

2 . DER MENSCH ALS OBJEKT DER BERATUNG

„Es gibt jedoch derzeit keinen Grund, daran zu zweifeln, daß auch mentale und psychische Funktionen auf Abläufen in unserem Gehirn beruhen, die sich im Rahmen der Naturwissenschaft darstellen und untersuchen lassen.“

Wolf Singer

2.1 Grundaussagen der modernen Gehirnphysiologie

2.1.1 Die Funktion des Gehirns bei der Steuerung menschlichen Verhaltens

Mit einem richtungweisenden Aufsatz 'Das Jahrzehnt des Gehirns' gab Robert J. Trotter einer Ära den Namen, die bereits mehr als ein Jahrzehnt Furore macht.¹ Ich will im folgenden einige Argumente namhafter Gehirnforscher zusammentragen, um zu zeigen, daß die von Trotter ausgerufene Ära ihrem Namen Ehre macht.

So hat beispielsweise Josef Zehentbauer von den ungenutzten Fähigkeiten unseres Gehirns gesprochen, um gleich auch auf den praktischen Nutzen zu verweisen, der uns durch die Erkenntnisse der Hirnforscher beschert worden ist.

„Brauchbar ist dieses biochemische Modell, um die Dynamik unserer Psyche besser zu verstehen und um spezifische Botenstoffe und damit bestimmte Bereiche unserer Psyche zu aktivieren, d.h. willentlich Änderungen der eigenen Innenwelt zu bewirken.“²

In zwei Sammelbänden haben namhafte Neurobiologen, Psychologen und Kognitionswissenschaftler versucht, den Stand des Wissens vom Anfang der 90er Jahre möglichst allgemeinverständlich wiederzugeben.³

In beiden Bänden sind vor allem die Beiträge des Bremer Hirnforschers Gerhard Roth für mein Thema relevant. Auch in den anderen Kapiteln habe ich mich überwiegend auf die Argumentation von Roth gestützt. Als Pädagoge war ich es gewöhnt, vom Dualismus zwischen Geist und Seele auszugehen. Wie viele andere Hirnforscher zeigt Roth auf, daß es auf der Basis der Erkenntnisse der modernen Neurobiologie sinnvoller ist, von der Parallelität zwischen Geist und Seele auszugehen.

„Nach seiner Ansicht ist eine parallele neurobiologische und mentalistische Argumentation aus folgenden Gründen unvermeidlich: Einerseits läßt sich nach heutigem Wissen der experimentellen und klinischen Neurobiologie zeigen, daß der Zusammenhang zwischen neuronalen und mentalen Prozessen unauflöslich ist. Jedem mentalen Prozeß läßt sich ein neuronaler zuordnen (wenn auch nicht umgekehrt, da ... viele neuronale Prozesse nicht bewußt werden). Andererseits lassen sich Prozesse der Erregungsverarbeitung im Gehirn ohne Gebrauch mentaler/psychologischer Begriffe (wie 'Bedeutung', 'Bewertung', 'Repräsentation') nicht hinreichend bestimmen. Der Grund liegt nach Roth darin, daß Begriffe wie

¹ Trotter, Robert J.: Das Jahrzehnt des Gehirns. Psychologie heute, 12/1991

² Zehentbauer, Josef: Körpereigene Drogen. Die ungenutzten Fähigkeiten unseres Gehirns. München/Weinheim 1992, S. 66

³ 1. Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.): Gedächtnis. Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung. Frankfurt/M. 1991

2. Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.): Kognition und Gesellschaft. Frankfurt/M. 1992

‘Bedeutungszuweisung’ und ‘(Selbst-)Bewertung’, für eine neurobiologische Gehirntheorie deshalb nötig sind, weil das Gehirn in sich bedeutungsneutrale neuronale Erregungen zu visuellen oder auditorischen Wahrnehmungen verarbeiten muß. Entsprechend der hochgradigen Distributivität⁴ des Gehirns hat aber nichts für sich eine Bedeutung, sondern immer nur im Gesamtkontext.“⁵

