

DIE FUNKTIONALE ROLLE DES BEWUSST ERLEBTEN

J.-D. Haynes, G. Roth, H. Schwegler und M. Stadler

Im Jahre 1872 hielt Emil DU BOIS-REYMOND, einer der bekanntesten Naturwissenschaftler seiner Zeit und Begründer der Elektrophysiologie, eine Rede mit dem Titel "Über die Grenzen des Naturerkennens", die als "Ignorabimus ['wir werden es nie wissen'] - Rede" bekannt wurde. In dieser Rede behauptete DU BOIS-REYMOND unter anderem, das Verhältnis von Materie und Bewußtsein sei für die Naturwissenschaften ein für alle Zeit unlösbares Rätsel. Er wiederholte diese Aussage 8 Jahre später in seiner Rede "Die 7 Welträtsel" und fügte die Bemerkung hinzu: „Besäßen wir (...) astronomische (d. h. beliebig viele und genaue) Kenntnisse dessen, was innerhalb des Gehirnes vorgeht, so wären wir in bezug auf das Zustandekommen des Bewußtseins nicht um ein Haar breit gefördert" (zitiert nach DU BOIS-REYMOND, 1916). Diese beiden Reden hatten eine ungeheure Wirkung auf das naturwissenschaftlich-philosophische Publikum und waren Ausdruck der damals um sich greifenden Meinung, Naturwissenschaftler hätten grundsätzlich keine Mittel und auch kein Recht, die Phänomene des Geistes, des Bewußtseins, der Seele usw. zu ergründen; sie sollten sich vielmehr auf das Materielle, Greifbare, Meßbare, Beobachtbare beschränken. Interessanterweise war für DU BOIS-REYMOND, wie für viele andere, ein derartiger agnostischer Standpunkt durchaus verträglich mit der Überzeugung, daß Geist und Bewußtsein aus dem materiellen Gehirn hervorgehen. Nur wie dies geschehe, werde ein ewiges Rätsel bleiben.

Diesem apodiktischen Urteil folgte die damals im Entstehen begriffene Hirnforschung nur zu gern, weil man sich damit außerordentlich schwierige erkenntnis- und wissenschaftstheoretische Probleme vom Hals hielt. Unterstützt wurde diese Abstinenz auch durch die "Gegenseite", durch die in die disziplinäre Eigenständigkeit drängende Psychologie, die sich mit dem Aufkommen des Behaviorismus auf den Standpunkt stellte, daß mentale Vorgänge nur subjektiv erlebbar und nicht objektiv beobachtbar seien. Auf dem Hintergrund dieser Sichtweise sind mentale Vorgänge keine überprüfbaren Daten für die Analyse des Verhaltens. Das Bewußtsein wurde damit zum obsoleten Begriff und für Jahrzehnte aus der wissenschaftlichen Psychologie ausgeschlossen. Lediglich die sich als Gegenbewegung zum Behaviorismus verstehende Gestaltpsychologie beschäftigte sich weiterhin intensiv mit dem Leib-Seele-Problem und stellte übergreifende Hypothesen über den Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsvorgängen und Gehirnprozessen auf (sog. Isomorphieprinzip, KÖHLER, 1920, 1933; vgl. SCHEERER, 1994; STADLER & KRUSE, 1994).

Der ungeheure Aufschwung der Hirnforschung der letzten Jahrzehnte schien an der historisch vorherrschenden Meinung, daß die Beziehung zwischen Gehirn und Geist wissenschaftlich nicht klärbar sei, bzw. sogar ein Scheinproblem darstelle, nichts geändert zu haben. Vor einigen Jahren (1981) stellte der inzwischen verstorbene Hirnforscher Otto CREUTZFELD fest, das Geist-Gehirn-Problem werde zwar heftig wie noch nie diskutiert, die Neurophysiologie habe aber immer noch nichts zur Erklärung des Bewußtseins anzubieten. Er betrachtete derartige Fragen im Bereich der Neurophysiologie geradezu als unzulässig. Er befindet sich damit in Einklang mit einer Vielzahl von Philosophen, die das Zustandekommen bewußten Erlebens für prinzipiell im Bereich physikalischer und physiologischer Theorien nicht erklärbar halten und dies mit eindrucksvollen Gedankenexperimenten zu belegen versuchen (JACKSON, 1986; NAGEL, 1974). Dem entgegen steht im Jahre 1994 der Aufruf des Biologie-Nobelpreisträgers Francis C. H. CRICK, dem Rätsel des Bewußtseins endlich mit naturwissenschaftlichen Methoden auf den Grund zu gehen (CRICK, 1994). Mit dem Erscheinen der Bücher von CRICK (1994) und DENNETT (1991) wurde die Bewußtseinsforschung endgültig auf breiter Ebene populär. In den letzten Jahren veröffentlichte sogar das einflußreiche Wissenschaftsmagazin Spektrum der Wissenschaft eine Reihe von Artikeln über das „Rätsel des Bewußtseins“ (CHURCHLAND & CHURCHLAND, 1990; SEARLE, 1990; BIERI, 1992; HORGAN, 1994; CHALMERS, 1996).

Der empirisch arbeitende Bewußtseinsforscher steckt heute mehr denn je in einem Dilemma. Seit dem Aufsatz von CREUTZFELD hat es einen immensen Erkenntnisfortschritt in Bezug auf die neuronalen Grundlagen kognitiver Leistungen gegeben, der insbesondere durch die Entwicklung neuer Techniken der Korrelationsforschung und durch neue Ansätze in der Modellbildung ermöglicht wurde. Damit einher geht die verstärkte Hoffnung, auch die neuronalen Grundlagen des bewußten Erlebens verstehen zu können. Man könnte sogar argumentieren, die Verantwortung des Wissenschaftlers gebiete es geradezu, in Anbetracht der Vielzahl neuropsychologischer Störungen die eng mit Bewußtseinsprozessen zusammenhängen (MILNER & RUGG, 1992; BERRY, 1993; YOUNG, 1994; MOHR, 1997), die funktionale Rolle des Bewußtseins bei der menschlichen Kognition zum Untersuchungsgegenstand zu machen. Dem stehen auf der anderen Seite von philosophischer Seite skeptische Argumente entgegen, bei denen immer wieder auf eine Kluft hingewiesen wird, die zwischen physikalisch-physiologischen Prozessen und Erlebensprozessen existiert und die als *prinzipiell* unüberwindlich angesehen wird („explanatory gap“, LEVINE, 1983). Keine noch so genaue Analyse der Funktionsweise des Gehirns könnte uns demnach Aufschluß über das Zustandekommen von subjektiven Erlebnisqualitäten, den sogenannten „Qualia“ (s. LEWIS, 1929), geben.

Wir werden im folgenden nicht versuchen, das Qualia-Problem zu lösen. Statt dessen soll hier eine Forschungsperspektive eingenommen werden, die eine wissenschaftliche Untersuchung des Bewußtseins ermöglicht, ohne vorab die Klärung on-

tologischer Detailfragen zu erfordern¹. Vieles kann über das Bewußtsein ausgesagt werden, auch ohne zu wissen, *wie es ist*, bestimmte Erlebnisse zu haben. Die Konzentration auf unfruchtbare ontologische Debatten könnte den Blick darauf versperren, welche Fortschritte die Bewußtseinsforschung mit der Weiterentwicklung ihrer Methodik bereits vorzuweisen hat. Dazu ist es nötig, das Problem etwas anders zu formulieren: Anstatt nach der *Natur* werden wir nach der *Funktion* des Bewußtseins fragen, oder besser gesagt nach der *funktionalen Rolle der neuronalen Korrelate von Erlebnissen* (neural correlate of consciousness, NCC, siehe z. B. BLOCK, 1996). Das NCC kann als das moderne Äquivalent zu KÖHLERS klassischem „psychophysischen Niveau“ (PPN) angesehen werden (KÖHLER, 1923). Damit bezeichnete dieser „dasjenige Gebiet des Nervensystems, dessen Prozesse Eigenschaften haben oder haben können, denen phänomenales Geschehen zugehört“ (KÖHLER, 1923, 398). Während KÖHLERS psychophysisches Niveau alle Gehirnareale umfaßt, in dem Prozesse *potentiell* bewußtseinsbegleitet sein können, bezeichnet ein einzelnes NCC *ein* bestimmtes neuronales Korrelat *eines* Erlebnisses.² Somit ergibt erst die Vereinigungsmenge aller NCCs das PPN von KÖHLER. Im folgenden soll dieses gesamte NCC-System kurz als NCC bezeichnet werden.

Mit dem Eintritt in das NCC-System werden bestimmte Prozesse zum einen *bewußt*, zum anderen wird ihnen eine *spezifische Verarbeitung* ermöglicht³. Um diese funktionale Rolle zu ermitteln, ist es gar nicht nötig, die Natur der phänomenalen Erlebnisqualitäten zu bestimmen, sondern es genügt, festzustellen, daß diese sich in qualitativer Hinsicht *unterscheiden*. Schmerzerleben unterscheidet sich von Angsterleben, visuelles Erleben von auditivem und Geschmackserleben von Geruchserleben. Aus diesen Unterschieden läßt sich eine „Struktur des phänomenalen Raumes“ ableiten. Das Vorhandensein von Erlebnissen bestimmter „Qualitätsstruktur“ kann dann mit neuronalen Prozessen korreliert werden, die Ermittlung des NCC ist mithin eine *empirische* Frage. Daraus läßt sich ableiten, welche Eigenschaften Gehirnprozesse haben müssen, damit sie zu Erlebnissen führen. Diese Gehirnprozesse

¹ Bereits einer der Begründer der Identitätstheorie, J. J. C. SMART, hat 1959 darauf hingewiesen, daß kein Experiment denkbar ist, anhand dessen die ontologische Kontroverse Monismus vs. Dualismus letztlich entscheidbar wäre. Zu jeder empirischen Datenlage ist stets auch eine dualistische Bewußtseinsmodell denkbar.

² Zu einem spezifischen Erlebnis dürfte also stets eine ganze Reihe von NCCs gefunden werden, und zwar zum einen solche (corticale), die mit dem spezifischen Erlebnisgehalt korrelieren, zum anderen solche (bestimmte subcorticale), die mit ganzen Klassen von Erlebnisgehalten korrelieren und die beispielsweise für den allgemeinen Zustand der Wachheit und Aktivierung zuständig sind. Dies erinnert an MILL (1843), der herausstellt, daß für eine spezifische Wirkung stets die Erfüllung einer Vielzahl von Bedingungen notwendig ist, und daß die Herauslösung einer einzelnen von diesen als Ursache eine willkürliche Festlegung darstellt, die nur unter *ceteris paribus* Bedingungen Gültigkeit besitzt (s.a. I-NUS-Bedingung von MACKIE 1974).

³ Für eine ausführliche Diskussion dieser Annahme siehe JACOBY, YONELINAS & JENNINGS 1997, MERIKLE & JOORDENS 1997.

können dann bei zunehmender Kenntnis der Funktionsweise des Gehirns hinsichtlich ihrer funktionalen Rolle im neuronalen Gesamtgeschehen untersucht werden.

Strategien zur Bestimmung der funktionalen Rolle des NCC

Nun ist man beim derzeitigen Kenntnisstand noch weit davon entfernt, komplexe kognitive Prozesse, zu denen auch das Bewußtsein zählt, wirklich bis ins Detail erklärt zu haben. Trotzdem kann auf verschiedene Weise die funktionale Rolle des NCC eingegrenzt werden.

- Zum einen ist bereits eine Vielzahl von *Bedingungen* bekannt, die für das Auftreten von Bewußtsein *notwendig* sind und die es erlauben, die beteiligten Strukturen und Prozesse zumindest einzugrenzen, ohne eine vollständige Aufzählung der *hinreichenden* Bedingungen geben zu müssen. Diese Bedingungen umfassen sowohl allgemeine anatomische und funktional-physiologische Bedingungen als auch Bedingungen für das Bewußtwerden von Reizen in Abhängigkeit bestimmter Reizeigenschaften.
- Die funktionale Rolle des NCC läßt sich auch indirekt erschließen. Aus der kognitionspsychologischen Forschung ist bekannt, daß bewußtseinsbegleitete und unbewußte Prozesse sich in ihrer Verarbeitung unterscheiden (MANDLER, 1985, 1997; JACOBY, YONELINAS & JENNINGS, 1997). Welche Funktion hat dabei die Bewußtseinsrepräsentation?
- Korrelationsforschung erlaubt keinen direkten Zugriff auf Funktionen. Ist aber die Funktionsweise des Gesamtsystems „Gehirn“ weitgehend bekannt, so kann die funktionale Rolle bestimmter Teilprozesse, so auch des NCC, daraus abgeleitet werden.

