

Niels Birbaumer

Selbstregulation des Gehirns: Ende der Spontaneität?""

Geleitwort

In Abwandlung des Wortes eines alten Weisen ließe sich sagen: Es gibt jene, die fühlen, und fühlen, daß sie fühlen; dann gibt es jene, die fühlen, und nicht fühlen, daß sie fühlen; und es gibt jene, die nicht fühlen, und nicht fühlen, daß sie nicht fühlen; und schließlich gibt es jene, die nicht fühlen, und fühlen, daß sie nicht fühlen. Letztere versuchen, mit Hilfe des Wortes, einen Ersatz für Nichtgefühltes zu schaffen: es werden Bücher und wieder Bücher über die Psychologie gelesen und so der finanzielle Grundstock für die Psychologie auf dem Büchermarkt gelegt. Dieser psychologische Wortschwall hat natürlich viele verunsichert und dazu geführt, Psychologie als Wissenschaft mit einem Unternehmen zu verwechseln, bei dem über Psychisches geredet wird.

Diese Psychologie gibt es natürlich, in der davon ausgegangen wird, über Psychisches prinzipiell auch reden zu können. Doch es gibt auch eine andere Psychologie, vielleicht mehr an der Naturwissenschaft orientiert, in der eine Grundthese die ist, daß sich Psychisches nicht unbedingt sprachlich abbilden müsse. Gerade die moderne Forschung über Funktionen der rechten Gehirnhälfte hat gezeigt, daß es Leistungen des Bewußtseins gibt, die dem „Bewußtsein“ gar nicht verfügbar sind. Wenn man sich danach richten würde, daß Psychisches auch immer sprachlich vermittelbar sein müsse, dann würde man die Psychologie stark einengen. Professor Niels Birbaumer gehört zu jenen Wissenschaftlern, die durch ihre psychophysiologischen Untersuchungen auf jenen Bereich jenseits der Sprache hingewiesen haben. In seinem Aufsatz gibt er einen Einblick in diese Untersuchungen und weist auf ihre Bedeutung für das psychotherapeutische Handeln hin.

Ernst Pappel

Professor Dr. phil. Niels Birbaumer, Jahrgang 1945, ist Leiter der Abteilung Klinische und Physiologische Psychologie im Psychologischen Institut

Meiner Frau Veronika zugeeignet.

der Universität Tübingen und Präsident der European Association of Behavior Therapy. Hauptarbeitsgebiete sind Hirnforschung (Behavioral Neuroscience) und die Anwendung psychologischer Therapien (insbesondere Verhaltenstherapie in der Medizin). Von seinen Büchern seien genannt: „Physiologische Psychologie“ (1975), „Psychophysiologie der Angst“ (1977), „Biofeedback and Self-Regulation“ (1979), „Slow Brain Potentials and Behavior“ (mit Rockstroh, Elben, Lutzenberger, 1983), „Verhaltensmedizin“ (mit Miltner und Gerber, 1985), „Das EEG“ (mit Lutzenberger, Elben und Rockstroh, 1985).

Sie sind sicher schon einem jener jungen Leute begegnet, auf der Straße, in der Bahn, auf einem „Trim-Dich-Pfad“, der zwei kleine Kopfhörer an den Ohren, schwer anzusprechen ist und wenn man ihn anspricht, mit lauter Stimme, oft schreiend antwortet. Wenn Sie neben dem jungen Menschen sitzen, hören Sie aus dem Kopfhörer lauter und leise werdend schnarrende Geräusche, von denen Sie wissen, daß es sich um Musik handeln muß, während der Träger der Kopfhörer mit nach innen gerichtetem Blick offensichtlich die Schnarrtöne zu genießen scheint. Sie wissen, daß der dünne Draht, der aus der Jacke Ihres Nachbarn kommt, zu einem kleinen viereckigen Kästchen führt, das gut gewärmt auf der Bauchdecke des nach innen Blickenden das schnarrende Geräusch produziert. - Keine Angst, ich möchte Sie nicht mit der Psychologie des Walkmans vertraut machen, dieser glorreichen Erfindung, die seinem Besitzer erlaubt, sich der so lästigen und langweiligen Unterhaltung mit seinem Gegenüber zu entziehen und ihm noch dazu das Geschenk der teilweisen Schwerhörigkeit beschert. Ich möchte Sie vielmehr bitten, mir in eine bescheidene Zukunftsvorstellung zu folgen, nicht weiter als die nächsten 5 oder 6 Jahre:

Sie sitzen derselben Person gegenüber, diesmal belästigt Sie aber kein Geräusch, vielmehr tönt ein leiser, eher angenehmer, dem Meeresrauschen ähnlicher Ton an Ihr Ohr. Ihr Gegenüber hat wieder die Kopfhörer auf, der dünne Draht kommt allerdings diesmal nicht aus der Bauchgegend, sondern läuft aus der Mütze Ihres Gegenübers zu dem für Sie nicht sichtbaren Kästchen an der Brust und von dort zu den Kopfhörern. Im Gegensatz zu der mühsamen und lauten Kontaktaufnahme in unserem vergangenen Bild reagiert Ihr Gegenüber auf die Frage, was er hier tue, so auffallend schnell, daß Sie kaum in der Lage sind, ebenso rasch und präzise zu antworten. Ihr Gegenüber erläutert Ihnen, daß er gerade einen Lernstoff wiederhole und dazu die elektrische Aktivität seiner linken Hirnhälfte verändern würde, da ihm dies sowohl die Aufnahme als auch Speicherung des sehr abstrakten mathematischen Stoffes erleichtere. Nach Absetzen seiner Mütze zeigt Ih-

