

Anita Lenz und Stefan Meretz

Zur Problematik der Psychologisierung informatischer Grundkonzepte – am Beispiel »Konnektionismus«

Nachdem sich das Scheitern der Forschungsrichtung der »Künstlichen Intelligenz« (KI) abzeichnete, wurde der bis dahin verdrängte Ansatz des Konnektionismus oder der »Neuronalen Netze«, wie dieser häufig auch bezeichnet wird, wieder gefördert. Dabei übernahm der Konnektionismus die unerfüllten Ansprüche der KI-Forschung: »(K)onnektionistische Systeme ... modellieren ... Vorgänge, die wir mit den Bezeichnungen *Lernen*, *Wahrnehmen* und *Repräsentation von Wissen*, allgemein: *Kognition*, versehen« (Baumann, 1992, 23). Ziel ist dabei, »den biologischen Gehirnmechanismus des Menschen als Konzept für zukünftige Rechnerstrukturen zu nutzen.« (Einleitung zum Schwerpunkt »Neuronale Netze« im ComputerMagazin 1-2/91). Mit diesen Konzeptionen verortet sich der Konnektionismus im eigenartigen interdisziplinären Wissenschaftsverbund der »Kognitionswissenschaft« mit der Informatik als Leitdisziplin und etwa Psychologie, Neurophysiologie und Linguistik als weiteren Teildisziplinen. Die Informatik und hierin neuerdings auch der Konnektionismus liehen und leihen dabei den anderen kognitionswissenschaftlichen Disziplinen ihre Wissenschaftssprache und Modellvorstellungen, die durch den Adaptionsprozeß auf mannigfache Weise umgedeutet und verfremdet werden, wobei – als Voraussetzung und Implikat solcher Übertragungen – die Informatik und der Konnektionismus ihrerseits Vorstellungen und Termini aus den »beliehenen« Wissenschaften in sich aufnehmen, etwa psychologische, neurologische, linguistische Konzepte »informatisch« umdeuten. Die Problematik dieses kognitionswissenschaftlichen Synkretismus wird zwar gelegentlich aufgeworfen, so z.B. in der Kritik der »Computer-Metaphorik« in der Sprache der Kognitiven Psychologie, eine systematische begriffskritische Analyse ist aber bisher nicht erfolgt. Mit dem informatischen Modell des Konnektionismus als »modernerer« KI-Variante wird nun ein Konzept propagiert, das aufgrund der vorgeblichen Nähe zu neurophysiologischen Prozessen – insbesondere durch die zugeschriebene Eigenschaft der »Lernfähigkeit« der Systeme – die »Schwächen« der »klassischen« KI-Forschung überwinden soll. In der folgenden Analyse soll es darum gehen, exemplarisch die Herkunft und Funktion neurowissenschaftlicher und psychologischer Termini innerhalb des Konnektionismus zu klären, also zu fragen, ob solche Terminologisierungen tatsächlich sachlich begründbar und zwingend notwendig sind, oder eher zu Mystifikationen und zu Vortäuschungen einer Aussagekraft konnektionistischer Konzepte für menschliche Denk- und Lernprozesse führen, die ihnen nicht zukommt.

I.

Angemessene Abstraktionen der komplizierten Verhältnisse in konnektionistischen Netzwerken und entsprechende sprachliche Fassungen lassen sich – wie wir ausführlich zeigten (vgl. Lenz/Meretz 1993) – ohne Erschleichung »überschüssiger« Bedeutungen auf der Basis einer mathematisch-mengentheoretischen Fundierung erzielen. Wir können hier die entsprechenden Ableitungen nicht wiedergeben und wollen nur deren Ergebnisse kurz vorstellen:

Ein »konnektionistisches Programm« unterscheidet sich grundsätzlich nicht von herkömmlichen Programmen: mit beiden werden Eingabe-Ausgabe (E/A)-Relationen realisiert. Die Abbildung von Werten aus der Menge der möglichen Eingaben in die Menge der möglichen Ausgaben erfolgt mittels einer funktionalen Transformation, einer Vorschrift, die die Umwandlung genau beschreibt. Die Bestimmung solcher Vorschriften, kurz: Funktionen, und deren Realisierung in algorithmischer Form (Implementierung), sind das Ziel der Erstellung von Software. Die algorithmische Transformation beinhaltet eine Vorstellung davon, was das Programm »leisten« soll, für welchen Zweck es einsetzbar ist. Die Anstrengungen der Informatik richten sich darauf, den antizipierten Zweck in eine algorithmische Form zu bringen. Im Verhältnis von antizipiertem Zweck und algorithmischer Form unterscheiden sich konnektionistisch und herkömmlich realisierte Software. Bei der Herstellung herkömmlicher Software muß ausgehend vom antizipierten Zweck die E/A-Relation bekannt sein, damit von dort aus in einem analytisch-deduktiven Prozeß die Folge der Anweisungen – quasi Sub-E/A-Relationen – bestimmt werden können, deren festzulegende logische und zeitliche Kopplung die Gesamt-E/A-Relation ergeben. Kurz gesagt: möglichst alle Parameter müssen *vor* der Herstellung des Programms bekannt sein. Dies ist bei einem mit konnektionistischen Methoden zu realisierenden Programm anders. Hier werden die Programmparameter mit Hilfe geeigneter Algorithmen sukzessiv-kumulierend solange optimiert, bis eine befriedigende Güte der gewünschten E/A-Relation, die durch die Zwecksetzung des angestrebten Programms bestimmt ist, erreicht wurde. Dabei ist in der Regel die E/A-Relation des zu erstellenden Programms, mithin die zu realisierende mathematische Funktion im Vorhinein nicht vollständig angebbar. Es reicht jedoch aus, wenn die einzelnen E/A-Relationenpaare (»Eingabe $x=1$ bewirkt Ausgabe $y=2$ etc.«) »beispielhaft« beschrieben sind. »Beispielcharakter« kommt den E/A-Paaren dann zu, wenn sie »nahe« an der durch die Gesamt-E/A-Relation beschriebenen Funktion liegen, die sich, wie gesagt, aus dem angestrebten Programmzweck ergibt. Voraussetzung für die Erstellung von Programmen mit herkömmlichen Methoden ist die Vollständigkeit der E/A-Relationenermittlung, bei mit konnektionistischen Methoden erstellten Programmen der »Beispielcharakter« der E/A-Relationenpaare.

Beispiel: Computerunterstützt sollen tausend Körner in zwei Klassen sortiert werden – die Guten ins Töpfchen, die Schlechten ins Kröpfchen. Gesucht

sind die für die Umsetzung dieser Aufgabe notwendigen Programmparameter. Klassisch-analytisch müßten alle Merkmale, die auf die jeweils »Guten«/»Schlechten« zutreffen, beschrieben und danach dann die Programmparameter der Funktion, die die Klassifikation leistet, bestimmt werden. Approximativ-konnektionistisch würde man mit einer Querschnittsauswahl von »Guten« und »Schlechten«, auf die der notwendige Beispielcharakter zutrifft, versuchen, die Programmparameter in vielen Zyklen schrittweise so zu optimieren, daß später *alle* »Guten«/»Schlechten« richtig sortiert werden, der angestrebte Programmzweck also erfüllt wird.