Die explizite Thematisierung phänomenaler Prozesse war gerade zu Beginn der experimentell arbeitenden Psychologie sehr verbreitet. So hatte Gustav Theodor FECHNER bei seiner Begründung der Psychophysik vor allem den Zusammenhang zwischen Körper und Seele, die sogenannte innere Psychophysik, als Erkenntnisziel. Die gesamte Psychophysik FECHNERS ist letztlich der Versuch, eine Methodik aufzustellen, um den Zusammenhang zwischen Leib und Seele empirisch erforschen zu können. Dabei gab es für ihn ein Leitmotiv: „Leib und Seele gehen mit einander; der Aenderung im Einen correspondiert eine Aenderung im Anderen.“ (FECHNER 1860, 5)⁴. Diesen Gedanken der *Kovarianz*, den zuvor bereits J.

⁴ Wem dabei eine dualistische Ontologie impliziert zu sein scheint, der täuscht sich. Fechner kann als ein früher Vertreter der sogenannten „Zwei-Aspekte“ Theorie gelten: „Die ganze Welt besteht aus solchen Beispielen, die uns beweisen, dass das, was in der Sache eins ist, von zweierlei Standpunkten als Zweierlei erscheint, und man nicht vom einen Standpunkt dasselbe als vom anderen haben kann. (...) Was Dir auf innerem Standpunkte als dein Geist erscheint, der du selber dieser Geist bist, erscheint auf äußerem Standpunkte dagegen als dieses Geistes körperliche Unterlage. (...) Hiermit nun wird gleich selbstverständlich, wovon wir zuerst den Grund suchten, warum Niemand Geist und Körper, wie

MÜLLER geäußert hat, übernimmt G. E. MÜLLER bei seiner Formulierung der ersten drei seiner fünf psychophysischen Axiome (MÜLLER 1896, S. 1-2):

1. Jedem Zustand des Bewußtseins liegt ein materieller Vorgang, ein sogenannter psychophysischer Prozeß, zu Grunde, an dessen Stattfinden das Vorhandensein des Bewußtseinszustandes geknüpft ist. (...)
2. Einer Gleichheit, Ähnlichkeit, Verschiedenheit der Empfindungen (...) entspricht eine Gleichheit, Ähnlichkeit, Verschiedenheit der Beschaffenheit der psychophysischen Prozesse, und umgekehrt. (...)
3. Besitzen die Änderungen, welche eine Empfindung durchläuft, dieselbe Richtung, oder sind die Unterschiede, die zwischen einer Reihe gegebener Empfindungen bestehen, von gleicher Richtung, so besitzen auch die Änderungen, welche der psychologische Prozeß durchläuft, oder die Unterschiede der gegebenen psychophysischen Prozesse gleiche Richtung. (...) Ist also eine Empfindung in n-facher Richtung variabel, so muß auch der zu Grunde liegende psychophysische Prozeß in n-facher Richtung variabel sein, und umgekehrt.

Diese Grundannahmen liegen auch dem gestaltpsychologischen Isomorphieprinzip zugrunde. Dabei hat KÖHLER (1933) bereits darauf hingewiesen, daß das gesuchte physiologische Korrelat nicht im Sinne einer räumlich-geometrischen Ähnlichkeit mißzuverstehen ist, sondern eher eine *funktional* bestimmte Ähnlichkeit aufweisen dürfte. Damit wird vermieden, daß die physiologischen Korrelate etwa eines „Dreieck-Erlebnisses“ im Gehirn tatsächlich dreieckige Strukturen sein müßten.

Generell besteht der Trick bei dieser Kovarianz-Strategie darin, daß nicht versucht wird, das *Zustandekommen* von Qualitäten zu erklären, sondern daß phänomenale *Strukturen* mit physiologischen Strukturen verglichen werden. Damit werden gesetzmäßige Aussagen möglich, ohne ontologische Annahmen zu implizieren. Kovarianz bzw. Korrelation ist die - implizite oder explizite - Vorannahme aller *nicht-eliminativen* monistischen Leib-Seele-Theorien. Gleichgültig ob klassische Typenidentitätstheorie, Tokenidentitätstheorie, symbolischer, subsymbolischer oder teleologischer Funktionalismus, Emergenztheorie oder Supervenienztheorie (Überblick bei GUTTENPLAN, 1994; REY, 1997), allen diesen Theorien ist neben ihrer monistischen Ontologie der Minimalkonsens gemeinsam, daß die Veränderung eines phänomenalen Zustandes nur möglich ist, wenn zugleich eine Veränderung in der physikalischen Welt erfolgt. Während noch zur Diskussion steht, ob für die Untersuchung von *Bedeutung* auch körperexterne physikalische Zustände betrachtet werden müssen (vgl. PAPINEAU, 1994; PEACOCKE, 1994), dürfte für die Analyse rein phänomenaler Prozesse die Beschränkung auf das Gehirn unumstritten sein.

sie unmittelbar zusammengehören, auch unmittelbar erblicken kann. Es kann eben Niemand zugleich äusserlich und innerlich gegen dieselbe Sache stehen.“ (FECHNER, 1860, S. 3-4).

Deshalb wird zur Zeit die Bestimmung der „neural correlates of consciousness“ in der Bewußtseinsforschung als die erfolgversprechendste Forschungsheuristik angesehen (z. B. BLOCK, 1996), wie auch der Titel eines internationalen Kongresses von empirischen Bewußtseinsforschern deutlich macht, der Mitte dieses Jahres in Bremen stattfand. Die Frage nach der Natur des NCC ist demnach empirisch zu klären. Damit wird nicht die Hypothese aufgestellt, bei dem NCC müsse es sich um einen besonderen „Ort“ im Gehirn handeln. Die genaue Natur des NCC zu bestimmen ist gerade das Ziel der Korrelationsforschung. Das NCC könnte sich genauso gut funktional bestimmen lassen, also z. B. durch eine weit verteilte Population gemeinsam aktiver, synchronisierter Nervenzellen.

Eine weitere Forschungsperspektive, die die Korrelationsforschung ergänzt, ist die sogenannte „kontrastive Analyse“ von BAARS (1988). Dabei wird Bewußtsein als *Variable* - nicht als abgeleitetes Konstrukt - behandelt, und bewußte und unbewußte Prozesse werden hinsichtlich ihrer funktionalen Rolle kontrastierend verglichen. Damit kann zwar Bewußtsein nicht erklärt werden, es wird aber möglich, eine Reihe von Randbedingungen zu formulieren, die die *kausale Rolle* und andere Eigenschaften bewußter Prozesse einzugrenzen erlauben: Welche Prozesse können ohne Bewußtseinsbeteiligung ablaufen? Welche besonderen Verarbeitungsmöglichkeiten stehen bewußten im Vergleich zu unbewußten Repräsentationen offen? Die kontrastive Analyse kann Hinweise darauf geben, welche funktionale Rolle das NCC im neuronalen Gesamtgeschehen hat. Anders formuliert: Welche Folgen hat die Zugehörigkeit einer Repräsentation zum NCC? Auf diese Frage werden wir im Zusammenhang mit Biofeedback noch zu sprechen kommen. BAARS leitet mit seiner Methode eine eigene Theorie zur funktionalen Rolle des Bewußtseins ab, seine „global workspace theory“. Repräsentationen werden durch ihren Eintritt ins Bewußtsein (wie in einem „kartesischen Theater“) für spezialisierte kognitive Module global zur Verfügung gestellt: „Consciousness is associated with a global ‘broadcasting system’ that disseminates information widely throughout the brain. If this is true, then conscious capacity limits may be the price paid for the ability to make single momentary messages available to the entire system for purposes of coordination and control.“ (BAARS, 1996, S. 86-87). Dabei ist es jedoch fraglich, ob eine solche globale Distribution in unserem Gehirn neurobiologisch plausibel ist.

Operationalisierungsdualismus

Die Logik der Korrelationsforschung erfordert zunächst eine Operationalisierung der beiden zueinander in Bezug zu setzenden Untersuchungsgegenstände. Hierbei ist jedoch kein ontologischer Dualismus impliziert, sondern ein „Operationalisierungsdualismus“: Auf physikalische und phänomenale Prozesse wird auf unterschiedliche Weise empirisch zugegriffen. Was passiert im Gehirn, wenn ein bestimmter Prozeß phänomenal abläuft? Für den Bereich der physikalischen Prozesse bedeutet dies die Aufzeichnung verschiedenster Parameter der Hirnaktivität. Dazu stehen heute Instrumente zur Verfügung, wobei der mangelnde zeitliche oder räum-

liche Auflösungsgrad der heutigen Verfahren eher ein graduelles als ein prinzipielles Problem zu sein scheint. Bei den phänomenalen Prozessen hingegen zeigt sich eine der Hauptschwierigkeiten der empirischen Bewußtseinsforschung: Wie können die Erlebnisprozesse einer Person, die sich ja gerade durch ihre Privatheit auszeichnen, von außen "gemessen" werden? Dazu müssen Vorannahmen darüber getroffen werden, wie Bewußtseinsprozesse operationalisiert werden können.

So dürfte es relativ unproblematisch sein, einer Versuchsperson bei einer akustischen Wahrnehmungsaufgabe bewußte Erlebnisse zuzusprechen, wenn die Aufgabe genügend komplex ist und die VP später ausführlich über das Gehörte berichten kann, wie es bei einer Vielzahl von Experimenten mit bildgebenden Verfahren der Fall ist. Um die Struktur von Erlebnissen jedoch differenzierter berücksichtigen zu können, muß nach geeigneten Methoden zu deren Operationalisierung gesucht werden. Diese Methoden können sich entweder objektiver Kriterien, wie z. B. bei der Bestimmung der Diskriminationsfähigkeit, oder aber subjektiver Kriterien, wie z. B. bei der Introspektion, bedienen. Bei den objektiven Kriterien ergibt sich jedoch das Problem, daß unklar bleibt, ob das diskriminative Verhalten tatsächlich auf *erlebten* Unterschieden beruht⁵. Ein Beispiel dafür, daß Erleben und Diskrimination nicht zusammenfallen müssen, ist das Blindsight-Phänomen (WEISCRANTZ, 1986; COWEY & STOERIG, 1991). Bei der Introspektionsmethode dagegen werden die Versuchspersonen explizit nach ihren subjektiven Erlebnissen gefragt, wobei die Verantwortung über die Definition von Erlebnissen jedoch an die Probanden abgegeben wird (s. BORING, 1953). Kritik an dieser Methode richtet sich deshalb vor allem an ihre fehlende Objektivität, da sowohl absichtliche als auch unbeabsichtigte Verfälschungen durch die Versuchsperson schlecht zu kontrollieren sind. Sie wurde deshalb von der wissenschaftlichen Psychologie bald aufgegeben, ohne neben ihren Grenzen auch zugleich ihre Möglichkeiten zu berücksichtigen.

So könnte es zwar tatsächlich sein, daß uns die Versuchsperson absichtlich täuschen will. Diese Gefahr besteht jedoch bei vielen experimentalpsychologischen Verfahren, da wir häufig nicht überprüfen können, ob eine Aufgabe instruktionsgemäß ausgeführt wird. So würde etwa niemand gegen klassische Reaktionsaufgaben einwenden, die Versuchspersonen hätten möglicherweise die Instruktion nicht befolgt und bewußt langsam reagiert. Wesentlich wichtiger sind dagegen Einwände, die sich auf *unbeabsichtigte* Verfälschungen beziehen. Erlebnisprozesse werden durch eine gleichzeitige Beobachtung verändert, und zwar umso mehr, je weniger reizgesteuert sie sind. So wird eine Schmerzempfindung nur wenig, eine komplexe Problemlösaufgabe jedoch in der Regel stark gestört werden (vgl. GADENNE & OSWALD, 1991, 61ff.) Dieser Aspekt hatte seinerzeit Wundt bewogen, die denpsychologischen Untersuchungen der Würzburger Schule scharf abzulehnen, ob-

⁵ SCHOOLER und FIORE fordern die Kognitionsforschung deshalb provokativ auf: „(...)to put consciousness back into definitions of consciousness“ (1997, S. 244).

wohl er im Bereich der Wahrnehmung die Selbstbeobachtung selbst praktizierte (WUNDT, 1907). Ein weiteres Problem besteht darin, daß die Repräsentation des Erlebten abhängig vom Gedächtnis ist. Möglicherweise haben wir im Bruchteil einer Sekunde nach den Erlebnissen ihren tatsächlichen Auflösungsgrad und Detailreichtum vergessen und repräsentieren das Erlebte stark reduziert. Dem entspricht aus der Psychophysik der Befund, daß die Diskriminationsleistung diejenige der Identifikation übertrifft⁶ (HALSEY & CHAPANIS, 1951; BURNS & WARD, 1977; RAFFMAN, 1995). Dieses Problem betrifft jedoch vor allem zeitlich variable Erlebnisprozesse und tritt bei statischen Reizen weniger auf. Ein weiteres Argument gegen die Introspektionsmethode kann man darin sehen, daß möglicherweise das Wesentliche in Sprache gar nicht ausgedrückt werden kann, vor allem weil der Auflösungsgrad der Sprache wesentlich geringer als der des phänomenalen Erlebens ist (s. SCHOOLER & FIORE, 1997). Zuletzt ist noch das Problem konservativer Antworttendenzen zu nennen, auf das manche Kritiker die rudimentären forced-choice Diskriminationsleistungen bei der subliminalen Wahrnehmung zurückführen (vgl. REINGOLD & TOTH, 1996). Diese Kritik beinhaltet jedoch selbst eine Reihe von problematischen Annahmen und führt eher dazu, die Möglichkeit subliminaler Wahrnehmung *wegzudefinieren*, indem auch jede Diskrimination ohne berichtete Identifikation als Beleg für eine bewußte Wahrnehmung interpretiert wird.

