

Der nachfolgende Text ist im Jahr 2008 unter dem Titel *Funktionen des Bewusstseins* in der Reihe „Humanprojekt – Zur Stellung des Menschen in der Natur“ im Verlag Walter de Gruyter GmbH & Co KG erschienen.

## Die funktionale Rolle des Bewusstseins: Integration, Isomorphie und Emergenz<sup>1</sup>

Die funktionale Rolle des Bewusstseins: Integration, Isomorphie, Emergenz

MICHAEL A. STADLER

### 1. Problem

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 der Naturerkenntnis“, die als „Ignorabimus-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 acht Jahre später in seiner Rede „Die sieben Welträtsel“ und fügte die Bemerkung hinzu: „Besäßen wir astronomische (d.h. beliebig viele und genaue) Kenntnisse dessen, was innerhalb des Gehirns vorgeht, so wären wir in Bezug auf das Zustandekommen des Bewusstseins nicht um ein Haar breit gefördert.“ 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 geschähe, 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 Leibe 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. Vor 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.

---

<sup>1</sup> Einzelne Abschnitte der hier vorgetragenen Überlegungen beruhen auf einem früheren Aufsatz von Haynes, Roth, Schwegler und Stadler (1998).

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 einiger Zeit (1981) stellte der Hirnforscher Otto Creutzfeld fest, das Geist-Gehirn-Problem werde zwar heftig wie nie diskutiert, die Neurophysiologie habe aber immer noch nichts zur Klärung des Bewusstseins anzubieten. Er betrachtete derartige Fragen im Bereich der Neurophysiologie geradezu als unzulässig und befand sich damit im Einklang mit einer Vielzahl von Philosophen, die das Zustandekommen bewussten Erlebens für prinzipiell anhand physikalischer und physiologischer Theorien nicht erklärbar halten und dies mit eindrucksvollen Gedankenexperimenten zu belegen versuchen. Dem stellte sich im Jahre 1994 der Aufruf des Biologie-Nobelpreisträgers Francis Crick entgegen, dem Rätsel des Bewusstseins endlich mit naturwissenschaftlichen Methoden auf den Grund zu gehen. Die empirisch arbeitende Bewusstseinsforschung 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, die funktionale Rolle des Bewusstseins bei der menschlichen Kognition zum Untersuchungsgegenstand zu machen. Dem stehen 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. Keine noch so genaue Analyse der Funktionsweise des Gehirns könnte uns demnach Aufschluss über das Zustandekommen von subjektiven Erlebnisqualitäten, der so genannten „Qualia“, geben.

Ich werde im Folgenden nicht versuchen, das Qualia-Problem zu lösen. Stattdessen soll hier eine Forschungsperspektive eingenommen werden, die eine wissenschaftliche Untersuchung des Bewusstseins ermöglicht, ohne vorab die Klärung ontologischer Detailfragen zu erfordern. Vieles kann über das Bewusstsein ausgesagt werden, auch ohne zu wissen, wie es ist, bestimmte Erlebnisse zu haben. Dazu ist es nötig, das Problem etwas anders zu formulieren: Anstatt nach der Natur werde ich nach der *Funktion* des Bewusstseins fragen, oder besser gesagt, nach der *funktionalen Rolle* der neuronalen Korrelate von Erlebnissen.

**Abb. 1:** Fechners Unterscheidung von äußerer und innerer Psychophysik.

Optimistische Auffassungen zur Lösung des Gehirn-Geist-Problems wurden auch zeitgleich mit Du Bois-Reymonds Pessimismus mit Beginn der wissenschaftlichen Psychologie formuliert. Gustav Theodor Fechner wurde zwar berühmt durch seine Methoden und Gesetze der äußeren Psychophysik, hatte aber vor allem den Zusammenhang zwischen Körper und Seele, die sogenannte innere Psychophysik als Erkenntnisziel im Auge (**Abb. 1**). Für ihn gab es dabei ein Leitmotiv: „Leib und Seele gehen miteinander; der Änderung im Einen korrespondiert eine Änderung im Anderen.“ (Fechner 1860, 5). Diesen Gedanken der Kovarianz, der zuvor bereits von Johannes Müller geäußert wurde, übernimmt G. E. Müller (1896) bei der Formulierung seiner psychophysischen Axiome:

- 1) Jedem Zustand des Bewusstseins liegt ein materieller Vorgang, ein so genannter psychophysischer Prozess, zugrunde, 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) (...) ist eine Empfindung in n-facher Richtung variabel, so muss auch der zugrundeliegende psychophysische Prozess in n-facher Richtung variabel sein und umgekehrt.