Beim konnektionistischen Herangehen wird die Programmgrundlage, sozusagen die undefinierte »Hülle«, durch Überlagerung sehr vieler in der Regel identischer einfacher Funktionen gebildet. Diese lassen sich aus Gründen der Veranschaulichung in »Netzform« grafisch darstellen – daher die in biologisch-neurologischer Analogie häufig anzutreffende Bezeichnung »Neuronales Netz« (dazu später mehr). Zur Erstellung der Gesamtfunktion müssen durch Wahl der »richtigen« Parameter die vielen Teilfunktionen »richtig« überlagert (»summiert«) werden. Dafür stehen eine Reihe von Approximationsalgorithmen zur Verfügung. Diese Optimierungsalgorithmen sind grundsätzlich kein Bestandteil des herzustellenden Programms, sie sind Teil eines *Metaprogramms* zur Optimierung der für die Zweckrealisierung nötigen Programmparameter. Konnektionistische Verfahren lassen sich danach in allgemeiner Weise als *Funktionsapproximation* auf ihren Begriff bringen. Der Approximationsprozeß während der Anwendung des Metaprogramms zur Optimierung der Parameter wird in der Regel mit »Lernen« bezeichnet – darauf wird noch ausführlich einzugehen sein.

Nachteil der mit konnektionistischen Optimierungsalgorithmen erstellten Programme ist im allgemeinen Fall, daß die Übereinstimmung von approximierter Funktion und antizipiertem Zweck nur praktisch-empirisch bestätigt, nicht aber bewiesen werden kann. Es soll hier nicht erörtert werden, inwieweit dies bei klassischen Programmen gelingen kann, auch nicht, ob dort der antizipierbare Zweck vollständig in einer antizipierbaren E/A-Relation aufhebbar ist, dennoch wird die explizit mathematisch-analytische Vorgehensweise im herkömmlichen Fall als Vorteil angesehen: Bei der klassischen Programmierung »weiß man, was man tut«, beim Konnektionismus weiß man dies oft nicht und man kann sich fast nie sicher sein. Umgekehrt kann der Vorteil konnektionistischer Vorgehensweisen gerade sein, daß die antizipierte Zweckbestimmung nicht vollständig in eine E/A-Relationenantizipation umgesetzt werden muß, denn hier reicht es oft aus, wenn »beispielhafte« E/A-Paare gefunden werden. Der »unscharfe« und »Aposteriori«-Charakter konnektionistischer Systeme ermöglicht zudem eine größere Flexibilität: wie in der mehrwertigen Logik (»fuzzy logic«) wird die Zugehörigkeit zu bestimmten Klassen nicht »entweder-oder« entschieden, sondern sie variiert graduell. Die graduelle Zugehörigkeit

und die Abhängigkeit von immer sehr vielen Parametern gleichzeitig führt zu einer hohen Fehlertoleranz von konnektionistischen Systemen. Diese können zudem bei Vorliegen »besserer Beispiele« auch jederzeit optimiert und damit veränderten Bedingungen angepaßt werden. Wenn letzteres wiederum automatisiert wird, gelangt man zu sog. »autoadaptiven Systemen«, deren »Verhalten« oft mit dem »Verhalten« von Menschen oder anderen Lebewesen verglichen wird.

II.

Es klang schon einige Male an, daß die hier in allgemeiner, aber mathematisch-fundierter Sprache beschriebenen Prinzipien des Konnektionismus sehr häufig in den Sachverhalt mystifizierende Begriffe gekleidet wird. Die analogisierende Verwendung von sachfremden Termini (die Rede von »Neuronen«, vom »Lernen« etc.) hat nur zum Teil ihre Ursache in der Komplexität des Konnektionismus, den man legitimer Weise in anschaulichen Begriffen fassen möchte. Ein wichtiger Grund liegt auch in der *inhaltlichen Unklarheit* über die zur Analogiebildung herangezogenen Sachverhalte *und* die informatischen Grundlagen. Dies soll exemplarisch für zwei Grundbegriffe gezeigt werden: den der Bedeutung und den des Lernens.

In der Kritischen Psychologie hat das Bedeutungskonzept einen zentralen Stellenwert. Der Begriff der Bedeutung ist dort eine *Vermittlungskategorie im Organismus-Umwelt-Zusammenhang*. Die Bedeutung darf damit auf keine »Seite« des Zusammenhangs geschlagen werden: Bedeutungen werden nicht »im« Organismus etwa aufgrund abstrakter physikalischer Qualitäten (»Gestaltgesetze« etc.) erzeugt, sie kommen jedoch genauso wenig den Dingen organismusunabhängig etwa als »Wesensinhalt«, »Eigenschaft« o.ä. zu. Der Begriff der Bedeutung faßt die Relevanz, die bestimmte Signale für die Aktivität des Organismus haben. Die Bedeutungsaktualisierung und damit die Aktivitätsausführung sind abhängig vom »inneren Zustand«, vom Bedarf des Organismus. Die »emotionale Wertung« vom Umweltgegebenheiten am Maßstab des »inneren Zustands« strukturiert die Orientierung, in Abhängigkeit vom Bedarf werden die ausgliederbaren Gegebenheiten auch tatsächlich ausgegliedert. Während der Zusammenhang zwischen Bedeutung, Bedarf und Aktivität auf tierischem Niveau deterministisch ist, hat der Zusammenhang zwischen Bedeutung, Bedürfnis und Handlung auf menschlich-gesellschaftlichem Niveau den Charakter einer Möglichkeitsbeziehung. Menschen finden Bedeutungen nicht bloß vor, sondern sie schaffen diese auch durch gesellschaftliche Arbeit. Die derart hergestellten gegenständlichen Bedeutungen stehen dabei nicht isoliert nebeneinander, über ihren Herstellungsbezug verweisen sie aufeinander. Als Resultat bedeutungsschaffender vergegenständlichender Arbeit haben sie objektiven Charakter. Die Individuen, die an der gesellschaftlichen Produktion des Lebens teilhaben, müssen im Durchschnitt die Gegenstandsbedeutungen als Ausdruck der Produktionserfordernisse adäquat erfassen. Resultat des Arbeitsprozesses, der

Antizipationen und Abstraktionen zur Regulation der Arbeitshandlung erfordert, sind ideelle symbolische Repräsentanzen des Prozesses. Die Erfassung der raumzeitlichen Bezogenheit verschiedener Arbeitsmittel, Teilprodukte etc. aufeinander sowie die Unterscheidung wesentlicher und unwesentlicher Aspekte im Herstellungsprozeß müssen notwendig vor der Ausführung der Arbeitshandlung vorhanden sein. Diese Fähigkeiten müssen entwicklungslogisch noch vor der Herausbildung von Bewußtsein und akustischer und sprachlich-symbolischer Kommunikation vorhanden gewesen sein, sie sind Resultat und nicht Voraussetzung des beschriebenen Prozesses. Mit der Sprache und dann insbesondere mit dem Medium der Schrift entsteht ein umfassendes Mittel der raumzeitlich übergreifenden symbolischen Repräsentanz der gesellschaftlichen Bedeutungsstrukturen. Gegenstands- und Symbolbedeutungen verweisen dabei aufeinander. Obwohl rückbezogen auf die Gegenstandsbedeutungen kommt es zur Verselbständigung der symbolischen Bedeutungsstrukturen, zur Ausbildung gesellschaftlicher Sprach- und Denkformen, zur Entstehung abstrakter symbolischer Zusammenhängegefüge, Begriffspyramiden, axiomatischen Systemen (Logik, Mathematik) etc.