Eine besonders kritische Position bezüglich der Introspektion wird in der Arbeit von NISBETT & WILSON (1977) vertreten. Sie lehnen die Introspektion als Mittel zur Erkenntnisgewinnung aufgrund von Belegen ab, daß subjektive verbale Berichte über höhere kognitive Prozesse eher Konstruktionen darstellen, als realitätsgetreue Einschätzungen tatsächlicher kognitiver Ursache-Wirkungs-Relationen. Ausschlaggebend für diese Einschätzung war eine Reihe von Experimenten, in denen Versuchspersonen nicht dazu in der Lage waren, die verhaltensmodulierende Wirkung bestimmter Stimuli korrekt wiederzugeben. Wurden sie jedoch nach Gründen für ihr Verhalten gefragt, so produzierten sie durchaus Erklärungen, diese basierten jedoch eher auf allgemeinen impliziten Kausalannahmen als auf einer Reflektion der tatsächlichen Einflüsse.

Deuten diese Ergebnisse auf ein generelles Scheitern der Introspektion hin? An dieser Stelle ist es angebracht, darüber nachzudenken, was das eigentliche Ziel der Introspektion ist. Verschiedene Typen mentaler Phänomene können introspektiv operationalisiert werden: Es kann nach aktuellen und früheren phänomenalen Zuständen gefragt werden, aber auch nach (nicht notwendigerweise bewußten) mentalen Zuständen, wie etwa Einstellungen, sowie nach mentalen Ursache-Wirkungs-

⁶ RAFFMAN (1995, S. 351) bezeichnet dies als „Gedächtnisbeschränkung“. Während man z. B. in der Lage ist ca. 1400 Tonstufenunterschiede zu diskriminieren, können nur 80 Tonkategorien reidentifiziert werden. Daraus folgt, daß es *prinzipiell* unmöglich ist, die feinsten Nuancen subjektiven Erlebens rein introspektiv zu operationalisieren. METZINGER (1998) spricht in diesem Zusammenhang von „Präsentaten“ als subkategorialen phänomenalen Gehalten für die introspektiv transtemporale Identitätskriterien fehlen.

Zusammenhängen, wie bei NISBETT und WILSON. Ein wesentlicher Kritikpunkt an der introspektivistischen Psychologie richtete sich gegen deren Annahme, daß die *Gesetzmäßigkeiten* geistiger Prozesse der bewußten Reflektion zugänglich sind (s. BORING, 1929). Weniger umstritten war jedoch, ob aktuelle phänomenale Gehalte verbalisiert, bzw. frühere phänomenale Gehalte zu einem späteren Zeitpunkt wieder bewußt rekonstruiert werden können. Eine Unmöglichkeit oder Begrenztheit der bewußten Repräsentation *metakognitiver* Gehalte impliziert nicht die Unmöglichkeit der korrekten Wiedergabe *phänomenaler* Gehalte, weshalb die Möglichkeit der Introspektion im Bereich der Psychophysik selbst von den frühen Behavioristen nicht angezweifelt wurde (BORING, 1953). Auch NISBETT und WILSONS Kritik richtet sich nicht gegen die Verwendung verbaler Berichte zur Ermittlung von Bewußtseinsinhalten (sie machen von verbalen Berichten selbst reichlich Gebrauch), sondern gegen den epistemischen Wert der verbalisierten Bewußtseinsinhalte in bezug auf tatsächliche geistige Funktionszusammenhänge.

Eine Rückbesinnung auf die „phänomenologische Methode“ der Gestaltpsychologie hilft an dieser Stelle Klarheit zu schaffen. Die klassische Introspektion nach Wundt hatte sich Anfang dieses Jahrhunderts in eine methodische Sackgasse begeben. Sie mißtraute der ungeschulten Anschauung und trainierte die Beobachter, von ihren naiven, vollständigen Wahrnehmungen abzusehen, und das ihnen vermeintlich zugrundeliegende Empfindungsmosaik zu beschreiben. Diese Strategie wurde von der Gestaltpsychologie heftig kritisiert (KOFFKA, 1924; KÖHLER, 1933) und ersetzt durch die „unvoreingenommene Beschreibung des phänomenal Vorgefundenen“. Dabei ist „das Vorgefundene zunächst einfach hinzunehmen, wie es ist; auch wenn es ungewohnt, unerwartet, unlogisch, widersinnig erscheint und unbezweifelten Annahmen oder vertrauten Gedankengängen widerspricht“ (METZGER, 1954, S. 12). Der epistemische Wert des phänomenal Vorgefundenen in bezug auf die sogenannte „transphänomenale Welt“ ist dabei unerheblich, das Phänomenale soll *so wie es erlebt wird* mit physiologischen Prozessen korreliert werden. NISBETT und WILSON erhalten mit ihrer Methode verbale Berichte über *phänomenale Theorien*, die einen Teil der Erlebniswelt der Versuchspersonen wiedergeben. Sie sollten überhaupt nicht erst als Aussagen über „transphänomenale“ Prozesse mißgedeutet werden.

Das Vorbild der Gestaltpsychologie weist darauf hin, daß es, bei aller berechtigten Kritik, möglich ist, verbale Daten zur Bestimmung von Bewußtseinsinhalten zu verwenden. Wichtig ist dabei, die möglichen Einsatzgebiete der Introspektionsmethode sorgfältig zu ermitteln, sowie mögliche Verfälschungen gegen mögliche Erkenntnisgewinne abzuwägen (LIEBERMAN, 1979). Für die wissenschaftliche Untersuchung der Bewußtseins ist die Introspektion (im Sinne des phänomenalen Berichtes) die einzige Methode, die gezielt auf phänomenale Gehalte Bezug nimmt. Hinweise auf Verfälschungen können aus experimentalpsychologischen Untersuchungen gewonnen werden (s. SCHOOLER & FIORE, 1997), wobei durch den Vergleich von Ergebnissen unter verschiedenen Operationalisierungen eine wechselseitige Validierung möglich wird. Aus verbalen Daten können so, wie oben bereits ausgeführt, *strukturelle* Modelle abgeleitet werden, ohne daß feststehen muß,

wie sich das Rot-Erlebnis für eine Person qualitativ *anfühlt*, oder *wie es für sie ist*, ein Schmerzerlebnis zu haben (NAGEL, 1974). Über Unterschiedlichkeits- und Ähnlichkeitsaussagen ist es möglich, die Struktur des phänomenalen Raumes einer Person immer genauer zu bestimmen⁷. Diese phänomenale Struktur kann dann mit neurobiologischen Strukturen und Funktionen korreliert werden, um das NCC zu ermitteln.

Zusammenfassend lassen sich folgende Fragen formulieren:

- Welche Struktur hat das phänomenale Bewußtsein?
- Welche Prozesse erfordern die Repräsentation im Bewußtsein?
- Welche allgemeinen Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit das Gehirn Erlebnisse hervorbringen kann?
- Welche neuronalen Korrelate lassen sich für die spezifischen Erlebnisse finden?
- Wodurch unterscheidet sich neuronal ein bewußter von einem unbewußten Prozeß?
- Welche funktionale Rolle spielt dieser Unterschied im neuronalen Gesamtsystem?

Wir werden nachfolgend an einigen Beispielen vor allem die kausale Rolle bewußter Erlebnisse betrachten: (1) Wann erfordert eine bestimmter Aufgabe die Beteiligung des (wie auch immer gearteten) NCC? (2) Was ist bereits heute über die kausale Rolle subjektiver Erlebnisse bekannt? (3) Impliziert eine Ermittlung des NCC zugleich eine reduktionistische Position?

Aufmerksamkeit und Bewußtsein

Auf empirischem Gebiet wurden in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte bei der Untersuchung der Frage gemacht, ob und in welchem Maße lokalisierbare und meßbare Hirnprozesse mit kognitiven Leistungen wie Wahrnehmen, Denken, Vorstellen und Erinnern korrelierbar sind. Neben den klassischen Methoden des Vergleichs von lokalisierten Hirnverletzungen und kognitiven Defiziten sowie Hirnreizungsversuchen bei Tieren und Menschen (letztere im Zusammenhang mit Gehirnoperationen) macht man sich die bemerkenswerte Tatsache zunutze, daß Pro-

⁷ Für Wege hierzu siehe CLARK (1993), GAERDENFORS (1996) und METZINGER (1998): „Ausgehend von elementaren Diskriminationsleistungen kann man ‚Qualitätsräume‘ oder ‚sensorische Ordnungen‘ konstruieren, für die dann etwa gilt, daß die Anzahl der einem System innerhalb einer Sinnesmodalität möglichen qualitativen Enkodierungen durch die *Dimensionalität* des Raumes gegeben ist, daß jede partikuläre Aktivierung (...) einem *Punkt* in diesem Raum entspricht, der seinerseits durch eine Äquivalenzklasse bezüglich der Eigenschaft einer globalen Ununterscheidbarkeit definiert ist, und daß das subjektive Erleben von *kategorisierbarem* qualitativen Gehalt der phänomenalen Repräsentation einer *Region* oder einem *Volumen* in einem solchen Raum gleichkommt.“ (METZINGER, 1998, S. 18).

zesse der neuronalen Erregungsverarbeitung im Gehirn und besonders in der Großhirnrinde mit bestimmten physikalisch-physiologischen Prozessen, wie z. B. Veränderung des Sauerstoff- und Glukoseverbrauchs von Nervenzellen, gekoppelt sind (Übersicht bei KANDEL et al., 1991; RAICHLE, 1994). Mit Registriermethoden wie Positronen-Emissions-Tomographie (PET) kombiniert mit funktioneller Kernspintomographie (fNMR), oder mit optischen Messungen der Lichtabsorption oxygenierten und desoxygenierten Blutes in den Hirnkapillaren lassen sich so Aktivitätsmuster des intakten Gehirnes während kognitiver (und natürlich auch anderer) Leistungen bei einer räumlichen Auflösung von einem Millimeter und weniger registrieren. Ebenso wurde in den letzten Jahren die Methodik und Auswerttechnik der Elektroenzephalographie (EEG), neuerdings auch der Magnetoenzephalographie (MEG) und insbesondere der ereigniskorrelierten Potentiale (EKP) stark verfeinert, mit denen man mit hoher zeitlicher Auflösung (einem Defizit der anderen Methoden) Korrelationen von Hirnprozessen mit kognitiven Prozessen untersuchen kann.

Alle diese Untersuchungen lassen selbst bei kritischer Einschätzung die Feststellung zu, daß neurophysiologische Hirnprozesse und kognitive Prozesse eng miteinander verbunden sind. Es bestätigt sich die aus neuroanatomischen und neurophysiologischen Daten gewonnenen Vermutung, daß Leistungen wie das Erkennen von Objekten, das Verstehen von Sprache oder das Nachdenken über bestimmte Inhalte im Gehirn in räumlich verteilter (distributiver) Weise nach dem Prinzip der Parallelverarbeitung stattfinden. Man kann heute im groben Maße von gemessenen Hirnaktivitäten auf die im Gehirn ablaufenden kognitiven Prozesse schließen und umgekehrt. Vom „Gedankenlesen“ ist die Hirnforschung noch weit entfernt, aber man kann durchaus die Modalität und einige Aspekte der Qualitäten eines wahrgenommenen (oder gar vorgestellten) Ereignisses „objektiv“ erkennen und auch, ob dieses Ereignis (z. B. ein Wort) eine Bedeutung für den Hörer hat oder nicht (s. auch Abb. 1).