Diese Grundannahmen liegen auch dem gestaltpsychologischen Isomorphie-Prinzip zugrunde. Dabei hatte Wolfgang Köhler (1929) 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. Aus dem Grundsatz der Isomorphie als dem fruchtbarsten heuristischem Prinzip bezüglich des Leib-Seele-Zusammenhangs folgt nach Bischof (1966, 332):

- 1) Es gibt grundsätzlich keine psychologischen Gesetze, die nicht zugleich Gesetze der im ZNS geltenden Physik wären.
- 2) Für jemanden, der im Besitze einer vollständigen Zustandsbeschreibung eines lebendigen menschlichen Gehirns wäre und die Gesetze der inneren Psychophysik kennen würde, wäre es möglich, die Erlebniswelt des zugehörigen Subjekts bis in die letzte sprachlich beschreibbare Einzelheit hinein zu kennzeichnen.

Damit war eine klare Gegenposition zu Du Bois-Reymonds Pessimismus formuliert („Besäßen wir astronomische Kenntnisse...“) und die Möglichkeit empirischer Zugänge zum Gehirn-Geist-Problem eröffnet.

Auch David Chalmers (1996) versucht mit seiner Unterscheidung von vielen „einfachen Problemen“ und dem einen „schwierigen Problem“ auf die empirische Realisierbarkeit abzielen. Ohne Zweifel sind seine Argumente über die Bildung einer adäquaten Theorie und der Möglichkeit, diese experimentell zu überprüfen, von einem tiefen Optimismus getragen.

Im Folgenden werde ich drei theoretische Ansätze beleuchten, die an der Schwelle zur Lösung des schwierigen Problems stehen.

## 2. Die Integrationsfunktion des Bewusstseins

Fragt man einen Psychologen, welche Funktion das Bewusstsein haben könnte, wird er ohne zu zögern antworten, dass das Bewusstsein die Vielfalt der neuronalen Vorgänge im Gehirn zu integrieren hat. Ein Neurobiologe wird hingegen darauf abheben zu sagen, das Bewusstsein habe keine erkennbare Funktion, da es nicht auf die Nerventätigkeit einwirken könne. Dies scheint deshalb nicht möglich, weil damit erstens Erhaltungssätze der Energie, zweitens deterministische Glaubenssätze und damit schließlich die Einheit der materiellen Welt verletzt würde. Wenn aber das Bewusstsein ohne Funktion ist, nicht in das materielle Geschehen eingreifen und erst nachträglich durch die materiellen neuronalen Vorgänge initiiert werden kann, dann kann es auch keine Integrationsfunktion besitzen sondern nur nachträglich wie ein Film über schon Geschehenes berichten. Eine solche epiphänomenalistische Auffassung birgt jedoch erhebliche Widersprüche. Man muss sich nämlich dann fragen, warum ein derartig luxurierendes Organ (Schurig 1976) wie das Bewusstsein sich in der Evolution überhaupt entwickeln konnte, wenn es epiphänomenal und somit ohne erkennbare Funktion war. Die übliche Antwort hierauf ist, dass das Bewusstsein für die Kontrolle eines Gehirns vonnöten war, das zu komplex geworden war, um sich selbst zu organisieren. Dies würde bedeuten, dass das Bewusstsein auf einer bestimmten Evolutionsstufe entstanden war, auf der dieser Komplexitätsgrad erreicht wurde. Dies wiederum aber widersprach einer Idee, die viele naturwissenschaftliche Psychologen und Philosophen bis heute bevorzugen. Es handelt sich bei dieser vom Mainstream abweichenden Meinung um die panpsychistische Weltanschauung, wie sie beispielsweise von Bernhard Rensch (1977) sehr explizit vertreten wurde. Panpsychismus bedeutet, dass allen Erscheinungsformen der belebten und sogar der unbelebten Materie von vornherein Psychisches anhaftet und somit das eine niemals ohne das andere und das andere niemals ohne das eine im Weltenlauf auftritt. Die panpsychistische Auffassung wird daher folgerichtig auch als identistisch angesehen, da zwischen Materiellem und Ideellem, zwischen Geist und Gehirn, nicht unterschieden werden kann.

