

Intuition und Logik der Forschung in der Psychologie

Julius Kuhl

Universität Osnabrück

**Langfassung eines Vortrags zur Gedenkfeier für Heinz Heckhausen
in München am 23. November 1989**

**Erscheint in: *Heinz Heckhausen: Erinnerungen, Würdigungen,
Wirkungen.* Heidelberg: Springer, im Druck**

Intuition und Logik der Forschung in der Psychologie

Julius Kuhl
Universität Osnabrück

Mit Heinz Heckhausen haben wir nicht nur einen der bedeutendsten deutschen Psychologen der Nachkriegszeit, sondern auch eine Forscherpersönlichkeit verloren, die uns eine besondere Art vorgelebt hat, sein Leben einem der komplexesten Forschungsgegenstände überhaupt zu widmen, dem Verhalten des Menschen. Heckhausens vielfältige Beiträge zur Entwicklungs-, Motivations- und Volitionspsychologie sowie sein forschungspolitisches Engagement sind inzwischen vielerorts gewürdigt worden. Ich möchte einen Aspekt seiner Forscherpersönlichkeit lebendig werden lassen, der auf eine implizite wissenschaftstheoretische Position hinweist, die für die Psychologie und ganz besonders für die Motivations- und Volitionspsychologie ganz neue Impulse ermöglicht. Obwohl ich hoffe, zeigen zu können, wie sehr meine wissenschaftstheoretischen Reflexionen auf den Einfluß Heinz Heckhausens zurückgehen, bin ich für die spezifische Gestalt, die sie in meinem Entwurf erhalten, natürlich allein verantwortlich.

Das Thema meines Vortrages entspringt dem Bedürfnis nach einer neuen wissenschaftstheoretischen Grundlage psychologischen Forschens. Mein Entwurf enthält auf den ersten Blick recht unorthodox erscheinende Elemente wie "spielerisches" Umgehen mit Theorien und Daten, "kreative" Verunsicherung als Reaktion auf ganz plausibel erscheinende Argumente und neugierige Akzeptanz logisch widersprüchlicher theoretischer Aussagen. Ich werde erläutern, warum man hinter diesen spielerisch anmutenden Elementen eine zutiefst ernstgemeinte und ernstzunehmende wissenschaftstheoretische Alternativposition sehen kann. Dabei maße ich mir nicht an zu empfehlen, wie Wissenschaft eigentlich betrieben werden solle. Es geht vielmehr darum, die längst praktizierten intuitiven Komponenten wissenschaftlichen Tuns auch in unsere explizite Rekonstruktion dessen, was wir tun, zu integrieren, und sie

damit auch bei der bewußten Planung des Forschens systematischer als bisher zu berücksichtigen.

Diese Beschränkung fällt schwer, weil ich viele Forschungsperspektiven, die Heinz Heckhausen uns hinterlassen hat, nicht erörtern kann. Die Liste der spannenden Forschungsthemen, die Heckhausen noch in den letzten Jahren seines Schaffens eröffnet hat, ist lang. Meine stichwortartige Sammlung von neuen Fragestellungen füllt mehrere Seiten. Sie reicht von der Mikroanalyse des Enkodierens und Abrufens von intentionsbezogenen Informationen während der vier Handlungsphasen bis hin zu einem neuen Zugang zum Verständnis von Handlungsfehlern. Besonders spannend sind in diesem Zusammenhang die Untersuchungen Peter Gollwitzers über motivationale und volitionale Bewußtseinlagen. Ganz neue Erkenntnisse ergeben sich auch aus der Feinanalyse von Aktivierungsverläufen intentionsbezogener Informationen im Gedächtnis, mit denen sich z.B. Thomas Goschke und Miguel Kazén in Osnabrück und Jürgen Beckmann am Münchner Max-Planck-Institut für psychologische Forschung beschäftigen. Diese und viele andere inhaltliche Perspektiven möchte ich zurückstellen, um mich dem genannten wissenschaftstheoretischen Problem zu widmen, von dessen Lösung ich mir allerdings durchaus konkrete Impulse für die Motivations- und Volitionspsychologie verspreche.

Vielleicht kann ich denen, die Heinz Heckhausen nicht näher kannten, einen ersten Eindruck vermitteln, wenn ich sage, wie er vermutlich auf meinen Entwurf reagiert hätte. Vielleicht hätte er, wie er es zuweilen tat, spöttisch-provokativ mein sorgfältig zusammengebasteltes Konzept auseinandergenommen, vielleicht sogar mit ganz unlogischen, unwissenschaftlich klingenden Argumenten. Und wenn ich mich dann nicht ernstgenommen fühlte, oder gar aufgebracht mein Werk verteidigte, dann hätte er vielleicht solange weitergespielt, bis ich endlich etwas über wissenschaftliche Methodik verstanden hätte, was Psychologen nicht im Statistikseminar lernen: Es gibt ein Spiel, das Wissenschaftlern nicht nur erlaubt ist, sondern auf das sie auf die Dauer nicht verzichten können.

Intuition und Logik der Forschung

Was für ein Spiel ist das, das Wissenschaftler auch während der Arbeitszeit spielen dürfen? Es ist das jahrtausendealte Spiel zwischen Intuition und analytischem Denken, die - so lehrt die Geschichte - leider auch oft in Kampf umschlagende Auseinander-

setzung zwischen Gefühl und Verstand. Es ist die Phantasie, die mit der logischen Vernunft spielt und ihr den Alleinvertretungsanspruch streitig macht, mit dem sie unsere Arbeit oft unnötig erschwert.

Grenzen der Forschungslogik

Nun wird man einwenden, daß auch die kritische Vernunft in der Lage ist, unvollkommene Lösungen zu entlarven. Häufig mag sie das sogar wirksamer tun als die freischwebende Phantasie. Und überhaupt: Macht die logische Vernunft, macht das analytische Denken nicht das Wesentliche jeder wissenschaftlichen Betätigung aus? Unterscheidet sich Wissenschaft nicht gerade darin vom Alltagsdenken, daß sie uns von den diffusen Intuitionen des Alltags befreit? Wird Wissenschaft nicht gerade da interessant, wo sie uns kontraintuitive Erkenntnisse vermittelt? Dürfen wir Psychologen denn nicht stolz darauf sein, daß ein bekannter amerikanischer Wissenschaftsphilosoph vor ein paar Jahren ein Buch schreiben konnte mit dem Titel "From Folk Psychology to Cognitive Science" (Stich 1983) und uns damit gut 100 Jahre nach der Gründung des ersten experimentalpsychologischen Labors durch Wilhelm Wundt in Leipzig sozusagen die höheren wissenschaftlichen Weihen verliehen hat? Haben wir alle Fortschritte nicht gerade deshalb erreicht, weil wir endlich die "Logik der Forschung" umgesetzt haben?

Ja, wir haben Grund, ein wenig stolz zu sein. Die zum Teil rasanten Fortschritte der Nachkriegspsychologie wären in der Tat nicht vorstellbar ohne die Entwicklung von formalisierten Theorien, aus denen experimentell prüfbare Hypothesen abgeleitet werden konnten. Ohne den systematischen Einsatz analytischer Methoden wären die Fortschritte unserer Wissenschaft nicht denkbar. Und doch ist es gerade das analytische Vorgehen, das uns in Gefahr bringt, in eine Sackgasse zu geraten, dann nämlich, wenn wir dieses Instrument einseitig einsetzen. Und genau dies tun wir häufig. Wer in einer angesehenen, vor allem in einer amerikanischen, psychologischen Fachzeitschrift veröffentlichen will, ist gut beraten, sich möglichst streng an Poppers "Logik der Forschung" zu halten. Eine möglichst datennahe Theorie wird formuliert, aus ihr werden Hypothesen deduziert, und es wird mit Hilfe statistischer Methoden entschieden, ob die Theorie angesichts der experimentellen Befunde beibehalten werden kann oder als falsifiziert gelten muß. Darüber,

wie man an die Theorie gekommen ist, also über das, was bei Popper als "Entdeckungszusammenhang" nicht im Fokus des wissenschaftlichen Diskurses steht, braucht man nicht viel Worte zu verlieren. Es ist sogar riskant, dies zu tun, weil Versuche, das implizite Wissen zu kommunizieren, das uns befähigt, ein mehr oder weniger formalisiertes, experimentell überprüfbares Modell zu konstruieren, häufig als zu spekulativ, weil empirisch nicht prüfbar, abgelehnt werden. Sicher ist die Vernachlässigung der Intuition mehr den einseitigen positivistischen Ansätzen anzulasten als Popper, der sie ja eigentlich nur von dem trennen wollte, was er "Begründungszusammenhang" nannte. Tatsache ist, daß ihr heute in weiten Teilen der experimentellen Psychologie ähnlich wenig Raum gegeben wird wie in Poppers "Logik der Forschung".

Was sind die Gründe dafür, daß wir immer wieder Gefahr laufen, uns allzu einseitig an die rationalistische Wissenschaftsauffassung zu klammern? Ich möchte drei Gründe nennen. Es ist zum Teil einfach Angst vor Ungewißheit, es ist zweitens die bewußtseinspsychologische Täuschung, durch welche die bewußtseinsfähigen Merkmale des denkenden Subjekts mit Funktionsmerkmalen des Gegenstands seines Denkens verwechselt werden, und es ist drittens die hartnäckige Überzeugung, daß man auch die komplexesten Sachverhalte irgendwann in Sätzen erschöpfend beschreiben kann, die sich nach irgendwelchen syntaktischen Regeln bilden und zu neuen Wissensbeständen verknüpfen lassen. Wenn ich im folgenden von der Explikation impliziten Wissens rede, dann meine ich die Übersetzung impliziten nicht-propositionalen Wissens in das propositionale Wissensformat, welches die Voraussetzung für den Einsatz der syntaktischen Methoden der Forschungslogik schafft.