Wie steht es mit dem Phänomen des Bewußtseins? Obwohl die technischen Möglichkeiten der Korrelateforschung zur Zeit noch zu begrenzt sind, um während eines bewußten Erlebnisses *alle* denkbaren korrelierenden Gehirnprozesse aufzuzeichnen, kann der Suchbereich doch erheblich eingegrenzt werden. So kann man sich den sehr engen Zusammenhang zwischen Bewußtsein und Aufmerksamkeit zunutze machen⁸. Aufmerksamkeit läßt sich definieren als die Fähigkeit, mentale Ressourcen selektiv auf bestimmte interne oder externe Reize einzustellen. Auf-

⁸ Viele Autoren postulieren einen engen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeit und Bewußtsein (z. B. JAMES 1890; CRICK & KOCH 1990; POSNER 1994; ROTH 1994). Bei einigen Untersuchungen wird nicht einmal klar, ob sie sich mit dem einen oder dem anderen Phänomen beschäftigen. Kritik an dieser Sichtweise richtet sich vor allem an einer vermeintlichen Vernachlässigung dessen, was JAMES (1890) als „fringe consciousness“ und IWASAKI (1993) als „background consciousness“ bezeichnet hat. Der Grund für diese Kontroverse scheint jedoch eher im unterschiedlichen Gebrauch des Begriffs der Aufmerksamkeit zu liegen. Die meisten oben genannten Autoren fassen die nicht-fokalen Bewußtseinsinhalte als eine Form peripherer Aufmerksamkeit auf.

merksamkeitsprozesse umfassen wesentlich mehr, als uns bewußt wird (s. POSNER & ROTHBART, 1992), aber sie spielen eine zentrale Rolle bei der Steuerung dessen, was einen Zugang zum NCC bekommt. Wenn mit dem Bewußtsein auf neuronaler Ebene eine besondere Form der Repräsentation verbunden ist, die eine spezifische Verarbeitung erfährt, dann ist es die Aufmerksamkeit (bzw. der damit verbundene Hirnprozeß), die den Zugang zu diesem System regelt. Aufmerksamkeit ist also eine Bedingung für Bewußtsein. Wenn man herausfindet, welchen Selektionsprinzipien die Aufmerksamkeitssteuerung gehorcht, könnte man vermutlich Aufschluß darüber erhalten, welche Funktion die bewußte Verarbeitung erfüllt.

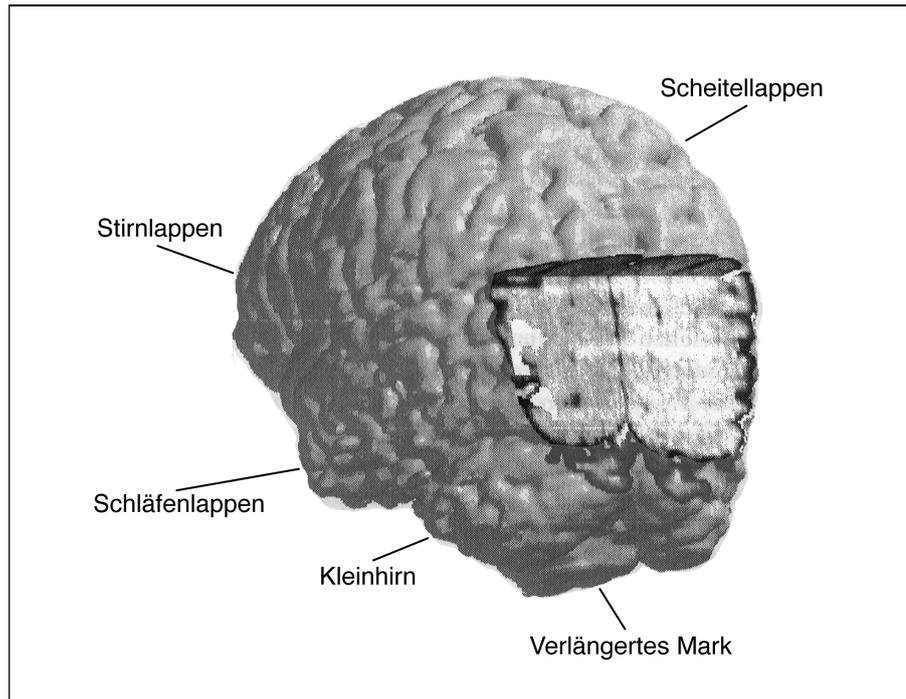


Abbildung 1: Darstellung kognitiver Leistungen im menschlichen Gehirn mit Hilfe der funktionellen Kernspintomographie (fNMR). Die Versuchspersonen wurde aufgefordert, einen zentralen Fixationspunkt im Gesichtsfeld genau zu fixieren und gleichzeitig ihre Aufmerksamkeit auf andere Geschehnisse im Gesichtsfeld zu konzentrieren. Es zeigt sich eine deutliche Aktivitätsänderung kontralateral zur fokussierten Gesichtsfeldhälfte im Übergangsbereich zwischen Schläfenlappen und Hinterhauptslappen. Die Aufnahmen wurden freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Prof. H. J. HEINZE, Prof. S. A. HILLYARD und Prof. H. SCHEICH von der Universität Magdeburg.

Dabei läßt sich beobachten, daß jeweils nur sehr wenig von dem, was unser Gehirn verarbeitet und effektorisch bewirkt, von Aufmerksamkeit begleitet ist, und daß

das meiste, was wir tun, kaum oder gar nicht bewußt wird. Dabei gibt es eine bestimmte Gesetzmäßigkeit: je routinierter und perfekter wir etwas ausführen, desto weniger ist Bewußtsein wichtig. Umgekehrt ist alles, was für uns ungewohnt und gleichzeitig von Interesse bzw. Wichtigkeit ist, auch von Aufmerksamkeit und Bewußtsein begleitet. Je mehr wir aber damit vertraut werden und je routinierter wir damit umgehen, desto weniger Aufmerksamkeit ist erforderlich, bis wir es schließlich "im Schlaf" können. Anscheinend ist die Aufnahme in das NCC dann nicht mehr erforderlich für die Ausführung des Prozesses. Wenn ein Bewegungsablauf einmal routinisiert ist muß er gar nicht mehr über bewußte, corticale Prozesse gesteuert werden, sondern er wird über subcorticale Neuronengruppen ausgeführt, z. B. im Kleinhirn, in den Basalganglien oder in der Brücke. Dabei führt interessanterweise jeder „bewußte“ Eingriff in diesen Bewegungsablauf zu einer erheblichen Störung, und der Bewegungsablauf kann mißlingen. Die Aufnahme in das NCC ist also bei all den Problemen nötig, für die das Gehirn und sein kognitives System nicht schon Lösungen parat haben. Dazu gehören neue Wahrnehmungsinhalte ebenso wie Problemsituationen, die nicht routinemäßig im Denken oder im Verhalten abgearbeitet werden können. Das Bewußtsein wird zur Analyse neuartiger Reizsituationen und für die Organisation neuer, noch nicht automatisierter Bewegungsabläufe benötigt. Treten neuartige Reizsituationen sehr plötzlich auf, so wird über die *Formatio reticularis* eine Orientierungsreaktion aktiviert, die kurzzeitig die Schwellen aller Sinnesorgane herabsetzt und damit eine Klassifizierung der neuen Reizsituation, z. B. auf ihr Gefahrenpotential hin, ermöglicht. Dies ist ein mit starkem Energieverbrauch gekoppelter Prozeß, den wir auch subjektiv deutlich als hohe Aktivierung (Schreck) wahrnehmen. Das ganze Gehirn könnte einen so hohen Energieverbrauch gar nicht verkraften, sondern die Aufmerksamkeit liegt punktuell, wie ein Lichtkegel, auf einzelnen Bereichen unserer sensorisch repräsentierten Umwelt. Bereits eine Teilung der Aufmerksamkeit auf zwei verschiedene Prozesse, etwa das Zuhören bei einem Gespräch bei gleichzeitigem Verfolgen der Nachrichten aus dem Rundfunk, ist für die meisten Menschen ohne intensive Übung unmöglich. Im visuellen Bereich können wir unsere Aufmerksamkeit bei fixierter Blickrichtung über verschiedene Bereiche des Sehfeldes willkürlich wandern lassen. Dabei kommt es zu einer meßbaren Intensivierung der entsprechenden Gehirnprozesse.

Bei der Aufmerksamkeit ist es wichtig, eher reizabhängige von eher intern determinierten Steuerungsaspekten zu unterscheiden (s. EIMER, NATTKEMPER, SCHRÖGER & PRINZ, 1996). Während z. B. die Orientierungsreaktion maßgeblich durch physikalische Reizparameter beeinflusst wird, kann es auch zu einer intentionalen Aufmerksamkeitssteuerung kommen, wie etwa bei visuellen Suchprozessen. Auch so komplexe Verarbeitungsebenen wie die Bedeutungsanalyse können bei der Steuerung eine Rolle spielen. Wenn bei einer akustischen Schattierungsaufgabe die Bedeutung vom attendierten zum ausgeblendeten Kanal wechselt, so folgt die Aufmerksamkeit eher der Bedeutung als dem Ort (TREISMAN, 1960). Dies ist ein typisches Beispiel eines top-down Mechanismus bei der Aufmerksamkeitssteuerung, bei dem sich ein etabliertes Perzept auf rekursive Weise selbst stabilisiert und vorgeschaltete Verarbeitungsstufen so beeinflusst, daß es aufrechterhalten wird.

Die Neurobiologie hat inzwischen einigermaßen gut diejenigen Hirnzentren identifiziert, die an der Steuerung von Aufmerksamkeit in der Großhirnrinde beteiligt sind. Dies sind Zentren, die - von der Großhirnrinde im engeren Sinn (Neocortex) verdeckt - im Inneren des Gehirnes lokalisiert sind und mit dem Gedächtnis (z. B. Hippocampus), der emotionalen Bewertung (z. B. Septum, Amygdala, ventrales Striatum) und der Klassifizierung von Sinnesreizen nach "alt/neu" bzw. "wichtig/unwichtig" (basales Vorderhirn, *Formatio reticularis* sowie Kerne des Thalamus, wie z. B. der *Nucleus reticularis thalami*) befaßt sind. Diese Teile vermitteln in einem komplizierten Verbund den sensorischen und senso-motorischen Arealen der Großhirnrinde, wofür es noch keine "Routinen" gibt und womit sich die corticalen Nervennetze (im Verbund mit subcorticalen Zentren) besonders zu "befassen" haben. Neurophysiologisch bedeutet dies, daß Veränderungen an den Synapsen innerhalb von sensorischen Neuronennetzen nötig sind. Hierzu ist erstens Zeit und zweitens viel Stoffwechsel und neuronale Aktivität notwendig. Aus diesem Grund lassen sich Gehirnprozesse, die von Bewußtsein begleitet sind, mit den oben genannten neurophysiologischen und biochemischen Meßverfahren sichtbar machen. Würden alle Gehirnteile gleichzeitig mit Aufmerksamkeit belegt sein, so würde der Energieverbrauch des Gehirns ins Unerträgliche wachsen.

Nun gibt es natürlich auch eine Vielzahl von Bewußtseinsinhalten, die sich nicht dadurch auszeichnen, daß sie neu und wichtig sind. So kann mein Blick über einen mir vertrauten Raum schweifen, und dabei kommen mir Gegenstände ins Bewußtsein, die mir längst vertraut sind. Anscheinend kann Aufmerksamkeit auch eine Rolle dabei spielen, den Zugang zum deklarativen Gedächtnis zu regulieren (s. KELLOGG, 1980; FISK & SCHNEIDER, 1984; KELLOGG et al., 1996), so etwa wenn mein "Weltmodell" aktualisiert werden soll, falls ein vertrauter Gegenstand seinen Ort verändert hat. Auch dabei hat Bewußtsein mit Lernen bzw. Gedächtnis und somit mit der Veränderung synaptischer Verbindungen zu tun. In jedem Fall läßt sich die Frage stellen, welche Funktion die aufmerksamkeitsgesteuerte Aufnahme in das NCC hat.