nen der Student die kleinen Silberplättchen, die er mit einem leicht löslichen Klebstoff an seiner linken vorderen Kopfhälfte befestigt hat. Er erklärt Ihnen, daß er heute auf seine linke Hirnhälfte umschalten hat müssen, gestern, beim Lösen eher geometrischer Probleme, würden die Silberplättchen natürlich sehr viel besser an der rechten Kopfhälfte befestigt gewesen sein. Geometrisch-gestaltliche Aufgaben werden von der rechten Hirnseite gelöst, mathematisch-sprachliche von der linken Hirnhemisphäre. Die kleinen Silberplättchen leiten die elektrischen Spannungsschwankungen des Gehirns, die durch die Schädeldecke dringen, zu dem kleinen Verstärkerkästchen an der Brust. Dort werden die nur millionstel Volt starken Spannungen verstärkt und in einen gut hörbaren Ton umgewandelt. Der Ton ändert sich je nach der laufenden Hirnaktivität. Wird ein bestimmter Frequenzbereich der elektrischen Hirnaktivität intensiver, so wird der Ton im Kopfhörer lauter, die Person weiß sofort, wieviel der gewünschten Gehirnaktivität zur Zeit vorhanden ist und damit kann sie das Auftreten der entsprechenden Hirnwellen selbst regulieren. Sie fragen ihr Gegenüber, wie er es denn schaffe, während der Lektüre gleichzeitig bestimmte elektrische Vorgänge in seinem Gehirn zu verändern. - Die Unterhaltung ist insgesamt ein wenig schwierig, da Ihr Gegenüber sehr viel schneller reagiert als Sie selbst, was offensichtlich auch auf seine Selbstregulation zurückzuführen ist. - Auf die Frage aber, wie er es denn schaffe, erläutert er Ihnen, daß er dies selbst nicht genau wüßte, er müsse dabei nur möglichst ruhig sitzen und eine Art innere Konzentration entwickeln, die er aber nicht beschreiben könne. Erschreckt denken Sie „das ist das Ende der Spontaneität!“ - Ihr Gegenüber teilt Ihre Befürchtung nicht und erinnert Sie daran, daß viel Übel und die Not der Menschen nicht zuletzt aus ihrer mangelnden Fähigkeit resultiere, Spontaneität zu unterdrücken und langfristige, rationale Perspektiven zu entwickeln. Um Selbstkontrolle über Denken und Verhalten zu erreichen, müsse man sich zumindest teilweise unabhängig von den momentan vorhandenen positiven und negativen Konsequenzen des eigenen Verhaltens machen. In der Sprache der Lernpsychologie heißt dies: *relative Unabhängigkeit von den momentanen Belohnungs- und Bestrafungsreizen*. Um unser Verhalten auf langfristige Ziele auszurichten, müssen die in der Gegenwart vorhandenen Belohnungs- und Bestrafungsreize, also *positive und negative Verstärker in ihrer Wirkung abgeschwächt werden*. Dies ist die Essenz von Selbstkontrolle und dafür ist die *Hirnrinde* eher geeignet als andere Hirnteile. Die Hauptfunktion der Hirnrinde ist zweifellos der *Aufbau von Erwartungshaltungen* und die Stabilisierung solcher langfristigen Erwartungen. (Reizung der Hirnrinde mit elektrischen Stimuli löst beim Menschen an fast allen Stellen solche Erwartungshaltungen aus). Die elektrischen Spannungen, die Ihr Gegenüber zur

Zeit selbst reguliert, sind genau jene physiologisch-organischen Voraussetzungen solcher Erwartungen. Deshalb werde er, so erläutert er Ihnen, durch ihre Selbstkontrolle unabhängiger vom Druck der Gegenwart und ihrer belohnenden und bestrafenden Bedeutung. Wozu früher bestenfalls Religionsstifter und einige wenige Auserwählte in der Lage gewesen seien, das könne mithilfe dieses kleinen Biofeedbackgerätes auch der Mann von der Straße lernen. Die Bezeichnung *Biofeedback* bedeutet „biologische Rückmeldung“, das heißt Rückmeldung eines Körpervorganges an jene Person, von der dieser Körpervorgang stammt.

Zurück in die Gegenwart. Die Szene, die ich Ihnen eben zur Vorstellung anbot, ist keine unrealistische Science Fiction. Von der erwähnten Begegnung trennen uns nur einige wenige Jahre, in denen eher technische Detailprobleme denn Grundsätzliches zu lösen ist. Um Sie mit der Selbstregulation der Gehirntätigkeit etwas vertrauter zu machen, möchte ich Ihnen ein kleines Experiment schildern, das in unserem psychophysiologischen Labor alltäglich geworden ist.

Die Versuchsperson sitzt vor einem Bildschirm; auf ihrem Kopf und auch an verschiedenen anderen Körperregionen kleben die bereits oben erwähnten kleinen Silberplättchen, die die elektrische Aktivität des jeweiligen Organs zu den elektronischen Verstärkern und einem Computer leiten. Neben der elektrischen Hirnaktivität wird die Arbeitsweise von Herz, die Schweißdrüsenaktivität, Muskelaktivität, Atmung, Blutdruck, und anderes mehr registriert. Der Rechner verarbeitet vor allem die Hirnaktivität und meldet sie der Person in einer einfachen und für sie gut verfolgbaren Form - hier ist es eine kleine Rakete - am Bildschirm zurück. Die über das Experiment informierte Versuchsperson weiß, daß die kleine Rakete am Bildschirm ihre eigene elektrische Hirntätigkeit aus einer bestimmten Hirnregion darstellt. Die stilisierte Rakete, also die Hirnströme der Versuchsperson, wandert langsam, z. B. in 10 Sekunden von rechts nach links über den Videoschirm. Am rechten Bildschirmrand befindet sich ein Tor, das als Zielpunkt dient. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht nun darin, die Rakete, die ihre momentane Gehirnaktivität darstellt, in das Tor am Bildrand zu bringen. Wenn die Rakete im Laufe ihres Fluges in Richtung auf das Tor wandert, so bedeutet dies physiologisch, daß das Gehirn zu diesem Zeitpunkt elektrisch negativ wird: *die obere Hirnrinde ist negativiert und dies ist ein Zeichen erhöhter Erregbarkeit* der beteiligten Nervenetze. Trifft die Rakete nicht ins Tor, so bedeutet dies, daß die Person ihre Hirnaktivität nicht ausreichend negativieren, d.h. erregen konnte. Nach jedem Durchgang erfolgt eine kurze Pause, dann beginnt erneut der Flug der Rakete. Trifft die Rakete ins Tor, so leuchtet ein Zähler auf, der der Person signalisiert, daß sie einen Geldbetrag gewonnen hat. Fliegt die Rakete nicht

ins Tor, d.h. die Hirnrinde wurde nicht ausreichend negativiert, so wird der Person ein Geldbetrag abgezogen. Das erhöht das Interesse am Computerspiel und stellt die Belohnung, bzw. Bestrafung für richtige oder falsche Änderung der Hirnaktivität dar.