Gründe für die Intuitionsresistenz

Ambiguitätsfurcht. Ich kann die Triftigkeit dieser drei Gründe für unser nicht ganz entspanntes Verhältnis zur Intuition nur kurz erläutern. Die Ängstlichkeit im Umgang mit vagen, spekulativen und nicht voll explizierbaren Konzepten hat der amerikanische Wissenschaftsphilosoph Kaplan bereits vor einem viertel Jahrhundert zu therapieren versucht. Ich zitiere: "Es gibt einen gewissen Typus von Verhaltenswissenschaftlern, die bei der geringsten Gefahr, daß eine Uneindeutigkeit aufgedeckt wird, wie Einsiedlerkrebse nach Schutzscharren, und sei es nur, um die nächstgelegene verlassene logische Muschel zu finden. Aber es gibt keinen Grund zur Panik. Daß eine

kognitive Situation nicht so gut strukturiert ist, wie wir es gerne hätten, bedeutet doch nicht, daß jede Untersuchung, die wir in dieser Situation machen, unwissenschaftlich ist. Im Gegenteil, es sind die Dogmatismen außerhalb der Wissenschaft, die geschlossene Bedeutungssysteme verbreiten; die Wissenschaft hat auf der Suche nach Geschlossenheit keine Eile. "Ambiguitätstoleranz ist in der Wissenschaft genauso wichtig wie überall sonst" (Kaplan 1964, S. 71). Als ich dieses Zitat vor einigen Jahren Heckhausen zeigte, amüsierte er sich köstlich und ich spürte, wie sehr sich seine humorvolle Phantasie gerade mit dieser Art von Ängstlichkeit anlegte, welche die Logik der Forschung so ernst nimmt, daß man sie nicht mehr ernst nehmen kann. Kritisch wird es dann, wenn sich die Instrumente der Forschungslogik verselbständigen, d.h. wenn sie von der impliziten Wissensbasis abgekoppelt werden. In Dietrich Dörners Untersuchungen an Versuchspersonen, die z.B. als fiktive Bürgermeister mit dem komplexen System einer simulierten Kleinstadt fertig werden mußten, zeigte sich, daß sich erfolgreiche Problemlöser nicht durch analytische Intelligenz, sondern durch ein Persönlichkeitsmerkmal auszeichneten, das man Ambiguitätstoleranz nennen könnte (Dörner, Kreuzig, Reither & Stäudel 1983).

Unfreiwilliger Introspektionismus. An dieser Stelle passiert uns Psychologen auch heute noch trotz der längst erfolgten formalen Ablösung von der Bewußtseinspsychologie leicht der Lapsus, den ich als zweite Ursache für unser unkritisches Festhalten am kritischen Rationalismus genannt habe. Wenn wir ein zunächst nicht lösbares Problem, sagen wir eine uns handschriftlich vorgelegte Mathematikaufgabe, schließlich durch Intervention logischer Denkschritte doch noch gelöst haben, so attribuieren wir den Erfolg auf das, was wir bewußt erlebt haben und erinnern, nämlich auf die bewußt erlebten Denkschritte. Dabei übersehen wir, daß fast die gesamte Verarbeitungsleistung unbewußt, "intuitiv" geschieht, vom Lesen der Handschrift bis hin zu vielen Rechenoperationen, die man "automatisch" durchführt. Obwohl wir eigentlich wissen, daß unsere Leistungen im wesentlichen durch nicht bewußte Vorgänge zustande kommen, überschätzen wir aufgrund eines unfreiwilligen Introspektionismus immer wieder die Rolle des analytischen Denkens auch beim Zustandekommen wissenschaftlicher Leistungen.

Explizierbarkeitsillusion. Und damit sind wir bei der dritten Ursache für das Festhalten am Rationalismus. Da wir auch in der Wissenschaft immer wieder dem bewußtseinspsychologischen Irrtum unterliegen, unterschätzen wir die Komplexität dieser Systeme immer wieder, und wir überschätzen den Beitrag unserer explizit formulierten Theorien zur erfolgreichen Vorhersage. Da wir die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes ja nicht permanent bewußt erleben können, bilden wir uns immer wieder ein, die Dinge seien so simpel, wie es die wenigen bewußt zugänglichen Wissensbestände nahelegen. Wenn wir explizit formulierte Modelle anzuwenden meinen, wenden wir in Wirklichkeit unbewußt ein unglaublich komplexes System impliziter Wissensstrukturen mit an. Dörners Untersuchungen illustrieren die Diskrepanz zwischen der Komplexität der Systeme, mit denen Menschen umgehen, und der hoffnungslosen Unzulänglichkeit der Wissensbestände, die bewußt erlebbar und mitteilbar sind. Menschen können mit Systemen umgehen, die mehrere tausend Variablen enthalten, die auf eine dem Bewußtsein zum größten Teil nicht zugängliche Art und Weise miteinander vernetzt sind, sich ständig unmerklich verändern, so daß oft die Ergebnisse der nur stichprobenartig möglichen Erkundung des Systems, dann, wenn sie dem Akteur bewußt werden, längst überholt sind. Es spricht vieles dafür, daß viele der Wissensbestände, die uns den Umgang mit derart komplexen Systemen ermöglichen, grundsätzlich syntaktisch nicht explizierbar sind.

Theoriearmer Empirismus

Heinz Heckhausen hat sich beständig gegen einen einseitigen, theorie- und intuitionsarmen Empirismus gewandt. Ich erinnere mich noch gut an meine Verwirrung, als ich im 3. Semester nach gerade abgeschlossener Statistikausbildung seine Habilitationsschrift studierte. Nachdem er die mich sehr beeindruckende statistische Validierung der einzelnen Inhaltskategorien seines Leistungsmotivtests dargestellt hatte, verwarf er kurzer Hand einige statistisch zwar signifikante, intuitiv aber nicht plausible Kategorien mit der lapidaren Begründung "... und nun war es an der Zeit, theoretischen Erwägungen wieder Raum zu geben" (Heckhausen 1963). So war uns das im Statistikseminar nicht erklärt worden.

Es gibt in weiten Teilen der Psychologie - und nicht nur in der Psychologie - eine Art von verkürztem Empirismus, der den kritischen Rationalismus so eng auslegt, als müsse der Bogen von

der Deduktion theoretischer Implikationen bis hin zur experimentellen Überprüfung möglichst in jeder Einzelarbeit vollständig realisiert sein. Man läßt sich nicht gern auf theoretische Konzepte ein, wenn ihre Notwendigkeit nicht unmittelbar durch empirische Befunde "bewiesen" ist. Diese Haltung beruht auf einer falschen Auslegung des Sparsamkeitsprinzips. Sparsamkeit scheint oft als geradezu ästhetischer Wert an sich betrachtet zu werden. Der eigentliche Sinn des Sparsamkeitsprinzips liegt jedoch in der Verhütung von ad hoc-Erklärungen. Theoretische Komplexität darf nicht datengesteuert ("von unten nach oben") entstehen, weil man bekanntlich jeden Datensatz beliebig gut "erklären" kann, wenn man nur hinreichend viele theoretische Parameter zuläßt. Dieses Risiko der unbegründeten Komplexitätsvergrößerung ist erheblich geringer, wenn man sie theoriegeleitet ("von oben nach unten") vornimmt. Dies setzt allerdings das Vertrauen in unsere naiven oder wissenschaftlichen impliziten Theorien voraus, ohne das Fortschritt kaum möglich ist. Der Nutzen theoriegeleiteter Komplexität beweist sich nicht in erster Linie kurzfristig, sondern oft erst langfristig, wenn die zur Messung der theoretisch postulierten Konzepte notwendigen Instrumente entwickelt sind. Ohne einen gehörigen Vertrauensvorschuß in die theoretische Konzeption käme es gar nicht zur Entwicklung der Meßinstrumente, die den Fortschritt erst möglich machen. Kurzfristig beweist sich theoriegeleitete Komplexitätsvergrößerung in einer Verbesserung der Generalisierbarkeit der Theorie.

Die Rehabilitation der Intuition

Heckhausen fand das einzige Mittel, das uns ermöglicht, ein so hoch komplexes System wie die Psyche des Menschen auch experimentell zu erforschen und dabei aus expliziten Modellen abgeleitete Hypothesen zu prüfen: Er hat weder Modelle noch Daten ernster genommen, als sie es verdienen. Als ihn ein ausländischer Gast einmal auf Daten hinwies, die zu seiner Theorie nicht paßten, war die Antwort: "That's too bad for the data". Wenn man ihn darauf aufmerksam machte, daß eine theoretische Behauptung, die er aufstellte, mit einer früheren logisch nicht vereinbar war, dann konnte es sein, daß er fragte, wo man denn die frühere Behauptung gelesen habe, und auf die Antwort, das sei in einer seiner Publikationen des Vorjahres gewesen, zu verstehen gab: "Ach Gott, das war vor einem Jahr ...".

Spiel und Ernst. Heinz Heckhausen hat seine Mitarbeiter nie dogmatisch auf eine Theorie eingeschworen. Und doch hat er uns, oft mehr implizit als explizit, ein theoretisches Hintergrundwissen vermittelt, welches ermöglichte, daß die scheinbar heterogenen Forschungsinteressen jedes einzelnen Mitarbeiters schließlich doch zu einem Ganzen integriert werden konnten. Diese Integrationsleistung konnte nur er vollbringen, wie die gerade erschienene zweite Auflage seines Lehrbuchs dokumentiert (Heckhausen 1989). Die Integration war nur deshalb möglich, weil wir alle mehr gemeinsam hatten, als in unseren expliziten Theorien formuliert war. Heckhausen ist mit Theorien und Daten zuweilen spielerisch und phantasievoll umgegangen, weil er wußte, daß er nur so beides ernst nehmen konnte. Er betrieb Wissenschaft aus der tiefen Überzeugung heraus, daß man weder Theorien noch Daten zu ernstnehmen darf, wenn man irgendwann einmal zu wirklich ernstzunehmenden Erkenntnissen kommen möchte. Eine allzu ernste Handhabung von formalisierten Modellen, logischen Argumenten, empirischen Daten und Ergebnissen von Signifikanztests kann durchaus auch Lächerlichkeiten produzieren.