Wie Roth auch in seinem neuesten Buch betont, haben die Sinnesrezeptoren eine spezifische Funktion. „Sie müssen die (mehr oder weniger) spezifischen Einwirkungen von physikalischen und chemischen Umweltreizen in Ereignisse umwandeln, durch die Nervenzellen in ihrem Aktivitätszustand verändert (d.h. erregt oder gehemmt) werden können. Die Sinneszellen übersetzen das, was in der Umwelt passiert, in die ‘Sprache des Gehirns’, nämlich die Sprache der Membran- und Aktionspotentiale, der Neurotransmitter und Neuropeptide. Diese Sprache besteht aus chemischen und elektrischen Signalen, die als solche keinerlei Spezifität haben, also *neutral* sind (Abb. 1). Dies ist das Prinzip der *Neutralität des neuronalen Codes*, und dieses Prinzip hat für das Verständnis der Funktionsweise des Gehirns die größte Bedeutung.“⁶

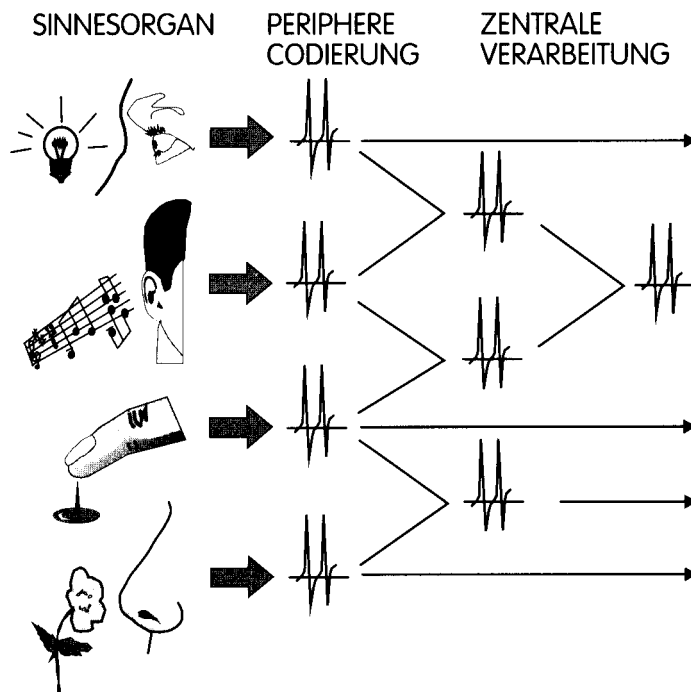


Abb. 1: Neutralität des neuronalen Codes. Die unterschiedlichen physikalischen und chemischen Umweltreize werden in den Sinnesorganen in neuroelektrische und neurochemische Signale umgewandelt (periphere Codierung). Diese werden dann im Gehirn teils getrennt weitergeleitet, teils zusammen weiterverarbeitet. Aus der Beschaffenheit der neuronalen Signale allein läßt sich nicht auf deren Bedeutung schließen (aus Roth, 1994).

⁴ Damit ist die Fähigkeit des Gehirns gemeint, seine Leistungen auf verschiedene Gebiete zu verteilen. Sog. *verteilte Systeme* (engl. *distributed systems*) umfassen verschiedene Regionen, arbeiten mit verschiedenen Transmittern zusammen und vermitteln komplexe höhere Gehirnfunktionen.

⁵Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.): Gedächtnis. Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung. Frankfurt/M. 1991, S. 19

⁶Roth, Gerhard: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt/M. 1994, S. 80

Der spannendste Moment ist nun, daß Signale als solche keine Bedeutung haben. Ihre Bedeutung hängt von den Bedingungen ab, unter denen sie vom Empfänger aufgenommen werden. „*Es ist der Empfänger, der die Bedeutung konstituiert.*“⁷ Entsprechend heißt Wahrnehmung nicht direkte Abbildung der vorhandenen Wirklichkeit durch das Gehirn.