Es ist klar, daß eine »Reduktion« der bedeutungsvollen Dinge auf seine figural-qualitativen Momente (Form, Farbe etc.) als »Reiz« nicht möglich ist, ohne eben genau von den inhaltlichen und damit handlungsrelevanten Aspekten abzu- sehen. »Bedeutung« läßt sich nicht aus einem »Reiz-Reaktions-Zusammenhang« rekonstruieren und läßt sich damit auch nicht als Eingabe-Ausgabe-Relation formalisieren. Für die menschliche Wahrnehmung heißt dies, daß die Erfassung der Bedeutung der Dinge nicht vermittels einer operativen Auflösung der figural-qualitativen Momente sondern quasi *direkt* und *ganzheitlich* erfolgt. Dabei sind Sprach-Symbol (Begriff) und Gegenstand nicht mehr voneinander zu trennen, so daß jeder Gegenstand *durch seinen Begriff hindurch wahrgenommen* wird. Die unspezifisch operative Ebene kommt nurmehr dann primär zum Tragen, wenn die Bedingungen der direkten Bedeutungserfassung zu schlecht sind, etwa wenn es sehr dunkel ist etc.

Für die Informatik bedeutsam sind die Zuspitzungen, die aus der bisherigen Argumentation gezogen werden können: Ein Symbol *ist* eine Bedeutung, eben eine Symbolbedeutung. Die Formulierung »ein Symbol *hat* eine Bedeutung« impliziert, daß es auch keine Bedeutung haben kann und folglich die »aktuelle Bedeutung« zugeordnet bekommen hat. Eine solche »Zuordnungsvorstellung«, die den Kern der zeitgenössischen informatischen »Symbol- und Bedeutungstheorie« ausmacht, ist nach der hier dargelegten Argumentation nicht haltbar. Das Zeichen oder die Zeichenkette (Wort) ist das *Transportmedium* der Symbolbedeutung. Zeichen sind also austauschbar, die Symbolbedeutung jedoch nicht: sie ist in den gesellschaftlichen Bedeutungsstrukturen integriert. Darauf beruht die prinzipielle symbolische Verständigungsmöglichkeit zwischen den Menschen unabhängig von der Sprache. Umgekehrt ist das Zeichen »für sich«

bedeutungslos: »Zeichen sind . . . niemals direkt, etwa per Verabredung, auf Realität beziehbar, hängen, wenn sie nicht die sinnliche Hülle eines Begriffs sind, quasi in der Luft: Sie sind dann nur wechselseitig durch andere Zeichen definierbar, die Sphäre der Zeichen kann aber nicht in Richtung auf das Ergreifen der Wirklichkeit überschritten werden . . . « (Holzkamp, 1983, 231f.). Mit einer solchen »Sphäre der Zeichen« hat es die Informatik beim Computer zu tun: dort erfolgen alle Operationen mit Zeichen. Demgegenüber wird behauptet, daß »Computer nicht nur als Maschinen zur Verarbeitung von Daten (also von bedeutungslosen Zeichen), sondern von Informationen (also von Bedeutungen) zu bezeichnen [sien, und dies, *obwohl Computer keinen Zugang zu dieser Bedeutung haben*, also 'nicht wissen, was sie tun'.« (Baumann, 1992, 25). In diesem Zitat scheinen zwei für die Informatik und mithin den Konnektionismus grundlegende Unklarheiten auf: Da die Herkunft der »Bedeutungen« völlig im Dunkeln liegt, bleibt nur die Vorstellung, Bedeutungen gingen aus einem Akt der Einigung hervor und werden dann den Zeichen (Gestalten, Formen etc.) zugeordnet, die, da dies »pragmatisch« konsensuell geschehe, auch wieder »herausgeholt«, richtig interpretiert werden können. Folglich würde eine syntaktisch geregelte Zeichenmanipulation mit dem Computer bedeuten, daß auch die »beigelegten Bedeutungen« manipuliert werden: »Wenn man auf die Syntax achtet, wird die Semantik auf sich selbst achten.« (Haugeland, 1987, 92). Wird das menschliche Denken dergestalt computermetaphorisch gefaßt, so ist es, da auch ontogenetisch die Herkunft und Rolle der Bedeutungen nicht geklärt werden kann, logisch stringent und konsequent, vom »Angeborenssein« der Fähigkeit zur »Symbolverarbeitung« auszugehen (vgl. Chomsky, 1957, Fodor, 1981). Resultat dieser linguistischen Adaptionen innerhalb der Informatik ist die Kontamination systemimmanent programmsprachlicher Zeichenzuordnungen mit inhaltlich-weltbezogenen Bedeutungen: In der Informatik ist letztlich völlig unklar, was ein Zeichen und was ein Symbol ist. Die Konsequenz dieser Konfusion ist im Baumann-Zitat ebenfalls sichtbar: das Subjekt wird ins System verlagert, das System wird zum selbsttätigen Agenten. Dieser »Perspektivenwechsel« (statt: »Was kann ich mit dem Computer tun?« die Frage: »Was kann der Computer tun?«) ist nicht nur eine Folge sprachlicher Ungenauigkeit, sondern ist systematisch angelegt: »Computer sind Maschinen zur Symbolverarbeitung, d.h. sie operieren nach Regeln mit Symbolen. (. . .) Menschliches Denken (allgemein: Kognition) ist zu großen Teilen ebenfalls Symbolverarbeitung.« (Baumann, 1992, 25). Die hierin angelegte doppelte Mystifikation schreibt einerseits »dem Computer« einen Subjektstatus zu, was die Ebene der Vergegenständlichung von Bedeutungen durch Herstellungsakte von Subjekten *außerhalb* des Systems und mithin die Werkzeugfunktion des Computers für diese Subjekte ausblendet, und faßt Kognition andererseits nach dem Schema der doch nur formalen regelgesteuerten »Symbolmanipulation«, was hier per Drittstandpunkt den Subjektstatus eliminiert. Anthropomorphisierung »des Computers« und computermetaphorische

Verzerrung menschlicher Kognition sind damit zwei Seiten derselben Medaille.

Solche Mystifikationen, die ihre prägnanteste Zuspitzung in der KI-Forschung erfahren haben, jedoch allgemein in der Informatik verbreitet sind, wurden vom Konnektionismus bruchlos übernommen. Dabei wird der Aposteriori-Charakter konnektionistischer Systeme im Gegensatz zum expliziten apriori-Charakter etwa klassischer KI-Systeme geradezu kulthaft als »besonderer Vorteil« hervorgehoben: »Ganz allgemein gilt: NN (Neuronale Netze, d. Verf.) werden nicht programmiert, sondern sie 'verhalten sich', d.h. sie reagieren in einer von ihrer Auslegung abhängigen definierten Weise und reproduzierbaren Weise auf die ihnen zugeführten Informationen.« (Charlier, 1991, 39). Die Herstellung des Systems durch Subjekte »außerhalb« wird verschleiert, »das System« wird zum Homunculus. Und wer umgekehrt eine »psychologische Theorie« benötigt, der muß im Zitat nur »NN« durch »Menschen« ersetzen.