Einen wichtigen Hinweis auf die kausalen Auswirkungen des Eintritts in das NCC läßt sich auch beim zentralnervösen Biofeedback finden. Hierbei wird ein globaler zentralnervöser Prozeß durch entsprechende technische Verstärkung und Signalmodulation den äußeren Sinnesorganen eines Menschen direkt zugänglich, und dieser Gehirnprozeß kann zeitgleich bewußt wahrgenommen werden. Als globaler Prozeß eignen sich etwa das EEG, das MEG, und bei einer weiteren Verbesserung der Geschwindigkeit in Zukunft auch die funktionelle Kernspintomographie. Das Interessante ist nun, daß durch die zeitgleiche Betrachtung des geistigen und des neurophysiologischen Aspektes globaler Gehirnprozesse nicht nur deren Zuordnung möglich wird, sondern auch deren bewußte Beeinflussung. Dies entspricht der These von Hermann HAKEN, daß in selbstorganisierenden Systemen Musterbildung und Mustererkennung zwei analoge, im Grenzfall identische Prozesse sind (HAKEN, 1991). Die ersten Versuche zur willentlichen Beeinflussung zentralnervöser Prozesse durch Biofeedback wurden schon seit Ende der sechziger Jahre mit dem EEG gemacht (KAMIYA, 1969). Es zeigte sich, daß Versuchspersonen bei der

Aufgabe, die Frequenzen ihres spontanen EEG zu modulieren, bis zu 70 % mehr Alpha-Aktivität erzeugen konnten. Daß die meisten Autoren diese erstaunliche Leistung zunächst als einen operanten Konditionierungsprozeß deuteten, verschleiert die eigentlich interessante Tatsache, daß hierbei die Beeinflussung eines globalen neurophysiologischen Vorganges gerade durch seine Repräsentation im NCC möglich wird. Zwar steckt die Korrelation kognitiver Prozesse mit Parametern des EEG heute noch in den Kinderschuhen, aber die Mehrzahl der Neurobiologen sieht hier erfolversprechende Ansätze (MOUNTCASTLE, 1992; PETSCHKE, 1992; LEHMANN, 1995). Bei einer technischen Verbesserung - insbesondere der graphischen Datenaufbereitung und der Verarbeitungsgeschwindigkeit bei der Darstellung lokalisierbarer Gehirnaktivitäten - kann unseres Erachtens in Kürze ein wichtiger Schritt auf das von FEIGL (1958) im Gedankenexperiment geforderte Autozerebroskop erfolgen, das die derzeit noch von Psychologen und Neurobiologen vorhergesagten Schwierigkeiten überwindet (vgl. FLOHR, 1989). Biofeedback läßt sich sogar unter bestimmten Bedingungen prinzipiell interpersonal durchführen, so daß die Semantik von Gehirnprozessen auch intersubjektiv vermittelbar wird (STADLER et al., 1978).

Die kausale Rolle des subjektiven Willens

Es ist eine alltägliche Erfahrung zumindest aller gesunden Menschen, daß das Handeln durch geistig vorweggenommene Ergebnisse organisiert wird und Körperbewegungen durch Willensimpulse in Gang gesetzt werden können. Diese Erfahrung der kausalen Wirksamkeit bestimmter Erlebensformen ist ein gewichtiges Argument für die Einbeziehung mentaler Phänomene in die wissenschaftliche Analyse der Gehirmtätigkeit. Darüber hinaus scheint das Alltagsverständnis dem „wollenden Subjekt“ auch eine gewisse *Entscheidungsfreiheit* zuzugestehen. Gerade letztere Auffassung steht in Widerspruch mit unserer alltäglichen Erfahrung von Regelmäßigkeit und Gesetzmäßigkeit in der außer uns liegenden Welt. Viele Naturwissenschaftler sehen den Fortgang der physikalischen Welt allein und vollständig durch die fundamentalen physikalischen Naturgesetze determiniert. Der Eingriff eines außerhalb der physikalischen Welt existierenden Willens würde demnach eine Verletzung der „kausalen Geschlossenheit des Physikalischen“ (CCP) darstellen. In der schärfsten Formulierung findet sich diese Position 1795 bei dem Mathematiker LAPLACE:

„Eine Intelligenz, der zu einem gegebenen Zeitpunkt alle in der Natur wirkenden Kräfte bekannt wären und ebenso die entsprechenden Lagen aller Dinge, aus denen die Welt besteht, könnte, wenn sie umfassend genug wäre, alle diese Daten einer Analyse zu unterwerfen, in einer und derselben Formel die Bewegungen der größten Körper des Weltalls und die der leichtesten Atome zusammenfassen; nichts wäre für sie ungewiß, und die Zukunft, wie die Vergangenheit wäre ihren Augen gegenwärtig.“ (zitiert nach FRANK, S. 59).

Nun ist spätestens seit Formulierung der Quantentheorie klar, daß Prozesse auf subatomarer Ebene nur stochastisch adäquat beschreibbar sind, und erst auf höheren

Organisationsstufen der Materie zunehmend in quasi-deterministische Prozesse übergehen. Die Freiheit, oder besser "Unbestimmtheit", die damit in physikalische Theorien Einzug hält, kann jedoch nicht zur Stützung der These einer Freiheit des Willens dienen. Dazu ist nicht nur die Unbestimmtheit zu belegen, sondern es muß noch zusätzlich gezeigt werden, auf welche Weise es Personen möglich ist, in diesem un- oder unterdeterminierten Bereich selbstbestimmt zu entscheiden (POTHAST, 1978).

Bei der Debatte um die Willensfreiheit kommt es häufig zu einer unzulässigen Vermischung zweier Teilfragen. Zum einen ist die Frage zu stellen, ob das, was wir subjektiv als Willen erleben, tatsächlich in der Welt wirksam werden kann (mentale Verursachung). Davon zu trennen ist die Frage, ob dieser subjektive Wille darüber hinaus "frei" ist, d. h. ob eine Person tatsächlich in der Lage ist, undeterminiert vom sonstigen kausalen Gefüge, mittels ihrer Entscheidung den zukünftigen Verlauf der Welt unterschiedlich zu beeinflussen (Willensfreiheit)⁹. Während die Vertreter einer dualistischen Position Schwierigkeiten haben, die kausale Wirksamkeit ihrer postulierten mentalen Substanz in der physikalischen Welt zu erklären, haben die Vertreter monistischer Positionen das Problem, daß sie damit die Willensfreiheit im engeren Sinne aufgeben müssen. Dagegen ist innerhalb (nicht-eliminativer) monistischer Modelle die kausale Wirksamkeit mentaler Prozesse zumindest denkbar. Es handelt sich dabei um eine Fragestellung, die empirisch zu beantworten ist. Da der subjektive Willensimpuls an einen bestimmten Gehirnprozeß gebunden ist, kann bei fortschreitender Kenntnis der Anatomie und der Funktion des Gehirns die kausale Rolle, die dieses Korrelat im neuronalen Gesamtgeschehen spielt, empirisch bestimmt werden. Dabei ist es zum einen möglich, die Determinanten dieses NCC_{Wille} zu bestimmen: Ist ein bestimmter Willensakt durch einfache Manipulationsstrategien von außen herbeiführbar, oder ist das NCC_{Wille} vielmehr ein durch komplexe interne Rückkoppelungsschleifen bestimmtes, unvorhersehbares und somit unmanipulierbares Ereignis? Zum anderen ist es möglich, die Auswirkungen, die das NCC_{Wille} im Gehirn hat zu untersuchen: Ist es im Bezug auf die erfolgende Handlung kausal relevant, oder hat es eher die Funktion, nach erfolgter Entscheidung, die ohne Bewußtseinskorrelat stattfindet, nachträglich das restliche System über die Entscheidung zu informieren? Im letzteren Falle wäre nicht nur die Freiheit, sondern auch die Wirksamkeit des Willens empirisch widerlegt.

⁹ Der Freiheitsbegriff ist in der Philosophie sehr umstritten, was sich auch daran zeigt, daß es bislang nicht gelungen ist, eine allgemein akzeptierte Explikation des Begriffes zu geben. Mit diesem Problem hat sich auch WERTHEIMER (1940) in seiner „Geschichte dreier Tage“ auseinandergesetzt. Er untersucht gängige Aspekte und Ebenen der Determination (soziale Prozesse, psychische Prozesse und physikalische Prozesse) und kommt zu dem Ergebnis, daß sie allesamt seiner Intuition, was mit dem Begriff „Freiheit“ gemeint sei, nicht entsprechen. Er selbst schlägt vor, Freiheit (1) funktional zu untersuchen, als eine „wichtige (...) Bedingung im sozialen Feld“, und (2) Freiheit als „Gestaltqualität der Einstellung, des Verhaltens, des Denkens und des Handelns“ zu verstehen (WERTHEIMER, 1940, S. 118). Über diese unspezifischen Eigenschaften hinaus gelingt es jedoch auch WERTHEIMER nicht, Freiheit positiv zu definieren. Sein Freiheitsverständnis stellt eine Mischung aus HUMES Handlungsfreiheit (s. POTHAST, 1978) und kognitiver Selbstorganisation dar.

Die Neurobiologie hat bereits Einblicke in die Planung und Ausführung von Willenshandlungen ermöglicht (Abb. 2). Eine Vielzahl corticaler und subcorticaler Gehirnnareale ist demnach an der Handlungsregulation beteiligt. Wo fällt nun die Entscheidung darüber, ob eine bestimmte Handlung *gewollt* und *ausgeführt* wird? Forschungsergebnisse zeigen, daß es keine Instanz im Gehirn gibt, die spontan von sich aus, d. h. losgelöst aus dem übrigen Kausalgefüge cerebraler Prozesse, "freie" Handlungen initiieren kann. Der präfrontale Cortex, der von vielen Autoren als oberste Instanz der Handlungsplanung angesehen wird (SHALLICE, 1988; FRITH, 1992), steht unter dem Einfluß subcorticaler Zentren und kann nicht ohne Umweg über die Basalganglien auf die ausführenden motorischen und prämotorischen Zentren der Großhirnrinde einwirken. Die Basalganglien, die vielfältige corticale Afferenzen erhalten, üben dabei eine *Zensurfunktion* aus, bei der die geplante Handlung im Hinblick auf Erfahrung und Situationskontext bewertet wird. Dabei stehen die Basalganglien selbst wieder unter dem Einfluß weiterer limbischer Bewertungsinstanzen. Die subcorticalen neuronalen Prozesse, die für die Entschlußfassung zuständig sind, sind für das Bewußtsein unzugänglich. Die Bedeutung der Basalganglien für die Auslösung von Willkürbewegungen wird auch bei Parkinson-Patienten deutlich, die unter einer Unterproduktion des Neuromodulators Dopamin in Neuronen der Substantia nigra (pars compacta) leiden. Parkinson-Patienten haben große Schwierigkeiten damit, in Abwesenheit äußerer Reize Willkürbewegungen zu starten (s. KOLB & WHISHAW, 1993), während die Möglichkeit einer Handlungsinitiation durch starke Außenreize erhalten bleibt.

Der amerikanische Neurobiologe Benjamin LIBET hat in einer Reihe von Experimenten die zeitliche Abfolge neuronaler und phänomenaler Aspekte von Willkürbewegungen untersucht (LIBET et al., 1983, 1985). Über verschiedenen Cortexarealen, die an motorischen Prozessen beteiligt sind, läßt sich im EEG vor einer Bewegung eine langsame Negativierung feststellen, das sogenannte *Bereitschaftspotential*, das bis zu einer Sekunde vor der motorischen Reaktion beginnt (KORNHUBER & DEECKE, 1965). LIBET instruierte Versuchspersonen, innerhalb einer gegebenen Zeit (ca. 1-3 Sekunden) zu einem beliebigen Zeitpunkt spontan den Entschluß zu fassen, eine Handbewegung auszuführen. Er setzte zur Messung dieses Zeitpunktes die Introspektionsmethode ein, versuchte sie jedoch methodisch abzusichern. Die VP sollten sich den Zeitpunkt der subjektiven Entschlußfassung auf einer gleichzeitig mitlaufenden Uhr merken. Parallel dazu wurde ein EEG abgeleitet. Es zeigte sich, daß bereits 350 ms vor dem Zeitpunkt der subjektiven Willensbildung ein spezifisches Bereitschaftspotential begann. Bei komplexeren Handlungen betrug diese Latenzzeit sogar bis zu einer Sekunde. Dem subjektiven Willensakt folgte die Handlung dann um ca. 200 ms. LIBET sicherte seine Ergebnisse in Kontrollexperimenten ab, bei denen der Zeitpunkt des Erlebens einer Hautstimulation mit derselben Methode bestimmt werden mußte. Die Wahrnehmungslatenz betrug dabei nur ca. 0,02 Sekunden. Wie lassen sich diese Ergebnisse interpretieren? Anscheinend hatte das Gehirn bereits vor der VP "festgelegt", welche Handlung demnächst ausgeführt werden würde. Ein komplexer neuronaler Prozeß, der zugleich das Bereitschaftspotential verursachte, ging dem subjektiven Willen zeitlich voraus. Nun

ließe sich dagegen einwenden, daß es unzulässig sei, aus zeitlichen Abfolgen auf

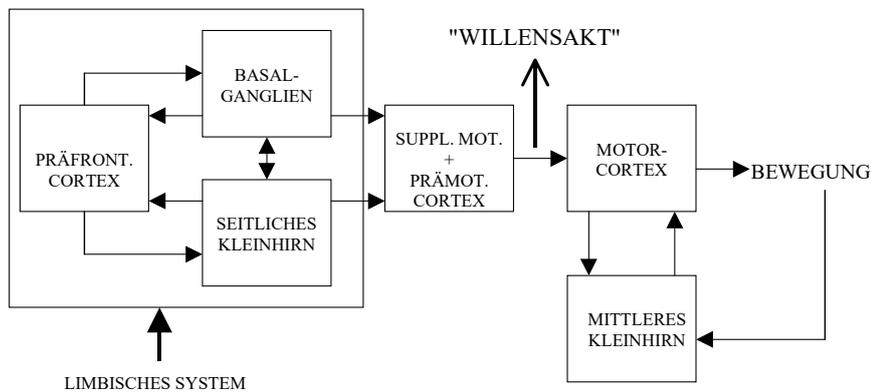


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Steuerung willkürmotorischer Handlungen. Im limbischen System unbewußt verlaufende Prozesse wirken auf den motorischen Planungsapparat im engeren Sinne ein, der seinerseits teils bewußt (präfrontaler Cortex), teils unbewußt (Basalganglien, laterales Kleinhirn) arbeitet. Dieser Apparat wirkt auf die prämotorischen Cortexareale ein, die ihrerseits den Motorcortex kontrollieren, der dann im Zusammenhang mit dem medialen Kleinhirn (Vestibulo-Cerebellum, Spino-Cerebellum) die aktuelle Bewegung steuert. Der subjektiv erlebte "Willensakt" tritt offenbar beim Übergang der Aktivität vom prämotorischen zum motorischen Cortex auf (nach ROTH, 1997).