„Vielmehr werden die physikalisch-chemischen Umweltereignisse in den Sinnesorganen in die ‘Sprache des Gehirns’ übersetzt, d. h. in neuroelektrische Erregungszustände und ihre neurochemischen Äquivalente, die Transmitter. Wie wir soeben erfahren haben, interpretiert das Gehirn diese primär neutralen Ereignisse mit Hilfe bestimmter interner Kriterien hinsichtlich der Modalität, Qualität, Intensität, Zeitstruktur und des Ortes der Reize.“⁸

Diese Erkenntnis hat vielfache praktische Konsequenzen. Ein oft beobachtetes Phänomen, daß mehrere Menschen ein und dasselbe Ereignis ganz unterschiedlich wahrnehmen und noch unterschiedlicher interpretieren, hat hier seine Basis. Wie häufig kommt es doch vor, daß derselbe Mensch in ganz unterschiedlichem Licht erscheint. Zuerst gefällt uns sein Aussehen ganz außerordentlich, kurz darauf kommt er uns unscheinbar oder gar ausgesprochen häßlich vor. Oft nützt alles Bemühen nichts, das ursprünglich wahrgenommene Aussehen läßt sich nicht wieder wahrnehmen, allenfalls wird es noch erinnert, manchmal selbst nicht einmal das!

Das ist besonders für den Pädagogen eine bedeutsame Erkenntnis. Die spezifische Erregungsverarbeitung jedes Kindes führt zu ganz unterschiedlichen Einstellungen, z.B. im Unterricht oder bei sportlichen Aktivitäten. Jeder Lehrer mache sich das deutlich! Jede Schülerin sieht den Gegenstand des Unterrichts anders! Und möglicherweise sieht derselbe Schüler den Gegenstand am anderen Tage schon wieder ganz anders!

Zum besseren Verständnis der biologischen und chemischen Zusammenhänge lasse ich hier den Anhang aus „Roth, Gerhard: Das konstruktive Gehirn: Neurobiologische Grundlagen von Wahrnehmung und Erkenntnis. In: Siegfried J. Schmidt (Hrsg.): Kognition und Gesellschaft. Frankfurt/M. 1992“ folgen. Ich gebe den Anhang wörtlich wieder, weil ich es in dieser knappen Form nicht noch besser wiedergeben könnte.

1. Strukturelle und funktionale Elemente des Gehirns

A. Nervenzellen

Die wesentlichen Bausteine des Gehirns sind Nervenzellen (Neurone) und Gliazellen. Nervenzellen sind die Elemente der neuronalen Erregungsverarbeitung, während Gliazellen Nähr- und Stützfunktionen sowie Leitfunktionen während der Hirnentwicklung haben. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß sie auch an der Erregungsverarbeitung teilnehmen.

Nervenzellen bestehen aus einem Zellkörper (Soma) unterschiedlicher Gestalt, von dem im Normalfall zwei Typen von Fortsätzen ausgehen: (1) Dendriten; sie bestehen aus einem oder mehreren dickeren Ästen, die sich in der Umgebung der

⁷ A.a.O., S. 94 (Hervorhebung im Original)

⁸ A.a.O., S. 100f.

Zelle immer feiner verzweigen. Mit den Dendriten nehmen die Nervenzellen Erregungen von anderen Zellen auf und führen sie dem Zellkörper zu. (2) Das Axon (Neurit); dies ist ein gleichbleibend dünner Fortsatz, der vom Zellkörper oder von einem stärkeren Dendritenast abgeht und sich über kürzere oder längere Entfernungen erstreckt. Mit dem Axon sendet eine Nervenzelle ihre Erregung anderen Nervenzellen zu. Oft trägt das Axon eine Isolationshülle aus Myelin. Dies ermöglicht eine besonders schnelle Erregungsfortleitung. An seinem Ende zweigt das Axon vielfältig auf und bildet Kontakte mit anderen, oftmals hunderten oder tausenden von Nervenzellen. Viele Neurone des Wirbeltiergehirns besitzen jedoch kein Axon; bei ihnen erfolgt die Erregungsaufnahme und -abgabe über den Dendritenbaum, der mit Dendritenbäumen anderer Zellen in unmittelbarem Kontakt steht. Nervenzellen zeigen eine scheinbar unübersehbare Formvielfalt.