Risiken des Spiels. Spricht nicht alles dafür, Heinz Heckhausens implizites Wissenschaftsverständnis zu kanonisieren und zur allgemeinen Nachahmung zu empfehlen? Leider ist das nicht so einfach. Das durch diese Wissenschaftsauffassung gerechtfertigte Verhalten ist nämlich nur sehr schwer zu unterscheiden von wissenschaftlicher Scharlatanerie, die sich ebenfalls über Theorien und Daten lustig macht, wenn auch meist weniger offen. Brächten wir uns nicht mit einem allzu freizügig-spielerischen Wissenschaftsverständnis gar zu sehr in Versuchung? Heckhausen war selbstbewußt genug, um das Risiko falscher Unterstellungen und den Mangel an einfachen, unsicherheitsreduzierenden Kriterien für die Beurteilung von Daten und Theorien ertragen zu können. Aber um den flexiblen Umgang mit Theorien und Daten allen Wissenschaftlern zu empfehlen, müßte erst ein neues Wissenschaftsverständnis entstehen, das mit neuen Methoden des Erkenntnisgewinns gekoppelt ist, die vor Mißbrauch der neuen Freiheit schützen. Hilfreicher als die detaillierte Beschreibung eines utopischen Endzustands wäre hier die Suche nach konkreten ersten Schritten, die in die richtige Richtung führen.

Intuitionsbasierte Logik. Wie könnte die neue Wissenschaftsauffassung aussehen? Welche Rolle spielt in ihr die logische Vernunft? Wie würde man mit dem nicht explizierten und damit logisch noch nicht oder nie greifbaren intuitiven Wissen umgehen? Brauchen wir einfach nur ein mehr an guter Logik, um die gegenwärtigen Defizite zu überwinden, wie es uns die rationalistische Position nahelegt? Oder können wir neue Formen des Umgangs mit intuitivem Wissen entwickeln, welche die logische Vernunft zusammen mit den heutigen Digitalcomputern, die ihr nachgebaut sind, ins Museum schicken? Von Robert Musil, der sich in seinem Werk "Der Mann ohne Eigenschaften" intensiv mit dem Verhältnis von Vernunft und Intuition auseinandergesetzt hat, stammt der Satz: "Wir haben nicht zuviel Verstand und zuwenig Seele, sondern wir haben zuwenig Verstand in Fragen der Seele".

Es ist selbstverständlich, daß wir auch in der Wissenschaft nicht auf die Logik verzichten können. Es gilt, Methoden zu entwickeln, die es der Logik ermöglichen, sich mehr als bisher an dem impliziten Wissen zu orientieren, das wir über menschliches Verhalten haben. Die implizite Wissensrepräsentation muß in die wissenschaftliche Arbeit einbezogen werden, so daß auch der Dialog zwischen explizitem, der logischen Analyse direkt zugänglichem Wissen, und dem impliziten Wissen reflektierbar und steuerbar wird. Nur so können die Einseitigkeiten des Rationalismus überwunden werden. Wir Psychologen wissen, daß Menschen, die einseitig vernunftgesteuert handeln, oft therapeutische Hilfe brauchen, weil sie es irgendwann nicht mehr fertigbringen, die Außenwelt und ihre eigenen Bedürfnisse in all ihrer Komplexität wahrzunehmen und in ihrem Verhalten zu berücksichtigen (Gendlin 1981). Ich glaube, daß auch die Wissenschaft den ausgewogenen Dialog zwischen Logik und Intuition braucht. In Hesses "Glasperlenspiel" wird ein harmonisches Miteinander zwischen Vernunft und Intuition auch für die Wissenschaft der Zukunft sehr facettenreich beschrieben.

Die wissenschaftliche Exploration nicht-explizierbarer Intuition

Das wirklich Spannende, vielleicht sogar Umwälzende habe ich bisher noch gar nicht erwähnt. Es bahnt sich in verschiedenen Wissenschaften, auch in der Psychologie eine Entwicklung an, welche die Methoden anbietet, die wir zur Einbeziehung nicht explizierten oder nicht explizierbaren Wissens benötigen. Der neue Konnektionismus untersucht und simuliert neuronale Netzwerke, die

plötzlich all das zu können scheinen, was unsere nach den Regeln der Logik operierenden Modelle, einschließlich der digitalen Computer gar nicht oder nur durch einen ungeheuren komputationalen Aufwand vermögen (McClelland & Rumelhart 1986). Neuronale Netzwerke zeigen, wie es das Gehirn schafft, riesige Informationsmengen, wie sie schon beim Erkennen eines Bildes und der Bedeutung aller seiner Einzelheiten auftreten, in wenigen Millisekunden zu verarbeiten, das Gelernte auf völlig neue Situationen anzuwenden und in jeder Situation blitzschnell mit einer vielleicht noch nie zuvor gezeigten Verhaltenskonfiguration zu antworten, die eine riesige Zahl von Anforderungen gleichzeitig erfüllt.

Eigenschaften neuronaler Netzwerke. Neuronale Netzwerke werden nicht programmiert wie ein digitaler Computer (oder ein extrem "vernunftgesteuerter" Mensch), sondern sie lernen langsam, aber stetig aus Erfahrung, ganz so wie Menschen und Tiere den größten Teil ihres Wissens erwerben. Mit dem Gelernten können sie dann Erstaunliches vollbringen, das mit sequentiell-analytischer Intelligenz gar nicht oder nur unter großem Aufwand zu leisten ist: Sie generalisieren automatisch das Gelernte auf neue, noch nie "erlebte" Situationen, sie erkennen auch "neue", den bislang erlebten Situationen nur nach irgendeiner, oft nicht ohne weiteres beschreibbaren Metrik "ähnlichen" Situation (wie es z.B. zum Entziffern einer noch nie gesehenen Handschrift erforderlich ist), und sie lassen in ihrer Leistung nicht abrupt wie digitale Computer nach, wenn einzelne Informationseinheiten fehlen oder sogar einige Knoten im Netzwerk zerstört werden, sondern generieren in solchen Fällen meist noch mehr oder weniger akzeptable Ergebnisse. Auch leiden sie ähnlich wie ein gesunder Mensch nicht an dem Grundproblem jedes auch noch so intelligenten Computerprogramms (oder allzu vernunftgesteuerten Wissenschaftlers), daß es (bzw. er oder sie) nicht weiß, wo man in der unendlichen Menge allen gespeicherten Weltwissens, das wegen seines Umfangs gar nicht systematisch durchmustert werden kann, nach den speziellen Lösungsschritten für ein aktuelles Problem suchen soll. Heinz Heckhausen taufte übrigens in diesem Zusammenhang einmal scherzend die Systemeigenschaft "Künstliche Intelligenz" in "Künstliche Dummheit" um.

Das Besondere an der Intelligenz natürlicher Netzwerke liegt darin, daß sie sozusagen mit der bestmöglichen Verhaltenskonfigura-

tion zur Berücksichtigung buchstäblich unzähliger Erfordernisse einer Situation innerhalb von einigen hundert Millisekunden antworten, auch wenn diese Verhaltenskonfiguration in der momentan generierten Form noch nie in der Lerngeschichte des Organismus aufgetreten ist. Das Wichtigste an den künstlichen und den natürlichen Netzwerken ist aber, daß keine der genannten Leistungen durch irgendwelche Zusatzprozesse vermittelt werden, die nötig sind, wenn man mit dem Digitalcomputer auch nur Annäherungen an solche Leistungsmerkmale erzielen will. Alle die genannten Funktionsmerkmale ergeben sich sozusagen als emergente Eigenschaften einer im Prinzip erstaunlich einfachen Grundarchitektur.

EIN EINFACHES NETZWERK

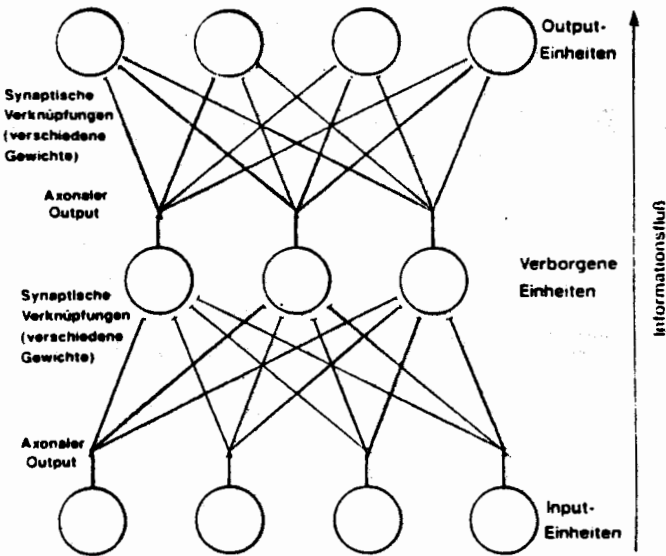


Abb. 1: Darstellung eines einfachen Netzwerkes mit drei Schichten von Verarbeitungseinheiten.

