzehnten*, Herausgegeben, eingeleitet und mit Begleittexten versehen von Cordelia Schmidt-Hellerau. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2006.
- [25] Wilhelm Fucks und Josef Lauter: Mathematische Analyse des literarischen Stils. In Helmut Kreuzer und Rul Gunzenhäuser, Hrsg.: *Mathematik und Dichtung. Versuche zur Frage einer exakten Literaturwissenschaft*, S. 107–122, (*sammlung dialog*), Nymphenburger Verlagshandlung, München, 1965.
- [26] H. P. Gente, Hrsg.: *J. Stalin: Marxismus und Fragen der Sprachwissenschaft und N. Marr: Über die Entstehung der Sprache, (Passagen)*, Rogner & Bernhard, München, 1968.
- [27] Otto Krätz *Goethe und die Naturwissenschaften*, 2., korrigierte Aufl., Sonderausg., Callwey, München, 1998.
- [28] Siegfried Gottwald, Hans-Joachim Ilgauds und Karl-Heinz Schlötte, Hrsg.: *Lexikon bedeutender Mathematiker*, Verlag Harri Deutsch, Thun · Fankfurt (M.), 1990.
- [29] Phyllis Greenacre: *Swift and Carroll*, New York, 1955.

- [30] Michael Hagner, Hrsg.: *Einstein on the Beach. Der Physiker als Phänomen*, S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt am Main, 2005.
- [31] G. H. Hardy: *A Mathematician's Apology*, With a foreword by C. P. Snow, Cambridge University Press, Cambridge, 1969.
- [32] Robert Hecht-Nielsen: Neurocomputing: picking the human brain. *IEEE Spectrum*, March 1988:36–41.
- [33] Theodor Heuss: *Schattenbeschwörung. Randfiguren der Geschichte*, (Fischer-Bücherei, 63), Fischer Bücherei, Frankfurt/M., Hamburg, 1954.
- [34] D. C. Ince, editor: *Collected Works of A. M. Turing. Volume 1: Mechanical Intelligence*, North-Holland, Amsterdam, London, New York, Tokyo, 1992.
- [35] Robert Jungk: *Die Zukunft hat schon begonnen. Amerikas Allmacht und Ohnmacht*. Alfred Scherz Verlag, Bern und Stuttgart, 1952.
- [36] Herman Kahn und Anthony J. Wiener: *Ihr werdet es erleben. Voraussagen der Wissenschaft bis zum Jahre 2000*, mit einem Nachwort von Daniel Bell, Aus dem Englischen übertragen von Klaus Feldmann, (rororo 6677, 6678, 6679), Reinbek bei Hamburg, Februar 1971. *The Year 2000. A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years*, The Hudson Institute, Inc., 1967.
- [37] Immanuel Kant: *Werke in sechs Bänden*. Herausgegeben von Wilhelm Weischedel, (Theorie-Werkausgabe), Insel-Verlag Wiesbaden, 1960.
- [38] Georg Klaus und Heinz Liebscher, Hrsg.: *Wörterbuch der Kybernetik*, (Überarbeitete Neuauflage, 2 Bände), (Fischer Handbücher 4503, 4504), Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main, 1979.
- [39] Gregory Kohring: Weltrekord bei Simulation neuronaler Netze. *Spectrum. Berliner Journal für den Wissenschaftler*, 22(2):43, Februar 1991.
- [40] Fritz Krafft und Adolf Meyer-Abich, Hrsg.: *Große Naturwissenschaftler, Biographisches Lexikon*, (Fischer Handbücher 6010), Fischer Bücherei GmbH, Frankfurt am Main und Hamburg, 1970.
- [41] Ray Kurzweil: Essay: Der Mensch, Version 2.0. *Spektrum der Wissenschaft*, Januar 2006:100–105.
- [42] Ray Kurzweil: *Homo sapiens. Leben im 21. Jahrhundert — Was bleibt vom Menschen?*, Kiepenheuer & Witsch, Köln, 1999.
- [43] J. Laskar and P. Robutel: The chaotic obliquity of the planets. *Nature*, 361:608–612, 18 February 1993.
- [44] J. Laskar: A numerical experiment on the chaotic behaviour of the Solar System. *Nature*, 338:237–238, 1989.
