

Hans-Peter Michels

Moderne psychologische Theorien über Denken und Gedächtnis – kann der Computer das Vorbild sein?

1. Einleitung

Seit Mitte der fünfziger Jahre konzentrieren sich Psychologen wieder auf die Erforschung des „Innern“, was im Kopf des Menschen abläuft. Wahrnehmung, Denken, Gedächtnis oder auch Sprache wurden, indem man sie jetzt als Aspekte der Kognition und in moderner computerartiger Konzeptualisierungsweise faßte und damit prinzipiell berechenbar machte (Seidel 1994), erneut als Forschungsgegenstände der Psychologie akzeptiert. Termini wie Input, Informationsverarbeitungs-System und Output fanden Eingang in die Psychologie (Neisser 1974). Mittels dieser Terminologie und mit der neuen Methode, der Computersimulation, galt der Mentalismusvorwurf als entkräftet, der allen früheren Psychologie-richtungen, die menschliches Bewußtsein zum Forschungsgegenstand gewählt hatten, von den Behavioristen entgegengehalten wurde. Eine Erforschung des „Innern“ war vom Behaviorismus als unwissenschaftlich abgelehnt worden (und an die Stelle rückte die Konzeption der „black box“). Zum Gegenstand einer empirisch wissenschaftlich sich verstehenden Psychologie wurde nur das äußere Beobachtbare erhoben, gefaßt in den Kategorien Reiz und Reaktion. Der Behaviorismus wurde durch diese neue Richtung der Psychologie verdrängt, die später als kognitivistische Psychologie bezeichnet wurde (Oswald 1980). Gründe für diesen Wechsel dürften sowohl theoretische Entwicklungen (z.B. Einführung von intervenierenden Variablen zwischen S und R) als auch neue Anforderungen an die Psychologie gewesen sein. Durch die Verbreitung der Computertechnologie nahm der Anteil kognitiver, intellektueller Arbeiten zu. Von der behavioristischen Grundkonzeption ausgehend, galten solche Themen von vornherein als wissenschaftlich nicht bearbeitbar.

Die kognitivistische Psychologie hat sich seit ihren Anfängen an der Künstlichen-Intelligenz-Forschung (KI) orientiert. Die KI ist ein Teilgebiet der Informatik und hauptsächlich mit Entwürfen beschäftigt, die auf eine technische Realisation abzielen: „Die ‘Künstliche Intelligenz’ untersucht diese (gewisse menschliche Aktivitäten wie Verstehen natürlicher Sprache, Sehen und Erkennen von Gegenständen etc.; Einfügung von mir, H.-P.M.), bisher dem Menschen vorbehaltenen Verhaltensweisen, indem sie sie auf dem Rechner simuliert und naturwissenschaftli-

cher Betrachtungsweise und damit ingenieurmäßiger Verwendung zugänglich macht.“ (Siekman 1983)

Bei eingehender Betrachtung von KI und kognitivistischer Psychologie fällt auf, daß Entwicklungen oder Änderungen der Forschungsthemen in der KI mit einer Zeitverzögerung von der kognitivistischen Psychologie übernommen worden sind bzw. werden. Auffallend ist auch die Zuordnung von Forschungsarbeiten: mal werden sie als KI, mal als Psychologie deklariert.

In diesem Beitrag wird die Problematik der KI-orientierten Psychologie herausgearbeitet, indem auf die, am Anfang der Verbindung stehenden, Arbeiten von Newell & Simon eingegangen wird. Ihr Ansatz prägte das weitere Verhältnis KI und Psychologie. Dann wird auf die immer wieder auftretenden Änderungen eingegangen, die seitens der kognitivistischen Psychologie vollzogen wurden.

2. Am Anfang der Verbindung KI und Psychologie: Die Arbeiten von Newell & Simon

Mitte der fünfziger Jahre war die KI-Gemeinde noch sehr klein. Hauptsächlich handelte es sich um die Personen, die am „Dartmouth Summer Symposium“ teilgenommen hatten. Unter ihnen John McCarthy, der Organisator des Treffens, Marvin L. Minsky sowie Allen Newell und Herbert A. Simon. Während McCarthy und Minsky hauptsächlich an der Konstruktion intelligenter Maschinen interessiert waren (Programmieren im Performanz-Modus, so Weizenbaum), haben Newell & Simon für ihre Computer-Modelle Bezug auf „intelligentes menschliches Verhalten“ genommen (Simulationsmodus).

Newell & Simon haben maßgeblich zur Begründung des kognitivistischen Ansatzes der Psychologie beigetragen (Newell, Shaw & Simon 1958, 1963; Newell & Simon 1963, 1972; Newell 1973): Metatheoretisch gehen sie von der Vergleichbarkeit von Mensch und Maschine aus, indem sie beide als Spezies der informationsverarbeitenden Systeme auffassen. Sie wählen eine abstrakte – Strukturen, Prozesse und Systeme betonende – Begrifflichkeit wie „Informations-/Symbolverarbeitung“, „Problemlösen“, mit der sich scheinbar treffend Mensch und Maschine beschreiben lassen. Newell & Simon gelten als Urheber der modernen Theorie des Problemlösens. Darüber hinaus haben sie methodologisch sowie methodisch entscheidende Weichenstellungen vorgenommen: Anders als die Behavioristen sehen sie Denken als wissenschaftlich erforschbar an, da man nun per Computersimulation Denkprozesse objektiviert darstellen könne, womit Vorwürfe, man verfare mentalistisch,

nicht mehr greifen würden. Nach eigener Ansicht haben sie mit dem „lauten Denken“ eine neue Methode in die Psychologie eingeführt.¹

Zur Klärung, welche *psychologischen* Gegenstandsannahmen Newell & Simon realisiert haben, richtet sich meine Analyse zunächst auf das forschungspraktische Vorgehen von Newell & Simon: Das spezifische Forschungsdesign, die Methode des „lauten Denkens“, die Protokollanalyse und die Computersimulation.