Innerhalb weniger Stunden lernt eine Versuchsperson mithilfe der Rückmeldung der eigenen Hirntätigkeit, etwa eine Hirnregion mehr elektrisch zu negativieren, die andere Hirnregion simultan elektrisch zu positivieren, d.h. die rechte Hirnhälfte wird erregt und die linke Hirnhälfte wird gehemmt. Wenn die Hirnrinde oder ein Teil derselben *elektrisch negativ* ist, befinden sich die entsprechenden Zellareale in einem Zustand erhöhter Bereitschaft für ankommende Information. Die Zellen können mehr Information schneller verarbeiten. Mithilfe der Rückmeldung der eigenen Hirnaktivität lernt die Versuchsperson also, eine Hirnregion in einem Zustand erhöhter Bereitschaft für ankommende Information zu halten. Nach einiger Übung gelingt den meisten Personen die Aufgabe auch ohne die Rückmeldung durch die Rakete und ohne die Belohnung; nach mehreren geglückten Selbststeuerungsversuchen kann sie die Hirntätigkeit auch auf eigenes Kommando in die gewünschte Richtung verändern.

Im Laufe der Sitzungen erhält die Person dann schließlich zur Überprüfung der Wirksamkeit des Trainings verschiedene Probleme zur Lösung dargeboten und hat *gleichzeitig* die Aufgabe, ihre Gehirntätigkeit in eine gewünschte Richtung zu verändern. Es handelt sich dabei um zwei voneinander prinzipiell unabhängige Aufgaben: Die Person soll etwa eine Rechenaufgabe lösen und gleichzeitig ihre Hirnaktivität wie gelernt negativieren. Die meisten Personen negativieren ihr Gehirn auch ohne Rückmeldung nach dem Training, indem sie sich einfach vornehmen, denselben Zustand wie während des Trainings mit der Rückmeldung wieder herbeizuführen. Sprachlich können sie aber über ihre Strategie keine Auskunft geben. Dabei konnte gezeigt werden, daß die Reaktionsgeschwindigkeit deutlich schneller wurde, Fehler bei Aufmerksamkeitsaufgaben abnahmen, bestimmte Denkaufgaben schneller gelöst wurden und Berührungsreize am Körper, z. B. an der Hand, verbessert wahrgenommen wurden. Voraussetzung dafür war, daß die Versuchsperson vorher gelernt hatte, jene Hirnregionen elektrisch negativ zu machen, in denen die entsprechenden Reizgegebenheiten verarbeitet werden. - Um Ihnen ein einfaches Beispiel aus einer kürzlich abgeschlossenen Untersuchung zu berichten: Die Versuchsperson sollte lernen, einen komplizierten Berührungsreiz z.B. eine Art Relief sowohl mit der rechten als auch mit der linken Hand zu erkennen. Die Versuchsperson hatte ihre Hände auf einem Plexiglasgestell aufgelegt, aus dem vier versenkbare Stifte hervortreten konnten. Diese Stifte berührten Zeige- und Mittelfinger einer Hand. Die Versuchsperson mußte nun

erkennen, ob die Stifte derart angeordnet waren, daß sie ein Quadrat, ein Dreieck oder ein paralleles Muster bildeten. Auf der anderen Hand wurden ebenfalls Stifte dargeboten, jedoch in unterschiedlicher Anzahl, so daß die Person hier erkennen mußte, wieviele Stifte die Finger gerade berührten.

Aus der Anatomie wissen wir, daß ein Großteil der Tast- und Berührungsempfindungen jeweils von der rechten Hand in die linke Hirnhälfte geleitet und dort analysiert wird. Das umgekehrte gilt für die linke Hand. Die Versuchspersonen lernten, mithilfe der geschilderten Biofeedback-Anordnung, einmal die rechte Hirnhemisphäre, ein ander Mal die linke elektrisch negativ zu machen. Nachdem sie dies erlernt hatten, wurden die schwer erkennbaren Berührungsreize dargeboten. Wie schon oben beschrieben, mußte die Versuchsperson nun gleichzeitig ihre jeweilige Hirnhälfte negativieren und die Berührungsaufgaben lösen. Entsprechend der Vorhersage zeigte sich, daß die Versuchsperson die Reize aus der rechten Hand besser wahrnahm, wenn sie gelernt hatte, ihre linke, gegenüberliegende Hirnhälfte, elektrisch in Richtung negativ zu verändern und umgekehrt.

Es erübrigt sich, weitere Beispiele anzuführen, das Prinzip in diesen Versuchen bleibt dasselbe: Wir gehen davon aus, daß bestimmte elektrische Veränderungen Ausdruck einer erhöhten Erregbarkeit des beteiligten Nervennetzes sind. Wenn es uns also gelingt, über die psychologische Selbststeuerung durch Biofeedback die Erregbarkeit dieser Nervennetze ohne Eingriff in das System zu verändern, so müßten Verarbeitung und Leistung der beteiligten Nervenzellverbände verbessert werden können. Dafür sprechen in der Tat die Mehrzahl der vorgelegten Untersuchungen aus unserem Laboratorium.