Trotzdem lassen sich z.B. im menschlichen Gehirn die ca. 1 Billion (10^{12}) Nervenzellen in rund 100 morphologische Typen einteilen. Fragen wir nach den verschiedenen Funktionen der Nervenzellen, so reduziert sich die Zahl unterschiedlicher Typen noch einmal stark. Es lassen sich dann folgende Unterschiede feststellen: (1) Entweder senden Nervenzellen ihre Axone zu weit entfernten Zielgebieten (Projektionsneurone), oder die Axone (falls überhaupt vorhanden) verbleiben in der näheren Umgebung der Zelle (Interneurone). (2) Nervenzellen sind entweder sensorische Neurone (mit Eingängen von den Sinnesorganen), Motorneurone (mit Axonen zu den Muskeln), zentrale Verarbeitungsneurone (Assoziations- oder Korrelationsneurone) oder neuroendokrine (hormonproduzierende oder die Hormonproduktion steuernde) Neurone. (3) Sie haben eine erregende (exzitatorische) oder eine hemmende (inhibitorische) Funktion.

B. Synapsen

Synapsen sind die Kontaktstellen zwischen den Nervenzellen bzw. zwischen Rezeptoren und Nervenzellen oder Nervenzellen und Muskelzellen. An ihnen wird die neuronale Erregung übertragen. Dies erfolgt entweder elektrisch oder chemisch. Bei den selteneren elektrischen Synapsen erfolgt die Übertragung der neuroelektrischen Erregung über direkten Kontakt der Zellwände ohne jede Verzögerung. Bei chemischen Synapsen ist kein direkter Kontakt zwischen Nervenzellen vorhanden; diese sind durch den synaptischen Spalt voneinander getrennt. Die elektrische Erregung setzt im sog. präsynaptischen Endknöpfchen eines Axons eine chemische Substanz, Transmitter, in einer der Erregung entsprechenden Menge frei; der Transmitter wird in den synaptischen Spalt ausgeschüttet und erregt oder hemmt die gegenüberliegende, subsynaptische Membran des nachgeschalteten (postsynaptischen) Neurons. Bei erregenden (exzitatorischen) Synapsen entsteht wieder eine elektrische Erregung in der nachgeschalteten Zelle, bei hemmenden (inhibitorischen) Synapsen wird die nachgeschaltete Zelle kurzfristig weniger erregbar. Synapsen finden sich zwischen Axon und Zellkörper, Axon und Dendriten, Axon und einem anderen Axon oder zwischen Dendritenästen.

C. Transmitter, Neuropeptide

Transmitter sind meist kurzfristig wirksame chemische Übertragungstoffe zwischen prä- und postsynaptischen Membranen. Die meisten sind erregend (z.B. Acetylcholin, Dopamin, Norepinephrin, Serotonin), einige sind hemmend (Gamma-Aminobuttersäure, Glycin). Manchmal können sie auch eine doppelte Funktion haben, nämlich eine schnelle erregende und eine langsame hemmende. Neuropeptide, von denen inzwischen einige Hundert bekannt sind, haben meist längerfristige, modulatorische Wirkungen. Sie können z.B. die Wirkung von Transmittern erhöhen oder verringern. An derselben Synapse können, entgegen früherer Auffassung, mehrere Transmitter und Neuropeptide gleichzeitig vorkommen. Außerdem können Transmitter und Neuropeptide auch an nichtsynaptischen Stellen des Neurons (z.B. Dendriten) ausgeschüttet werden und erzielen im Gegensatz zur streng lokalen Wirkung an den Synapsen eine eher diffuse Wirkung.