Newell & Simon treffen erhebliche restriktive Vorentscheidungen, was die Handlungs- und Denkmöglichkeiten der Vpn während der Untersuchung anbetrifft. Die Aufgabenauswahl beschränkt sich auf wohldefinierte Probleme, wie kryptoarithmetische Aufgaben, Probleme aus der symbolischen Logik und Schachprobleme, welche die Vpn zur Lösung vorgelegt bekommen (Newell & Simon 1972). Derart strukturierte Probleme zwingen aber menschliche Problemlöser dazu, solche Vorgehensweisen zu wählen, welche algorithmischen Verfahren sehr nahe kommen.

In Vorarbeiten haben Newell & Simon die Aufgaben detailliert analysiert, wodurch sie Kenntnis über die verschiedenen und die idealen Lösungsmöglichkeiten haben (somit können sie auf ein „Inventar der Informationsverarbeitungs-Mechanismen“ bei der Protokollierung zurückgreifen). Newell & Simon gelingt es durch ihre Auswahl von lediglich gut definierten Problemen auch die Anzahl möglicher „Informationsverarbeitungs-Mechanismen“ einzugrenzen.

Im Grunde genommen strukturieren die beiden Forscher die Problemfindung für die Vpn, indem sie ihr detaillierte Instruktionen über den Problemraum vorgeben, so daß es für die Vpn äußerst schwierig – oder gar unmöglich – ist, eine eigene Problemauffassung zu entwickeln. Außerdem wird die Vpn vom Versuchsleiter, der in Kenntnis des Inventars ist, beim „Abschweifen“, auf die konventionellen Lösungswege zurückgeführt. Diese Interventionen haben zur Folge, wie das Verbalisierungs-

¹ Sie verlangen von der Vpn die „Produktion von verbalem Verhalten“. Im Unterschied zu älteren psychologischen Vorgehensweisen zur Erforschung des Denkens, beispielsweise der von der Würzburger Schule inaugurierten, ist „laut Denken“ nicht mit Introspektion gleichzusetzen – so Newell & Simon.

Hier läßt sich auf eine ältere Debatte – die Bühler-Wundt-Kontroverse – rekurren: Wundt kritisierte die Denkeexperimente der Würzburger Schule als „Ausfrageexperimente“. Die Selbstbeobachtung, welche Aufmerksamkeit von den Vpn erfordere, würde den Denkprozeß verändern. Bühler entgegnete, daß seine Vpn erst Auskunft geben müsse, nachdem der jeweilige Denkprozeß abgeschlossen sei. M.E. handelt es sich bei der Methode des „lauten Denkens“ sehr wohl um eine spezifische Form der Introspektion, und Wundts Argument der Beeinflussung des Denkprozesses, infolge veränderter Aufmerksamkeitsverteilung, trifft hier zu. (vgl. Wundt 1907; Bühler 1908; Holzkamp 1980)

protokoll zeigt, daß der Versuchsleiter im Sinne der ihm bekannten Problemlöseabläufe bzw. Algorithmen strukturierend eingreift.

Damit sind extrem künstliche Bedingungen des Forschungsdesigns geschaffen worden, in denen die Vpn tätig wurden. Das Forschungssetting beinhaltet erhebliche Einschränkungen, Vorschriften und „Sicherungen“. Nur in präformierter und artifizieller Form wird das Problemlöseverhalten der Vpn vollzogen werden können, damit wird es kaum dem alltäglichen menschlichen Handeln bei der Bewältigung von Problemen vergleichbar sein (etwa bei psychischen Problemen wie Eßstörungen etc., wo die Analyse des Problems allein schon zu einem infiniten Prozeß ausarten kann, ganz abgesehen noch von den vielzähligen, letztlich nicht abschließend beschreibbaren, Handlungsverfahren zu dessen Bewältigung) (vgl. auch Seidel 1976).

Die Methode des „lauten Denkens“ verlangt von der Vpn, welche eine der wohldefinierten Aufgaben vorgegeben bekommt, daß sie, während sie das Problem bearbeitet, über die dabei auftretenden Denkvorgänge *verbal* Auskunft gibt. Auf diese Weise meinen Newell & Simon die methodischen Probleme, die eine Introspektion bietet, zu umgehen. Sie sehen gar für Behavioristen wenig Problematisches:

„The verbal utterances of the subject are as much behavior as would be his arm movements or galvanic skin responses. The subject was not introspecting; he was simply emitting a continuous stream of verbal behavior while solving the problem. Our task is to find a model of the human problem-solver that explains the salient features of this stream of behavior.“ (Newell & Simon 1963, p. 282f).

Newell & Simon fokussieren allein auf den „Strom von Verbalisierungen“. Ausschließlich die sprachlichen Äußerungen gelten ihnen als empirische Rohdaten, die in ein „Verbalisierungsprotokoll“ transkribiert werden. Allerdings erfahren die empirischen Rohdaten bei der Transkription eine weitere Formierung: Sie werden auf spezifische Weise, nämlich per Zeilenummerierung, Phrasenbildung und Interpunktion umgeschrieben.