Deutlich sichtbar gemacht werden kann die Integrationsfunktion des bewussten Erlebens durch die Gestaltpsychologie. An Gestaltqualitäten kennen wir die Kriterien der Übersummativität und der Transponierbarkeit, wie sie von Christian von Ehrenfels (1890) zuerst benannt wurden. Übersummativität bedeutet, dass das Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile. Dies ist allerdings nicht im algebraischen Sinn gemeint sondern entsprechend der Formulierung von Laotse „die Summe der Teile ist nicht das Ganze“ (vgl. Herrmann 1957). In moderner Fassung kann man leicht den Gestaltbegriff durch den Systembegriff ersetzen. Metzger formulierte dementsprechend „jeder Reiz ist Systemreiz“, um damit auszudrücken, dass keine isolierte, partielle Reizung eines Organismus möglich, sondern immer das gesamte System betroffen ist (Metzger 2001). Die Übersummativität von Gestaltqualitäten lässt sich leicht bildlich demonstrieren (Abb. 2). Die quadratischen Elemente werden durch Verunschärfung (z.<sup>^</sup>B. durch

Blinzeln mit den Augen) zu einem Ganzen zusammengefügt, das mit der Form der Elemente nichts mehr zu tun hat. Keines der Elemente hat irgendeine Assoziation zu dem Ganzen, dem Gesicht, das wir wahrnehmen, wenn die einzelnen Elemente nur noch ihre Helligkeits- bzw. Farbwerte besitzen. Die Integrationsfunktion der Gestaltwahrnehmung wird hier besonders deutlich und offensichtlich. Sie zeigt sich genau an den Stellen, an denen die Struktur der Wahrnehmung von der Struktur der Reizmuster abweicht.

**Abb. 2:** Quadrate unterschiedlicher Farbe und Helligkeit. Blinzelt man mit den Augen so erscheint ein bekanntes Gesicht. (Aus T. Ditzinger: *Illusionen des Sehens*, Abdruck mit freundlicher Erlaubnis des Autors.)

### 3. Die Isomorphie-Hypothese

Das Konzept der psychophysischen Isomorphie von Wolfgang Köhler folgte den früheren Annahmen von G.E. Müller (1896) und Max Wertheimer (1912). Ohne schon den Begriff der Isomorphie zu verwenden, definierte Köhler (1920, 193) folgendermaßen: „Aktuelles Bewusstsein ist in jedem Falle zugehörigem psychophysischen Geschehen den (phänomenal und physisch) realen Struktureigenschaften nach verwandt, nicht sachlich sinnlos, nur zwangsläufig daran gebunden“. Auch Köhler bekennt sich zur prinzipiellen Auslesbarkeit der Gehirnvorgänge, wenn sie nur vollständig beschrieben werden: „Man pflegt zu sagen, selbst bei genauester physikalischer Beobachtung und Kenntnis der Hirnprozesse würde doch aus ihnen nichts über die entsprechenden Erlebnisse zu entnehmen sein. Dem muss ich also widersprechen“, so Köhler: „Es ist im Prinzip eine Hirnbeobachtung denkbar, welche in Gestalt und deshalb in wesentlichsten Eigenschaften Ähnliches physikalisch erkennen würde, wie der Untersuchte phänomenal erlebt.“ (ebd.). Das Isomorphie-Prinzip gehört bis heute zu den einzigen Hypothesen über den Gehirn-Geist-Zusammenhang, die prinzipiell in psychophysiologischen Experimenten geprüft werden können (Scheerer 1994). Natürlich konnte eine derart provokante Hypothese nicht unkritisch hingenommen werden, zumal Köhler den Begriff der Isomorphie bzw. Strukturgleichheit auch auf qualitative Eigenschaften, die so genannten Qualia, angewandt wissen wollte. Eines der am weitesten verbreiteten Missverständnisse von Köhlers Isomorphismus bezieht sich auf die sogenannten „Bildchen im Kopf“-Interpretation der Gestalttheorie. Viele Autoren, darunter so differenzierte Wahrnehmungsforscher wie Gregory, Kaufmann und Shepard konnten sich nicht enthalten, Köhlers Idee dahingehend zu kritisieren, dass die Wahrnehmung eines grünen Hauses von einem Gehirnprozess begleitet sein sollte, der die Form eines Hauses in grünem Nervengewebe habe (Henle 1984). Köhler weist diese Ansicht mit der Klarstellung zurück, dass bestimmte Prozesse im menschlichen Gehirn das Korrelat phänomenaler Farben sein sollen, wobei nicht impliziert ist, dass in diesen Prozessen irgendetwas wie solche Farben selbst enthalten ist. Und Köhler fährt fort, „entsprechend unserer derzeitigen Ansicht gilt dies für alle Qualitäten ohne Ausnahme. Sie haben alle kortikale Korrelate, aber ihre eigene Existenz scheint auf die phänomenale Welt beschränkt zu sein. The cortical correlate of the color blue is not blue.“ (Köhler 1938, 195).