Der Konnektionismus erhebt noch zusätzlich den Anspruch, in besonderer Weise eine »Umweltverankerung« der Systeme zu ermöglichen, in dem sensorische Koppelungen einen »realen Umwelteinput« gewährleisten sollen. So wird etwa den »topografischen Karten« nach dem Kohonen-Modell, die zur Dimensionsreduktion von Daten eingesetzt werden können (etwa von drei auf zwei Dimensionen), eine hohe physiologische Plausibilität und eine wichtige Erklärungspotenz dafür zugesprochen, wie »das Gehirn« aus »Umwelteinputs Bedeutungen erzeugt«: »Wenn die Fähigkeit zur Bildung von Karten im Gehirn allgegenwärtig ist, dann kann man leicht sein Vermögen erklären, auf semantischen Items zu operieren« wodurch die Frage wieder aktuell werde, »... wie symbolische Repräsentationen von Konzepten automatisch erzeugt werden können.« (Kohonen, 1982, 512, Übers. d. Verf.) [Endnote: »If the ability to form maps were ubiquitous (allgegenwärtig, d.Verf.) in the brain, then one could easily explain its power to operate on *semantic* items«, und »... *how symbolic representations for concepts could be formed automatically*« (Kohonen, 1982, 512). Hier wird versucht, die Schwäche der klassischen KI-Theorie, die nicht erklären konnte, wie denn die »semantischen Einheiten« »in den Kopf« kommen, aufzuheben: aus unspezifischen »Reizen« werden »Bedeutungseinheiten« generiert. Auf Basis der mathematischen Fundierung kann dies reformuliert werden zu der These, daß zwischen »Reizen« und »Bedeutungen« das Verhältnis einer Abbildung, einer funktionalen Transformation liegt. Da die von konnektionistischen Systemen vergegenständlichte Funktion zumeist sehr komplex ist und sich einem mathematischen Zugang entzieht und sich diese während des Optimierungsvorganges auch noch permanent ändern kann, wird nun in diesen scheinbar »verschlossenen« Bereich die »Bedeutungsentstehung« projiziert. Mit der Annahme einer funktionalen Beziehung zwischen »Reiz« und »Bedeutung« können jedoch nur die figural-qualitativen Aspekte des »Reizes« erfaßt, abgebildet, transformiert werden, die jedoch, wie oben gezeigt, nicht die Bedeutung konstituieren können.

Dieser Sachverhalt wird zumeist durch solche Zuschreibungen wie »Selbstorganisation«, »Emergenz« etc. völlig verschleiert – selbst durch KritikerInnen des klassischen KI-Ansatzes (z.B. Varela, 1990, Dreyfus und Dreyfus, 1988). Die Annahme der »Bedeutung« als Resultat einer funktionalen Transformation eines »Reizes« impliziert eine Eliminierung der inhaltlichen auf das Subjekt bezogenen und damit handlungsrelevanten Aspekte der »Bedeutung«, eliminiert letztlich das Subjekt selbst und reduziert die »Bedeutung« computerkompatibel auf eine Formeigenschaft der Dinge selbst unabhängig von den Subjekten.

Vor diesem Hintergrund gewinnt der »Streit« um die Angemessenheit der »kognitiven Theorie« zwischen der klassischen und der konnektionistischen KI-Richtung skurrile Züge. Im Vordergrund des Streits steht nicht etwa die Frage, *ob* und *inwieweit* die jeweils angenommenen Modelle bedeutungsbezogene mentale Prozesse *überhaupt abbilden* können, ob sie folglich gegenstandsadäquat sind, sondern nur, ob die je eigenen theoretischen Vorstellungen in den jeweiligen Modellen besser aufgehoben sind oder nicht. So wirft die klassische KI-Theorie dem Konnektionismus vor, mentale Zustände nicht »symbolisch« zu repräsentieren, auf denen dann logisch deduktive Operationen möglich wären; umgekehrt behauptet der Konnektionismus die »Verteiltheit« der mentalen Zustände, dem die klassische KI-Herangehensweise mit ihren Modellen nicht entspreche. Eine solche Debatte, in der die kategoriale Basis völlig ungeklärt ist und auch nicht zur Diskussion steht, kann ad infinitum geführt werden, denn es lassen sich fast beliebig viele »empirische Evidenzen« aus zweifelhaften »Tests« herbeibringen, aus denen per Analogieschluß Argumente für das eigene Modell generiert werden können. *Gemeinsame* Grundlage der klassischen wie der konnektionistischen KI-Richtung ist die verfehlte Identifizierung bzw. Vermischung von Zeichen mit Bedeutungen auf Basis der Zuweisungsvorstellung. Dabei erfolgt die Bedeutungszuweisung beim klassischen KI-Ansatz *explizit*, während im Konnektionismus – wie beschrieben – von einer *impliziten* Bedeutungszuweisung *durch »das Netz«* ausgegangen wird. Symbolbedeutungen lassen sich jedoch nicht auf der Zeichenebene (re-)konstruieren – weder explizit noch implizit-, die Wirklichkeit außerhalb des Systems kann somit nicht erreicht werden.

III.

Die mystifizierende Hineinverlagerung des Subjekts »ins« System und damit Eliminierung der wirklichen handelnden Subjekte, die das System hergestellt haben und benutzen, schlägt auch auf die lerntheoretischen Vorstellungen des Konnektionismus durch. Indem – wie ausgeführt – die Funktionenapproximation konnektionistischer Netze mit dem »Lernen« von Systemen gleichgesetzt wird, wird diesen eine ihnen nicht zukommende »subjektive« Dignität zugesprochen und damit der Umstand verschleiert, daß von menschlichem Lernen, das ein Subjekt voraussetzt, das da lernt, überhaupt nicht die Rede sein kann. Da

gleichzeitig die Ebene der Vergegenständlichung von Bedeutungen durch Herstellungsakte von Subjekten ausgeblendet und somit von der sinnlich-praktischen Bezogenheit des Subjekts auf eine gegenständlich bedeutungsvolle Welt abstrahiert wird, ist das »Lernen« des Konnektionismus *subjektlos und weltlos in einem*. Im Unterschied zur klassischen KI-Theorie hat der Konnektionismus jedoch nicht nur Bezüge zum Kognitivismus, sondern auch zum Behaviorismus. Während im Kognitivismus das Subjekt in die »innere« Welt seiner sprachlichen Bedeutungsbezüge eingesperrt scheint, berücksichtigen behavioristische Lernkonzeptionen zumindest noch sachlich-soziale Bedeutungszusammenhänge, wenn auch nur in der auf isolierte Einzelereignisse als Gegebenheitszufälle reduzierten Form, deren Verknüpfungen durch die Individuen selbst zu leisten sind. Durch die Orientierung an der SR-Psychologie ist konnektionistisches »Lernen« somit gleichzeitig und widersprüchlich weltlos *und* weltbezogen. Auf diese Weise wird zwar einerseits der Realitätsverlust des Kognitivismus »kompensiert« und damit suggeriert, daß konnektionistische Netze Bedeutungen durch »Lernen« realisieren, es werden jedoch auch andererseits die Beschränkungen SR-theoretischer Lernkonzeptionen importiert: Indem deren Grundbegriffe, mit denen die bedeutungsvolle Welt nur noch als Inbegriff jeweils isolierter Reizquellen berücksichtigt wird und so als in sich strukturierter Verweisungszusammenhang verschwindet, zur Charakterisierung von Funktionenapproximationen als »Lernprozesse« von Systemen verwendet werden, wird auch von der Bedeutungshaftigkeit von Lerngegenständen abstrahiert. Die zentrale Dimension menschlichen Lernhandelns, das subjektiv intendierte Eindringen in die wirkliche »systemtranszendente« Bedeutungsstruktur von Lerngegenständen, bleibt so – trotz des Anspruchs der »Umweltverankerung« der Systeme – grundsätzlich unerfaßbar.