Newell & Simon (1972) dokumentieren ausführlich eine Reihe von Protokollen, anders als sonst in der kognitivistischen Psychologie üblich. Beispielsweise sind dem Leser das Protokoll eines Schachspielers zugänglich; dann das einer Vpn, die kryptoarithmetische Aufgaben (siehe Abb.) löst, etc. Besonders bei der Betrachtung des Protokolls eines Schachspielers S2 (p.739-747), kann unmittelbar erkannt werden, daß eine formale Modellierung – wie Newell & Simon sie vornehmen – der Problemexploration von S2 nicht gerecht wird. Die Episode E1 beschreiben sie folgendermaßen: S2 ermittelt die Materialsituation, danach geht er systematisch die Angriffsdrohungen durch (p.711). Die Problemstellung des Spielers S2 wird in der Beschreibung ausgeblendet und wird überdies nicht modelliert. Eine „Theorie des Problemlösens“, die solche Sachverhalte wie Problemstellung und -findung nicht systematisch in die

Theoriebildung einbezieht, verfehlt zumindest den psychologischen Gegenstandsbereich. Weitere „Problemlösungen“ sollen eingehend analysiert werden:

Abbildung: Protokoll für Vpn S3, welche die kryptoarithmetische Aufgabe Donald + Gerald = Robert lösen sollte (Ausschnitt eines Protokolls nach Newell & Simon 1972, p.230)

Problem: DONALD D=5
 +GERALD
 =ROBERT

| PHRASE NUMBER | PROTOCOL | INFERRED PRODUCTIONS |
|---------------|---|--|
| B1 | Each letter has one and only one numerical value... | ?:[ask E about rules] |
| B2 | (E: One numerical value.) | |
| B3 | There are ten different letters | |
| B4 | and each of them has one numerical value. | |
| B5 | Therefore, I can, looking at the two D's | P1:D 5 FC(D)(= col.1); PC[col.1](= T=0 new) |
| B6 | each D is 5; | |
| B7 | therefore, T is zero. | P11: T=0 TD(T,0)(= +) |

Ich konzentriere mich auf die Analyse des „protocol“ und der „inferred productions“ (siehe obige Abbildung), um zu klären, welche Aspekte des Verbalisierungsstroms bei diesem Beispiel modelliert und demzufolge auch theoretisiert und welche ausgeklammert werden.

Betrachten wir folgende Phrasen der Transkription:

Keine „inferred productions“ können Newell & Simon beispielsweise für folgende Passagen „Lauten Denkens“ finden:

- B39 I think I'll forget about that for a minute.
- B40 Possibly the best way to get this problem is to try different possible solutions.
- B41 I'm not sure whether that would be the easiest way or not.
- ...
- B124 I can do better than that.

Zur Klassifikation von „nontask matters“ greifen sie, um folgende Verbalisierungen der untersuchten Person und die Interventionen des Versuchsleiters (E) zu beschreiben:

- B169 Am I irritating you being so far off the course?
- B170 (E: No)
- B171 I still feel as though I'm baring my soul to my mind here.
- B172 (E: What are you thinking now?)
- B173 Well, I see you here pacing around the room.
- B174 You have me all worried.

(aus dem Protokoll von Newell & Simon 1972, p.230-247)

Newell & Simon schränken durch die Wahl der Aufgaben und der Direktiven des Versuchsleiters an die Vpn (z.B. sie sollen sich auf die Aufgabenbewältigung konzentrieren etc.) den Handlungsspielraum ihrer Vpn ein. In den Protokollen zeigen sich trotzdem immer wieder Reflexionen über die Versuchssituation und das Aufgabenmaterial, Aussagen zur eigenen Befindlichkeit, Metaaussagen über die eigenen Denkvorgänge oder auch Versuche der Kontaktaufnahme zum Versuchsleiter (E). Diese Aspekte tauchen in den Modellierungen und Theoretisierungen von Newell & Simon nicht auf. Von einer psychologiewissenschaftlichen Beschäftigung mit menschlicher Geistestätigkeit kann also keinesfalls gesprochen werden.

Das Vorgehen von Newell & Simon wird verständlich vor dem Hintergrund des damaligen Wissensstands in der Programmierung. Die KI stand noch ganz am Anfang, Programmierkonzepte oder -werkzeuge waren noch nicht entsprechend ausgearbeitet. Newell & Simon waren wohl eher an einer umstandlosen Programmierung interessiert: Sie werteten die Aspekte in den transkribierten Verbalisierungen, in denen die „Reflexionen, Emotionen, Motivationen“ u.ä. dieser Personen sichtbar werden, als etwas Nebensächliches. Zum Zwecke der Programmierung war das sicher korrekt, aber psychologisch gesehen handelt es sich bei diesen Arten von Verbalisierungen offenkundig um relevante Aspekte menschlicher Geistestätigkeit. Da Newell & Simon beanspruchen, auch Aussagen zur Psychologie der „menschlichen Informationsverarbeitung“ zu treffen, hätten sie die nicht-formalisierbaren Verbalisierungen bei der Modellierung und Theoretisierung berücksichtigen müssen, und nicht einfach unter den Tisch fallen lassen dürfen. Ein gravierender Fehler war, daß dies von Vertretern des Faches Psychologie entsprechend übernommen wurde. Denn hier sind sie als substantiell für den Forschungsgegenstand zu betrachten und keinesfalls als zu vernachlässigende Aspekte.

Weitere für die Psychologie problematische „Entscheidungen“ gehen auf Newell & Simon zurück: Beide haben schon zu Beginn der kognitiven Wende dazu beigetragen, daß „Information“ und „Informationsver-

arbeitung“ zu den zentralen Begriffen des neuen Ansatzes wurden. Ganz wesentlich ist auch ihre Einführung der Computersimulation als psychologische Methode, wobei sich die Simulierbarkeit bzw. die Lauffähigkeit eines Programms, für welches beansprucht wird, daß es spezifische psychische Phänomene erklärt, zunehmend als wichtiges, wenn nicht gar notwendiges Kriterium für wissenschaftliche Bewährung von Modellen dieser Phänomene entwickelte (das Turing-Kriterium als neues Kriterium für Wissenschaftlichkeit in der Psychologie).