Sie werden dieselbe Frage stellen, die mir vor kurzem ein Patient, der an einer kaum beherrschbaren epileptischen Erkrankung litt, stellte, als ich mit ihm übte, seine Anfälle, die meistens aus dem Schlaf heraus entstanden, selbst zu kontrollieren. „Wie soll ich denn das machen“? Die Antwort, die wir in so einem Fall unseren Patienten und Versuchspersonen geben, ist immer dieselbe und entspricht der Wahrheit: „Ich weiß es nicht, Sie müssen selbst eine Methode suchen. Jeder findet seinen eigenen Weg zur Selbstkontrolle seiner Gehirnaktivität“. Diese Antwort dokumentiert nicht nur Ratlosigkeit, sondern spiegelt zugleich die Tatsache wider, daß unser Gehirn nicht darauf eingerichtet ist, über seine eigene Tätigkeit mithilfe von Sprache Auskunft zu geben, deshalb erhalten wir kaum verwertbare Aussagen von unseren Patienten und Versuchspersonen. Ähnlich schwer fällt es jedem von uns über andere, in der Evolution wohl kaum vorgesehene Verhaltensweisen zu berichten, wie etwa Autofahren oder sportliche Bewegungen, bei denen wir zwar schildern können, was als Konse-

quenz einer Bewegung oder Handlung passiert, aber die Steuerung der Handlung selbst in der Regel nicht beschreiben können.

Als Ergebnis der Versuche berichten jene unserer Versuchspersonen und Patienten, die die gestellte Aufgabe in kürzester Zeit lernen, daß sie vor allem „kognitive“ Strategien, wie Konzentration, Autosuggestion, Denken und gefühlfreie Vorstellungen als Mittel der Regulation bestimmter Hirnaktivitäten verwenden. Die Erfolglosen dagegen, zu denen auch Patientengruppen mit Störungen der Gehirntätigkeit gehören, erklären, daß sie vor allem muskuläre und „viszerale“ Strategien versuchten, wie Muskelspannung, Atmen, Augenbewegungen, erregte Vorstellungen und ähnliches. Unter viszeraler Strategie verstehen wir die Tatsache, daß eine Person versucht, ihre Hirntätigkeit mit solchen Organen zu regeln, die ihrem Willen eher unterworfen sind und außerhalb des Gehirns liegen, wie Atmung, Muskel, etc. Unsere bisherigen Untersuchungen ergaben, daß die erfolgreiche Regulation der Gehirntätigkeit vermutlich neben anderen Einflußfaktoren auch auf einer Hemmung von ablenkenden, einströmenden Impulsen in das Gehirn aus der Peripherie beruht. Bei den Erfolglosen verursachen die Bewegungen und körperlichen Veränderungen einen zusätzlichen Informationszustrom ins Gehirn. Das Hirn ist mit der Verarbeitung dieser Informationen aus der Körperperipherie beschäftigt, es bleibt zu wenig „Energie“ für die Bewältigung der Selbstkontrollaufgabe. Die Erfolgreichen dagegen schirmen ihr Gehirn von zusätzlichen Einflüssen aus Umgebung und Körperinnerem ab und halten es damit für die Selbstregulation „frei“. Auf einen einfachen Nenner gebracht: *Das Gehirn reguliert sich am besten mit dem Gehirn und nicht mithilfe der übrigen Körpersysteme.* Die erfolgreichen Versuchspersonen sitzen still, vermeiden ablenkende Reize und Bewegungen und versuchen, ihr Vegetativum und die inneren Organe möglichst im Equilibrium zu halten. Bedeutsame Änderungen im Bewußtsein oder im Gefühlsbereich entstehen dadurch nicht, man weiß zwar, daß irgendetwas im Kopf verändert ist, darüber hinaus treten aber keine bemerkenswerten Empfindungen auf. Gerade diese Tatsache scheint uns für eine therapeutische Anwendung dieses Prinzips besonders vielversprechend zu sein: *Es wird nichts im Gehirn verändert, was nicht schon da ist.* Unnatürliche oder vom Gehirn selbst erzeugte elektrische Veränderungen können nicht induziert werden. Insofern handelt es sich also um einen Zugang zur Verhaltensänderung mithilfe psychologischer Methoden, der die Nachteile der Therapie mit Psychopharmaka nicht besitzt. Psychopharmaka fallen wie ein reißen Strom über unser Gehirn her, um dann einem kleinen Flußbett die notwendige Befeuchtung zuzuführen, aber damit auch den Rest der Gegend überschwemmen. Die Gefahr der Einschränkung von Spontaneität scheint mir gemessen an der Wirkungsweise

von Psychopharmaka bei unserer Methode gering, zumindest bei oberflächlicher Betrachtung. Ich komme später darauf noch zurück.

Nachdem die ersten Publikationen über die Effekte der Selbstregulation der Hirnaktivität in Fachzeitschriften vor etwa 15 Jahren erschienen, setzte vor allem in den USA eine hektische Welle von Anwendungsversuchen ein, die sich in der Mehrzahl der Fälle in kürzester Zeit als therapeutische Sackgassen erwiesen. Ich glaube nicht, daß irgendein Patient bisher durch die Anwendung der im psychophysiologischen Labor entwickelten Selbstregulationsmethode zu Schaden gekommen ist; oft wurden aber vermutlich Erfolgsaussichten vorgegaukelt, die zu bitteren Enttäuschungen führten. In der ersten Phase dieses verständlichen Enthusiasmus vergaß man nämlich, daß die elektrischen Aktivitäten, die wir von der Schädeloberfläche am gesunden und kranken Menschen ableiten können, aus den obersten Regionen des Großhirns stammen und die tiefer liegenden Strukturen des Gehirns nur modulierend in die Aktivität dieser obersten Schichten eingreifen. Die Aufgabe dieser obersten Hirnregionen, die einer Selbstregulation bisher leichter zugänglich sind, ist in wahrnehmungs- und denkpsychologischen Kategorien zu sehen: Die Analyse von Sinnesreizen, der Vergleich der Sinnesreize mit gespeicherten Erlebnisinhalten, sowie die Verarbeitung von angekommener und gespeicherter Information. Vor allem aber die Entwicklung von Erwartungen über das Wiederauftreten von Reizen und Verhalten sind Aufgabe dieser uns zugänglichen Nervenetze der Hirnrinde. Auch die Organisation von Handlungen auf der Grundlage der Analyse der angekommenen Information spiegelt sich in der Aktivität dieser Strukturen. Trieb und Gefühl, in der Tiefe unseres Gehirns entstehend, können eine Auflösung der geordneten Entladung und Arbeitsweise der oberen Hirnregionen bewirken. Alle unsere Untersuchungen weisen bisher darauf hin, daß bei Vorhandensein starker Gefühle und Antriebskräfte eine Selbstregulation der zugänglichen Hirnareale nahezu unmöglich, zumindest so erschwert wird, daß extrem lange Trainingszeiten notwendig sind. - Sie spüren auch, an diesem Punkt findet unsere Thematik wieder eine gewisse anatomisch begründbare Berechtigung: Wenn wir Spontaneität mit der Aktivität von Gefühl und Antrieb gegenüber Wahrnehmen und Denken - jener uralten Dichotomie abendländischer Weltauffassung - gleichsetzen, so stört diese aus der Tiefe des Gehirns kommende „Spontaneität“ die Selbstregulation der informationsverarbeitenden Schichten an der äußersten Oberfläche des Großhirns. Für manchen mag es beruhigend, für den anderen bedauerlich sein, daß diese Art der psychologischen Beeinflussung unserer Gehirntätigkeit bis heute nicht in der Lage ist, die großen und einflußreichen gefühl- und triebproduzierenden Regionen in der Tiefe des Gehirns nachhaltig zu modifizieren. Ursprünglich - in der Evolution der