Eine Lernhandlung hat nach Auffassung der Kritischen Psychologie immer einen Lerngegenstand, in den einzudringen in den subjektiven Interessen von Individuen fundiert ist: entweder an der Erweiterung ihrer Verfügung über ihre Lebensbedingungen bzw. der Erhöhung ihrer Lebensqualität oder aber an der Abwehr einer Beeinträchtigung der bisherigen Verfügung. Ein Subjekt hat demnach Gründe, von seinem Standpunkt aus sachlich-soziale Bedeutungszusammenhänge durch Lernen in seinem Handeln zu realisieren. Nach dem Muster konnektionistischer Funktionenapproximation modelliert, kann Lernen jedoch weder als *begründete* Weise menschlichen Handelns konzeptualisiert noch kann verständlich werden, wie ein Subjekt zu wirklichen Lernhandlungen kommt, durch die ein bestimmter Bedeutungskomplex für dieses zum aktuellen Lerngegenstand wird. Da das Subjekt eliminiert ist, sind auch seine spezifischen Erfahrungen eliminiert. Lernen ist vor allem bewegungsvermittelt, d.h. es werden *praktisch* die Bedeutungen eines Lerngegenstands durch ihnen adäquate Körperbewegungen realisiert, wodurch ein Subjekt im ganzen gesehen einen besonderen Zugang zum Lerngegenstand gewinnt, der durch bloß mentale Lernprozesse

nicht nachvollziehbar ist. Werden Bedeutungsstrukturen eines Lerngegenstands auf isolierte Einzelereignisse reduziert, können beim Versuch, ein derartiges »Eindringen« dennoch abzubilden (etwa durch sensorische Koppelungen), nur *formalisierbare und regelbare* bzw. operationalisierbare Aspekte einer Bewegung einerseits und raumzeitliche Strukturen bzw. figural-qualitative Merkmale von »Reizen« andererseits programmsprachlich repräsentiert werden. Die Reduktion sachlich-sozialer Bedeutungszusammenhänge auf isolierte Einzelereignisse impliziert somit nicht nur die Eliminierung von handlungsrelevanten Aspekten der Bedeutung, sondern auch eine Unterbestimmung operativer Lernaspekte, d.h. individuell-antizipatorischer Aktivitätsregulationen, da deren Zusammenhang zum inhaltlich-bedeutungsbezogenen Aspekt der Handlung, dem thematischen Lernaspekt, ausgeblendet wird (zum Verhältnis von thematischem und operativem Lernaspekt vgl. Holzkamp, 1993, 189f). Da nur isolierte, programmsprachlich repräsentierte Einzelereignisse berücksichtigt werden, entspricht das »Lernen« des Konnektionismus in gewisser Weise dem »*induktiven Lernen*«, bei dem zufällige Regelmäßigkeiten von Ereignisfolgen »gelernt« werden, eine Charakterisierung, die auch von KonnektionistInnen vorgenommen wird (vgl. Ossen, 1990, 37).

Obwohl im Kontext des Kognitivismus entstanden, kann der Konnektionismus durch die starke Affinität seiner Auffassung von Lernen zum Behaviorismus inhaltlich durchaus auch als eine *Computerisierung SR-theoretischer Lernkonzepte* bestimmt werden. Dies scheint nicht nur dadurch gerechtfertigt, daß in der konnektionistischen Wissenschaftssprache die bedeutungsvolle Welt durch die Verwendung des Reiz-Begriffs in organismischen Termini gefaßt wird, sondern unter anderem auch dadurch, daß er in seiner Modellbildung von einem abstrakten, ahistorischen Organismus ausgeht, auf den irgendwelche (dann programmsprachlich repräsentierten, unterschiedlich quantifizierten) Umweltreize wirken, womit sowohl qualitative Entwicklungsunterschiede der Lernfähigkeit zwischen Tieren und Menschen als auch innerhalb der tierischen Spezies selbst nivelliert werden. Sie erscheinen lediglich als quantitative Unterschiede der »Lernkapazität« verschiedener Organismen. Der Konnektionismus kennt somit nur elementare Verknüpfungseinheiten (wie klassisches und operantes Konditionieren) sowie gewisse für alle Organismen gleichermaßen gültige Gesetzmäßigkeiten des »lernabhängigen« Verhaltensaufbaus aus diesen Verknüpfungseinheiten. Die starke konzeptionelle Verbindung zum Behaviorismus verdeutlicht sich auch an den verschiedenen Spielarten der »Verstärkung« von Netzeffekten: So etwa im Kontext des »überwachten Lernens«, bei dem – so der gängige anthropomorphisierende Sprachgebrauch – ein »Lehrer« Vorgaben macht und das »Verhalten« des Netzes anhand von externen Maßstäben überprüft. Hier werden anhand von Beispiel-E/A-Relationen die Programmparameter in Abhängigkeit von ihrer Beteiligung am Ergebnis solange sukzessiv-kumulierend optimiert, bis das Ergebnis dem gewünschten, von BenutzerInnen explizit und extern

gesetzten Approximationskriterium entspricht, also mit dem Netz der antizipierte Zweck realisiert wird. Oder aber im Kontext des »unüberwachten Lernens«, bei dem das Netz angeblich selbst, ohne Überwachung durch einen »Lehrer«, Klassifikationskriterien entwickeln soll. Bei diesem »Lernverfahren« geht es darum, die wechselseitige funktionale Abhängigkeit von Werten in einem n-dimensionalen Raum, also Korrelationen zu finden, wobei die gemeinsamen Klassifikationskriterien, die nicht von vornherein vorgegeben sind, innerhalb einer Verteilung rechnerisch bestimmt werden. Genügend häufige Wiederholungen der Simulation von mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auftretenden »Eingangsstreizen« führen hier nämlich zu einer Auftretenshäufigkeit von bestimmten Adaptionen. Die Verstärkung bestimmter Effekte, die zu »Erfahrungen des Netzes« hochstilisiert werden, geschieht demnach im Hinblick auf die Anpassung des Netzes an ein gewünschtes Resultat. Indem die Funktionenapproximation konnektionistischer Netze mit dem »Lernen« des Systems gleichgesetzt wird, verdeutlicht sich zugleich die Auffassung von Lernen als *Anpassung an bestimmte Erfordernisse*. Der Konnektionismus begreift Menschen somit ebenso wie der Behaviorismus lediglich als unter Bedingungen stehend.

IV.

Da die Funktionenapproximation als »Lernprozeß« begrifflich inadäquat gefaßt ist, stellt sich die Frage, in welchen Grenzen der von überschüssigen Psychologisierungen befreite Konnektionismus dennoch Konzepte für psychologische Theoriebildung hergeben könnte. Dies ist nur mit Bezug auf *unspezifisch-physiologienahe* Funktionsbereiche und hier ablaufenden Approximations- und Optimierungsprozessen möglich. In der Vorstellung einer »Selbstorganisation« und »Selbstoptimierung« durch konnektionistische Netzwerke ist auch lediglich diese unspezifische Ebene der Ordnung und Vereindeutigung von Umweltbeziehungen *unterhalb* des psychologischen Niveaus menschlicher Subjektivität angesprochen, obwohl sie gleichzeitig durch den dem Netz zugeschriebenen Subjektcharakter mystifiziert wird. Auf diese Weise kann dann das *Verhältnis* zwischen subjektiv-intendierten Lernhandlungen und unspezifischen Optimierungsprozessen, die in Netzwerkmodellen tatsächlich abgebildet werden (können), gar nicht erst zum Problem werden. Dies hat zur Folge, daß immer dann, wenn versucht wird, spezifisch-menschliche Funktionen in Netzwerk-Termini zu erklären, Systemeigenschaften der Netzwerke in den Forschungsgegenstand hineinprojiziert werden und damit dessen wirkliche Charakteristika unerfaßbar bleiben. Wir wollen dies an zwei Anwendungsbeispielen verdeutlichen.