Die theoretischen Ausführungen von Newell & Simon zur Informationsverarbeitung und zum Informationsverarbeitungssystem, die eine Reihe von anthropomorphisierenden Redeweisen enthalten und damit den Ableitungszusammenhang aus dem Simulationsprogramm verschleiern, prägten die ganze kognitivistische Psychologie. Sei dem wurde die Betonung auf die Abläufe im Informationsverarbeitungssystem gelegt, wobei die Funktionalität und die Beziehung auf ein Äußeres ausgeklammert wurden. Man widmete sich der isolierten Betrachtung und Konzeptualisierung dieses Systems: Immer neue Annahmen und Modelle über systeminterne Strukturen und Prozesse entstanden (z.B. die Multi-Speichermodelle des Gedächtnisses; Verarbeitungsebenen-Ansatz; Netzwerkmodelle etc.). Von Symbolen, die transferiert, kopiert u.ä. werden, war die Rede; dann von Listen und Programmen (die „Ausgestaltung“ dieses Systems folgte den jeweiligen KI-Moden; s.u.).

Newell & Simon haben mit ihrer Theorie der Informationsverarbeitung, die gleichermaßen für Computer wie für Menschen gelten soll, im Kern die Kognitionswissenschaft vorbereitet. Sie abstrahierten, wie gezeigt werden konnte, von den inhaltlichen Qualitäten der Forschungsgegenstände und betonten die Strukturen sowie die Verarbeitung von Symbolen. Der Unterschied zwischen künstlichen und menschlichen Kognitionsprozessen wurde von beiden lediglich in den Reaktionszeiten gesehen. Mit dieser strukturwissenschaftlichen² Betrachtungsweise wurde es möglich, von Unterschieden in den Gegenstandsauffassungen, Herangehensweisen, Methodologien, Wissenschaftsstrukturen u.ä. zwischen Technik- und Humanwissenschaften zu abstrahieren.

Diese abstrakte Konzeption, der die Hyperrealität der Strukturen inhärent ist und welche die phänomenale Vielfalt menschlichen alltäglichen Denkens und Erinnerns vernachlässigt, taucht immer wieder in den verschiedenen Varianten kognitivistischer Psychologie auf. Das gilt ebenso für die zeitlich später entstehende Kognitionswissenschaft. Dieses interdisziplinäre Unternehmen vereinigt dann sogar Technik-, Geistes- und Humanwissenschaften unter einem Dach.

² Als „strukturwissenschaftlich“ (C.F.v. Weizsäcker 1971) oder „formal-operational“ (Stachowiak 1969) werden die Disziplinen bezeichnet, in denen formale Operationen mit Symbolen im Vordergrund stehen.

Aus meiner Reanalyse bleibt festzuhalten, daß Newell & Simon es unterlassen, psychologisch relevante Sachverhalte in ihr Konzept der Informationsverarbeitung miteinzubeziehen. Ihre Arbeit kann im Grunde nur als informatische bzw. KI-Forschung gelten. Lediglich durch sprachliche „Kunstgriffe“ wurde gleichzeitig der Schein erweckt, psychologisch relevante Beiträge geliefert zu haben. Durchschaubar wird dies erst, wenn man von den psychologischen Verbrämungen absieht und den Herstellungsgang der Konzeption, besonders im forschungspraktischen Entwurf analysiert. Das Gleiche gilt für die KI-orientierte Psychologie allgemein. Die formalen Ursprünge verschwinden oft hinter den sehr alltagsnahen psychologisch plausibel klingenden Ausführungen.

3. KI und der psychologische Theorienwandel

Die weiteren Einflüsse der Künstlichen Intelligenz auf die Psychologie möchte ich im folgenden exemplarisch darstellen (eine ausführliche Analyse findet sich in Michels 1991). Die starke Ausrichtung der kognitivistischen Psychologie auf die Künstliche Intelligenz zeigt sich schon daran, daß neue Formalismus-Konzepte der KI (z.B. semantische Netzwerke, Produktionssysteme, Neuralnetze) zu gleichgerichteten Veränderungen in den psychologiewissenschaftlichen Modellbildungen und Forschungsschwerpunkten führ(t)en.

In der Folge von Quillians (1968) KI-Programm, einem sogenannten semantischen Netz, wurden von einer Reihe von Psychologen „semantische Netzwerkmodelle des menschlichen Gedächtnis“ entwickelt (z.B. Anderson & Bower 1973; Schank 1972; LNR 1978), wobei die Grundkonzeption all dieser „psychologischen“ Modelle dem graphentheoretischen Formalismus von Quillian entspricht. Zur Modellierung der Repräsentation von Wissen bediente sich Quillian des „allgemeinen Graphens“. Damit läßt sich die Struktur eines nicht-hierarchischen Netzes erzeugen, das mittels Knoten und assoziativen Verbindungen aufgebaut ist. Diese Knoten stehen für Wortkonzepte, die mit englischen Wörtern belegt und in einem Lexikon gespeichert sind. Gerichtete Relationen bringen die Knoten in folgende spezifische Beziehungen zueinander wie „subclass“, „modification“, „disjunction“, „conjunction“ und „subject/object“.

Winograds (1972) Programm SHRDLU, welches er in enger Kooperation mit einem M.I.T.-Forschungsprojekt zu „Hand-Auge-Robotersystemen“ entwickelte, bezog sich auf einen eng begrenzten, wohldefinierten Bereich – eine sogenannte „Mikrowelt“, eine simulierte Welt bestehend aus Klötzchen, Quadern, Pyramiden u.ä., die bewegt werden können. Es handelt sich um ein Programm, das Fragen eines Benutzers beantwortet und ihm erlaubt Manipulationen in der Mikrowelt vorzunehmen.