Säugetiere - dürften die tief liegenden Regionen eher für die Analyse von Geruch, Geschmack, Territorialität und Brutpflege zuständig gewesen sein. Der Hirnforscher Sigmund Freud hat dies bereits richtig gesehen, auch wenn er sich dann später von diesem riechenden und schmeckenden Organ entfernte und versuchte, es in ein Kopulationsinstrument umzudeuten. Die Abwehrkräfte des kortikalen „Über-Ich“ beurteilte er zu Recht als schwächlich gegenüber dem Anstrom aus unteren Hirnschichten. - Wir versuchen zur Zeit, auch elektrische Aktivitäten, die aus der „emotionalen Tiefe“ unseres Gehirns kommen, einer Selbstkontrolle zugänglich zu machen, aber die methodisch-technischen Probleme sind sehr groß. Trotzdem hoffe ich, in den nächsten Jahren die obige Aussage relativieren zu können und Ihnen über die Selbstkontrolle solcher tiefen Strukturen zu berichten.

Die ersten Anwendungsversuche scheinen auch zu zeigen, daß vor allem jene Störungen und Verhaltensweisen durch eine Selbstregulation des Gehirns beeinflußt werden können, die sich primär in der elektrischen Aktivität der Hirnrinde niederschlagen: Aufmerksamkeits- und Konzentrationsstörungen, epileptische Veränderungen, Berührungs-, Tast- und Schmerz-wahrnehmung konnten zum Teil experimentell, zum Teil in therapeutischen Versuchen erfolgreich verändert werden. Bei gestörter Hirnaktivität sind die Trainingszeiten jedoch außerordentlich lang. Gerade die Erfolge bei der Behandlung von Epilepsie zeigen, daß bis zu einem gewissen Grade auch die emotionalen und aktivierenden tiefen Strukturen beeinflusbar sind: Die Anfälle kommen häufig aus den Aktivierungszentren des Stammhirns, der Patient lernt, jenen elektrischen Hirnrhythmus an seiner Hirnrinde zu vermehren, der einen hemmenden Einfluß auf die - außer Kontrolle geratenen - tiefen Strukturen ausübt. - Möglicherweise sind die Dichotomien Antrieb - Denken, oder Es und Über-Ich zwei neurophysiologisch arbiträre Kategorien. Im Biofeedback-Paradigma lernt die Person, beide Systeme zu beeinflussen und gewichtet die Aktivität entsprechend den Anforderungen der Situation. Vermutlich hat - wie das eben beschriebene Beispiel der Selbstregulation von „Gefühlssystemen“ über den Umweg von „Verstandssystemen“ zeigt - mein Freund, der bedeutende Gefühlspsychologe W. Tunner, recht, wenn er schreibt: „Für Gefühl und Verstand gibt es in der Psychologie so viele Umschreibungen, daß man den Eindruck gewinnt, man würde sie erst wieder verstehen können, wenn man diese Umschreibungen vergißt“. Wir sollten diese auf die Psychologie gemünzten Worte auch für die Neurophysiologie ernst nehmen, als wir es bisher taten. Obwohl wir unsere Untersuchungsergebnisse gern als Hinweis auf die Bedeutung denkpsychologischer, kognitiver Strategien für die Steuerung von Gefühl und Antrieb verstehen, sitzen wir hier unter Umständen einer Fehldeutung auf. - Doch zurück zum Patienten.

Die elektrische Hirnaktivität eines Epileptikers zu verändern, braucht manchmal hunderte Sitzungen über mehr als 1 Jahr; mühsam versucht der Patient die ersten Anzeichen einer pathologischen Aktivität zu erkennen und eine entsprechende Gegenregulation einzuleiten. Zusätzlich erschwerend ist, daß der Betroffene keinen sprachlich faßbaren Anhaltspunkt für die zu erzielenden Änderungen findet.