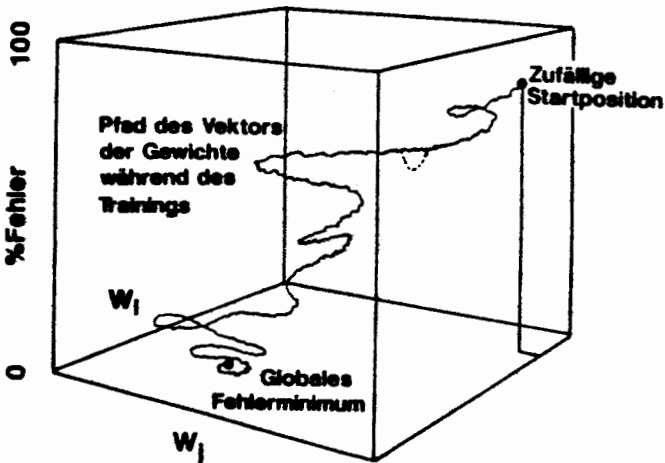
Die Struktur neuronaler Netzwerke. Es ist schwer, der Versuchung zu widerstehen, an dieser Stelle ausführlich in die Details neuronaler Netzwerkmodelle zu gehen. Man kann den neuen Umgang mit der Intuition umso anschaulicher und präziser erläutern, je konkreter man auf Einzelheiten der Modellarchitektur eingeht. Ich muß mich hier auf wenige Hinweise beschränken. Die Wissensrepräsentation erfolgt in neuronalen Netzwerken "subsymbolisch", d.h. ein Konzept wie Tisch oder Freiheit ist nirgends als klar abgegrenzte Einheit gespeichert (wie in den sogenannten "propositionalen" Netzwerken: Anderson & Bower 1973), sondern durch eine charakteristische Verteilung von "Verknüpfungsgewichten", von denen die Erregungsausbreitung innerhalb des Netzwerks abhängt. Die Flexibilität und andere der menschlichen Intuition ähnliche Eigenschaften neuronaler Netzwerke ergeben sich aus dieser Grundarchitektur. Schematisch betrachtet besteht ein neuronales Netzwerk aus einer Schicht von sogenannten Inputknoten, einer Schicht von Outputknoten und einer oder mehrerer dazwischenliegender Schichten von sogenannten verborgenen Knoten (Abbildung 1). Jeder Inputknoten wird durch ein anderes Merkmal der aktuell vorgefundenen Situation aktiviert. Das sind normalerweise sehr elementare Merkmale, wie z.B. ein bestimmtes Intervall des sichtbaren oder hörbaren Frequenzspektrums. Im Modell speist man die Inputknoten oft aber mit komplexeren Merkmalen, die bereits Verarbeitungsergebnisse vorgeschalteter Netzwerke darstellen (z.B. wahrgenommene Gegenstände oder auch semantische Begriffe wie "Spiel" und "Arbeit"). Das tut man, um auch komplexere Verarbeitungsleistungen mit unseren begrenzten komputationalen Möglichkeiten untersuchen zu können. Die Outputknoten entsprechen Merkmalen von Reaktionen. In einem einfachen Anwendungsbeispiel zur Entdeckung von Unterwasserminen werden die Inputknoten mit dem Frequenzspektrum gefüttert, das ein Sonargerät liefert, und die Outputknoten entsprechen den beiden Reaktionsalternativen, die dieses System treffsicher erlernen soll: "Mine" und "Stein".

Informationsausbreitung. Wie lernt ein neuronales Netzwerk? Es lernt mühsam und allmählich, in vielen Zyklen, kann dann aber das Gelernte mit unglaublicher Geschwindigkeit anwenden. Jeder Zyklus besteht aus einer Phase der Informationsausbreitung und der eigentlichen Lernphase. In der ersten Phase entscheidet sich, welche Knoten im Netzwerk aktiviert werden und welche nicht. Bei jedem

einzelnen Knoten hängt das ganz einfach von der Summe der Aktivationsbeträge ab, die ihn von anderen Knoten erreichen. Das Ausmaß, in dem der Aktivationsbetrag jedes einzelnen simulierten "Neurons" die Aktivierung eines Zielknotens mitbestimmen kann, hängt davon ab, wie eng es mit dem gerade betrachteten Zielknoten verknüpft ist. Diese Verknüpfungsstärke, die in expliziter Analogie zu den Übertragungsmechanismen an den Synapsen echter neuronaler Netzwerke konzipiert ist, wird im Modell als Gewicht ausgedrückt, mit dem der entsprechende Aktivationsbetrag multipliziert wird. Damit ist schon fast alles gesagt, was man zum grundsätzlichen Verständnis der Informationsausbreitung wissen muß. Jetzt ist auch die immense Geschwindigkeit dieser Verarbeitungsform verständlich. Sie beruht darauf, daß innerhalb einer Schicht von Knoten alle Ausbreitungsvorgänge parallel ablaufen. So ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit bei Netzwerken mit gleicher Anzahl von verborgenen Schichten überhaupt nicht von der Größe des Netzwerkes und damit auch nicht von der Komplexität der verarbeiteten Information abhängig. Das ist bei der logischen Verarbeitungsform, über deren Schwerfälligkeit sich Heinz Heckhausen so gern lustig machte, ganz anders.

Lernen. Ein Netzwerk lernt z.B. dadurch, daß es aufgrund der Diskrepanz zwischen seinem Output und einer Rückmeldung aus der Umwelt die Verknüpfungsgewichte solange anpaßt, bis diese Diskrepanz minimiert ist. Bildhaft kann man sich diesen wichtigen Vorgang des "intuitiven" Wissenserwerbs als einen mehr oder weniger verschlungenen Abstieg aus einem Gebirge vorstellen, dessen Gipfel - da der Abstieg bei Dunkelheit erfolgt - nicht den großen Überblick ermöglichen, sondern vielleicht als "Gipfel der Torheit" zu bezeichnen wären (vgl. Abbildung 2). Die horizontalen Koordinaten, die die eigene momentane Position bestimmen, sind im Netzwerkmodell nicht wie im Bild auf zwei beschränkt, sondern durch die Anzahl und Ausprägung der Verknüpfungsgewichte bestimmt, die ja das momentane Wissen des Systems darstellen. In der Abbildung sehen Sie das, was nach analytischer Reduktion auf das Wesentliche von meiner Bergwelt noch übrig geblieben ist.

**LERNEN:
GRADIENTENABSTIEG IM RAUM
DER VERKNÜPFUNGSGEWICHTE**



**Es sind nur die Achsen von 2 aus einer
Vielzahl synaptischer Gewichte gezeigt**

Abb. 2: Lernen im Netzwerkmodell: Auffinden der Kombination von Verknüpfungsgewichten mit der geringsten Fehlerrate.

Kreative Verunsicherung. Wir können hier nun die große Problematik des wissenschaftlichen Fortschritts explizieren. Eine Überzeugung, eine Theorie oder ein Paradigma entspricht einem Zwischental, aus dem es zunächst keinen Ausweg zu geben scheint, weil jeder Ausbruchversuch an der das Tal umschließenden Bergkette scheitert. Jede Veränderung der Theorie erhöht nur die Fehlerrate (vgl. die gestrichelte Senke im oberen Teil des in Abbildung 2 gezeichneten Pfades). Im Modellversuch können solche "lokalen Minima" durch die Einführung von "Zufallsrauschen" überwunden werden, einem Sturm von Ausbruchversuchen in alle Richtungen vergleichbar. Die großen Umwälzungen, die Kuhn (1962) Paradigmawechsel genannt hat, aber auch kleine Erkenntnisfortschritte sind nur so erreichbar.

Darin sehe ich auch den tieferen Sinn von Heckhausens Spiel, das er "kreative Verunsicherung" nannte. Gerade bei besonders logisch klingenden Erklärungsversuchen konnte es vorkommen, daß er sich geradezu spielerisch mit dem Vortragenden anlegte und sich zuweilen auch nicht scheute ganz unlogisch anmutende Argumente ins Feld zu führen. Zwischen den Gipfeln der Torheit erscheinen sämtliche Auswege aus den Zwischentälern unlogisch und unvernünftig, weil sie irgendwelchen Wissensbeständen widersprechen. Dem Spiel mit scheinbar unlogischen Argumenten kann also ein tieferer Sinn zugrundeliegen, der erst dann erkennbar wird, wenn man einen Weg aus dem Zwischental gefunden hat.

Die logische Vernunft und das ganze durch sie geschaffene Instrumentarium ist in der riesigen Bergwelt impliziten Wissens vielleicht nur einer kleinen Funzel vergleichbar. Aber auch wenn wir ihr die Ausmaße eines gewaltigen Scheinwerfers zuschreiben, kann sie einen Ausweg, der unlogisch erscheinende Zwischenschritte vermeidet, nur vermitteln, wenn wir das Glück haben, daß die umgebende Bergkette irgendwo tatsächlich einen Spalt läßt. In dem Bild der von den Gipfeln der Torheit umgebenen Bergwelt läßt sich auch veranschaulichen, warum rationale Wissenschaft nur dann erfolgreich sein kann, wenn sie sich ständig an der impliziten "Wissenslandschaft" orientiert. Heinz Heckhausen hat auch in jeder wissenschaftlichen Diskussion sein Alltagswissen parat gehabt. Es wäre völlig absurd, bevor wir etwas wirklich Besseres haben, die naive Psychologie abstreifen zu wollen, die uns allen im Alltag das Zusammenleben mit Menschen ermöglicht, deren Komplexität buchstäblich unendliche Ausmaße annimmt. Das Bild zeigt allerdings auch, daß wir den Enthusiasmus für neuronale Netzwerke und das durch sie modellierbare intuitive Wissen nicht übertreiben dürfen (vgl. Scheerer 1989). Sobald wir ein Zwischental verlassen haben, kann Zufallsrauschen oder kreative Verunsicherung den Abstieg nur erschweren. Während des Abstiegs sind die Instrumente der Forschungslogik bei all ihrer Begrenztheit unentbehrlich. Wir müssen auch damit rechnen, daß weder die Algorithmen der Forschungslogik noch das analytische Denken im Alltag durch Netzwerkrepräsentationen erklärbar sind. Vielleicht erfordern sie grundsätzlich die sogenannte komputationale Betrachtungsweise, die ganz unabhängig von der konkreten neuronalen Implementierung gewählt werden kann (Fodor & Pylyshyn 1988, Scheerer 1989).