D. Aktivitätsmuster der Nervenzellen

Die elektrische Erregung von Nervenzellen äußert sich entweder in einem abgestuften, kurzreichweitigen Signal (graduiertes Potential) oder in einem langreichweitigen Alles-oder-nichts-Signal (Aktionspotential).

Aktionspotentiale werden über Axone weitergeleitet. Graduierte Potentiale finden sich meist an Dendriten und breiten sich über diese zum Nervenzellkörper hin aus. Am Ursprungsort des Axons (Axonhügel) werden dann die graduierten, amplitudenmodulierten Potentiale nach dem Prinzip der Frequenzmodulation in Aktionspotentiale umgesetzt. Diese sind in ihrer Entladungsfrequenz Ausdruck der jeweiligen Gesamterregung der Zelle.

Nervenzellen schließen sich fast immer zu funktionalen Einheiten, Nervennetzen, Kernen (Nuclei, d.h. kompakten Ansammlungen von Nervenzellen) oder Arealen zusammen. Die genannten strukturellen und funktionalen Elemente sind bestimmend für die Verarbeitung von Nervensignalen in solchen Einheiten, d.h. ein bestimmtes Erregungsmuster kann verstärkt oder vermindert werden, es kann von erregender Wirkung zu einer hemmenden Wirkung umgekehrt werden. Die Aktivität verschiedener Nervennetze kann zusammengeführt werden (Konvergenz), oder die Erregung eines Nervennetzes kann zu mehreren anderen Nervennetzen geschickt werden (Divergenz). Die Kombination der genannten strukturellen und funktionalen Elemente ergibt eine fast unendliche Fülle an gegenseitigen Beeinflussungsmöglichkeiten von Nervenzellen, Nervennetzen, Kernen und Arealen im Gehirn.

2. Grundaufbau des Wirbeltiergehirns

Das Gehirn der Wirbeltiere einschließlich des Menschen gliedert sich in fünf Teile: Verlängertes Mark (Nachhirn, Medulla oblongata), Kleinhirn (Cerebellum), Mittelhirn (Mesencephalon), Zwischenhirn (Diencephalon) und Vorderhirn (Telencephalon) (Abb. 2).

Das Nachhirn ist eine direkte Fortsetzung des Rückenmarks (Medulla spinalis); als Grenze zwischen Gehirn und Rückenmark wird das Ende des vierten Ventrikels angesehen. Das Nachhirn ist der Ort des Ein- und Austritts des fünften bis zwölften Hirnnerven.

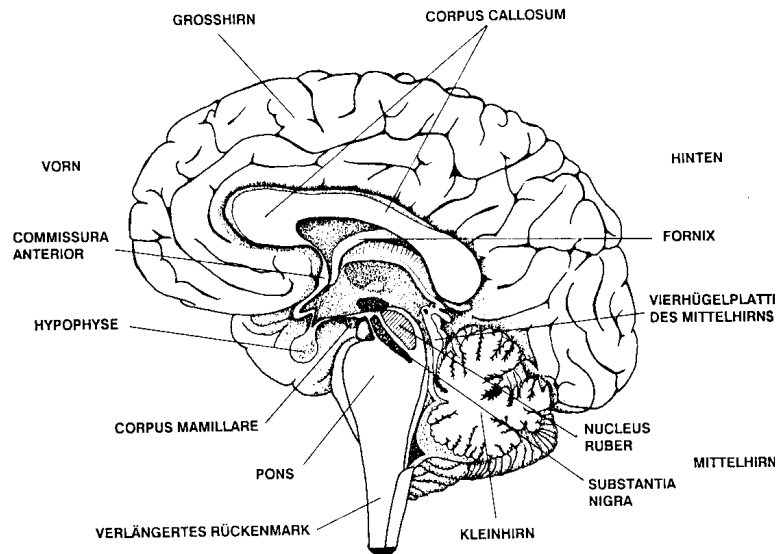


Abb. 2 : Seitenansicht (Längsschnitt) des menschlichen Gehirns. Die Abbildung zeigt die Innenseite der rechten Großhirnhälfte. Der Balken (Corpus callosum) und die übrigen Teile des Gehirns sind in der Mitte durchtrennt (aus Roth, 1992).