Ursache-Wirkungs-Beziehungen zu schließen. Um die vorhandene Korrelation zu erklären, würden dann jedoch sowohl das Bereitschaftspotential als auch der subjektive Wille einer gemeinsamen dritten Ursache bedürfen, die selbst wiederum nicht bewußt gewesen sein kann. LIBET folgert daraus, daß Willenshandlungen unbewußt und subcortical zustandekommen¹⁰.

Wenn der subjektive Willensakt keine unabhängige Ursache von Handlungen sein kann, welche Rolle spielt er dann? Dazu ist es erforderlich, die funktionale Rolle des (empirisch noch zu bestimmenden) NCC_{Wille} zu betrachten: Entweder ist das neuronale Korrelat des subjektiven Willensaktes mit der corticalen Weiterverarbeitung nach erfolgter Entschlußfassung identisch. Dann stellt das NCC_{Wille} ein unabdingbares Glied in einer Kausalkette dar, wobei es allerdings unter dem Ein-

¹⁰ Jedoch sieht LIBET die Möglichkeit für einen Eingriff des Bewußtseins in Form eines Vetos, aber erst nach der unbewußten Entscheidung. Dies steht in Einklang mit der gestalttheoretischen Vorstellung, daß sich die Freiheit des Menschen darin ausdrückt, daß er freien Feldkräften und dem Zug des Zieles folgen kann (vgl. METZGER, 1959). Allerdings läuft diese Auffassung entweder Gefahr, in einen Dualismus zu münden, oder aber eine rein epiphänomenale Kausalität zu beschreiben, die auf andere Prozesse reduziert werden kann (KIM, 1984).

fluß subcorticaler Zentren steht. In diesem Fall ist das NCC_{Wille} zwar nicht Initiator der Handlung, wohl aber ist es in Bezug auf die Handlung kausal wirksam. Oder aber das neuronale Korrelat stellt einen "kausalen Seitenarm" des Prozesses dar, das z. B. die Aufgabe erfüllen könnte, das restliche kognitive System über den unbewußt erfolgten Willensakt nachträglich zu informieren oder die Handlungsausführung zu kontrollieren. PRINZ zufolge "(...) tun wir nicht, was wir wollen, (...) sondern wollen wir, was wir tun" (1996, 98). Gleichgültig welcher dieser beiden Positionen man anhängt, die LIBET-Experimente zeigen, daß unsere alltagspsychologische Auffassung von der Freiheit des subjektiven Willens erheblich in Frage zu stellen ist ¹¹.

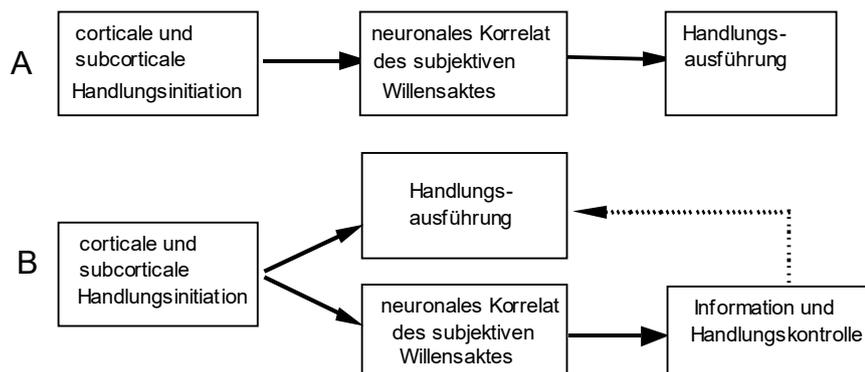


Abbildung 3: Das neuronale Korrelat des subjektiven Willensaktes: (A) als Glied einer Kausalkette; (B) als kausaler Seitenarm, der die Funktion erfüllt, die Information über die erfolgte Entscheidung dem System global zur Verfügung zu stellen und die Ausführung zu kontrollieren.

Die Betrachtung von Willensakten bringt uns zu der Frage, wie denn die anschließenden Bewegungsabläufe durch das Gehirn organisiert werden: auf der mikroskopischen oder der makroskopischen Ebene? Der Psychologe Kurt LEWIN hat immer wieder darauf hingewiesen, daß zielgerichtetes Handeln nur möglich ist, wenn die es realisierenden Bewegungen durch die geistige Vorwegnahme des Zieles und damit des Ergebnisses der Handlung organisiert werden. Dies ist heute auch die kaum bestrittene Ansicht aller Handlungstheorien, da die Alternative, nämlich eine Organisation der Handlungen vom Ausgangspunkt her, eine Kalibrierung von unzählbar vielen Freiheitsgraden der Bewegung eines Organismus nötig machen würde. Zur Realisierung eines Zieles sind je nach gegenwärtigem Zustand des Systems und den jeweiligen Randbedingungen eine Vielzahl von Wegen möglich (sogenann-

¹¹ Damit ist zunächst keine ontologische sondern nur eine nomologische Aussage getroffen über das Verhältnis von neuronalen Prozessen und bewußt erlebtem Willensakt.

te Polystrukturalität der Handlung)¹². Wenn man die Wirkungsfähigkeit von Antizipationen begründen will, dann muß man davon ausgehen, daß Vorstellungen, Probehandeln etc. als hochorganisierte Makroprozesse neuronal realisiert werden. Die Aufnahme der Zielrepräsentation in das NCC hat dabei möglicherweise die Funktion, sie für verschiedene, anatomisch möglicherweise weit auseinander liegende Teilprozesse des Nervensystems zur Verfügung zu stellen. Dies ist auch die zentrale Annahme der bereits erwähnten "global workspace theory" des Bewußtseins (BAARS, 1988). Das NCC einer Zielvorstellung scheint gegenüber dem NCC einer einfachen Vorstellung einen besonderen Zugriff auf das motorische System zu haben, so daß die Differenz zwischen der Repräsentation des aktuellen Zustandes und des Zielzustandes minimiert wird. Eine solche Interpretation der Handlungsorganisation stimmt überein mit dem phänomenologischen Faktum der Attraktivität des Ziels.

Bewußtsein und Reduktionismus

Ist der enge, möglicherweise eindeutige Zusammenhang zwischen subjektivem Erleben und bestimmten Hirnprozessen die endgültige Bestätigung der These, daß Geist und Bewußtsein letztlich "nichts anderes als feuernde Nervenzellen" sind? Lassen wir entsprechend unserer Ausgangsorientierung die Ontologie der Substanz des Geistes beiseite, so bleibt immer noch die Frage, ob nicht Termini wie Geist und Bewußtsein aus dem Vokabular der kognitiven Hirnforschung gestrichen werden können, weil sie nur Sachverhalte bezeichnen, deren Auftreten ebenso eindeutig durch eine physikalisch-physiologische Charakterisierung festgelegt ist, eben durch die Beschreibung des neuronalen Korrelates. Dies ist der Standpunkt verschiedener Varianten von "Reduktionismus", wie z. B. des "eliminativen Materialismus" von Paul CHURCHLAND (1985). Solche "Reduktionismen" haben in der abendländischen Geschichte eine lange Tradition. Eine sehr elaborierte Ausarbeitung erfuhren sie durch OPPENHEIM und PUTNAM (1958) unter dem Namen "Mikroreduktion". Über eine ganze Hierarchie von Ebenen vom Sozialen über das Organische, die Physikochemie des Makromolekularen, die kleinen Moleküle, die Atome bis hin zu den Elementarteilchen sollte das Höhere auf das Niedrigere reduzierbar sein. Als "Hypothese" beruft sich das Programm nicht auf Metaphysik, sondern sollte empirisch auf seine Durchführbarkeit hin erprobt werden. Heute ist bei vielen Naturwissenschaftlern die Meinung verbreitet, daß das Programm wenigstens unten, d. h. innerhalb der ganzen disziplinären Physik, längst bis in alle Einzelheiten erfolgreich ausgeführt ist und dort die Bewährungsprobe bestanden hat. Warum also sollte es

¹² Wollte man nur das erfolgreiche Ergreifen eines Glases zum Trinken vom Ausgangspunkt her beschreiben, und zwar als Innervationsmuster einer großen Anzahl von motorischen Einheiten, die in der exakten Bestimmung der Spannung und Länge einer Kette von mind. 5 Paaren antagonistischer Muskeln besteht, die in wohldefinierten Veränderungen der Gelenkwinkel des Armes resultieren, würde das Gehirn sehr bald überlastet sein, und das Glas Wasser würde durch die permanent notwendigen Korrekturbewegungen bald vergossen sein.

nicht nach oben hin ebenso erfolgreich fortgeführt werden: Gehirnprozesse, die zum NCC beitragen, sind makroskopische Prozesse, die auf Prozesse der darunterliegenden Ebenen reduziert werden können.

Aber schon in Bezug auf die Physik ist diese Meinung falsch, was hier nicht anhand einer innerphysikalischen Diskussion erläutert werden soll (vgl. SCHWEGLER, 1992; ROTH & SCHWEGLER, 1995). Auffallend an den meisten Diskussionen des Leib-Seele- oder Gehirn-Geist-Problems ist, daß sie sich zwar ausführlich mit einer kritischen Bestimmung des Mentalen oder Psychischen beschäftigen, aber ziemlich unhinterfragt ein a-priori-Verständnis des Physikalischen voraussetzen. Die physikalische Welt wird als etwas schlechthin Gegebenes angesehen, und es herrscht der Glaube, die Physik wisse über diesen wohlbestimmten Gegenstand alles, wenn nicht schon heute, dann doch demnächst. Die Mechanisten sind diesem Irrtum schon vor dreihundert Jahren verfallen, indem sie die damalige Physik für prinzipiell abgeschlossen erklärten. Das bereits angeführte Zitat von LAPLACE spitzte dies zu einer "kausalen Geschlossenheit des Physikalischen" zu. Tatsächlich erwies sich die damalige "physikalische Welt" nicht als abgeschlossen, es kam im Laufe der weiteren Geschichte immer wieder Neues hinzu und die Physik hat sich immer wieder verändert. Es gibt keine endgültige und prinzipielle Bestimmung des Physikalischen, von dessen "kausaler Abgeschlossenheit" gar nicht zu reden. Die heutige Physik ist wie die Physik früherer Zeiten unfertig und unvollständig, und zwar unter anderem auch in Hinblick auf die von ihr erfaßten Phänomene.

Neue Phänomene (wie der z. B. der Elektromagnetismus oder die atomaren Prozesse) haben immer auch die Einführung neuer Begriffe (d. h. neuer "physikalischer Größen") zu ihrer Beschreibung erfordert, die dann durch (auch formal mathematisierte) Relationen zu bisherigen Begriffen (physikalischen Größen) in Bezug gesetzt wurden. Dies hat in aller Regel nicht zu einer Reduktion des Neuen auf das Alte (aber auch nicht zu der oben angeführten OPPENHEIM-PUTNAMschen "Mikroreduktion") geführt.