Erhält das „Programm z.B. den Befehl ‘PACKE (Klotz B1)’ , prüft es zunächst einige Vorbedingungen: ‘Hält die Hand bereits B1? Läßt sich B1 überhaupt packen? Hält die andere Hand etwas anderes ? Ist dies der Fall, deponiere dieses andere Objekt auf einem freien Stück der Tischfläche. Befindet sich nichts anderes auf B1, so daß die Hand es direkt packen kann? Andernfalls lege B1 frei. Wie? Indem man ein freies Stück auf der Tischfläche findet, und ...’ Diese Art rekursiver Programmierung von Handlungsabläufen zur Manipulation von Spielklötzen führt zu eindrucksvoller Leistungsfähigkeit.“ (Bower & Hilgard 1984, S. 200) Die Wissensrepräsentation erfolgt hier prozedural³ – im Gegensatz zur propositionalen⁴.

Zeitverzögert kam es auch in der Psychologie zu Veränderungen in der Modellierung der „Abläufe im Kopf des Menschen“. Es wurde angenommen, daß Wissen im Gedächtnis in Form von Prozeduren der Art „Lege die Axt auf den Klotz A“ gespeichert sei. Das bekannte ACT*-Modell von Anderson (1983) beinhaltet zum einen die „prozedurale Repräsentationsform“, zum anderen das „deklarative Wissen“, welches in Form von Propositionen repräsentiert wird (analog zu Quillians Vorgehen).

Konnektionismus: Mitte der achtziger Jahre sind dann, infolge der Krise in der KI (Coy 1989), die sogenannten „(neo)konnektionistischen Neuralnetze“ zunehmend als mögliche wegweisende Rechnerarchitektur wiederentdeckt worden. Ihr Ursprung geht auf die Arbeiten von McCulloch & Pitts (1943) zurück, die eine sehr abstrakte formalistische Auffassung über die Funktionsweise von Neuronen entwarfen. Das Grundprinzip sei, daß die Neurone „feuern“ oder „nicht-feuern“ würden, also Ein-/Aus-Zustände annehmen könnten. Mithin ließe sich die Funktionsweise der Neuronen und ihre Verschaltungen mittels der formalen Logik beschreiben. Womit sie gleichzeitig aussagten, daß auch das menschliche Gehirn als eine Turing-Maschine aufgefaßt werden kann.

Auch Gedankengänge des kanadischen Neurophysiologen Donald Hebb (1949) waren wesentlich für die Ausarbeitung der konnektionistischen Position. Seine These war, wenn ein Neuron immer wieder ein bestimmtes andere Neuron durch Signale stimuliert, dann wird die Synapse zwischen diesen beiden Neuronen stärker ausgebildet. Allgemein würde das bedeuten, daß sich die „neuronal Verkabelung“ im menschlichen Gehirn mit jeder neuen Informationsaufnahme stetig, meist graduell, verändert.

Im folgenden soll ein Modell beschrieben werden, bei dem die Ideen von McCulloch & Pitts sowie Hebb aufgegriffen worden sind. Wie sich zeigt, war, was heute „konnektionistische Prinzipien“ genannt wird, schon weitgehend verwirklicht. Der Konnektionismus ist also gar nicht

³ prozedural: Planungs- und Problemlöseprozesse; wissen, wie.

⁴ propositional: aussagenartige Darstellung des Wissens; wissen, daß.

so neu und revolutionär wie meist dargestellt wird. Das Pandämonium-Modell von Selfridge & Neisser (1963) ist ein Mustererkennungsprogramm zur maschinellen Analyse von handgeschriebenen Buchstaben. Sie konstruierten es folgendermaßen: Die handgeschriebenen Buchstaben (es handelt sich um die Buchstaben A, E, I, L, M, N, O, R, S und T, welche nur einzeln isoliert analysiert werden können; das Programm ist für die Verarbeitung von handgeschriebenen Wörtern oder Sätzen ungeeignet) müssen in digitalisierte Form umgewandelt werden, um überhaupt vom Computer verarbeitet werden zu können. Zur Digitalisierung wird jeder Buchstabe in eine Matrix mit 1024 quadratischen Zellen überführt. Eine Zelle ist danach entweder „schwarz“ oder „weiß“ ausgefüllt und es können somit die Signale „0“ oder „1“ zugeordnet werden, die weitergeleitet werden. Vielfältige Verschaltungen beruhend auf Zufallsverteilungen (Random nets) wurden implementiert, so daß eine bestimmte Anzahl von Signalen erreicht sein muß, eine Schwelle überschritten sein muß, um ein Element zum „Feuern“ anzuregen. Mit dieser Stufe des Programms ist die Merkmalsdetektion (z.B. „konkav“, „Bindestrich“; 28 Merkmale sind vorgegeben) abgeschlossen. In einer weiteren Schrittfolge wird die Ermittlung des jeweiligen Buchstabens erreicht, wobei die Verarbeitungsweise auf jedem Programmlevel parallel verläuft. Jedem Buchstaben ist eine spezifische Menge von wahrscheinlichen Merkmalen zugeordnet, und über die den Buchstaben charakterisierende Merkmalsmenge erfolgt die „Entscheidung“. Die Regeln zur Auswahl der 28 Merkmale, nach denen die Buchstaben getestet werden, implementiert der Forscher ins Programm. Die Frage, welche Merkmalskombinationen jeweils am besten einen Buchstaben charakterisieren, wird „empirisch“ ermittelt. In mehreren Programmdurchläufen werden Wahrscheinlichkeitsdaten ermittelt, um approximativ zu einem Optimum an richtigen Entscheidungen zu kommen.