Gerade deswegen scheint die Biofeedback-Aufgabe Kindern auch oft leichter zu fallen, da sie es erst gar nicht auf sprachlichem Weg versuchen. Dies konnten wir in unserer Arbeitsgruppe (T.Elbert, W. Lutzenberger, B. Rockstroh und der Autor)*, von der ein Großteil der oben genannten Ergebnisse stammt, an aufmerksamkeitsgestörten Kindern zeigen. Wir verglichen 10–12jährige Kinder mit schweren Aufmerksamkeitsstörungen und Hyperaktivität mit normalen und leicht konzentrationsgestörten. Die Kinder erhielten dieselbe Aufgabe zur Rückmeldung ihrer Gehirnaktivität wie oben beschrieben. Mit derselben Begeisterung, mit der Kinder elektronische, computergesteuerte Spielzeuge benutzen, die ihnen unmittelbar Rückmeldung über den Erfolg ihres Handelns und Denkens geben, mit derselben Begeisterung sitzen sie vor unserem Bildschirm und versuchen, ihre Hirnaktivität „ins Tor zu lenken“. Den Kindern ist dabei in der Regel nicht bewußt, und es interessiert sie auch nicht, daß sie eigene Körperaktivitäten modifizieren, der sportliche Aspekt, die unmittelbare Rückmeldung und die Belohnung für das richtige Verhalten verändern den gewünschten elektrischen Vorgang im Gehirn sehr viel schneller als bei Erwachsenen, die krampfhaft versuchen, einen sprachlichen „Code“ für ihr Handeln zu finden. An diesem Punkt zeigt sich die Widersprüchlichkeit zu Wittgensteins Elementarsatz 5.6 aus dem Tractatus der besagt: „Die Grenzen meiner Sprache bedeuten die Grenzen meiner Welt“. Die Welt der Psychophysiologie von Selbstregulation und Biofeedback *beginnt* erst jenseits der „Grenzen meiner Sprache“. Unsere aufmerksamkeitsgestörten Kinder folgen nicht Wittgensteins Logik, sondern den Belohnungsreizen, die ihnen für eine sprachlich absolut unfaßbare körperliche Änderung winken. Entscheidend für den Erfolg in unserem Rückmeldungssystem ist also nicht Wissen, Sprache, Denken oder andere rationale Kategorien, sondern die unmittelbare und in Sekundenbruchteilen erfolgende Belohnung, die auf eine solche rationale Änderung erfolgt. Wiederrum erweist sich der *Primaat des Affektes über das Denken*, denn eine affektfreie Belohnung können selbst die kognitiven Psychologen, die zur Zeit Denken und Handeln in der Psychologie wesentlich bestimmen, nicht vermitteln. *Gesteuerte und kontrollierte Spontaneität* also, die auch hier den Übergang von ungezielter und

* Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG).

ständig abgelenkter Rationalität in geordnete Bahnen bestimmt. Kontrollierte Spontaneität deshalb, weil die Biofeedback-Versuchsanordnung so aufgebaut ist, daß die Person je nach den Anforderungen der Situation entweder für Spontaneität und erhöhte Erregung *oder* für deren Hemmung belohnt wird. In einer Aufgabe, z.B. in der ein verborgenes Signal oder Zeichen herausgefunden werden soll, wird kurz nach Auftauchen eines Hinweisreizes die Erregung der entsprechenden Hirnregion so weit erhöht, daß für die Leistung beim plötzlichen Erscheinen des verborgenen Signals die Hirnrinde optimal vorbereitet ist. Nach mehrmaliger Belohnung dieser Sequenz: „Erregungsvorbereitung - Lösen der Aufgabe“ bleibt also das konditionierte Muster im Hirn stabil. Der spontane Ablauf der Hirnaktivität wird nur kurzfristig aufgabenspezifisch eingeschränkt.

Wen die Simplizität meiner Skinnerianischen Denkweise stört, der möge einmal einen Computerfachmann beobachten, der seine enorm trainierte Hirnrinde für die kompliziertesten Denkopoperationen nützt, für jenen kurzen „Stoß der Freude“ aus der Tiefe seines Gehirns nach dem erfolgreichen Knacken des angeblich unlösbaren „Codes“ eines fremden Rechners. Wen die Simplizität meiner Überlegungen stört, der möge versuchen, durch Verstehen und Einsicht ein Kleinkind davon abzubringen, die Hand auf die heiße Herdplatte zu legen; er möge versuchen, durch Einsicht und Verstehen einen Süchtigen von der Unsinnigkeit seines Verhaltens zu überzeugen und ihn zu einer Verhaltensänderung zu führen; der möge versuchen, einen Phobiker davon zu überzeugen, daß seine Angst vor dem Überqueren eines großen Platzes ganz unsinnig sei. Wer die Simplizität lernpsychologischen Denkens für überholt hält, der möge Geschichte und gegenwärtige Weltpolitik daraufhin untersuchen, ob sie eher vom Großhirn oder vom Riechhirn gesteuert wird. - Eingedenk der Verwandtschaft von Spontaneität und gefühlvollem Erleben bestimmt also auch in unserem Rückmeldesystem aus Mikroprozessoren und Mensch die Spontaneität gefühlvoller Belohnung und Bestrafung die Schaltkreise im angeschlossenen Rechner und letztlich auch in dem damit verbundenen Gehirn. Der Mikroprozessor mißt nur laufend meine Gehirnaktivität und gibt ein Signal, wenn eine erfolgreiche Reaktion auftritt. Die unmittelbare Belohnung aber setzt die entscheidende Veränderung im Gehirn, die mich veranlaßt, die erfolgreiche Reaktion zu wiederholen und beizubehalten. Und Belohnung funktioniert nur, wenn sie mit positivem Affekt oder Beseitigung negativen Affekts gekoppelt ist. Affektfreie Rückmeldung allein als reine Information über eine Handlung ist absolut wirkungslos, eben darin unterscheidet sich unser Gehirn auch vom Rechner.

Unsere Untersuchungen an gesunden und gestörten Kindern und Erwachsenen zeigen, daß hier nicht unspezifische Zustände in weiten Regio-

nen des Gehirns verändert werden, sondern daß zur Änderung eines bestimmten Verhaltens die Regulation eines kleineren, eng umschriebenen Hirnteils ausreicht, wenn dieser Hirnteil primär an der Steuerung des in Frage stehenden Verhaltens beteiligt ist. Dies scheint mir für Anwendungsfragen besonders wichtig und zeigt auch den potentiellen Vorteil unserer Methoden gegenüber pharmakologischen oder anderen globalen Maßnahmen wie etwa manchen Psychotherapieformen. Ohne den Gesamtzustand des Nervengewebes zu verändern, gelingt es offensichtlich, eine umschriebene Hirnregion mit Biofeedback zu beeinflussen und die benachbarten Regionen können ihre Tätigkeit ungestört fortsetzen. Bei Personen mit Denk- und Verhaltensstörungen ist selten das gesamte Gehirn gestört, sondern nur bestimmte Regionen oder Faserzüge, die dann natürlich auch oft Verarbeitungsprobleme in entfernten Hirnteilen verursachen.