Nicht anders wird eine um Kognitionsphänomene erweiterte Physik (oder wie immer man diese Wissenschaft dann nennen wird) zustande kommen. Wir haben diese methodologische Sichtweise einen "nichtreduktionistischen Physikalismus" genannt (ROTH & SCHWEGLER, 1995), weil an einer umfassenden Bearbeitung der Natur "more physico" gearbeitet werden soll. Dies ist aber nicht der ungerechtfertigterweise als "Physikalismus" bezeichnete Reduktionismus. Im Hinblick auf das speziellere Thema dieses Artikels heißt das, in umfangreichen empirischen Untersuchungen Bewußtseinsprozesse mit Hirnprozessen immer präziser zu korrelieren. Es ist an einer Theorie zu arbeiten, welche gesetzmäßige Relationen zwischen Eigenschaften von Bewußtseinsprozessen und physiologischen Prozessen formuliert. Logisch-formale Überlegungen ergeben, daß solche Relationen bereits von ihrer Form her keineswegs Voraussetzungen besitzen müssen, die eine Begriffsreduktion erlauben.

Eine Elimination der mentalen Begriffe in Form eines Ersetzens durch Begriffe neuronaler Aktivität ist aber schon wegen der durch sie beschriebenen phänomena-

len Eigenart nicht möglich. Nur ganz bestimmte Klassen von Hirnprozessen (nämlich kortikale Prozesse) und davon jeweils nur wenige sind überhaupt von Bewußtsein begleitet, wodurch sich eine allgemeine Gleichsetzung von neuronaler Aktivität und Geist verbietet. An der Aktivität eines einzelnen Neurons ist nichts Geistiges oder Kognitives. Es sind gigantische Netzwerke von Milliarden von Neuronen, die bei kognitiven Prozessen und damit auch bei geistigen Zuständen aktiv sind. Kognition, Geist und Bewußtsein sind gebunden an globale Aktivitätszustände (oder Makrozustände) des Gehirns und sind somit trivialerweise nicht auf die Aktivität von einzelnen Neuronen oder gar Teilen von Neuronen wie Synapsen oder Ionenkanäle reduzierbar.

Von welcher Art die Relationen zwischen Eigenschaften von Bewußtseinsprozessen und physiologischen Eigenschaften sein können, zeigt beispielhaft die von Hermann HAKEN, 1972 begründete Synergetik (für eine zusammenfassende Darstellung siehe z. B. HAKEN und HAKEN-KRELL, 1992). Diese wurde zunächst innerhalb der Physik entwickelt, um makroskopische Systemeigenschaften mit mikroskopischen Eigenschaften in Zusammenhang zu bringen (z. B. Eigenschaften des Laserlichts mit Eigenschaften der an seiner Erzeugung beteiligten einzelnen Moleküle). Die makroskopischen Eigenschaften, die sogenannten "Ordnungsparameter", hängen ab von den mikroskopischen Eigenschaften, auf die sie jedoch ihrerseits wieder zurückwirken (die sie "versklaven" in Hakens Terminologie). Angewandt auf Kognitionsprozesse könnte man Verhaltensmuster, Wahrnehmungen, Gedanken und andere mentale Prozesse als Ordnungsparameter der Neuronenaktivität ansehen. Sie sind stabil, d. h. invariant gegen Verzerrungen und Beschädigungen, Eigenschaften, die auch in der Psychologie der Gestaltwahrnehmung entdeckt wurden. Sie hängen ab von der Aktivität der Neuronen der beteiligten neuronalen Netze und organisieren ihrerseits diese Aktivität.

Kollektive, phasen- und frequenzgleiche Gehirnzustände sind in den letzten Jahren von verschiedenen neurobiologischen Arbeitsgruppen gemessen worden. GRAY und SINGER (1987) wiesen Oszillationen nach, die die neuronale Aktivität über erhebliche Distanzen räumlich getrennter Kolumnen synchronisieren. REIT-BÖCK und ECKHORN (z.B., 1990) zeigten die Existenz solcher Synchronisationseffekte sogar zwischen verschiedenen kortikalen Gebieten auf. Die Oszillationen, die sich auch im EEG im Gamma-Band (40 Hz) darstellen lassen, haben also Eigenschaften, die in dem synergetischen Modell von Ordnungsparametern behauptet werden: sie organisieren die Aktivität der einzelnen Neuronen, für deren Aktivität sie selbst eine globale und kollektive Darstellung sind. Walter FREEMAN fand im olfaktorischen System von Kaninchen hochorganisierte Synchronisationsmuster, die sich aus chaotischen Wellenformationen bilden und die er als neuronale Attraktoren für unterschiedliche Gerüche interpretiert. Hier wird deutlich, daß die synchronisierten Makroprozesse unmittelbar für die Zuweisung von Bedeutungen zu Gehirnprozessen zuständig sein könnten (SKARDA & FREEMAN, 1987; FREEMAN, 1990). Die genannten theoretischen Konzepte und experimentellen Daten sind geeignet, Geist als einen kollektiven Zustand neuronaler Prozesse zu verstehen, ohne dabei in einen Mikroreduktionismus zu verfallen.

Ausblick

Bewußtes Erleben kann, sowohl in der Neurobiologie als auch in der kognitiven Psychologie, zum Gegenstand sinnvoller wissenschaftlicher Untersuchung gemacht werden. Wir glauben Wege aufgezeigt zu haben, wie dies weitgehend frei von ontologischen Festlegungen und unkontrovers erfolgen kann. Viele Detailfragen, über die heute in a-priori-Form gestritten wird, dürften sich bei zunehmendem Erkenntnisfortschritt empirisch beantworten lassen. Dabei ist es jedoch wichtig, die Fragestellungen so zu formulieren, daß sie möglichst frei von Vorannahmen sind. Dazu bietet sich der Begriff des neuronalen Korrelates des Bewußtseins (NCC) als Minimalkonsens an. Damit lassen sich Fragen nach der "Lokalisation" der bewußten Verarbeitung, nach der spezifischen Verarbeitung bewußter Repräsentationen, nach der Rolle des subjektiven Willens oder nach der Reduzierbarkeit mentaler auf neuronale Gesetze in empirische Forschungsprogramme übersetzen.

Was ist von solchen Forschungsprogrammen zu erwarten? Die funktionale Rolle bestimmter Aspekte von Erlebnisprozessen ist nicht nur als Modethema von Interesse, sondern hat weitreichende Implikationen: etwa für Psychotherapie, Neuropsychologie, Rechtsphilosophie, Willensfreiheit, oder für die Debatte um das Hirntodkriterium. Ein wichtiger Aspekt sollte dabei jedoch nicht vergessen werden: Sobald bei kognitionspsychologischen oder neurobiologischen Modellen der Erlebensaspekt berücksichtigt wird, dürften sich diese Modelle auch zur individuellen subjektiven Erfahrung besser in Beziehung setzen lassen. Bereits KÖHLER kritisierte an der Wundtschen Psychologie, daß offenbar "bei weitem der größte Teil aller 'objektiven' Erfahrung auf diese Weise der Psychologie einfach verloren" gehe, und daß sie "gerade diese Erfahrungen, mit denen unser ganzes Leben dauernd zu tun hat, niemals ernsthaft untersuchen" würde (1933, S. 55). Eine Rückbesinnung auf diese Kritik ist auch heute noch wichtig. Möglicherweise eröffnet jedoch die moderne Bewußtseinsforschung, indem sie (unbemerkt) der Tradition KÖHLERS folgt, den Transfer von Erkenntnissen aus Hirnforschung und Psychologie auf die Lebenswelt jedes einzelnen. Vielleicht wird es damit möglich, der Entfremdung von Theorie und Praxis, die auch in der heutigen Psychologie zu beobachten ist, entgegenzuwirken.

Zusammenfassung

In der modernen Bewußtseinsforschung hat KÖHLERS klassischer Begriff des "psychophysischen Niveaus" wieder Einzug gehalten. Bei der Suche nach den "neuronalen Korrelaten bewußter Erlebnisse" (neural correlates of consciousness, NCC) wird eine Forschungsstrategie verfolgt, die direkt an die Tradition von FECHNER, MÜLLER und KÖHLER anknüpft: Physiologische und phänomenale Prozesse werden - MÜLLERS psychophysischen Axiomen folgend - miteinander korreliert. Dabei ist es jedoch wichtig neben der Entwicklung von Methoden zur Aufzeichnung physiologischer Prozesse auch die Operationalisierung phänomenaler Daten zu berücksichtigen. Die Suche nach dem NCC kann weitge-

hend frei von ontologischen Vorannahmen erfolgen und ermöglicht so die Erforschung der Gesetzmäßigkeiten bewußter Erlebnisse ohne vorab einer Klärung des Leib-Seele-Problems zu bedürfen. Aus der Untersuchung von Aufmerksamkeitsprozessen können so z. B. wichtige Hinweise gewonnen werden, welche spezifische Verarbeitung einer Repräsentation durch die Aufnahme im NCC-System ermöglicht wird. Die kausale Rolle subjektiver Willensakte läßt sich ebenfalls über die Betrachtung des neuronalen Korrelates in ein empirisches Forschungsprogramm übersetzen. Die beschriebene Forschungsstrategie impliziert keinen Reduktionismus, da selbst in der modernen Physik die Voraussetzungen hierfür nicht erfüllt sind.

Summary

In modern scientific approaches to consciousness the classical concept of KÖHLERS "psychophysical level" has been reestablished under a different title. In the search for the "neural correlates of consciousness", NCC, a research strategy is employed that can be viewed as a direct continuation of the tradition of FECHNER, MÜLLER and KÖHLER: Physiological and phenomenal processes are correlated following MÜLLERS psychophysical axioms. Apart from the recording of physiological processes special care has to be taken in the operationalisation of phenomenal data. The scientific search for the NCC can be followed largely independent of ontological debates, thus the causal role of conscious states can be clarified without prior solution of the body-mind-problem. Following this line the specific processing made available by representation in the NCC-system can be inferred, for example from research in attention. The causal role of experienced will can also be clarified via translation into an empirical research program considering the role of its neural correlate. This strategy does not implicate reductionism.

Literatur

- BAARS, B. J. (1988). *A Cognitive Theory of Consciousness*. New York: Cambridge University Press.
- BERRY, D. C. (1993). Neuropsychological evidence. In D. C. BERRY & Z. DIENES (Eds.), *Implicit Learning - Theoretical and Empirical Issues*. Hove: Lawrence Erlbaum Associates.
- BIERI, P. (1992). Was macht das Bewußtsein zu einem Rätsel? *Spektrum der Wissenschaft*, Oktober 1992, 48-56.
- BLOCK, N. (1996). How can we find the neural correlates of consciousness? *Trends in Neuroscience*, 19, 456-459.
- BORING, E. G. (1929). *A History of Experimental Psychology*. New York: Appleton-Century.
- BORING, E. G. (1953). A history of introspection. *Psychological Bulletin*, 50, 169-187.
- BURNS, E. M. & WARD, W. D. (1977). Categorical Perception - phenomenon or epiphenomenon: Evidence from experiments in the perception of musical intervals. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63, 456-468.
- CHALMERS, D. J. (1996). Das Rätsel des bewußten Erlebens. *Spektrum der Wissenschaft*, Februar 1996, 40-47.
- CHURCHLAND, P.M. (1985). Reduction, qualia, and the direct introspection of brain states. *Journal of Philosophy*, 82, 8-28.
- CHURCHLAND, P. M. & CHURCHLAND, P. S. (1990). Ist eine denkende Maschine möglich? *Spektrum der Wissenschaft*, März 1990, 47-54.
- CLARK, A. (1993). *Sensory Qualities*. Oxford: Clarendon.
- COWEY, A. & STOERIG, P. (1991). Reflections on Blindsight. In A. D. MILNER & M. D. RUGG (Eds.), *The Neuropsychology of Consciousness*. London: Academic Press.