Es enthält die sensorischen und motorischen Kerngebiete dieser Nerven und ist damit für die primäre Sensorik und/oder motorische Kontrolle des Gesichts und der Zähne (Trigeminus und Facialis), der Hörempfindung und des Gleichgewichtssystems (Stato-Acusticus), der Zunge, des Schlundes (z.B. Kehlkopf) und des Geschmackssystems (Glossopharyngeus, Vagus, Hypoglossus) sowie der Nackenmuskulatur (Accessory) zuständig. Der Vagus-Nerv ist außerdem der stärkste parasympathische Nerv des sog. vegetativen Nervensystems und versorgt als Antagonist des sympathischen Nervensystems die inneren Organe. Die motorischen Kerne dieser Nerven werden umgeben von einem weitgefächerten Netzwerk von Nervenzellen, der *Formatio reticularis*, die eine wichtige Rolle bei der Umsetzung von verhaltensrelevanten Erregungen höherer Zentren in motorische Signale spielt. Außerdem befinden sich im Nachhirn Nervenzentren, die mit der Kontrolle lebenswichtiger Körperfunktionen wie Schlafen und Wachen, Blutkreislauf und Atmung befaßt sind.

Das Kleinhirn ist ein allgemeines motorisches Koordinationszentrum; es betreibt die Feinregulierung der Muskeln und ist ein wichtiger Ort motorischen Lernens. Es empfängt Erregungen vom Gleichgewichtssystem, den Muskelspindeln, den Hautsinnesrezeptoren, dem Auge und dem Ohr. Das Kleinhirn ist besonders gut ausgebildet bei Tieren, die sich im wesentlichen dreidimensional bewegen (Schwimmen, Fliegen, Springen). Es weist eine große Neuronendichte (im menschlichen Kleinhirn gibt es mindestens 200 Milliarden Neuronen) und einen sehr regelmäßigen Aufbau auf.

Bei Vögeln und Säugetieren befindet sich zwischen verlängertem Mark und Mittelhirn eine besondere Struktur, Brücke (Pons), die wichtige Umschaltzentren zwischen Vorderhirn und Kleinhirn im Zusammenhang mit der Bewegungssteuerung enthält.

Das Mittelhirn gliedert sich in einen oberen Teil, das Mittelhirndach (Tectum oder Vierhügelplatte) und einen unteren Teil, das Tegmentum. Das Tectum enthält wichtige visuelle und auditorische Zentren sowie somatosensorische Zentren. Bei sog. niederen Wirbeltieren (Fische, Amphibien, Reptilien) ist das Tectum das wichtigste sensorische, insbesondere visuelle und auditorische Integrationszentrum, bei höheren Wirbeltieren (Vögel, Säuger) gehen viele visuelle und auditorische Funktionen auf Vorderhirnzentren über, doch spielt das Tectum auch hier eine wichtige Rolle bei der visuellen und auditorischen Blick- und Kopforientierung. Das Tegmentum enthält Zentren, die für die Transformation sensorischer in motorischer Erregung wichtig sind.

Das Zwischenhirn gliedert sich in drei Teile: Epithalamus, Thalamus (dorsaler Thalamus und Subthalamus) und Hypothalamus. Der Epithalamus enthält die Epiphyse, ein lichtempfindliches Organ, das bei der Kontrolle des Tag-Nacht-Rhythmus eine wichtige Rolle spielt. Der dorsale Thalamus enthält eine große Zahl von Kernen, die mit visueller, auditorischer und somatosensorischer Erregungsverarbeitung zu tun haben. Der laterale und der mediale Kniehöcker sind bei Säugetieren wichtige Umschaltorte für die Seh- bzw. Hörbahn. Im Subthalamus sind wichtige Zentren der Bewegungssteuerung angesiedelt. Der Hypothalamus ist ein Zentrum zur Koordination lebenswichtiger Körperfunktionen und Verhaltensweisen wie Schlafen und