Die Potenz des Konnektionismus, Prozesse unterhalb der Ebene subjektiv-intendierter Lernhandlungen modellieren zu können, verdeutlicht sich etwa an den sakkadischen Augenbewegungen. Sakkaden sind zahlreiche ruckartige Bewegungen, die die Augen beim Lesen oder Betrachten eines Bildes machen. Erregt ein Objekt die Aufmerksamkeit der oder des Betrachtenden, bewegt eine

Sakkade den Augapfel derart, daß die Projektion dieses Objekts in das Zentrum der Netzhaut wandert. Dort befindet sich ein Gebiet, die Fovea, die aus vielen lichtempfindlichen Zellen besteht, so daß die Auflösung eines betrachteten Gegenstands besonders hoch ist. Die Sakkaden werden im Superior Colliculus, einer mehrlagigen Neuronenschicht im oberen Bereich des Hirnstamms, ausgelöst. Man geht davon aus, daß in den oberen Lagen dieser Neuronenschicht – aufgrund einer stetigen Zuordnung zwischen den Orten der Lichtrezeptoren der Retina und der Lage der von ihnen erregten Neuronen in diesem Teil der Neuronenschicht – eine *sensorische Karte* realisiert ist. Man nimmt ferner an, daß für die Sakkadensteuerung die darunter liegende Schicht von zentraler Bedeutung ist, da Ortspunkten in dieser Schicht zweidimensionale Blickrichtungsänderungen zugeordnet seien, die durch Erregung von Neuronen am entsprechenden Ort ausgelöst werden könnten. Aufgrund der Zuordnung von ortsgebundener Erregung und dadurch ausgelöster Blickrichtungsänderung spricht man auch von einer *motorischen Karte*. Die Richtung der Sakkaden werde hauptsächlich durch den Reizort in der Schicht festgelegt. Die Korrespondenz der beiden Karten wird als wesentlich für das Funktionieren der Sakkadensteuerung angesehen: Wird die von einem lokalisierten Lichtreiz in der sensorischen Karte bewirkte Erregung auf die unmittelbar darunter liegenden Neuronen der motorischen Karte übertragen, so ergibt sich eine Augenbewegung, die den Lichtreiz in der Fovea zentriert. Das okulomotorische System kann Änderungen des Zusammenhangs zwischen visuellem Reiz und notwendiger Sakkade zur Zentrierung eines Objekts adaptiv folgen. Diese physiologischen Anpassungsprozesse, durch die die Informationsauswertung von Umwelttatbeständen erhöht wird, stellen die materielle Basis jener Orientierungsfunktion dar, durch die ein abgehobenes Ding an seinem Ort identifiziert und ausgesondert werden kann (vgl. Holzkamp, 1983, 253). Im Zentrum der Modellbildung, über die sich KonnektionistInnen weitere Aufschlüsse erhoffen, steht die als »Lernen« gefaßte adaptive Bildung eines Paares korrespondierender sensorischer und motorischer Karten zur Sakkadensteuerung. Der Ansatz fußt auf dem von uns erwähnten Kohonen-Modell zur Bildung topologieerhaltender Karten. Mit Hilfe dieses Approximationsverfahrens wird die Verringerung der Korrektursakkaden des Auges bis zur schließlichen Zentrierung eines Gegenstands simuliert. Bei der Simulation von Adaptionsschritten wird ein simulierter »Reiz« als zu zentrierendes Objekt aufgefaßt. Dieser Reiz erscheint als Punkt auf der Retina und soll mit einer einzigen Korrektursakkade in den Bereich der Fovea gebracht werden. Die Auswahl der Lage der »Reize« (Punkte auf der Retina) erfolgt zufällig mit einer festen Wahrscheinlichkeitsdichte (Gaußverteilung), die qualitativ dem Dichteverlauf der Rezeptoren in der Retina entsprechen soll. In der Fovea erfolgen keine Sakkaden. Deshalb wird die Rezeptorenverteilung in der Retina durch die Reizverteilung simuliert. Zwischen Reiz und Reaktion besteht in diesem Modell ein Determinationszusammenhang.

Eine Betrachtungsweise, die zu Modellierungszwecken unter logisch-abstrakten Gesichtspunkten nach gleichbleibenden Organisationsprinzipien bzw. funktionellen Invarianzen (hierzu zählt bspw. die Reiz-Reaktions-Beziehung) sucht und deshalb von der entwicklungsgeschichtlichen Variabilität abstrahiert, ist auf physiologischer Ebene sinnvoll (vgl. Schurig, 1975, 127). Bei einer solchen Modellierung ist die Einführung bestimmter Vereinfachungen, die für das angegebene Strukturschema gelten, unumgänglich. Mit konnektionistischen Approximationsverfahren kann die bei solchen Vereinfachungen angenommene Linearität des Reiz-Reaktionsablaufs, die eher einem Grenzfall als der normalen funktionellen Beziehung entspricht, überwunden werden, da diese Verfahren die Modellierung afferenter Rückschaltungen vom ZNS auf die Peripherie, die zu Veränderungen der Reizschwellen führen können, so daß komplizierte Rückkoppelungskreise entstehen, ermöglichen. Problematisch ist jedoch die Gleichsetzung unspezifisch-physiologischer Prozesse mit spezifisch-menschlichen Funktionen, da sie zu einer Physiologisierung und Entsubjektivierung spezifisch-psychischer Prozesse führt: »Wo die Entscheidung getroffen wird, welchem Gegenstand im Gesichtsfeld die Aufmerksamkeit gewidmet werden soll, ist nicht genau bekannt. Klinische Befunde lassen jedoch vermuten, daß Teile der hinteren Scheitelrinde entscheidend an diesem Prozeß beteiligt sind« (Ritter et al, 1991, 150). Warum ein Subjekt einem Gegenstand Aufmerksamkeit widmet, kann auf dieser Ebene nicht geklärt werden. Die Beschränkungen dieses für die Modellierung unspezifisch-physiologischer Prozesse geeigneten Netzwerkmodells, mit dem weder der Inhaltsbezug von Lernhandlungen noch deren subjektive Begründetheit in Lebens- und Verfügungsinteressen abgebildet werden können, verdeutlichen sich aber auch in anderen Netzwerkmodellen, die sich explizit auf spezifisch-menschliche Funktionen beziehen, etwa die kindliche Sprachentwicklung, von der unser nächstes Anwendungsbeispiel handelt.

Das Modell, das den kindlichen Aneignungsprozeß von Vergangenheitsformen englischer Verben durch Kinder, die Englisch als Muttersprache erlernen, abbilden soll, geht auf Rumelhart und McClelland (1986) zurück. Die Autoren gehen von einer dreistufigen Aneignung dieser Vergangenheitsformen aus: Im ersten Stadium benutzten Kinder nur eine geringe Anzahl von häufig gebrauchten Verben in der Vergangenheitsform, von denen die Mehrheit unregelmäßig sei (etwa *came, got, gave, took, went*). Die Kinder wendeten sie, sofern sie die Vergangenheitsform benutzten, in der Regel korrekt an. Die Anwendung der Regeln sei jedoch noch nicht offensichtlich. Im zweiten Stadium verdeutliche sich allmählich ein implizit vorhandenes Wissen linguistischer Regeln. Kinder benutzten nun eine größere Anzahl von Verben in der Vergangenheitsform, wovon nur wenige unregelmäßig, die meisten dagegen aber regelmäßig seien (etwa *wiped, pulled, looked*). Der Umstand, daß ein Kind nun linguistische Regeln anwende, zeige sich zum einen daran, daß es die korrekte Vergangenheitsform für neu anzueigenden Wörter bilde. Zum anderen daran, daß es die falsche

Vergangenheitsform für Verben verwende, für die es im ersten Stadium die korrekte Vergangenheitsform benutzt hätte (etwa in der Weise, daß es an die richtige Vergangenheitsform von *come*, *came*, die Endung »ed« anfüge, also *cameed* sage). Im dritten Stadium koexistierten regelmäßige und unregelmäßige Formen. Die Kinder hätten den Gebrauch der korrekten Vergangenheitsform zurückgewonnen, während sie weiterhin die regelmäßige Form für neu zu lernende Verben anwendeten. Nach Auffassung der Autoren existiere keine scharfe Abgrenzung der verschiedenen Stadien gegeneinander.