- CREUTZFELD, O. (1981). Philosophische Probleme der Neurophysiologie. In ders., *Rückblick in die Zukunft*. Berlin: Severin und Siedler.
- CRICK, F. C. H. (1994). *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. New York: Charles Scribner's Sons.
- DENNETT, D. C. (1991). *Consciousness Explained*. Boston: Little, Brown and Co.
- DU BOIS-REYMOND, E. (1916). *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die Sieben Welträtsel. Zwei Vorträge*. Leipzig: Veit & Co.
- ECKHORN, R. & REITBÖCK, H. J. (1990). Stimulus-specific synchronization in cat visual cortex and its possible role in visual pattern recognition. In H. HAKEN & M. STADLER (1990), *Synergetics of Cognition*. Berlin: Springer.
- EIMER, M., NATTKEMPER, D., SCHRÖGER, E. & PRINZ, W. (1996). Unwillkürliche Aufmerksamkeit. In O. NEUMANN & A. F. SANDERS (Eds.), *Aufmerksamkeit. Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Serie 2, Bd. 2*. Göttingen: Hogrefe.
- FEIGL, H. (1958). The 'mental' and the 'physical'. In H. FEIGL, M. SCRIVEN & G. MAXWELL (Eds.), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. 1*. Mineapolis: University of Minnesota Press.
- FISK, A. D. & SCHNEIDER, W. (1984). Memory as a function of attention, level of processing and automatization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 10, 181-197.
- FLOHR, H. (1989). Schwierigkeiten mit der Autocerebroscopie. In E. PÖPPEL (Ed.), *Gehirn und Bewußtsein*. Weinheim: VCH.
- FRANK, P. (1988). *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- FREEMAN, W. J. (1990). On the problem of anomalous dispersion in chaoto-chaotic phase transitions of neural masses, and its significance for the management of perceptual information in brains. In H. HAKEN & M. STADLER (1990), *Synergetics of Cognition*. Berlin: Springer.
- FRITH, C. D. (1992). *The Cognitive Neuropsychology of Schizophrenia*. Hove, Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- GADENNE, V. & OSWALD, M. E. (1991). *Kognition und Bewußtsein*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- GAERDENFORS, P. (1996). Mental representation, conceptual spaces and metaphors. *Synthese*, 106, 21-47.
- GRAY, C. M. & SINGER, W. (1987). Stimulus-dependent neuronal oscillations in the cat visual cortex area 17. *2nd IBRO-Congress Neuroscience Supplement 1301P*.
- GUTTENPLAN, S. (Ed.). *A Companion to the Philosophy of Mind*. Oxford: Blackwell.
- HAKEN, H. (1991). *Synergetic Computers and Cognition*. Berlin: Springer.
- HAKEN, H., und HAKEN-KRELL, M. (1992). *Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung*. Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt.
- HALSEY, R. M. & CHAPANIS, A. (1951). Number of absolutely identifiable hues. *Journal of the Optical Society of America*, 41, 1057-1058.
- HORGAN, J. (1994). Ist das Bewußtsein erklärbar? *Spektrum der Wissenschaft, September 1994*, 74-80.
- IWASAKI, S. (1993). Spatial attention and two modes of visual consciousness. *Cognition*, 49, 211-233.
- JACKSON, F. (1984). What Mary didn't know. *Journal of Philosophy*, 83, 291-295.
- JACOBY, L. L., YONELINAS, A. P. & JENNINGS, J. M. (1997). The relation between conscious and unconscious (automatic) influences: a declaration of independence. In J. D. COHEN & J. W. SCHOOLER (Eds.), *Scientific Approaches to Consciousness*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- JAMES, W. (1890). *The Principles of Psychology*. Nachdruck 1981. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- KAMIYA, J. (1969). Operant control of the EEG alpha rhythm and some of its reported effects on consciousness. In C. T. TART (Ed.), *Altered States of Consciousness: A Book of Readings*. New York: Wiley.
- KANDEL, E. R., SCHWARTZ, J. H. & JESSELLS, T. M. (1991). *Principles of Neural Science*. New York: Elsevier.
- KELLOGG, R. T. (1980). Is conscious attention necessary for long-term storage? *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 379-390.
- KELLOGG, R. T., NEWCOMBE, C., KAMMER, D. & SCHMITT, K. (1996). Attention in direct and indirect memory tasks with short- and long-term probes. *American Journal of Psychology*, 109, 205-217.
- KIM, J. (1984). Epiphenomenal and supervenient causation. Nachgedruckt in J. KIM (Ed.) (1993), *Supervenience and Mind: Selected Philosophical Essays*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KÖHLER, W. (1920). *Die Physischen Gestalten in Ruhe und im Stationären Zustand*. Braunschweig: Vieweg.
- KÖHLER, W. (1923). Zur Theorie der stroboskopischen Bewegung. *Psychologische Forschung*, 3, 397-406.
- KÖHLER, W. (1933). *Psychologische Probleme*. Berlin: Springer.
- KOFFKA, K. (1924). Introspection and the method of psychology. *British Journal of Psychology*, 15, 149-161.
- KOLB, B. & WHISHAW, I. Q. (1993). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- KORNHUBER, H. H. & DEECKE, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pflügers Archiv für die Gesamte Physiologie*, 284, 1-17.
- LEHMANN, D. (1995). Brain electric microstates, and cognitive and perceptual modes. In P. Kruse & M. Stadler (Eds.), *Ambiguity in Mind and Nature: Multistable Cognitive Phenomena*. Berlin: Springer.
- LEVINE, J. (1983). Materialism and qualia: the explanatory gap. *Pacific Philosophical Quarterly*, 64, 354-361.
- LEWIS, C. I. (1929). *Mind and the World Order*. New York: C. Scribner's Sons.
- LIBET, B., GLEASON, C. A., WRIGHT, E. W., PEARL, D. K. (1983). Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness potential). *Brain*, 106, 623-642.
- LIBET, B. (1985). Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action. *Behavioral and Brain Sciences*, 8, 529-566.
- LIEBERMAN, D. A. (1979). Behaviorism and the mind: a (limited) call for a return to introspection. *American Psychologist*, 34, 319-333.
- MACKIE, J. L. (1974). *The Cement of the Universe*. Oxford: Clarendon Press.
- MANDLER, G. (1985). *Cognitive Psychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MANDLER, G. (1997). Consciousness redux. In J. D. COHEN & J. W. SCHOOLER (Eds.), *Scientific Approaches to Consciousness*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- MERIKLE, P. M. & CHEESMAN, J. (1986). Consciousness is a "subjective" state. *Behavioral and Brain Sciences*, 9, 42-43.
- MERIKLE, P. M. & JOORDENS, S. (1997). Measuring unconscious influences. In J. D. COHEN & J. W. SCHOOLER (Eds.), *Scientific Approaches to Consciousness*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- METZGER, W. (1954). *Psychologie*. Darmstadt: Dr. Dietrich Steinkopff Verlag.

- METZGER, W. (1959). Erziehung zum schöpferischen Gestalten. Nachgedruckt in M. STADLER & H. CRABUS (Eds.) (1986), *Gestalt Psychologie: Ausgewählte Werke aus den Jahren 1950-1982*. Frankfurt: Kramer.
- METZINGER, T. (1998). Präsentationaler Gehalt. In F. ESKEN & H.-D. HECKMANN (1998)(Eds.), *Bewußtsein und Repräsentation*. Paderborn: Schöningh.
- MILL, J. S. (1843). *A System of Logic, I & II*. London: Longmans, Green, Reader and Dyer.
- MILNER, A. D. & RUGG, M. D. (1992)(Eds.). *The Neuropsychology of Consciousness*. London: Academic Press.
- MOHR, G. (1997). Bewußtseinsphänomene in der Neuropsychologie und der experimentellen Allgemeinen Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 48, 125-140.
- MOUNTCASTLE, V. B. (1992). Prologue. In E. BASAR & T. H. BULLOCK (Eds.), *Induced Rhythms in the Brain*. Berlin: Springer.
- NAGEL, T. (1974). What is it like to be a bat? *Philosophical Review*, 83, 435-450.
- NISBETT, R. E. & WILSON, T. D. (1977). Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84, 231-259.
- OPPENHEIM, P., and PUTNAM, H. (1958). Unity of science as a working hypothesis. Nachgedruckt in H. KRÜGER (1970)(Ed.), *Erkenntnisprobleme der Naturwissenschaften*. Köln und Berlin: Kiepenheuer und Witsch.
- PAPINEAU, D. (1994). Content (2). In S. GUTTENPLAN (Ed.), *A Companion to the Philosophy of Mind*. Oxford: Blackwell.
- PEACOCKE, C. (1994). Content (1). In S. GUTTENPLAN (Ed.), *A Companion to the Philosophy of Mind*. Oxford: Blackwell.
- PETSCHKE, H. & RAPPELSBERGER, P. (1992). Is there any message hidden in the human EEG? In E. BASAR & T. H. BULLOCK (Eds.), *Induced Rhythms in the Brain*. Berlin: Springer.
- POSNER, M. I. (1994). Attention: the mechanisms of consciousness. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 91, 7398-7403.
- POSNER, M. I. & ROTHBART, M. K. (1992). Attentional mechanisms and conscious experience. In A. D. MILNER & M. D. RUGG (Eds.), *The Neuropsychology of Consciousness*. London: Academic Press.
- POTHAST, U. (1978)(Ed.). *Seminar: Freies Handeln und Determinismus*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- PUTNAM, H. (1967). Psychological Predicates. Nachgedruckt in B. BEAKLEY & P. LUDLOW (1992)(Eds.), *The Philosophy of Mind*. Cambridge MA: MIT Press.
- RAFFMAN, D. (1995). Über die Beharrlichkeit der Phänomenologie. In T. METZINGER (Ed.), *Bewußtsein: Beiträge aus der Gegenwartsphilosophie*. Paderborn: Schöningh.
- RAICHLE, M. E. (1994). Bildliches Erfassen von kognitiven Prozessen. *Spektrum der Wissenschaft*, Juni 1994, 56-63.
- REINGOLD, E. M. & TOTH, J. P. (1996). Process dissociations versus task dissociations: a controversy in progress. In G. UNDERWOOD (Ed.), *Implicit Cognition*. Oxford: Oxford University Press.
- REY, G. (1997). *Contemporary Philosophy of Mind: A Contentiously Classical Approach*. Cambridge, MA: Blackwell.
- ROTH, G. (1994). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit: Kognitive Neurobiologie und ihre Philosophischen Konsequenzen*. Frankfurt: Suhrkamp.
- ROTH, G. (1997). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit: Kognitive Neurobiologie und ihre Philosophischen Konsequenzen*. (5. überarbeitete Auflage). Frankfurt: Suhrkamp.
- ROTH, G., und SCHWEGLER, H. (1995). Das Geist-Gehirn-Problem aus der Sicht der Hirnforschung und eines nicht-reduktionistischen Physikalismus. *Ethik und Sozialwissenschaften - Streitforum für Erziehungskultur*, 6 (1), 69-156.

- SHALLICE, T. (1988). *From Neuropsychology to Mental Structure*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- SCHEERER, E. (1994). Psychoneural Isomorphism: historical background and current relevance. *Philosophical Psychology*, 7, 183-210.
- SCHOOLER, J. W. & FIORE, S. M. (1997). Consciousness and the limits of language: You can't always say what you think or think what you say. In J. D. COHEN & J. W. SCHOOLER (Eds.), *Scientific Approaches to Consciousness*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- SCHWEGLER, H. (1992). Systemtheorie als Weg zur Vereinheitlichung der Wissenschaften. In KROHN, W. & KÜPPERS, G. (Eds.), *Emergenz: Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung*. Frankfurt: Suhrkamp.
- SEARLE, J. R. (1990). Ist der menschliche Geist ein Computerprogramm? *Spektrum der Wissenschaft*, März 1990, 40-47.
- SKARDA, C. & FREEMAN, W. J. (1987). How brains make chaos in order to make sense of the world. *Behavioral and Brain Sciences*, 10, 161-195.
- SMART, J. J. C. (1959). Sensations and brain processes. *Philosophical Review*, 68, 141-156.
- STADLER, M., SCHWAB, P. & WEHNER, T. (1978). Regulation sensomotorischer Lernprozesse durch Biosignale (externale Bioregulation). *Zeitschrift für Psychologie*, 186, 341-381.
- STADLER, M. & KRUSE, P. (1994). Gestalt theory and synergetics: from psychoneural isomorphism to holistic emergentism. *Philosophical Psychology*, 7, 211-226.
- TREISMAN, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.
- WEISKRANTZ, L. (1986). *Blindsight: A Case Study and Implications*. Oxford: Clarendon Press.
- WERTHEIMER, M. (1940). Eine Geschichte dreier Tage. Nachgedruckt in H. J. WALTER (Ed.) (1991), *Zur Gestaltpsychologie Menschlicher Werte*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- WUNDT, W. (1907). Über Ausfrageexperimente und über die Methoden zur Psychologie des Denkens. *Philosophische Studien*, 3.
- YOUNG, A. W. (1994). Neuropsychology of awareness. In A. REVONSUO & M. KAMPPINEN (Eds.), *Consciousness in Philosophy and Cognitive Neuroscience*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Anschrift der Autoren:

John-Dylan Haynes, Prof. Dr. Michael Stadler
 Institut für Psychologie und Kognitionsforschung
 Universität Bremen
 Grazer Str. 4
 D-28359 Bremen
 E-mail: haynes@uni-bremen.de.

Prof. Dr. Helmut Schwegler
 Institut für Theoretische Physik
 Universität Bremen
 Bibliothekstr. 1
 D-28359 Bremen

Prof. Dr. Dr. Gerhard Roth
 Institut für Hirnforschung
 Universität Bremen
 Bibliothekstr. 1
 D-28359 Bremen