Die Konfundierung von Intuition und Logik führt sowohl im

Alltag als auch in der Wissenschaft immer wieder zu Fehlschlüssen. Wenn wir im Alltag z.B. versuchen, unser naives Wissen über unsere Mitmenschen zu kommunizieren, dann erscheinen sukzessiv aufgestellte Behauptungen oft sehr widersprüchlich. Da ertappt man einen Menschen bei einer Lüge und gibt sich gar nicht überrascht, weil man ja eigentlich immer wußte, daß er kein ehrlicher Mensch sei. Bei einer späteren Gelegenheit führt die Beobachtung eines besonders redlichen Verhaltens dieses "unehrlichen" Menschen zu der mit gleicher Überzeugung vorgetragenen Einschätzung, man habe ja immer gewußt, daß es ein im Grunde ehrlicher Mensch sei. Dem vom naiven Alltagswissen zumindest zeitweise befreiten logischen Betrachter sind solche Widersprüche ein Beweis für die mangelnde kausale Erklärungskraft naiver Verhaltensinterpretationen (Dennett 1988, Norman 1980). Heinz Heckhausen ließ sich von derartiger Skepsis nicht beeindrucken. Er zeigte auch hier die erwähnte neugierige Akzeptanz von logischen Widersprüchen, wie ich sie später in Mexiko in Extremform vorfand, einem Land, in dem es ein bis an Alltagsurrealismus reichendes fröhliches Zelebrieren logischer Widersprüche gibt.

Hinter dieser Akzeptanz steckt ein Geheimnis intuitiver Wissensrepräsentation, das sich mit Hilfe der konnektionistischen Modelle impliziten Wissens heute durchaus lüften läßt. Was den sich auf die logische Analyse reduzierenden Betrachter in dem erwähnten Beispiel so irritiert, erscheint nur deshalb so widersprüchlich, weil er von der hinter den beiden Behauptungen stehenden impliziten Wissensstruktur keine Kenntnis hat. Der logische Betrachter, der die beiden widersprüchlich erscheinenden Eigenschaftsattribute als Scheinerklärungen ablehnt, übersieht, daß sie durchaus einen Erklärungswert besitzen können, dann nämlich, wenn der naive Eigenschaftspsychologe über ein implizites Wissen verfügt, das es ihm ermöglicht zu entscheiden, in welchen Situationen sein Mitmensch ehrlich ist und in welchen er unehrlich ist. Es läßt sich durchaus begründen, daß Menschen über solche Fähigkeiten verfügen. Im konnektionistischen Modell sehen wir genauer, wie Eigenschaften und naive Eigenschaftstheorien funktionieren können und warum sie sich oft nicht in einer auch noch so langen Reihe logischer Aussagen ausdrücken lassen. Psychologen, die der Alltagspsychologie sehr skeptisch gegenüberstehen, verweisen auf die Widersprüchlichkeiten expliziter Verhaltensinterpretationen. Begreift man, daß verbale "Erklärungen" im Alltag nicht wörtlich genommen

werden dürfen, weil sie die eigentliche naive Psychologie, nämlich das handlungsleitende implizite Wissen gar nicht erschöpfend beschreiben, dann kommt man zu einer sehr viel respektvolleren Einschätzung gegenüber der naiven Psychologie.

An dieser Stelle mögen Sie, auch wenn ich auf weitere Elaborationen verzichten muß, ahnen, daß hier eine Vielzahl von schwierigen Problemen der Motivations- und Persönlichkeitspsychologie lösbar werden. Es wird das Problem lösbar, daß Motivdispositionen und Persönlichkeitseigenschaften bislang schon deshalb die objektive Messung erschweren, weil sie sich bei jeder Person in einer meist nicht explizierbaren idiosynkratischen Kombination von Situations- und Verhaltensmerkmalen niederschlagen. Heinz Heckhausen hat häufig angemahnt, daß die etablierte Persönlichkeitsdiagnostik summarische Maße durch differenzierte Meßmethoden ersetzen müßte. Hochkomplexe, idiosynkratische und doch in sich sehr konsistent operierende Verhaltensdispositionen lassen sich bald sehr viel differenzierter messen, als wir es bislang mit den verfügbaren Globalmaßen vermögen, und zwar auch dann, wenn sich die zu messenden Dispositionen der propositionalen Explikation entziehen.

Dabei wird sich allerdings ein neues Konzept der psychologischen Messung herausbilden. Das den etablierten Naturwissenschaften entlehnte Prinzip der erschöpfenden Statistik ist auf die Psychologie allenfalls in Ausnahmefällen übertragbar. Es ist eine Illusion, eine Eigenschaft oder ein Motiv durch einen einzigen Kennwert erfassen zu wollen, der das zu Messende erschöpfend beschreibt. Netzwerkmodelle ermöglichen eine neue Form der Abbildung eines empirischen Relativs (z.B. dessen, was wir eine Eigenschaft nennen) auf ein numerisches Relativ, eine Form, die dem Gegenstand der Psychologie sehr viel angemessener ist als die bisherigen Meßmodelle. Der praktische Nutzen dieser in greifbare Nähe gerückten Möglichkeiten ist, auch für die diagnostische Unterstützung psychologischer Intervention, von immenser Bedeutung, weil sich zum ersten Mal die Möglichkeit eröffnet, hochkomplexe, idiosynkratische Dispositionen von Einzelpersonen so differenziert zu messen, wie es für die Intervention im Einzelfall unentbehrlich ist. Diese neue Form psychologischen Messens verwirklicht bereits ein Stück von dem, was meine wissenschaftstheoretischen Ausführungen als zwar wünschenswert, aber geradezu utopisch erscheinen

ließen: die Miteinbeziehung impliziten Wissens in den mit den Instrumenten der Forschungslogik steuerbaren Wissensfundus.

Die Überwindung philosophischer Scheinprobleme

Das Analytizitätsargument. Die genannten meßmethodischen Fortschritte werden nach meiner Einschätzung philosophische Einwände gegen den Erklärungswert intentionaler Konzepte bald als Scheinprobleme entlarven. Das Argument, daß zwischen motivationstheoretischen Konzepten (wie Überzeugungen, Wünschen, Absichten) und dem beobachteten Verhalten keine kausale, sondern nur eine analytische oder interpretative Beziehung bestehe (Dennett 1988), ist überholt. Wir können heute neuronale Netzwerke simulieren, in denen die solchen Konzepten zugrundeliegende Wissensbasis unabhängig vom zu erklärenden Verhalten inspizierbar ist, und die nachweislich das simulierte Verhalten determiniert. Man kann zeigen, daß das Analytizitätsargument auf zwei Grundproblemen der rationalistischen Wissenschaftsauffassung beruht, nämlich der einseitigen Beschränkung auf analytische Denkmethode und der zum Teil auch dadurch geförderten Verengung des Blicks für die Vielfalt der zu erklärenden Verhaltensdaten.

Letzteres wird schon an einem beliebten Denkspiel deutlich, das viele Philosophen gern vorführen, um zu dem Schluß zu kommen, Überzeugungen, Wünsche und Absichten könne es (als kausal wirkendes Existierendes) nicht geben. Ich möchte es an einem Beispiel erläutern: Man versetze sich in die Rolle eines auf eine einsame Insel verschlagenen Menschen, der an retrograder Totalamnesie leidet. Eines Tages kommt ein Schiff, und er hat subjektiv zum ersten Mal die Chance, Verhalten zu beobachten und zu erklären. Er beobachtet zum Beispiel eine Besucherin, die eine Kokosnuß pflückt und kommt vielleicht auf die Idee, ihr einen entsprechenden Wunsch zu unterstellen. Dies, so sagen uns viele Philosophen, ist keine Erklärung, weil er das angeblich Erklärende aus dem zu Erklärenden erschließt. Diese Argumentation stimmt. Sie stimmt, solange wir Totalamnestiker als prototypischen Forschungsgegenstand der Psychologie betrachten. Wenn wir uns dem mit immensem Weltwissen ausgestatteten gesunden Menschen zuwenden, wird vorstellbar, daß es eine, vielleicht nicht explizierbare, aber gut funktionierende komplexe Wissensstruktur geben kann, welche den Rückschluß auf die Wunschverursachung des Kokosnußpflückens ermöglicht und keineswegs trivial ist, weil es auch andere

Handlungsursachen geben kann (z.B. die, daß die Kokosnuß unter Zwang gepflückt wird für einen mächtigen anderen, der sie selbst verspeisen will). Das erwähnte philosophische Problem spiegelt nicht eine naivpsychologische Verursachungsillusion wider, sondern die amnestische Ausgangsposition des Philosophen, der allzu einseitig auf die Vorzüge analytischen Denkens setzt, ohne die Risiken einer zu einseitigen Handhabung desselben zu bedenken.