- [45] Dominique Lecourt: *Lenins philosophische Strategie. Von der Widerspiegelung (ohne Spiegel) zum Prozeß (ohne Subjekt)*, Übersetzt von Ursel Rütt-Förster, (Ullstein Buch Nr. 3207), Verlag Ullstein GmbH, Frankfurt/M – Berlin – Wien, 1975

- [46] Gottfried Wilhelm Leibniz: *Monadologie*. Französisch/Deutsch, Übersetzt und herausgegeben von Hartmut Hecht, (*Universal-Bibliothek Nr. 7853*), Philipp Reclam jun., Stuttgart, 1998.
- [47] Stanislaw Lem: *Summa technologiae*. Mit einem Vorwort zur deutschen Ausgabe. Aus dem Polnischen übersetzt von Friedrich Giese, (*Werke in Einzelausgaben*), Insel Verlag, Frankfurt am Main, 1976.
- [48] W. I. Lenin: *Materialismus und Empiriokritizismus. Kritische Bemerkungen über eine reaktionäre Philosophie*, Verlag für fremdsprachige Literatur, Moskau, 1947.
Материализм и эмпириокритицизм. Критические заметки об одной реакционной философии. Москва, Звено, 1909.
- [49] Karl von Meyenn, Hrsg.: *Lust an der Erkenntnis. Triumph und Krise der Mechanik. Ein Lesebuch zur Geschichte der Physik*, (*Serie Piper, 1146*), R. Piper Verlag, München, Zürich, Februar 1990.
- [50] Marvin Minsky and Seymour Papert: *Perceptrons. An Introduction to Computational Geometry*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1969.
- [51] Alexander Mitscherlich: *Die Idee des Friedens und die menschliche Aggressivität Vier Versuche*. (*Band 233 der Bibliothek Suhrkamp*), Suhrkamp Verlag, 1969.
- [52] Jaques Monod: *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie, (dtv 1069)*, Deutsch von Friedrich Giese, Vorrede zur deutschen Ausgabe von Manfred Eigen. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 1975.
- [53] Hans Moravec: *Mind Children. The Future of Robot and Human Intelligence*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 1988.
- [54] John von Neumann: *Die Rechenmaschine und das Gehirn*, R. Oldenbourg, München, 1960.
The Computer and the Brain, Yale University Press, Inc., New Haven, 1958.
- [55] Novalis: *Werke und Briefe*, Deutscher Bücherbund, Stuttgart · Hamburg.
- [56] Richard Panck: *Das unsichtbare Jahrhundert. Einstein, Freud und die Suche nach unsichtbaren Welten*, Aus dem Amerikanischen von Hainer Kober, Berlin Verlag GmbH, Berlin, 2005.
The Invisible Century. Einstein, Freud, and the Search for Hidden Universes, Viking, New York, 2004.
- [57] I. P. Pawlow: *Ausgewählte Werke*. Akademie-Verlag, Berlin, 1955. И. П. Павлов: Избранные произведения. unter der Redaktion von C. S. Koschtjanz im Staatlichen Verlag für politische Literatur im Jahre 1951 herausgegeben. Übersetzt aus dem Russischen von Georg Kirpatsch, Peter Klemm, Albert Kopp und Lieselotte Remané. Redaktion der deutschen Ausgabe Lothar Pickenhain.
- [58] Roger Penrose: *Shadows of the Mind. A Search for the Missing Science of Consciousness*, Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo, 1994.
- [59] Platon. *Sämtliche Werke in drei Bänden*. 5. Auflage, Jakob Hegner Verlag, Köln und Olten, 1967.

- [60] Karl R. Popper: *Vermutungen und Widerlegungen: Das Wachstum der wissenschaftlichen Erkenntnis*, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1994.
- [61] Karl R. Popper: *Lesebuch. Ausgewählte Texte zu Erkenntnistheorie, Philosophie der Naturwissenschaften, Metaphysik, Sozialphilosophie*, Herausgegeben von David Miller, (*Uni-Taschenbücher 2000*), J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 1982.
- [62] Karl R. Popper und John C. Eccles: *Das Ich und sein Gehirn*. Von den Verfassern durchgesehene Übersetzung aus dem Englischen von Angela Hartung und Willy Hochkeppel. Wissenschaftliche Mitarbeit bei der Übersetzung: Otto Creutzfeldt, 2. Aufl., R. Piper & Co., Verlag, München, 1982.