Ein anderes wichtiges Argument gegen das Isomorphie-Prinzip mag der Anspruch sein, dass die Parallelität mentaler und physischer Prozesse darin besteht, dass beide den gleichen Gesetzen gehorchen, aber kein Mechanismus der Interaktion zwischen diesen beiden definiert ist. So bleibt der Einfluss physiologischer Prozesse auf mentale Zustände, oder noch umstrittener die Effekte mentaler Anstrengung auf neurophysiologische Vorgänge, unexpliziert (Levy 1988, 1991). Dementsprechend bleibt das Leibnizsche Paradigma zweier Uhren, die parallel laufen während sie den gleichen prästabilisierten Gesetzen gehorchen, immer noch gültig für den Isomorphismus.

Schließlich gibt es ein wichtiges Argument gegen Köhlers Gehirntheorie, nämlich die Nichtbeachtung der Bedeutung elementarer neurophysiologischer Prozesse. Soweit wir heute wissen, besteht das menschliche Gehirn aus mehr als  $10^{11}$  Neuronen, die wiederum jedes bis zu  $10^4$  Verbindungen zu anderen Neuronen haben. Die zugrunde liegenden Nervenetze wurden gerade zu Köhlers Zeiten mit großem Erfolg analysiert (Hubel und Wiesel 1959). Köhler hingegen bezeichnete das Gehirn als homogenen Leiter. Dabei muss er sich jedoch der Frage stellen, warum die Evolution ein derart komplexes Netz von  $10^{15}$  neuronalen Verbindungen entwickelt haben könnte, welches am Ende nicht anders als ein Eimer voll Wasser arbeitet.

Trotz all dieser, zum Teil berechtigten, Einwände gegen Köhlers Isomorphie-These, bleibt der große Vorteil einer empirischen Überprüfbarkeit bestehen. Köhler selbst hat 1949 und in den folgenden Jahren versucht, globale Hirnprozesse, nämlich Gleichströme im EEG, als isomorph zu bestimmten Wahrnehmungsvorgängen darzustellen. Diese ersten Versuche wurden zwar von Lashley et al. (1951) sowie Sperry et al. (1955) vernichtend kritisiert, weisen aber in eine Richtung, die durchaus als Vorläufer der Untersuchung kohärenter Oszillationen im 40 Hz-Band angesehen werden können. Der viel zu früh verstorbene Eckhard Scheerer hat als erster darauf hingewiesen, dass diese Untersuchungen von Singer (1989) und Eckhorn (1991) nichts anderes als empirische Realisierungen des Isomorphie-Prinzips sind: Einer kohärenten neuronalen Aktivität entspricht letztlich dann die Wahrnehmung eines kohärenten Gegenstandes (Abb. 3). Das Interessante ist dabei, dass die Oszillationen sogar in relativ weit voneinander entfernten Gehirnteilen auch interhemisphär synchron, d.h., frequenz- und, was noch wichtiger ist, phasengleich ablaufen. Dies geschieht aber nur, solange ein einheitliches Reizmuster auf das entsprechende Sehfeld projiziert wird. Unzusammenhängende Reizmuster werden hingegen nicht durch kohärente Oszillationen repräsentiert. Die Maxima der Cross-Korrelationen belaufen sich im ersten Fall auf  $r = 0.6$  und im letzteren Fall auf  $r = 0.1$ . Die korrelative Tätigkeit der neuronalen Aktivität zeigt deutlich, dass einer phänomenal funktionalen Eigenschaft eine physiologische Eigenschaft, nämlich die kohärente neuronale Aktivierung, entspricht und damit die erstere mit letzterer isomorph ist. Man kann hier, wie schon von Carnap (1931) vorgeschlagen, Ansätze einer neutralen Sprache für den phänomenalen und den physiologischen Bereich entwickeln. Viele Begriffe der Systemtheorie könnten auf die Weise als isomorphe Begriffe realisierbar werden: Im beschriebenen Fall etwa Einheit vs. Mehrheit, aber auch Stabilität vs. Instabilität, Attraktor vs. Repeller, Synchronizität, Chaotizität, Kohärenz, Gleichzeitigkeit, die für die Gehirntätigkeit und die mentalen Prozesse in gleicher Weise anwendbar sind.