Die Struktur ihres Modells besteht im wesentlichen aus einem Musterassoziiierer, der direkt modifizierbare Verbindungen zwischen jeder Einheit der Ausgabeschicht und jeder Einheit der Eingabeschicht enthält. Jede Einheit repräsentiert (kodiert) ein besonderes Merkmal der Eingabe- oder Ausgabezeichenkette. Die Funktion des Musterassoziiierers besteht nun darin, die Transformation kodierter Eingabedaten, die die Wurzelform der Verben repräsentieren, in kodierte Ausgabedaten vorzunehmen, die die entsprechenden Vergangenheitsformen der Verben repräsentieren. Das angewandte Approximationsverfahren ermöglicht, da alle Parameter der Verbindungen direkt modifizierbar sind, den aus dem Vergleich von Ausgabevektor mit der erwarteten Ausgabe resultierenden Fehler durch Optimierung der Parameter direkt zu minimieren, bis eine Übereinstimmung von erwartetem Wert und Istwert erfolgt. Die Simulationsergebnisse des Musterassoziiierers widerspiegeln nach Auffassung von Rumelhart und McClelland die drei Phasen des kindlichen Aneignungsprozesses: Da von der Annahme ausgegangen wird, daß Kinder in der ersten Phase nur eine geringe Anzahl von meist unregelmäßigen Verben benutzen, werden im ersten »Simulationsstadium« lediglich zwei Musterpaare als Eingabedaten repräsentiert, wovon eines ein Verb mit regelmäßiger Vergangenheitsform, das andere die Ausnahme von der Regel kodiert. Nach 20 Simulationsdurchläufen, die als »Lernerfahrung« bezeichnet werden, wird mit dem Approximationsverfahren eine nahezu 90prozentige Übereinstimmung von erwarteter Ausgabe und Ausgabevektor erzielt, ein Ergebnis, das als Abbildung der ersten Aneignungsphase interpretiert wird. Im zweiten »Simulationsstadium« werden schließlich in Analogie zur Verwendung einer größeren Anzahl von meist regelmäßigen Verben durch Kinder in der zweiten Aneignungsphase 18 Muster als Eingabedaten präsentiert, wovon die Mehrheit regelmäßige Verben kodiert und eines die Ausnahme, die bereits im ersten Stadium existierte.

Nach 10 Simulationsdurchläufen wird mit dem Approximationsverfahren bei unregelmäßigen Verben ein schlechteres Resultat gegenüber dem ersten Stadium erzielt, während die Resultate bei den regelmäßigen Verben gut sind. Erst im dritten »Simulationsstadium«, d.h. nach 500 Durchläufen, sind durch die Approximation die Parameter derart eingestellt, daß das Netz von beiden Verbformen die korrekte Vergangenheitsform liefert. Das schlechtere Approximationsergebnis des zweiten Stadiums interpretieren die Autoren so, daß das

Netz nun kontinuierlich mit »Lernerfahrungen« bombardiert werde, die durch die überwiegende Anzahl regelmäßiger Verben eine bestimmte Approximation erzwingen würden, die zu einer temporären »Überregularisierung« (»overregularization«) von Ausnahmen führe, ein Prozeß, der ebenso bei Kindern dieser Phase zu beobachten sei, die nun durch Anwendung grammatikalischen Regelwissens die regelmäßige Vergangenheitsform auf die unregelmäßigen Verben anwenden (also statt *came* *came* sagen). Das Simulationsergebnis im dritten Stadium, das nun gute Approximationsresultate für beide Verbformen liefert, wird als Abbildung der Koexistenz von beiden Verbformen und dem korrekten Umgang von Kindern mit ihnen gewertet.

Die Interpretation der Simulationsergebnisse als adäquate Widerspiegelung der kindlichen Sprachaneignung ist Resultat des Versuchs, spezifisch-menschliche Funktionen in Netzwerk-Termini zu erklären. Dabei werden jedoch lediglich die Eigenschaften des Systems in den avisierten psychologischen Forschungsgegenstand hineinprojiziert: Der Musterassoziiierer approximiert regelmäßige und unregelmäßige Verben unterschiedlich. Repräsentiert zudem der überwiegende Teil der Werte regelmäßige Verben, beginnt die Approximationsfunktion sich zu sehr an diese Werte »anzuschmiegen«. »Überregularisierung« bedeutet demnach, daß die Approximation gegenüber neuen Werten, die unregelmäßige Verben repräsentieren, dann zu grob, der Fehler also zu groß ist, so daß er erst nach weiteren Simulationen minimiert werden kann, bis sich die Approximationsfunktion an alle Werte, auch an die Ausnahmen, angepaßt hat. Der Musterassoziiierer ist eine Konstruktion, die Empirie – wenn überhaupt – nur in den Aspekten simuliert, die sich computergerecht in Form von E/A-Relationen algorithmisieren lassen. Michels (1990) bezeichnet diese als *effektive Verfahren*. Die Verben, die hier in ihrer Vergangenheitsform als »Output« generiert werden, kommen folglich nur aufgrund dieser Konstruktion zustande. Der »Output« ist demnach kein Nachweis für die empirische Geltung einer Theorie über kindliche Sprachaneignung. Deren Charakteristika bleiben im »empirischen Verfahren« der Computersimulation unerfaßbar: Auf dem im Modell dargestellten Niveau kindlicher Sprachaneignung wird vor allem der begrifflich-symbolische Aspekt der Sprache thematisiert. Dessen Realisierung durch das Kind setzt die Erfassung nicht nur des Brauchbarkeits-, sondern auch des Hergestelltheitsaspekts der Bedeutungszusammenhänge voraus (Holzkamp, 1983, 449). Die Möglichkeit des Kindes, die in den gesellschaftlichen Sprachformen geleistete Vermittlung zwischen begrifflich-symbolischer Realitätsbezogenheit/Inhaltlichkeit und deren sozialer Kommunizierbarkeit nun auch in der individuellen Denkweise bzw. Lebenspraxis zu realisieren, setzt voraus, daß es im Prinzip verstanden hat, daß Dinge hergestellt werden. Es muß also den Übergang von der Erfahrung seines eigenen Machens als bloßer Einwirkung auf die Realität bis zur Aneignung des in den Bedeutungskonstellationen objektiv enthaltenen Aktivitäts-Ursache-Wirkungszusammenhangs vollzogen haben. Erst dadurch

kann es realisieren, daß in seiner Umgebung Mittel vorhanden sind, mit denen man in verallgemeinerter Weise bestimmte Effekte erreichen kann, weil sie dafür gemacht worden sind (etwa ein Photoapparat zum »Bilder« machen). Damit wären die in den Bedeutungsstrukturen enthaltenen Vereindeutigungen, Abstraktionen und Verallgemeinerungen im individuellen Denken umsetzbar und die Beschränkung des Sprachverständnisses und Sprechens auf deren lautlich-kommunikative Funktion überwindbar.