- [63] Elaine Rich: *Artificial Intelligence*, Auckland, Bogota, Guatemala, Hamburg, Johannesburg, Lisbon, London, Madrid, Mexico, New Delhi, Panama, Paris, San Juan, Sao Paulo, Singapore, Sydney, Toronto: McGraw-Hill Book Company, 1983.
- [64] Horst-Eberhard Richter: *Die Chance des Gewissens. Erinnerungen und Assoziationen*, 4. Auflage, 31.– 35. Tsd. Hoffmann und Campe, Hamburg, 1987.
- [65] Siegfried Richter: *Wunderbares Menschenwerk. Aus der Geschichte der mechanischen Automaten*. Edition Leipzig, Leipzig, 1989.
- [66] Frank Rosenblatt: *Principles of Neurodynamics*, Spartan Books, Washington, D. C., 1962.
- [67] Torsten Rüting: *Pavlov und der neue Mensch. Diskurse über Disziplinierung in Sowjetrußland, (Ordnungssysteme, Band 12)*, Oldenbourg, München, 2002.
- [68] Eytan Ruppin: Neural modelling of psychiatric disorders. *Network: Computation in Neural Systems*, 6:635–656, 1995.
- [69] Arno Schmidt: *Sitara und der Weg dorthin. Eine Studie über Wesen, Werk und Wirkung Karl May's*, Stahlberg-Verlag, Karlsruhe, 1963.
- [70] Hans Jürgen Schultz, Hrsg.: *Psychologie für Nichtpsychologen*. Kreuz Verlag, Stuttgart · Berlin, 1974.
- [71] Anthony Storr: *Freud*. Aus dem Englischen von Johannes Vetter, (*Herder / Spektrum Meisterdenker*), Herder, Freiburg · Basel · Wien.
- [72] Jonathan Swift: *Travels into several remote nations of the world. By Lemuel Gulliver, first a surgeon, and then a captain of several ships*. Könemann Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 1995.
- [73] Mortimer Taube: *Der Mythos der Denkmaschine. Kritische Betrachtungen zur Kybernetik*. Dt. Übers.: Wolfram Wagnuth, (*Rowohlt's deutsche Enzyklopädie, 245*), Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1966.
- [74] Mark Twain: *Humoristische Erzählungen*, Aufbau-Verlag, Berlin, 1958.
- [75] Jakob Baron von Uexküll: *Bausteine zu einer biologischen Weltanschauung. Gesammelte Aufsätze von Jakob Baron von Uexküll. Herausgegeben und eingeleitet von Felix Groß, F. Bruckmann A.-G.*, München, 1913.

- [76] Joseph Weizenbaum: Künstliche Intelligenz als Endlösung der Menschenfrage. (*Klagenfurter Beiträge zur Technikdiskussion, Heft 32*), IFF/Arbeitsbereich Technik- und Wissenschaftsforschung; Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung der Universitäten Innsbruck, Klagenfurt und Wien, Klagenfurt [1995].
- [77] Joseph Weizenbaum: *Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft*. Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1977.
- [78] Joseph Weizenbaum: *Alpträum Computer. Ist das menschliche Gehirn nur eine Maschine aus Fleisch?* *Die Zeit*, 1972(3):43–46, 21. Januar 1972.
- [79] Joseph Weizenbaum: ELIZA — A computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM*, 9:36–45, 1966.
- [80] Carl Friedrich von Weizsäcker: *Ein Blick auf Platon. Ideenlehre, Logik und Physik*, (*Universal-Bibliothek Nr. 7731*), Philipp Reclam jun., Stuttgart, 1996.
- [81] Hermann Weyl: *Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaft*, (*Scientia Nova*), 6. Auflage, R. Oldenbourg Verlag, München, 1990.
- [82] Terry Winograd: Software für Sprachverarbeitung. *Spektrum der Wissenschaft*, November 1984:88–102.
- [83] Terry Winograd: *Language as a Cognitive Process. Vol. I: Syntax*, Addison–Wesley Publishing Company, Reading (Massachusetts), Menlo Park (California), London, Amsterdam, Don Mills (Ontario), Sydney, 1983.
- [84] Clara Zetkin: *Erinnerungen and Lenin*, Mit einem Anhang Aus dem Briefwechsel Clara Zetkins mit W. I. Lenin und N. K. Krupskaja, 2. Auflage, Dietz Verlag, Berlin, 1961