Unsere aufmerksamkeitsgestörten Personen hatten z.B. keine Schwierigkeiten, die hinteren, posterioren Anteile ihres Großhirns mithilfe der elektronischen Rückmeldung und unmittelbaren Belohnung zu steuern, sie versagten allerdings, wenn die Rückmeldung aufgehoben wurde und der Kontakt zum analysierenden Computer, der die Person über ihre momentane Gehirnaktivität informiert, unterbrochen wurde. Einfach ausgedrückt ging der Lerneffekt verloren, wenn nicht die unmittelbare Konsequenz auf das Verhalten folgte. Das *Hinauszögern* und auf spätere Zeiten Verschieben, das die wesentliche Voraussetzung für längerfristige Stabilität und Selbstkontrolle des Verhaltens ist, gelingt diesen Personen schwer. Eine Ursache dafür liegt vermutlich darin, daß sie gerade den für die Aufmerksamkeitssteuerung so wichtigen vorderen, frontalen Anteil des Großhirns auch mithilfe der Biofeedbackanordnung nicht steuern können und versuchen, ihre Aufmerksamkeit mit körperlichen Strategien wie Muskelanspannung, Bewegungen, Sinnesreizen, etc. zu beeinflussen. Fällt die Rückmeldung aus, so könnte man sagen, vergißt ihr Gehirn, daß es vor allem sich selbst verändern sollte und zieht die ungeeigneten und ablenkenden Impulse aus der Körperperipherie zuhilfe; dies wiederum aber erfordert neue Verarbeitungsprozesse des Gehirns selbst, die von der eigentlichen Aufgabe, nämlich die Aufmerksamkeit auf bestimmte Inhalte zu fixieren, ablenken.

Eindrucksvoll ist auch der Versuch eines Kollegen aus Tulsa, USA (Finley), der Patienten untersuchte, denen aufgrund einer Blutung oder Verletzung Teile des Nervengewebes zerstört wurden, so daß sie Berührungen an den unteren Gliedmaßen nicht mehr wahrnehmen konnten. An einigen dieser Patienten konnte unser Kollege beobachten, daß bei Berührungsreizen noch eine kleine elektrische Reaktion an der Gehirnoberfläche auftrat, die aber offensichtlich nicht ausreichte, um zu einer bewußten Wahrnehmung

der Berührung zu führen. In einem mühsamen über Wochen andauernden Training verstärkte (belohnte) er nun jede auch noch so kleine Erhöhung dieses elektrischen Potentials, indem er es den Patienten auf einem Bildschirm vorspielte, der die kleine Änderung sichtbar machte. Langsam erhöhte sich im Laufe des Trainings die elektrische Energie des ankommenden Berührungsreizes durch die kontinuierliche Verstärkung; ab einer bestimmten Höhe berichteten die Personen plötzlich, nun erstmals wieder etwas *wahrgenommen* zu haben. -

Inwieweit dies therapeutisch nutzbar gemacht werden kann, wird die Zukunft zeigen, aber sowohl unsere als auch die Untersuchungen der anderen Laboratorien, die sich mit den hier besprochenen Problemen befassen, belegen immer wieder nachdrücklich, wie eng die Korrespondenz zwischen hirnelektrischer Aktivität und bewußtem Erleben und Verhalten sein kann. Das oben beschriebene, für Patienten möglicherweise sehr nützliche Experiment, demonstriert aber auch Ansatzpunkte für denkbaren Mißbrauch. Auch ohne Wissen und Bewußtsein der Person kann ihre Hirnaktivität und somit ihr Verhalten verändert werden, wenn nur die Kontingenz systematisch erfolgt: *Kontingenz* heißt hier, daß jede gewünschte Änderung im elektrischen Ablauf des Gehirns unmittelbar belohnt bzw. bestraft wird, wobei diese Beziehung zwischen Hirnreaktion und der systematischen Konsequenz einer uninformierten Person gar nicht bewußt werden muß, der „Erfolg“ wird sich trotzdem einstellen. Genauso wenig wie dem heranwachsenden Kind bewußt wird, daß das Verhalten durch den mehr oder weniger systematischen Einsatz von Zuwendung und Abwendung der Bezugspersonen modifiziert wird. Nur die Konsequenz des veränderten Hirnprozesses können wir im Verhalten wahrnehmen, der Prozeß der Veränderung der Hirnaktivität selbst entzieht sich unserem Bewußtsein, da unser Gehirn über keine Sinnesorgane für seine eigene Aktivität verfügt. Gelernt wird hier - wie so oft - nicht durch Einsicht, sondern durch systematisches Setzen negativer und positiver Konsequenzen, wenngleich Einsicht und Wissen beim Erwachsenen unter bestimmten Umständen den Lernprozeß fördern können.

Doch kehren wir zurück zu unserer Ausgangsfragestellung: Droht ein Ende der Spontaneität durch schleichende oft unbemerkte Konditionierung unserer eigenen Hirnprozesse oder durch die selbst herbeigeführte Regulation des Gehirns, wie wir es am Beginn unserer Ausführungen für die 90er Jahre vorhergesagt haben? Ohne das Problem zu bagatellisieren, scheint mir die Einschränkung von Spontaneität durch andere technologische Neuerungen sehr viel eher gewährleistet zu sein, als durch die hier geschilderte psychologische Methodik: Die Blockade fast der gesamten optischen und akustischen Hirntätigkeit durch die visuellen Medien ist sicher

ungleich wirksamer und schädigender als unser Paradigma. Dasselbe gilt für die chemische Beeinflussung der Hirntätigkeit durch Pharmaka und Drogen, die wenig auf die gegebenen biologischen Eigenheiten des Gehirns Rücksicht nehmen. - Das Verschwinden der „Fähigkeit, Ornamente zu erzeugen, in der gegenwärtigen Baukunst“ wie Ernst Bloch es genannt hat, scheint mir eine andere, sehr viel einflußreichere Quelle des Versiegens von Spontaneität zu sein. Die Trostlosigkeit und Geradlinigkeit technologisch gestalteter Umwelt geht an unseren Hirnen mit Sicherheit nicht spurlos vorüber. Wir könnten die Liste beliebig fortsetzen, dürfen aber auch die positiven Aspekte der Einschränkung von Spontaneität nicht aus den Augen verlieren; so nehmen wir dankbar in unseren Demokratien zur Kenntnis, daß die Wut des Nachbarn auf unsere politische und religiöse Überzeugung nicht spontan abreagiert werden kann.