Sprachaneignung und -benutzung sind somit wesentlich unterbestimmt, werden sie lediglich auf die Aneignung und Benutzung grammatikalischer Regeln zur Bildung von Vergangenheitsformen reduziert, damit ihrer Bezogenheit auf gegenständliche Bedeutungen beraubt. Sprachaneignung und -benutzung erscheinen zudem als subjektiv sinnentleerter Prozeß, völlig losgelöst vom subjektiven Interesse des Kindes, seine Bedingungsverfügung zu erweitern. Indem (grammatikalisch) regelhaftes »Verhalten« durch einen nicht weiter erklärten Mechanismus scheinbar begründet und mit dem einer Honigwabe verglichen wird (Rumelhart und McClelland, ebd., 217), erscheint kindliches Sprachverständnis im wesentlichen biologisch präformiert. Man trifft aber in der Ontogenese niemals auf »stumme Entwicklungspotenzen«, sondern immer auf mehr oder weniger spezifische Formen der Realisierung der artspezifisch-biologischen Potenzen in Aktivitäten zur Bedingungsverfügung. Gerade mit der Herausbildung der prinzipiellen Möglichkeiten des Kindes zur Aneignung verallgemeinerter Bedeutungen ist eine Erweiterung seiner Bedingungsverfügung möglich, da es beim Lernen des bedeutungsadäquaten Gebrauchs der Dinge sich die darin vergegenständlichten besonderen, mit deren Herstellung intendierten Brauchbarkeiten zunutze machen kann. Dies schließt ein, daß das Kind andere und sich selbst schon prinzipiell als Wesen erfährt, die Gründe für ihre Aktivitäten haben, die ihm nun aber auch inhaltlich verständlich werden.

Die Realisierung von Bedeutungen als generalisierte Brauchbarkeiten sowie die Herausbildung der Ebene subjektiv funktionaler, allgemein verständlicher Handlungsgründe stellt die Basis dar, aufgrund derer das von den Autoren beschriebene Phänomen der kindlichen Aneignung von Vergangenheitsformen von Verben eher geklärt werden kann. So mag ein Kind mit der Erfahrung von Zeitlichkeit zugleich die Erfahrung gemacht haben, daß die Mehrheit von Verben, die andere, vor allem Erwachsene, begründetermaßen zur Beschreibung ihrer Aktivitäten benutzen, eine regelmäßige Struktur haben und deshalb seinerseits gute Gründe für die Annahme haben, daß *alle* Vergangenheitsformen von Verben so enden, so daß es hier zu einer unzulässigen Verallgemeinerung von Erfahrungen kommt. Erst aufgrund einer wachsenden Verfügung über seine Lebensbedingungen, die begrifflich-symbolische Differenzierungsprozesse einschließt, kann es dann diese schematische Anwendung von Regeln zunehmend überwinden.

Nach allem läßt sich somit sagen, daß selbst da, wo Versuche gemacht werden,

menschliche Subjektivität abzubilden, diese, will man sie mittels effektiver Verfahren erfassen, in jedem Fall eliminiert wird. Der zentrale Beitrag des Konnektionismus liegt somit im wesentlichen unterhalb des Spezifitätsniveaus menschlicher Handlungsfähigkeit, also auf unspezifisch-physiologischer, wenn nicht gar unspezifisch-physikalischer Ebene.

V.

Es ist möglich, durch die Entwicklung einer angemessenen Begrifflichkeit Vorgänge in Netzwerkmodellen ohne mystifizierende Hineinverlagerung von Subjekten »ins« System zu terminologisieren. Die Funktion, die den gängigen Psychologisierungen der konnektionistischen Terminologie im wissenschaftlichen Diskurs zukommt, besteht vor allem darin, die Aussagekraft des Konnektionismus über seine legitimen Möglichkeiten hinaus zu erweitern. Damit wird eine »interdisziplinäre« Verwertbarkeit konnektionistischer Vorstellungen im kognitivistischen Wissenschaftsverbund vorgetäuscht, durch die die adäquate Theorienbildung in den jeweiligen Teildisziplinen ihrerseits behindert wird. Weder lassen sich in psychologische Termini gefaßte Netzwerkprozesse als Funktionenapproximationen begreifen noch können spezifisch-menschliche Lern- und Kognitionsprozesse nach dem Muster der Funktionenapproximation modelliert die lernende und erkennende Möglichkeitsbeziehung des Menschen zur Realität theoretisch faßbar machen. Entscheidend für die Überwindung der Unklarheiten und (Selbst-)Behinderungen im Verbund der Kognitionswissenschaft ist die Rekonstruktion des Subjektstandpunkts außerhalb des Systems, damit die (Zurück-)Gewinnung der Werkzeugperspektive gegenüber der verfehlten, homunculisierten Modellperspektive informatischer Systeme. In der Werkzeugperspektive ist das BenutzerIn-Werkzeug-Verhältnis eingeschlossen, nur aus dieser Perspektive kann die Rede von der »Eigenständigkeit« des Systems als das offenbar werden, was sie ist: ein Selbstmißverständnis. Wieweit indessen unter diesen Vorzeichen überhaupt so etwas wie ein interdisziplinärer Kognitivismus und eine informatisch inspirierte Kognitive Psychologie möglich sein kann, ist jedoch zweifelhaft.

Literatur

- Baumann, R. (1992): Neuronale Netze im Informatikunterricht?. *LOG IN*, 12, 14-25
 Charlier, M. (1991): Neuronale Computer: ein Anfang ist gemacht, *ComputerMagazin*, 1-2, 38-39
 Chomsky, N. (1957): *Syntactic Structures*. The Hague: Mouton
 Dreyfus, H.L. & Dreyfus, S.E. (1988): *Making a Mind Versus Modeling the Brain: Artificial Intelligence Back at a Branchpoint*. In Graubard, S. R. (Hrsg.), *The Artificial Intelligence Debate: False Starts, Real Foundations*, Cambridge/Massachusetts: MIT Press

- Fodor, J. (1981): *Representations. Philosophical Essay on the Foundations of Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press
- Haugeland, J. (1987): *Künstliche Intelligenz – Programmierte Vernunft?* Hamburg: Mac-Graw-Hill
- Holzkamp, K. 1983. *Grundlegung der Psychologie*. Frankfurt/New York: Campus
- Holzkamp, K. (1993): *Lernen. Subjektwissenschaftliche Grundlegung*. Frankfurt/New York: Campus
- Kohonen, T. (1982): Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*, 43, 59-69. Nachdruck in Anderson, J. A. & Rosenfeld, E. (Hrsg., 1988). *Neurocomputing. Foundations of Research*. Cambridge/Massachusetts: MIT Press
- Michels, H.-P. (1990): *Informationsverarbeitung und Künstliche Intelligenz: Eine Analyse der Grundlagen der modernen Denk- und Gedächtnispsychologie*. Frankfurt/Main: Lang
- Ossen, A. (1990): *Zur Modularisierbarkeit und Interpretierbarkeit Neuronaler Netze*, Dissertation, Fachbereich Informatik. TU Berlin
- Ritter, H., Martinetz, T., Schulten, K. (1991): *Neuronale Netze: Eine Einführung in die Neuroinformatik selbstorganisierter Netzwerke*. Bonn/ München: Addison-Wesley
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., and the PDP Research Group (1986): *Parallel Distributed Processing. Vol. 1: Foundations*. Cambridge, MA: MIT Press
- Schurig, V. (1975): *Naturgeschichte des Psychischen 1. Psychogenese und elementare Formen der Tierkommunikation*, Frankfurt/New York: Campus
- Varela, F.J. (1990): *Kognitionswissenschaft, Kognitionstechnik: eine Skizze aktueller Perspektiven*. Frankfurt/Main: Suhrkamp