Abb. 3: Legt man a in das Zufallsmuster von b, so verschwindet a. Die geringste Bewegung von a oder b erzeugt ein kohärentes Bild.

Es muss noch hinzugefügt werden, dass Köhler, der selbst Physiker war, eine physikalistische Deutung der Isomorphie zugrunde legte, eine mentalistische Deutung hingegen ablehnte. Er argumentierte, dass physische Gehirnprozesse und mentale Vorgänge in einem völlig anderen Bereich stattfänden und dass mentale Vorgänge ihrerseits auf keinen Fall physische Prozesse beeinflussen könnten. Dies würde nämlich bedeuten, dass „kausaler Verkehr über die Grenzen der Natur hinweg“ stattfände, was wiederum der Erhaltung der Energie widerspräche (Köhler 1966). Trotz dieser Einschränkungen sah sich Köhler immer epistemologisch an der Identitätstheorie orientiert. Seine häufigen Diskussionen mit Herbert Feigl bestärkten ihn darin. Wenn aber Identität bedeutet, dass der psychophysische Grundsatz, dass nämlich jedem Erleben gleichzeitig Gehirnvorgänge zugrunde liegen und es kein Erleben ohne zeitlich korrelierte neuronale Prozesse gibt, so ist das Gleiche für die Umkehrung des Satzes zutreffend, dass nämlich zumindest auf der Großhirnrinde die neural correlates of consciousness (NCC) Gültigkeit haben. Jedem neuronalen Prozess entsprechen auch, zumindest auf der Großhirnrinde, phänomenale Vorgänge, die durch diesen beeinflusst werden können. Die „Kraft der Gedanken“ als empirisches Faktum kann in der Identitätstheorie nicht wegdiskutiert werden. In jüngerer Zeit wurden dementsprechend Forschungsansätze zum „Gedankenlesen“ und zur Steuerung von Handlungen durch Gedanken vorgelegt (Haynes und Curio 2007).

#### 4. Die mikroskopische und die makroskopische Sichtweise

Die Theorie, die das Verhältnis von mikroskopischen und makroskopischen Prozessen genauer beschreibt, ist die von Hermann Haken begründete *Synergetik*. Die Synergetik beschreibt Selbstorganisationsprozesse auf allen Ebenen der Natur und der Gesellschaft (Haken und Stadler 1990). Haken beschreibt den Prozess der Interaktion zwischen der mikroskopischen und der makroskopischen Ebene im Detail und benutzt dabei die gleichen Konzepte, mit denen er früher das Laserlicht erklärt hat (Abb. 4). Als Beispiel wird hier ein kognitives System verwendet: Stimuliert von einer kontinuierlichen Steigerung des Energiezuflusses von den Sinnesorganen (dem so genannten *Kontrollparameter*), beginnen die neuronalen Elemente des Gehirnsystems miteinander auf nichtlineare Weise zu interagieren, indem verschiedene Realisierungen von Ordnungsstrukturen miteinander in Konkurrenz treten. Unter der Bedingung weiterer Steigerung des

Kontrollparameters rückt der kritische Entscheidungspunkt näher. Das System ist jetzt in einem Zustand hoher Instabilität und eine minimale Fluktuation würde ausreichen, einen Phasenübergang zu einem kollektiven, hochsynchronisiertem Systemverhalten zu verursachen. Dieses kollektive Verhalten wird in der Synergetik als *Ordnungsparameter* bezeichnet. Der Ordnungsparameter hat nun, einmal etabliert, eine Rückwirkung auf die Aktivität aller Elemente aus denen er entstanden ist. Diese Funktion wird in der Synergetik durch den Begriff der *Versklavung* gekennzeichnet. Haken definiert den makroskopischen Ordnungsparameter, der aus der Aktivität der mikroskopischen Elemente des neuronalen Netzes entsteht und auf eben dieses zurückwirkt, als *Kreiskausalität*. Die Ursache ist hier also nicht ein von außen auf das System treffendes Reizmuster, sondern Teil einer im System selbst erzeugten Ursache-Wirkungs-Relation.

**Abb. 4:** Das mikroskopische neuronale Netzwerk erzeugt einen makroskopischen Ordnungsparameter, der seinerseits auf das neuronale Netzwerk zurückwirkt (Kreiskausalität).