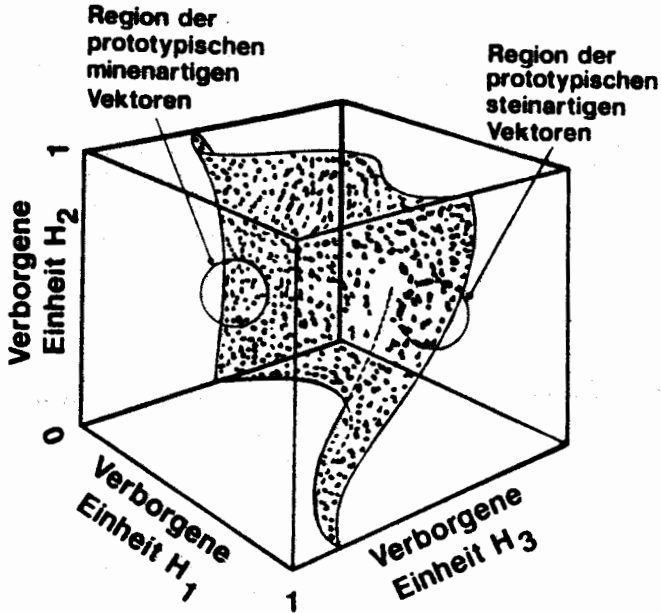
Performanzorientierte Erkenntnistheorie. Es ist klar, daß das hier explizierte Wissenschaftsverständnis nicht nur inkongruent ist mit Poppers "Logik der Forschung", die viele experimentell arbeitende Psychologen immer noch - zumindest in einer der später modifizierten Formen - zu praktizieren meinen, sondern daß wir eine ganz neue Wissenschaftstheorie brauchen, welche die Rolle elaboriert, die naives und wissenschaftlich angereichertes implizites Wissen in der Wissenschaft wirklich spielen. Paul Churchland (1989), ein amerikanischer Wissenschaftsphilosoph, hat kürzlich das Fundament für eine solche Rekonzeptualisierung vorgelegt. Er stimmt mit Kuhn (1962) darin überein, daß sich Wissen auch in der Wissenschaft mehr in der Performanz als in den explizierten Aussagen manifestiert. Im Unterschied zu der hier dargelegten Position betont Churchland sehr einseitig die Bedeutung impliziten Wissens und hat kaum ein gutes Wort für die Instrumente der Forschungslogik übrig. Das ist nach jahrhundertelanger wissenschaftstheoretischer Vernachlässigung der wirklichen Quellen komplexen Wissens verständlich. Churchland diskutiert die wissenschaftstheoretischen Implikationen der immensen Leistung neuronaler Netzwerke mit einem derartigen Enthusiasmus, daß man den Eindruck gewinnt, wir stünden vor einer allgemeinwissenschaftlichen Revolution, welche nur mit den größten Umwälzungen in der Wissenschaftsgeschichte vergleichbar ist. Nach der Kopernikanischen, der Darwinschen und der Freudschen Attacke auf unser geozentrisches, anthropozentrisches und bewußtseinszentriertes Welt- und Menschenbild, scheint jetzt der endgültige und erfolversprechende Angriff auf unser bewußtseinszentriertes Wissenschaftsbild zu beginnen.

Vier Forschungsstrategien

Man kann die üblichen Forschungsstrategien sehr anschaulich an Hand eines Landschaftsbildes erläutern. Dieses Landschaftsbild weicht etwas von der oben beschriebenen Bergwelt ab, weil es eine

Momentaufnahme eines impliziten Wissensbestandes beschreibt und nicht, wie im Falle der Bergwelt, den Prozeß der allmählichen Verbesserung desselben. Mit der "Wissenslandschaft" ist im folgenden der mehrdimensionale Raum gemeint, dessen Dimensionen den Knoten einer Netzwerkschicht entsprechen. Jeder Punkt in diesem Raum entspricht einem Aktivierungsprofil über sämtliche Knoten des Netzwerks (Abbildung 3). Erworbenes implizites Wissen läßt sich z.B. als eine mehr oder weniger gewundene und ausgebeulte Ebene beschreiben, die den Raum teilt. Warum die drei im folgenden zu erläuternden wissenschaftlichen Methoden der Wissensvermehrung nicht ausreichen, ist nur zu verstehen, wenn man sich deutlich macht, daß die genannte Ebene keineswegs immer, wahrscheinlich sogar selten, durch irgendeine regelhafte Beziehung zwischen den sie konstituierenden Verknüpfungsgewichten beschreibbar ist. Dies ist der Fall des mit den üblichen Methoden nicht explizierbaren Wissens, auf den ich noch näher eingehen werde.

ERLERNTE EINTEILUNG IM RAUM DER AKTIVIERUNGSSTÄRKEN VERBORGENER EINHEITEN



Es sind nur 3 von vielen (hier:7)
Aktivierungsdimensionen der
verborgenen Einheiten gezeigt

Abb. 3:

Implizites Wissen im Netzwerkmodell: Prototypen als Kombination der Aktivierungsstärken aller Einheiten einer Netzwerkschicht.

Der auch in der Wissenschaft bislang meist unbewußt und unsystematisch ablaufende Prozeß des Übersetzens von implizitem in explizites Wissen läßt sich in diesem Bild durch drei Strategien beschreiben, die man bezeichnen kann als

- (1) Abtasten der Wissenslandschaft mit dem Bewußtseinscheinwerfer,

- (2) Reduktion von groben Eindrücken auf Feindetails, die bei Veränderung des Betrachtungsabstandes erkennbar werden und
- (3) Einspeisen neuen Wissens in die implizite Wissenslandschaft (einer aktiven Veränderung der Landschaft vergleichbar).

Diese drei Strategien sind hier nur stark vereinfacht skizziert. In Wirklichkeit müssen wir, so zeigen viele Ergebnisse der kognitionspsychologischen Bewußtseinsforschung, davon ausgehen, daß die Explizierung impliziten Wissens genauso wenig wie die Wahrnehmung der Umwelt durch einfaches Hinschauen und Ablesen erreicht wird, sondern durch einen komplizierten aktiven Konstruktionsprozeß. Das Einspeisen neuen Wissens geschieht in der Psychologie durch systematische Verhaltensbeobachtung und experimentelle Methoden. Damit wird deutlich, daß beobachtende und experimentelle Methoden nicht nur - wie im rationalistischen Wissenschaftsmodell angenommen - der direkten Hypothesenprüfung nach dem deduktiv-nomologischen Modell dienen können, sondern auch der allmählichen und nicht immer explizierbaren Verbesserung der impliziten Wissensbasis.

Abtasten. Die erste wissenschaftliche Methode läßt sich als sequentielles Abtasten komplexer Wissenslandschaften mit dem Bewußtseinscheinwerfer beschreiben. Dies ist der von der puristischen Wissenschaftslogik im Dunkel des Unbewußten belassene Prozeß des Generierens theoretischer Grundannahmen. Nur das Ergebnis, nicht der Prozeß wird normalerweise bewußt. Das bewußt kontrollierte Ableiten empirisch prüfbarer Hypothesen aus solchen Grundannahmen verschleiert oft die Tatsache, daß am Anfang dieses Ableitungsprozesses ein keineswegs bewußt gesteuerter Übersetzungsprozeß liegt. Nimmt man die explizite Forschungslogik allzu ernst und übersieht diesen Übersetzungsprozeß oder meint sich - um besonders "wissenschaftlich" zu denken - sogar von intuitiven Wissensbeständen ablösen zu müssen, so entstehen fürwahr absurde Reduktionen, wie wir sie aus vielen pseudokontroversen Einfaktorentheorien in der Psychologie kennen (vgl. die Kritik an solchen Ansätzen bei Wicklund 1989). Ein wenig Intuitionsakzeptanz würde da schon zeigen, daß die in den verschiedenen "Theorien" thematisierten Einzelfaktoren wahrscheinlich allesamt in einer zu erforschenden Weise am Zustandekommen des untersuchten Phänomens beteiligt sind. In der Sozialpsychologie wird diese Art

von kognitivem Reduktionismus der besonders sparsamen Informationsverarbeitung des naiven Betrachters zugeschrieben, der bei Vorliegen einer von mehreren hinreichenden Ursachen für einen beobachteten Effekt den möglichen Beitrag weiterer Ursachen ignoriert ("abwertet"). Dabei wird leicht übersehen, daß dieses Abwertungsprinzip (Kelley 1972) nicht auf naive Verhaltenserklärungen beschränkt ist, sondern ein allgemeines Funktionsmerkmal des Bewußtseins ist, das gerade auch wissenschaftliche Erklärungen des logisch-analytischen Typs beeinflussen kann.

Aber auch wenn wir solche Verengungen durch einen liberaleren Informationsfluß von der impliziten zur expliziten Wissensdomäne vermeiden, hängt die Effizienz unserer auch noch so elaborierten und computerunterstützten analytischen Instrumente von zwei Dingen ab. Sie hängt erstens von der Qualität des impliziten Wissensmaterials ab, das wir in diese Instrumente einspeisen und zweitens von der Güte des Umsetzungsprozesses. Auf das Problem der Verbesserung der Qualität impliziten Wissens werde ich im Zusammenhang mit der dritten Forschungsstrategie näher eingehen. Die Güte der Umsetzung impliziten Wissens in logisch manipulierbares propositionales Wissen ist zur Zeit begrenzt durch die "Genialität" der individuellen Forscherpersönlichkeit und durch die allgemeinen Grenzen der sie vermittelnden Bewußtseinsfunktion. Mehr als das "System Mensch" an Abtasten und Bewußtmachen impliziter Wissensstrukturen grundsätzlich leisten kann, ist von dem impliziten Wissen halt nicht explizierbar. Die große Bedeutung der Netzwerkmodelle impliziten Wissens liegt, wie ich noch zeigen werde, darin, daß die hier angesprochenen Begrenzungen in einer nicht allzu fernen Zukunft radikal durchbrochen werden könnten.

Reduktion. Die zweite Forschungsstrategie begnügt sich nicht mit einem Abtasten der impliziten Wissenslandschaft von der jeweils eingenommenen Plattform aus. Sie wechselt die Beobachtungsebene und verbindet die Ergebnisse von Großaufnahmen aus der Vogelperspektive mit denen, die sich bei Betrachtung der Einzelheiten kleinerer Ausschnitte ergeben. Ein besonderer Fortschritt wird dann empfunden, wenn es gelingt, Merkmale aus der Großaufnahme aufgrund der Details von Einzelaufnahmen besser zu verstehen. Innerhalb eines konnektionistischen Netzwerks kann eine solche Veränderung der "Analyseebene" sowohl innerhalb einer als auch zwischen mehreren verborgenen Schichten stattfinden. Innerhalb

derselben Schicht entspricht die Brennweitenverlängerung der Suche nach Subprototypen innerhalb der durch eine einmal identifizierte Hyperebene bestimmten Prototypen. Die konsequente Fortsetzung dieses Prozesses ermöglicht zumindest theoretisch die vollständige Explikation des impliziten Wissens als Grenzfall, der oft nicht erreichbar ist. Bewegungen zwischen den Schichten ermöglichen zwar auch die Explikation von Bezügen zwischen groben und feinkörnigeren Wissensbeständen, sie garantieren aber nicht die vollständige Explizierbarkeit der Wissenslandschaft einer höheren Ebene aufgrund des Aktivationsprofils einer unteren Ebene. Vielleicht liegen hier sogar die Gründe dafür, warum in der Wissenschaft die so beehrten reduktionistischen Erklärungsansätze manchmal funktionieren und manchmal nicht.