Im Prinzip liegt eine derartige Konzeption der Mustererkennung auch den neokonnektionistischen Netzwerken zugrunde. Diese sind mehrschichtige Netze, die aus verschalteten elementaren Einheiten oder formalen „Neuronen“ aufgebaut sind. Die Datenverarbeitung verläuft hier so ab, daß Inputmuster zum Zwecke der Justierung eingegeben werden, dann im Netz exzitatorische (auslösende) und inhibitorische (hemmende) Prozesse ablaufen, also manche Neuronenverbindungen verstärkt, andere vermindert/reduziert werden. Eingaben erfolgen so lange, bis durch Justierung oder Konditionierung die gewünschten Outputmuster erzeugt worden sind.

Ende der achtziger Jahre fand die konnektionistische Modellierung Eingang in die Psychologie. Einflußreich sind hier die Arbeiten der PDP-Forschergruppe um Rumelhart & McClelland. Mit Aufkommen des konnektionistischen Ansatzes fanden auf einmal die Kritiken an der – jetzt so bezeichneten – informations- bzw. symbolverarbeitenden Richtung in KI und kognitivistischer Psychologie Gehör. Davor gab es auch

schon entscheidende Einwände (z.B. Skinner 1977; Graumann 1988; Graumann & Sommer 1984a,b), aber die blieben in der Psychologie ohne nennenswerte Relevanz.

4. Ingenieurhafte Psychologie

Es zeigte sich, daß der Rekurs auf die KI-Moden für die Erschließung von psychischen Objektbereichen Konsequenzen hat: Wesentliche Aspekte von Denken und Gedächtnis, beispielsweise die Vergegenwärtigung eines Problems, die individuellen Intentionen oder auch das emotionale Involviertsein, sind auf strukturwissenschaftlichem Wege nicht erfaßt worden. Kann eine solchermaßen reduzierte und auf Fehlbestimmungen beruhende Denk- und Gedächtnispsychologie (vgl. Holzkamp 1993) für die Computerwissenschaftler, insbesondere für die Software-Ergonomen, Relevanz haben?

Die Angebote der Psychologie möchte ich für zwei Bereiche exemplarisch vorstellen:

- (1) Die Software-Ergonomie und
- (2) die Benutzerschulung.

Von der kognitivistischen Psychologie werden die Unterschiede zwischen maschinellen und menschlichen Kognitionsprozessen im wesentlichen in den Reaktionszeiten und im Umfang der Speicherkapazitäten gesehen. Basis dafür ist die Auffassung der Hardware- und Implementierungsunterschiede von Gehirn und Mikroprozessoren (diese Behauptung impliziert Gemeinsamkeiten in der „Software“).

Reaktionszeitangaben werden in der kognitivistischen Literatur referiert, wobei Bezug genommen wird auf Reaktionszeitmessungen aus der experimentellen Gedächtnispsychologie. Hinsichtlich der Speicherkapazität orientiert man sich an Millers „magischer Zahl 7 (plus oder minus 2)“, die auf die Begrenzung der menschlichen Informationsverarbeitungs-Kapazität hinweist. Norman (1986) versucht hieran exemplarisch die Bedeutung und den Einsatz psychologischen Wissens zu demonstrieren. Er führt nämlich ein approximatives Modell des Kurzzeitgedächtnisses für das „cognitive engineering“ ein. Nach Norman ist das Modell zwar in allen Details falsch, aber es könnte durchaus Richtlinien zur Designkonstruktion bieten. Berücksichtigt werden sollte, daß das Kurzzeitgedächtnis von Benutzern im Schnitt 5 Leerstellen habe, wo je 1 Item (das kann eine Einzelinformation, aber auch eine komplexe Gedächtnisstruktur sein) gehalten werden könnte. Dies solle bei der Softwareherstellung berücksichtigt werden. Computer könnten dadurch benutzerfreundlicher gestaltet werden (Norman 1986).

Menschliches Versagen kann in der hochautomatisierten Produktion erhebliche Folgen haben. Von der kognitivistischen Psychologie sind zur Vermeidung oder Reduzierung von Fehlhandlungen spezifische Strategien ausgearbeitet worden. Da differentialdiagnostische Ausleseverfahren

zur Bewältigung des Problemkreises „menschliches Versagen/Unfälle“ schlechte Ergebnisse erbracht hatten, suchten kognitivistische Psychologen mittels der Modellierung von Abläufen im Kopf des Menschen bzw. über die Erschließung fehlerhafter Kognitionsvorgänge einen Lösungsweg. Diese Erkenntnisse sollten dann zum Training und zur Instruktion von Computer-Benutzern angewendet werden (vgl. Norman 1980; Norman 1986).

Diese Modellierungen und Anwendungen enthalten implizit theoretisch eingeschränkte Auffassungen über das Verhältnis Mensch-Computer: Die Konzeption vom isolierten Benutzer und dem Computer kann als die folgenschwerste Grundannahme gewertet werden. Ausgehend davon werden menschliche Probleme im Umgang mit Computern fast ausschließlich als Minimierung von Problemen der „Über- und Unterforderung“ sowie der „Kontrolle“ konzipiert/gedacht.

Zur Minimierung von Fehlleistungen im Benutzer-Computer Dialog werden folgende Schritte unternommen: Man greift auf allgemeine Informationsverarbeitungs-Modelle und auf die skizzierten Formalismuskonzepte zurück – also auf informatische Denkschablonen, wie meine Analyse zeigte. Die Konzepte dienen wiederum als Folie der Modellierungsversuche über „mentale Modelle“, die sich nach kognitivistischer Auffassung Benutzer in ihren Köpfen bilden. Basierend darauf, wird die Erschließung von naiven Theorien und subjektiven Weisen der Wissensrepräsentation der Benutzer, die mittels Computersystemen Aufgaben bearbeiten, versucht. Die formale Modellierung der mentalen Modelle der Benutzer soll die Gesetzmäßigkeiten für menschliche Fehlhandlungen nachweisbar machen. Im Verhältnis zu dem Bezugsrahmen, den die Folie vorgibt, erscheinen die persönlichen Eigenheiten der „Wissenskonstruktion“ im Kopf dann als widersprüchliche Aspekte, als Fehlerhaftigkeit, als Lücken u.ä.. Die so ermittelten Idiosynkrasien werden dann zu Ursachen für die Bedienungsfehler am Computer erklärt.