Die Identifikation von Bewusstseinszuständen mit hochorganisierten makroskopischen Mustern der Gehirnaktivität hat einige theoretische Konsequenzen: Wenn es, wie Haken annimmt, eine Kreiskausalität gibt, die nur in *einem* Sektor mit subjektiver Erfahrung einhergeht, wird es evident, warum die Subjekte den Eindruck haben, ihr eigenes Verhalten zu kontrollieren, während sie zur gleichen Zeit durch ihre elementaren Gehirnprozesse kontrolliert werden. Unter diesen Bedingungen ist auch der „freie Wille“ nicht länger ein Rätsel, da er bei der makroskopischen Sichtweise subjektiv gegeben und bei der mikroskopischen Sichtweise durch die Gehirnaktivität verursacht wird. Der Determinismus und die Erhaltung der Energie werden hierbei nicht beeinträchtigt. Mikroskopische und makroskopische Prozesse bilden eine Einheit, Identität zwischen beiden ist gegeben (Stadler 2007). Die synergetische Theorie geht von einer Art aufsteigender Emergenz aus, da sich Atome, Moleküle, Nervenzellen und bewusstseinsbegabte kognitive Systeme in ähnlicher Weise verhalten, jedoch auf jeder Stufe spezifischen Eigengesetzlichkeiten gehorchen (Stadler und Kruse 1994). Im Folgenden soll dies an einem Beispiel erläutert werden.

Hermann Haken gehört, wie eingangs erwähnt, zu den Begründern der Laser-Theorie. Die Erklärung des Lasers führte ihn auch zu grundlegenden Überlegungen über Selbstorganisation in der Natur. Haken veranschaulichte immer wieder die Wirkungsweise einer Lampe und eines Lasers durch unterschiedliche, auf die Lichtwellen einwirkende Kräfte (Abb. 5). Mit zunehmender Energiezufuhr werden diese nicht nur stärker sondern auch kohärenter. Nun sind Atome und Moleküle von den Eigengesetzlichkeiten unserer Erlebniswelt weit entfernt und man möchte fragen, was passieren würde, wenn Menschen sich an der Stelle von Atomen in solch einem selbstorganisierenden System befänden? Die Antwort ist: das Gleiche. Es ist davon auszugehen, dass viele schon einmal eine kohärente Welle, die sich durch das Oval eines Fußballstadions bewegt, gesehen haben. Das Entstehungsgesetz einer solchen „La Ola“ ist ganz einfach. Jeder verhält sich nach folgender Regel: „Wenn dein Nachbar zur Rechten aufsteht, stehe auf und lass dich sofort wieder nieder.“ Wenn sich jeder Zuschauer oder die Mehrzahl entsprechend der Regel verhält, entsteht eine sinusförmige Welle, die sich entgegen dem Uhrzeigersinn mit gleich bleibender Amplitude (durchschnittliche Differenz zwischen Sitzgröße und Stehgröße der Menschen) und gleich bleibender Frequenz durch das Stadion bewegt. Auch die Geschwindigkeit der Wellenbewegung ist immer gleich und richtet sich nach der durchschnittlichen Reaktionszeit der Menschen. Jeder macht ähnlich wie die Moleküle in einer Wasserwelle lediglich Auf- und Ab-Bewegungen, die in ihrer Übersummativität eine Welle erzeugen, bei der sich aber niemand wellenförmig fortbewegt. Die Tatsache, dass in dem beschriebenen emergenten System das eigene Verhalten bei vollem Bewusstsein jedes Teilnehmers und das Verhalten des gesamten Systems gleichzeitig beobachtet werden kann, zeigt die Interaktion der mikroskopischen und der makroskopischen Ebene. Die Entstehung der Welle und der Zeitpunkt ihres Auftretens lässt sich auch genau analysieren (Stadler 1996). Wir lassen es jedoch hierbei bewenden.

**Abb. 5:** Haken erklärt die Entstehung des Laserlichts aus kohärenten Schwingungen.

## 5. Überlegungen zum „schwierigen Problem“

Wir haben gesehen, dass eine identistische Deutung des Gehirn-Geist-Problems möglich ist, ohne auf das Prinzip der Emergenz zu verzichten. Emergenz hat darüber hinaus eine große Bedeutung, wenn es um die

Zuweisung von Bedeutungen im kognitiven System geht, wenn also Attraktoren die Träger von Bedeutung werden (Skarda und Freeman 1987). Aus der mentalen Sicht des kreis-kausalen Prozesses gewinnen die Subjekte den unabdingbaren Eindruck, ihre Handlungen steuern zu können, was in einer objektiven Betrachtungsweise bedeutet, dass sie ihre Gehirnprozesse beeinflussen können. Auf der anderen Seite steht die neuronale Sichtweise, die das Bewusstsein als Folge neuronaler Effekte wirken lässt. Beide Male kann die jeweilige Sichtweise nur ausschließlich, d.h. ohne die andere zustande kommen. Wir finden globale Ursachen in der Hirnaktivität, die lokale Wirkungen haben, wenn wir etwa nur einen Finger bewegen wollen oder lokale Ursachen, die globale Wirkungen haben, da jeder äußere Reiz auf das gesamte System wirkt. Was bedeutet dies für das „schwierige Problem“? Wie in der Doppel-Aspekt-Theorie von Feigl (1958) werden die Qualia je nach Sichtweise als eine Realisierungsmöglichkeit aufgefasst.