Einspeisen. Die dritte Forschungsstrategie läßt sich im konnektionistischen Rahmen als Anreichern impliziter Wissensstrukturen beschreiben. Wenn wir akzeptieren, daß die Vermehrung expliziten Wissens nicht ohne massiven, wenn auch meist unbewußten Rückgriff auf implizites Wissen geschehen kann, sollten wir uns bewußter und planvoller als bisher der Pflege und Erweiterung auch des impliziten Wissensbestandes widmen. Verhaltensbeobachtende und experimentelle Methoden vermehren nicht nur, wie häufig angenommen, unser explizites Wissen. Sie spielen auch eine wesentliche Rolle bei der Vermehrung impliziten Wissens. In der Psychologie werden Methoden der systematischen Verhaltensbeobachtung auffallend wenig eingesetzt (von Cranach et al. 1980). Ich vermute, daß ein Grund für diese Abstinenz wiederum in unserem zu einseitig rationalistischen Wissenschaftsverständnis zu suchen ist. In der Tat erzwingen auch noch so detaillierte Verhaltensbeobachtungen selten Veränderungen unserer expliziten Theorien. In dem Maße, in dem wir in Zukunft auch implizite Wissensbestände innerhalb der Wissenschaft verwalten, werden Methoden der Verhaltensbeobachtung in natürlichen Situationen unentbehrliche Instrumente zur Verbesserung der impliziten Wissensbasis werden.

Als ein direkter Weg zur Vermehrung expliziten Wissens wird die experimentelle Methode betrachtet. Im Idealfall konstruiert man ein "Entscheidungsexperiment" zu zwei als kontrovers deklarierten Theorien. Diese Vorstellung ist bereits innerhalb des rationalistischen Wissenschaftsverständnisses als Illusion entlarvt worden, weil bei jedem Experiment zu viele Annahmen gleichzeitig auf dem

Prüfstand stehen, als daß man echte Entscheidungsexperimente durchführen könnte (Quine 1951). Diese Einsicht hat bei einigen Psychologen grundsätzliche Zweifel an der Brauchbarkeit der experimentellen Methode überhaupt geweckt. Um die teuren Labors nicht sofort einmotten zu müssen, wurde sogar der großzügige Vorschlag entwickelt, Experimente zur Illustration des theoretisch Gemeinten (vivification) zuzulassen (Gergen, 1984). Diese Resignation ist verfehlt. Sie entsteht vielleicht aus einer ursprünglich überzogenen Erwartungshaltung gegenüber den Möglichkeiten experimentellen Forschens. Entscheidungsexperimente im oben skizzierten Sinne gibt es nicht. Sobald wir aber unsere Aspirationen auf ein realistisches Niveau herunterschrauben, erscheint auch in einer so komplexen Wissenschaft wie der Psychologie die experimentelle Methode als ein außerordentlich wertvolles Instrument. Es dient dann auch, vielleicht sogar in erster Linie, der Anreicherung impliziten Wissens.

Der besondere Vorteil experimenteller Beobachtungsdaten liegt darin, daß sie unter kontrollierten und im Alltag unter Umständen nicht oder selten zu beobachtenden Bedingungen erhoben werden. Damit ergänzen sie das durch systematische Beobachtung in natürlichen Situationen gesammelte Material. Es ist auch bei dieser bescheidenen Interpretation der experimentellen Methode sinnvoll, "Entscheidungsexperimente" zu machen. Auch wenn sie nicht wirklich endgültige Entscheidungen ermöglichen, so bringen sie doch komplexe Sachverhalte "auf den Punkt". Durch die besondere Auswahl der zu manipulierenden und zu kontrollierenden Bedingungen werden besonders informative Daten in unsere impliziten Wissensstrukturen eingespeist. Das ist erheblich mehr als Illustration des theoretisch Gemeinten. Letztlich profitieren natürlich auch unsere expliziten Theorien von dieser Verwendung experimenteller Befunde, da sie ja von der Qualität des impliziten Wissens abhängen, aus dem sie sich herleiten. Es lohnt sich also in gewisser Weise, so zu tun, als ob man immer wieder neue Entscheidungsexperimente entwickelt. Heinz Heckhausen hat gezeigt, daß beides vereinbar ist: Ernsthafte Engagement bei der Erfindung von Entscheidungsexperimenten und Relativierung dieses Ernstes aus der rückblickenden Distanz desjenigen, der aus der Vielzahl zum Teil widersprüchlicher Befunde Sinn zu machen versucht.

Ausleuchten der impliziten Wissenslandschaft. Auf dem Hintergrund der konnektionistischen Modellierung impliziter Wissensstrukturen zeichnet sich eine vierte Methode des Forschens ab, die wissenschaftliches Arbeiten einmal revolutionieren könnte. Selbst wenn wir uns damit abfinden könnten, daß nicht alles verfügbare Wissen in logisch manipulierbaren Sätzen und Regeln ausgedrückt werden kann, bliebe als Hindernis für den wissenschaftlichen Umgang mit implizitem Wissen die schwierige Kommunizierbarkeit desselben. Mit der Möglichkeit, implizite Wissensbestände im Netzwerkmodell nachzubilden, ist es nun aber vorstellbar, daß wir unser komplexes Wissen aus experimentellen und natürlichen Beobachtungen einschließlich vieler methodischer Unsicherheitsmomente in ein künstliches Netzwerk einspeisen und dessen Lernfortschritte ständig sowohl an unserem eigenen impliziten Wissen als auch an neuen Beobachtungsdaten prüfen. Je stärker die Übereinstimmung des künstlichen Systems mit den Aussagen der Expertenintuition ist, desto mehr nähern wir uns der geradezu utopisch anmutenden Vision, daß wir uns unsere eigenen impliziten Wissensstrukturen anschauen können. Wir würden nicht nur die Wissenslandschaft mit ihren Verknüpfungsgewichten visuell aufbereiten und betrachten können, sondern auch mit vorhandenen und neuen Methoden Regelhaftes aus diesen Landschaften extrahieren, das sich dem "Bewußtseinscheinwerfer" beim Durchmustern der impliziten Wissenslandschaft nicht offenbart hat. Damit würde der Bestand explizierten Wissens erheblich vergrößert und nicht explizierbares Wissen weitergegeben werden können. Kommunizierbarkeit wäre nicht mehr an syntaktische Explizierbarkeit gebunden. Diese utopische Vision läßt sich übrigens schon heute auf etwas durchaus Machbares reduzieren: Ich denke beispielsweise an eine neue Form von netzwerkvermittelter Meta-Analyse zahlreicher Experimente in einem eng umgrenzten Gegenstandsbereich.

Sprachspiele: Kommunikation impliziter Theorien

Zurück in die Gegenwart. Was sollen wir tun, solange wir an Wissensbeständen arbeiten, die noch nicht als konnektionistisches Netzwerk kommuniziert werden können? Müssen wir nicht das intuitive Wissen weiter in der Privatsphäre belassen und uns auf die spärlichen explizierten Wissensbrocken konzentrieren? Ich habe bereits ausführlich begründet, warum ich eine solche Selbstbeschränkung für unehrlich und fortschritthemmend halte. Sie ist nicht

ehrlich, weil sie die wahre Grundlage unserer expliziten Theorien unterschlägt. Sie ist fortschrittshehmend, weil sie das Korrektiv für die Verengung von Theorien und Daten ausschließt, die eine rationalistische Wissenschaftsauffassung mit sich bringt. Die vielleicht beklagenswerteste Folge der Abspaltung wissenschaftlichen Tuns von der impliziten Wissensbasis ist die heute unüberschaubare, weder explizit noch intuitiv integrierbare Flut von "Experimenten über Experimente" und die geringe Relevanz vieler untersuchter Phänomene.

Es gibt ein einfaches Mittel, implizites Wissen in den Forschungsprozeß zu integrieren, auch ohne über konnektionistische Netzwerke zu verfügen: die Sprache. Man redet über seine Intuitionen. Intuitionen austauschen, indem man über sie redet? Setzt das nicht gerade das voraus, was der Austausch von intuitivem Wissen ersetzen soll, nämlich explizierbares Wissen? Ist das Reden über nicht explizierbares Wissen nicht ein Widerspruch in sich? Ich glaube, daß genau hier der Kern eines Mißverständnisses liegt, das nicht nur bei alltäglichen zwischenmenschlichen, sondern auch bei wissenschaftlichen Interaktionen zu Verwirrungen führt. Das Mißverständnis beruht auf der Vermengung zweier ganz unterschiedlicher Funktionen der Sprache. Innerhalb des rationalen, logischen Diskurses sollen Worte und Sätze Inhalte und Fakten erschöpfend beschreiben. Man kann das Gesagte sozusagen "wörtlich" nehmen.

Die zweite Verwendung der Sprache ist eher ein Spiel. Die miteinander Sprechenden wissen eigentlich, daß sie das, was sie ausdrücken wollen, auch nicht mit noch so vielen Worten ausdrücken können. Nur wenn alle Beteiligten sich an diese implizite Regel halten, funktioniert das Spiel. Die Worte und Sätze beschreiben sozusagen markante Eigenschaften der impliziten Wissenslandschaft, ohne die Einzelheiten auch nur annähernd auszudrücken. Der Sprechende wird von den Zuhörern oft schon nach wenigen Worten "verstanden". Man kann sich dieses Verstehen als einen Resonanzprozeß vorstellen. Wenn die Zuhörer über ähnliche Wissenslandschaften wie der Sprechende verfügen, werden diese Landschaften schon aufgrund der Kommunikation weniger charakteristischer Eigenschaften mehr oder weniger vollständig aktiviert. Je ausführlicher die Kommunikation ist, desto eher werden auch Unterschiede zwischen den Wissensbeständen bemerkbar.