Ohne *spontanes Verhalten* abschließend definieren zu wollen, besteht kein Zweifel, daß es sich hier um eine sehr *heterogene* Gruppe von Verhaltens- und Denkweisen handelt, die durch relativ *schnelles und unmittelbares Entstehen und ihre enge assoziative Verknüpfung mit Gefühls- und Antriebsimpulsen gekennzeichnet sind*. Schwierigkeiten, die im Titel gestellte Frage zu beantworten, bereitet nicht nur die Heterogenität spontanen Verhaltens, sondern die Tatsache, daß Spontaneität vermutlich nicht einfach verschwindet, sondern die Frage, *wohin* sie verschwindet und *wo* sie wieder auftaucht: Das allzu simple hydraulische Modell der Psychoanalyse und Ethologie trifft nicht zu: natürlich kann spontanes Verhalten verdrängt und unterdrückt werden, deswegen muß es aber nicht irgendwo anders wieder auftauchen, es kann völlig verschwinden oder aber es wird dort wieder auftreten, wo es verstärkt, geduldet oder gefördert wird. Es gibt kein Spontaneitätspotential in unserem Gehirn, dessen Energie verbraucht werden muß, um seine spontane Explosion zu verhindern.

Nicht der Wunsch nach mehr Spontaneität bewegt uns hier, sondern die Frage, welche Art der Spontaneität durch unseren Versuch beeinflußt werden kann, unter welchen Umständen dies geschehen könnte und unter welchen sozialen Bedingungen diese Beeinflussung erfolgt. - Spontaneität wurde in den seltensten Fällen verdrängt, sondern meist sozial gesteuert, entsprechend ihrer momentanen Erwünschtheit. Spontane Verhaltensweisen, wie wir sie üblicherweise im Auge haben, wie Tanz, Rausch, Ekstase, ungehemmte Bewegung und Sexualität wurden weniger verdrängt als verboten, abgeschafft, verändert und können wie viele Verhaltensweisen auch eliminiert werden. Wir können die verloren gegangene Spontaneität nicht wieder ohne Schwierigkeiten erlernen. Wer die kläglichen Versuche vieler Psychogruppen beobachtet hat, Spontaneität zu erzeugen, der weiß, daß spontanes Verhalten in den Teilnehmern dieser

Gruppen nicht verdrängt wurde, sondern nie vorhanden war bzw. bestenfalls in Vergessenheit geraten ist. Das spontane Getanze der Psychogurus und vor allem ihr finanzieller Erfolg belegen bestenfalls, daß die uralte Sehnsucht mancher Nordländer nach der Ungebundenheit eines römischen Straßenjungen immer noch nicht erfüllt wurde und wohl auch nie in Erfüllung gehen wird.

Das Paradigma der Selbstregulation der Hirntätigkeit enthält die Möglichkeit einer besseren und von der Person selbst eingeleiteten Steuerbarkeit unerwünschten und erwünschten spontanen Verhaltens, wobei wir nicht vergessen dürfen, daß Gefühl und Antrieb mit dieser Anordnung bestenfalls modulierbar sind, ihr Auftreten und ihre Zielgerichtetheit aber nach wie vor von den sozialen Umständen bestimmt sind.

Wie so oft in der modernen Naturwissenschaft stehen wir hier vor einem Phänomen, das in der Geschichte der Arten, in der evolutionären Entwicklung der Lebewesen nicht vorgesehen war: Die Beobachtung der Tätigkeit unseres eigenen Gehirns mithilfe elektronischer Verstärkung und Mikroprozessoren unter Ausnutzung der archaischen, von der neueren Lernpsychologie systematisierten und handhabbar gemachten Lerngesetze ist eine jener vielen neuen Möglichkeiten, für deren Bewältigung wir nicht gerüstet sind. Da nicht nur die segensreiche Anwendung als therapeutisches Prinzip denkbar ist, sollten wir den Fortgang unserer Versuche mit Vorsicht und Behutsamkeit vorantreiben, jene im Blickfeld behalten, denen geholfen werden kann und jene zur Diskussion aufrufen, die Schaden nehmen könnten. Überschätzen wir unsere Bedeutung und den Wert unserer Arbeit nicht, auch wenn es eine bedeutsame Belohnung darstellt, vor einem so erlauchten Kreise wie hier zu sprechen; der Berufene geht nicht mit allzu großem Eifer an sein Geschäft, sagt ein chinesisches Sprichwort. Er weiß, daß erst Scheitern und nicht Erfolg uns enthüllt und sichtbar macht. Denn, um mit einem Satz Johann Nestroys zu schließen „... überhaupt hat der Fortschritt das an sich, daß er größer ausschaut, als er wirklich ist.“

Literaturhinweise:

- BIRBAUMER, N.: *Physiologische Psychologie*. Berlin, Heidelberg, New York, 1975.
 BIRBAUMER, N., SCHMIDT, R.F.: *Physiologische Psychologie*. Berlin, Heidelberg, New York, 1986 (in Vorbereitung).
 ROCKSTROH, B., ELBERT, T., BIRBAUMER, N., LUTZENBERGER, W.: *Slow Brain Potentials and Behavior*. Baltimore, USA, 1982.
 ELBERT, T., ROCKSTROH, B., LUTZENBERGER, W., BIRBAUMER, N.: *Self-Regulation of the Brain and Behavior*. New York, 1984.