Anders bei Köhler, der ja das Isomorphie-Prinzip auch für Qualia gültig erklärt hatte, allerdings dabei deutlich gemacht hatte, dass es sich um eine funktionale Übereinstimmung handelt. Wir erinnern an Köhlers Ausspruch: „Das kortikale Korrelat der Farbe Blau ist nicht blau.“ Betrachten wir im Anschluss an Köhler ein Beispiel aus der Farbenlehre, das schon indirekt auf Newton zurückgeht: Abb. 6 zeigt auf der Abzisse, das lineare Spektrum der elektromagnetischen Schwingungen von 400<sup>nm</sup>–700 Nanometer. Die elektromagnetischen Schwingungen werden in der Regel als Ursache der Farbempfindungen angesehen. Aber es besteht kein Zweifel daran, dass die zu den elektromagnetischen Schwingungen gehörenden Farbempfindungen nichtlinear sind. Beim Übergang von einer zur nächsten Farbe finden deutliche Qualitätssprünge statt, die etwa Blau, Grün, Gelb und Rot voneinander trennen. Empirisch messbar sind diese Qualitätssprünge durch den Verlauf der Unterschiedsschwellen, die in Abb. 6 eingezeichnet sind. Die Minima der Unterschiedsschwellen befinden sich genau an der am tiefsten gesättigten Stelle der Heringschen vier Urfarben. Im Sinne von Köhler kann hier festgestellt werden, dass die Qualitätssprünge der Farben und die Minima der Unterschiedsschwellen in ihrer Nichtlinearität isomorph sind – ohne dabei die qualitativen (Farben) und quantitativen (Unterschiedsschwellen) als Ursache des jeweils anderen Aspekts anzusehen.

Abb. 6. Das lineare Spektrum elektromagnetischer Schwingungen erzeugt ein nicht-lineares Farbspektrum. Die Unterschiedsschwellen zeigen ihre Maxima auf den vier Heringschen Urfarben und sind ebenfalls nicht-linear.

Es gibt gute Argumente dafür, dass das „schwierige Problem“ ein empirisch angehbares Problem ist. In einem ersten Schritt sollten isomorphe Nichtlinearitäten im kognitiven System aufgesucht werden. Diese finden sich bei allen Qualitätssystemen. Von besonderem Interesse können hier konstante bzw. linear variierende Reizmuster sein, die als nichtlineare Top-down-Prozesse etwa bei multistabilen Mustern auftreten (Strüber und Stadler 1999).

### Bibliographie

- Bischof, Norbert (1966): Psychophysik der Raumwahrnehmung. In: Metzger, Wolfgang (Hg.): *Wahrnehmung und Bewusstsein. Handbuch der Psychologie*, Bd. 1. Göttingen: Hogrefe, 307<sup>–</sup>408.
- Carnap, Rudolf (1931): Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft. *Erkenntnis* 3, 432.
- Chalmers, David J. (1996): Das Rätsel des bewussten Erlebens. *Spektrum der Wissenschaft*, Februar 1996, 40<sup>–</sup>47.
- Creutzfeld, Otto (1981): Philosophische Probleme der Neurophysiologie. In: Creutzfeld, Otto (Hg.): *Rückblick in die Zukunft*. Berlin: Severin und Siedler.
- Crick, Francis C.H. (1994): *The Astonishing Hypothesis: the Scientific Search for the Soul*. New York: Charles Scribner's Sons.
- DuBois-Reymond, Emil (1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel*. Zwei Vorträge. Leipzig: Veit & Co.
- Eckhorn, Rainer (1991): Stimulus-specific Synchronisations in the Visual Cortex: Linking of Local Features into Global Figures. In: Krüger, Jürgen (Hg.): *Neuronal Cooperativity*. Berlin: Springer, 184<sup>–</sup>220.
- von Ehrenfels, Christian (1890): Über Gestaltqualitäten. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Philosophie*, 14.
- Fechner, Gustav Theodor (1860): *Elemente der Psychophysik*. 2 Bände. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Feigl, Herbert (1958): *The „Mental“ and the „Physical“*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Haken, Hermann (1983): *Synergetics*. Berlin: Springer.
- Haken, Hermann/Stadler, Michael (1990): *Synergetics of Cognition*. Berlin: Springer.
- Haynes, John-Dylan/Curio, Gabriel (2007): *Gedankenforscher: Was unser Gehirn über unsere Gedanken verrät*. 11. Berliner Kolloquium der Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung am 9.5.2007 in der Akademie der Konrad-Adenauer-Stiftung Berlin.
- Haynes, John-Dylan/Roth, Gerhard/Schwegler, Helmut/Stadler, Michael (1998): Die funktionale Rolle des bewusst Erlebten. *Gestalt Theory* (20), 186<sup>–</sup>213.
- Henle, Mary (1984): Isomorphism: Setting the Record Straight. *Psychological Research* (46), 317<sup>–</sup>327.