Wir wollen uns an dieser Stelle nicht in kognitionspsychologischen Theorien des Verstehens verlieren. Wichtig ist, daß das soeben skizzierte Sprachspiel auch im wissenschaftlichen Dialog unentbehrlich ist. Wenn es systematisch betrieben wird, führt es zu Theorien, die unter Umständen sogar formalisiert sein können. Es handelt sich aber um Theorien, die sich von den auf empirische Prüfung zugeschnittenen Theorien unterscheiden. Erstere sind spekulativer, umfassender und weniger detailreich. Wir können sie als konnotative Rahmentheorien bezeichnen. Der Übergang zu empirisch prüfbareren Theorien bis hin zu sehr spezifischen (denotativen) "Datenmodellen" ist fließend. Man kann sogar ein und dieselbe Theorie unter Umständen sowohl zur Kommunikation der impliziten Wissensbasis eines Forschungsansatzes als auch zur Kommunikation empirisch prüfbarer Ableitungen verwenden. Verwirrung entsteht immer dann, wenn die Beteiligten den Zweck der Kommunikation anders auffassen als der Redende.

Forschungslogik und Willenspsychologie

Abschließend möchte ich die Unzulänglichkeit eines verkürzten Empirismus, der aus einer einseitigen Fixierung auf die Forschungslogik beruht, an einem Beispiel erläutern, das Heinz Heckhausen in den letzten Jahren seines Schaffens intensiv beschäftigt hat: Es geht um die Willenspsychologie. Ich bin überzeugt davon, daß die Schwierigkeit, das alltagspsychologische Willenskonzept funktional zu explizieren, auf die Blickverengung zurückzuführen ist, die durch ein Zuviel an Empirismus und ein Zuwenig an Alltagsintuition entsteht. Es gibt kein einzelnes Verhaltensmerkmal, das den Schluß auf einen starken oder schwachen Willen zuließe. Wenn Willensschwäche z.B. darin bestehen kann, daß man statt der nach eingehendem Abwägen beabsichtigten Handlung eine andere ausführt, zu der man einfach mehr Lust hat, dann müssen wir unabhängig von dem Verhaltensmaß für die gezeigte volitionale (In-)Effizienz auch messen, ob tatsächlich zum Zeitpunkt der Effizienzmessung ein mit dem beabsichtigten Verhalten nicht vereinbarer Wunsch vorgelegen hat und ob darüberhinaus auch eine entsprechende Absicht mit Selbstverpflichtungscharakter aktiviert war. Einfacher gesagt, wir müssen feststellen, ob der Handlungswechsel zu etwas Lustvollerem nicht in völligem Einklang mit einem neuen Willen steht, das Lustvollere zu tun. Sonst wäre die Gefahr zu groß, daß man z.B. einem Kind Willensschwäche bescheinigt, das, statt sich bei

sommerlicher Hitze mit Hausaufgaben abzuquälen, den Schwimmbadbesuch völlig konfliktfrei wünscht, wählt und will.

Willensprozesse können nur beobachtet und gemessen werden, wenn eine ganz bestimmte Konfliktkonfiguration zwischen Wünschen, Wollen und Ausführen vorliegt. In dem Beispiel heißt das, wenn das Kind sich für die Hausaufgaben entschieden hat, diese Selbstverpflichtung auch aufrechterhält und sozusagen gegen seinen Willen dem starken Wunsch nachgibt, schwimmen zu gehen. Gerade diese Explikation löst bei vielen Psychologen auch heute noch Skepsis aus, weil man doch aus dem gezeigten Verhalten, dem Schwimmbadbesuch also, schließen könne, daß das Kind nicht wirklich die Absicht gehabt haben kann, die Hausaufgaben zu machen. Wir haben es hier wieder einmal mit der empiristischen Blickverengung einer einseitigen Forschungslogik zu tun. Man schließt von einem singulären Verhaltensdetail auf einen als homogen konzipierten Gesamtzustand des Systems. Es wird nicht einmal die theoretische Möglichkeit eingeräumt, daß Wünschen, Wählen, Wollen und Ausführen der Handlung durch relativ selbständige Teilsysteme vermittelt werden, die in verschiedenen Handlungsphasen in ganz unterschiedlicher Ausprägung wirksam werden. Zur Begründung wird oft auf das Beispiel der Realitätsverdoppelung im Leib-Seele-Dualismus verwiesen. Aufgrund dieser philosophischen Fixierung, die in der Tat gerade in der Psychologie sehr forschungshemmend gewirkt hat, die Möglichkeit unabhängiger Teilsysteme von vorneherein und gegen die Intuition auszuschließen, hieße ein altes durch ein neues Vorurteil ersetzen. Ob eine Alltagsintuition wie die Segmentierung der Psyche in Wünschen, Wollen und Ausführen auch systemtheoretisch sinnvoll ist, kann man nur herausfinden, indem man sie der wissenschaftlichen Erforschung zugänglich macht. Heinz Heckhausen hat in den letzten Jahren seines Schaffens besonders vehement gegen die Gleichschaltung solcher Begriffe argumentiert. Am deutlichsten kommt die Differenzierung in seinem Rubikonmodell zum Ausdruck, in dem vor und nach der Entscheidung qualitativ andersartige Prozesse postuliert werden.

Abschließende Bemerkungen

Ich hoffe, mit dieser knappen Skizzierung einiger theoretischer Grundprobleme der Willenspsychologie deutlich gemacht zu haben, warum gerade die Entwicklung von Prozeßmodellen der Willensfunktionen durch einen verkürzten Empirismus erschwert wird. Die

motivations- und volitionspsychologische war noch mehr als die kognitionspsychologische Forschung durch das gespannte Verhältnis zwischen Intuition und Logik der Forschung behindert. Ich meine, daß die Ursachen für die besonders in den USA erkennbare Dürreperiode in der Motivationspsychologie beseitigt werden können. Das Patriarchat der einseitig syntaktischen Axiomatisierung unserer Wissenschaft neigt sich dem Ende zu. Daß der Verzicht auf das deduktiv-nomologische Wissenschaftsmodell (Hempel 1965) nicht den Verzicht auf Axiomatisierung überhaupt bedeutet, kann man schon bei Euklid nachlesen. Heute sind plötzlich Methoden in Sicht, auch syntaktisch nicht manipulierbare Wissensbestände zu kommunizieren und den wissenschaftlichen Fortschritt auch bei nicht-syntaktischer Axiomatisierung meßbar zu machen, nämlich durch Umstrukturierung der Ähnlichkeitsmetrik im Vektorraum neuronaler Netzwerke und durch Bildung übergeordneter (verborgener) Netzwerkschichten.

Diese Möglichkeiten bedeuten einen Durchbruch in der Motivations- und Volitionspsychologie, der fast noch umwälzender sein könnte als die Umwälzungen, die sich in der Kognitionspsychologie abzeichnen. Der motivationspsychologische Durchbruch ist besonders bedeutsam, weil es in diesem Gebiet fast ausschließlich um Wissensstrukturen geht, die zu komplex sind, um syntaktisch hinreichend explizierbar zu sein. In den USA mag es noch eine geraume Zeit dauern, bis diese Tatsache den Rückgang der motivationspsychologischen Forschung bremst. Wir brauchen diesen Prozeß nicht abzuwarten. Bei uns hat es keine vergleichbare Dürreperiode gegeben, weil wir jemanden hatten, der auch ohne Netzwerksimulation die wesentlichen Ingredienzien des Rezepts gegen das Patriarchat der syntaktischen Axiomatisierung in seiner Forscherpersönlichkeit vereinigte: Kreative Verunsicherung, selbstsichere Ambiguitätstoleranz und neugierige Akzeptanz von Widersprüchen.

Literatur

- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1973). *Human associative memory*. Washington: Winston & Sons.
- Churchland, P. M. (1989). *A neurocomputational perspective: The nature of mind and the structure of science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Cranach, M.v., Kalbermatten, U., Indermühle, K., & Gugler, B. (1980). *Zielgerichtetes Handeln*. Stuttgart: Huber.
- Dennett, D. C. (1988). *The intentional stance*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dörner, D., Kreuzig, H. W., Reither, F., & Stäudel, T. (1983). *Lohhausen: Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität*. Bern: Huber.
- Fodor, I. A., & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, 28, 3-71.
- Gendlin, E. T. (1981). *Focusing*. New York: Bantam.
- Gergen, K. J. (1984). Experimentation and the myth of the incorrigible. In V. Sarris & A. Parducci (Hrsg.), *Perspectives in psychological experimentation: Towards the year 2000*. (pp. 27-42). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Heckhausen, H. (1963). *Hoffnung und Furcht in der Leistungsmotivation*. Meisenheim/Glan: Hain.
- Heckhausen, H. (1989). *Motivation und Handeln*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- Hempel, K. (1965). Studies in the logic of explanation. In K. Hempel (Hrsg.), *Aspects of scientific explanation*. New York: The Free Press.
- Kaplan, A. (1964). *The conduct of inquiry*. San Francisco, CA: Chandler.
- Kelley, H. H. (1972). *Causal schemata and the attribution process*. New York: General Learning Press.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1986). *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognitions*. (Vol. 2). Cambridge, MA: MIT Press.
- Norman, D. A. (1980). Twelve issues for cognitive science. *Cognitive Psychology*, 4, 1-32.
- Scheerer, E. (1989). Philosophische Begeisterung für den Konnektionismus: Etwas mehr Skepsis, bitte! In B. Becker (Hrsg.), *Zur Terminologie in der Kognitionsforschung*. Sankt Augustin: Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung.
- Stich, S. (1983). *From folk psychology to cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Quine, W. O. V. (1951). Two dogmas of empiricism. In W. O. V. Quine (Hrsg.), *From a logical point of view*. New York: Harper Torchbooks.
- Wicklund, R. A. (1989). Zero-variable theories in the analysis of social phenomena. *European Journal of Personality*, 3 (Dezember 1989)