Ausgehend von solchen Modellierungsergebnissen werden dann Interventionsstrategien projiziert, welche auf eine Anpassung mentaler Modelle von Benutzern an die maschinellen Vorgaben hinauslaufen. Sie zielen nämlich darauf ab, eine Fehlerreduktion über Trainings zu erreichen, indem eine „adäquatere“ Repräsentation des jeweiligen Aufgaben- und Softwaresystems im „Kopf des Benutzers“ aufgebaut werden soll. Das kann nur heißen, bei Betonung der formalen Aspekte im Prozeß der Modellierung sowie der Wertung der persönlichen Eigenheiten als Fehlerquelle, daß lediglich die formalen Strukturen der Systeme von Benutzern mental repräsentiert werden sollen. Von Idiosynkrasien befreit, würden dann solche mentalen Modelle in menschlichen Köpfen formalen Modellen entsprechen.

Über diesen Weg fänden dann doch noch die formalistischen Konzeptualisierungen der kognitivistischen Psychologie ihre Bestätigung.

5. Resümee

Aufgrund alltagsnaher Beispiele, der Verwendung einer Akteur-Begrifflichkeit in system-sprachlichen Texten (Herrmann 1982 spricht von einer wissenschaftlich inakzeptablen „Akteur-System-Kontamination“) scheint der kognitivistischen Psychologie – oberflächlich gesehen – eine alltagsnahe psychologische Plausibilität zuzukommen. Die sie nicht hat: Hin-gegen zeigt meine Analyse, daß neue formale Konzepte aus der KI, ohne psychologisch begründete Notwendigkeit (vgl. auch Neumann 1986), für die Theorienbildung in der kognitivistischen Psychologie herangezogen worden sind (und werden). KI-Forscher, Software-Ergonomen oder Arbeitswissenschaftler werden enttäuscht feststellen müssen, daß sie mittels solcherart konzipierten psychologischen Theorien kaum tiefergehende Erkenntnisse über menschliche Geistestätigkeit erhalten. Sie finden lediglich KI-analoge Konzeptualisierungen vor.

Kognitivistische Psychologie, die sich am Vorbild Computer orientiert, führt also in die Sackgasse. Psychologische Gegenstandsbereiche sind inadäquat erfaßt. Dadurch bedingt, können KI-Forscher keine erweiterten Erkenntnisse über menschliches Wahrnehmen, Denken oder Erinnern erhalten. Interessant in dem Zusammenhang ist, daß einige KI-Forscher nach alternativen Ansätzen zur Erforschung menschlicher Geistestätigkeit sowie des Mensch-Computer-Verhältnisses suchen. Winograd & Flores (1986; dt. 1989) beispielsweise, lehnen die rationalistische Tradition in den Wissenschaften (explizit auch die Arbeiten von Newell & Simon) und im Alltag ab. Mittels rationalistischer oder formaler Analysemethoden sind eben viele wesentlichen Phänomene nicht zu erschließen.

Zur Bestimmung von Denken, Sprache und Technologie rekurren sie auf die existentialistische und hermeneutische Philosophie (Heidegger, Gadamer), auf die Systemtheorie (Maturana) auf die Sprechakttheorie (Austin, Searle) und die Theorie des kommunikativen Handelns (Habermas). Diese Ansätze werden nun nicht zu einer neuen kohärenten Theorie ausgearbeitet, sondern Winograd & Flores tragen verschiedene Gedankengänge zusammen, um theoretische Grundlagen für den Entwurf und die Verwendung von Computern zu begründen.

Sie brechen mit der rationalistischen Verkehrung, „Computer und Menschen als Subspezies der intelligenten Informationsverarbeitungssysteme“ zu apostrophieren. Der Computer wird als Werkzeug, als Mittel in der Koordinierung von Arbeit bestimmt (vgl. auch Holzkamp 1989, 1993; Michels 1991). Abgelehnt wird die Auffassung des menschlichen Handelns und Denkens als Problemlösung, als rationales Abwägen und Planen. Menschen können nicht bloß als rationale Wesen begriffen werden. Außerdem abstrahiert die Theorie des Problemlösens von Verpflichtungen, von impliziten Vorannahmen (Gadamer) und vom sozialen Kontext.

Die Ausführungen von Winograd & Flores sollen hier nicht umfassender dargestellt werden. Der Rückgriff der beiden auf recht divergierende theoretische Ansätze und deren „Zusammenfügung“ wäre zu problematisieren. Darüber hinaus wäre eigens zu untersuchen, warum in der KI – nicht nur von Winograd & Flores – Bezüge auf Heidegger erfolgen (auf ein Denken, welches „dem Nazismus äquivalent/homolog war.“ – Bourdieu 1988, S.725).