- Herrmann, Theo (1957): Problem und Begriff der Ganzheit in der Psychologie. *Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, philosophisch-historische Klasse*, 231.
- Hubel, Donald/Wiesel, Thorsten (1959): Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex. *Journal of Physiology* (148), 574-591.
- Köhler, Wolfgang (1920): *Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand*. Braunschweig: Vieweg.
- Köhler, Wolfgang (1929): *Gestaltpsychology*. New York: Liveright.
- Köhler, Wolfgang (1938): *The Place of Value in a World of Facts*. New York: Liveright.
- Köhler, Wolfgang (1966): A Task for Philosophers. In: Feyerabend, Paul K./Maxwell, Grover. (Hg): *Mind, Matter and Method: Essays in Philosophy and Science in Honor of Herbert Feigl*. London: Oxford University Press, 83-107.
- Köhler, Wolfgang/Held, Richard (1949): The Cortical Correlate of Pattern Vision. *Science* (100), 414-419.
- Lashley, Karl S./Chow, K. L./Semmes, J. (1951): An Examination of the Electric Field Theory of Cortical Integration. *Psychological Review* (58), 123-136.
- Levy, Erwin (1988): A Note on the Mind-brain Problem. *Gestalt Theory* (10), 129-133.
- Levy, Erwin (1991): Some Further Thoughts About the Brain-mind Problem. *Gestalt Theory* (13), 272-275.
- Metzger, Wolfgang (2001): *Psychologie. Die Entwicklung ihrer Grundannahmen seit der Einführung des Experiments*. Wien: Krammer.
- Müller, Georg E. (1896): Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane* (10), 1-82.
- Rensch, Bernhard (1977): *Das universale Weltbild. Evolution und Naturphilosophie*. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag.
- Scheerer, Eckhard (1994): Psychoneural Isomorphism: Historical Background and Current Relevance. *Philosophical Psychology* (7), 183-210.
- Schurig, Volker (1976): *Die Entstehung des Bewusstseins*. Frankfurt am Main/New York: Campus.
- Singer, Wolf (1989): Search for Coherence: A Basic Principle of Cortical Self-organisation. *Concepts in Neuroscience* (1), 1-26.
- Skarda, Christine.A./Freeman, Walter J. (1987): How Brains Make Chaos to Make Sense of the World. *Brain and Behavioral Sciences* (10), 161-195.
- Sperry, Roger W./Miner, N./Myers, R.E. (1955): Visual Pattern Perception Following Subpial Slicing and Tantalum Wire Implantations in the Visual Cortex. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* (48), 50-58.
- Stadler, Michael (1996): Soziale Selbstorganisation aus der Innen- und Außenperspektive. *Ethik und Sozialwissenschaften* (7), 641-642.
- Stadler, Michael (2007): Der freie Wille, die Zeit und die Verantwortlichkeit. In: Heilinger, Jan-Christoph (Hg.): *Naturgeschichte der Freiheit*. Berlin: de Gruyter, 117-132.
- Stadler, Michael/Kruse, Peter (1994): Gestalttheory and Synergetics: From Psychophysical Isomorphism to Holistic Emergentism. *Philosophical Psychology* (7), 211-226.
- Strüber, Daniel/Stadler, Michael (1999): Differences in Top-down Influences on the Reversal Rate of Different Categories of Reversible Figures. *Perception* (28), 1185-1196.
- Wertheimer, Max (1912): Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie* (61), 161-265.