Literatur

- Anderson, J.R. & Bower, G.H.: Human associative memory. Washington 1973
 Anderson, J.R.: The architecture of cognition. Cambridge, Mass. 1983
 Bourdieu, P.: „...ich glaube, ich wäre sein bester Verteidiger.“ Ein Gespräch mit Pierre Bourdieu über die Heidegger-Kontroverse. *Das Argument* 1988, 30, S. 723-726
 Bower, G.H. & Hilgard, E.R.: Theorien des Lernens II. Stuttgart 1984
 Bühler, K.: Antwort auf die von W. Wundt erhobenen Einwände gegen die Methode der Selbstbeobachtung an experimentell erzeugten Erlebnissen. *Archiv für die gesamte Psychologie*, 1908, 12, S. 93-122
 Coy, W.: Ein post-rationalistischer Entwurf. In: Winograd, Terry & Flores, Fernando: Erkenntnis Maschinen Verstehen. Zur Neugestaltung von Computersystemen. Rotbuch Verlag Berlin 1989, S. 297-313
 Graumann, C.F. & Sommer, M.: Schema and inference. Models in cognitive social psychology. In: Royce, J.R. & Mos, L.P. (eds.): *Annals of theoretical psychology*. Vol. 1. New York, London 1984, 31-76 (1984a)
 Graumann, C.F. & Sommer, M.: Perspectives on cognitivism. Reply on commentators. In: Royce, J.R. & Mos, L.P. (eds.): *Annals of theoretical psychology*. Vol. 1. New York, London 1984, 101-110 (1984b)
 Graumann, C.F.: Der Kognitivismus in der Sozialpsychologie – Die Kehrseite der „Wende“ –. *Psychologische Rundschau* 1988, 39, 83-90
 Herrmann, T.: Über begriffliche Schwächen kognitivistischer Kognitionstheorien: Begriffsinflation und Akteur-System-Kontamination. *Zeitschrift für Sprache & Kognition* 1982, 1, 3-14
 Holzkamp, K.: Zu Wundts Kritik an der experimentellen Erforschung des Denkens. *Forum Kritische Psychologie* 1980, 6, S. 156-165
 Holzkamp, K.: Die „kognitive Wende“ in der Psychologie zwischen neuer Sprachmode und wissenschaftlicher Neuorientierung. *Forum Kritische Psychologie* 1989, 23, 67-85
 Holzkamp, K.: Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung. Frankfurt/M. 1993
 Lindsay, P.H. & Norman, D.A.: Einführung in die Psychologie. Informationsaufnahme und -verarbeitung beim Menschen. Berlin, Heidelberg, New York 1981
 Michels, H.-P.: Informationsverarbeitung und Künstliche Intelligenz. Eine Analyse der modernen Denk- und Gedächtnispsychologie. Frankfurt/M., Bern, New York, Paris 1991

- Neisser, U.: Kognitive Psychologie. Stuttgart 1974 (Orig.: 1967)
- Neumann, O.: Informationsverarbeitung, Künstliche Intelligenz und die Perspektiven der Kognitionspsychologie. In: Neumann, O. (Hrsg.): Perspektiven der Kognitionspsychologie. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985, 3-37
- Newell, A.: Artificial intelligence and the concept of mind. In: Schank, R.C. & Colby, K.M. (eds.): Computer models of thought and language. San Francisco 1973, 1-60
- Newell, A./Shaw, J.C. & Simon, H.A.: Elements of a theory of human problem solving. *Psychological Review* 1958, 65, 151-166
- Newell, A./Shaw, J.C. & Simon, H.A.: Empirical explorations with the logic theory machine: A case study in heuristics. In: Feigenbaum, E.A. & Feldman, J. (eds.): Computers and thought. New York, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1963, 109-133
- Newell, A. & Simon, H.A.: GPS, a program that simulates human thought. In: Feigenbaum, E.A. & Feldman, J. (eds.): Computers and thought. New York, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1963, 279-293
- Newell, A. & Simon, H.A.: Human problem solving. Englewood Cliffs, N.J. 1972
- Norman, D.A.: Twelve issues for cognitive science. *Cognitive Science* 1980, 4, 1-32
- Norman, D.A.: What is cognitive science ? In: Norman, D.A.(ed.): Perspectives on cognitive science. Norwood, N.J. 1981, 1-11
- Norman, D.A.: Cognitive engineering. In: D.A. Norman & S.W. Draper (Eds.): User centered system design: New perspectives on human-computer interaction. Hillsdale, NJ 1986, p. 31-61
- Norman, D.A. & Rumelhart, D.E.: The LNR approach to human information processing. *Cognition* 1981, 10, 235-240
- Norman, D.A./Rumelhart, D.E. & LNR-Forschungsgruppe: Strukturen des Wissens. Wege der Kognitionsforschung. Stuttgart 1978 (LNR 1978)
- Oswald, M.: Jenseits der Methodologie des Behaviorismus. Diss. Mannheim 1980
- Quillian, M.R.: Semantic memory. In: Minsky, M. (ed.): Semantic information processing. Cambridge, Mass. 1968, 227-270
- Seidel, R.: Denken – Psychologische Analyse der Entstehung und Lösung von Problemen. Frankfurt, New York 1976
- Seidel, R.: Maschinenperspektive und Subjektstandpunkt. *Forum Kritische Psychologie*, 1994, 34, 112-124
- Selfridge, O.G. & Neisser, U.: Pattern recognition by machine. In: Feigenbaum, E.A. & Feldman, J. (eds.): Computers and thought. New York, San Francisco, Toronto, London, Sydney 1963, 237-268
- Siekman, J.: Künstliche Intelligenz. Papier zur IJCAI-83, Karlsruhe 1983
- Skinner, B.F.: Why i am not a cognitive psychologist. *Behaviorism* 1977, 5, 1-10
- Stachowiak, H.: Denken und Erkennen im kybernetischen Modell. (2., verbesserte und ergänzte Auflage) Wien, New York 1969
- Weizenbaum, J.: Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft. (3. Auflage) Frankfurt/M 1982

Weizsäcker, C.F. von: Die Einheit der Natur. München 1971

Winograd, T.: Understanding natural language. *Cognitive Psychology* 1972, 3, 1-191

Winograd, Terry & Flores, Fernando: Erkenntnis Maschinen Verstehen. Zur Neugestaltung von Computersystemen. Rotbuch Verlag Berlin 1989

Wundt, W.: Über Ausfrageexperimente und über die Methoden der Psychologie des Denkens. *Psychologische Studien* 1907, 3, S. 301-360