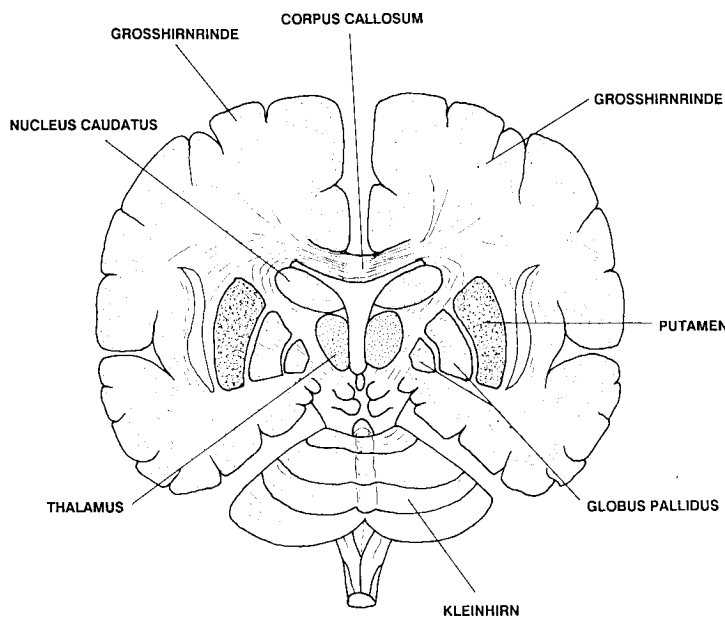


Abb. 3: Querschnitt durch das menschliche Gehirn auf der Höhe des Thalamus und der Basalkörper (aus Roth, 1992).

Wachen, Atmung, Kreislauf, Sexualität und Aggression. Er steuert über die Hirnanhangdrüse (Hypophyse) den Hormonhaushalt.

Das Vorderhirn gliedert sich in Basalkerne (Striatum) und Rinde (Cortex) (Abb. 3). Die Basalkerne bestehen bei Säugetieren und beim Menschen aus den Nucleus caudatus, dem Putamen und dem Globus pallidus, die mit Bewegungssteuerung zu tun haben. Die Vorder- bzw. Großhirnrinde besteht aus drei Anteilen: Palaeocortex, Archicortex und Neocortex. Der Palaeocortex umfaßt das Riechhirn

und den Mandelkern (Amygdala)⁹ und beinhaltet olfaktorische Erregungsverarbeitung sowie emotionale Verhaltensbeeinflussung und -steuerung (z. B. Aggression). Der Archicortex ist mit dem Hippocampus Teil des limbischen Systems. Hierzu gehören auch auf der Innenseite des Großhirns liegende neocorticale Anteile wie der Gyrus cinguli, archicorticale Anteile wie die Amygdala und Zwischenhirnanteile (Nucleus anterior thalami, Corpus mamillare). Das limbische System hat neben emotionaler Verhaltensbeeinflussung mit Speicherung und Abruf von Gedächtnisinhalten zu tun.

Der Neocortex stellt beim Menschen den größten Teil des Vorderhirns und des Gehirns insgesamt dar (Abb. 3, 4). Er setzt sich zusammen aus primären und sekundären sensorischen und motorischen Arealen sowie aus sogenannten assoziativen Gebieten, in denen die sensorischen Erregungen integriert werden. Der Neocortex ist trotz seiner großen funktionalen Vielfalt sehr gleichförmig aufgebaut. Er besteht aus sechs horizontalen Schichten, die durch das Vorhandensein unterschiedlicher Typen von Nervenzellen und Nervenzellfasern charakterisiert sind. Die drei oberen Schichten enthalten lang- und kurzreichweitige Fasern, welche die corticalen Gebiete untereinander verknüpfen. In der vierten Schicht enden die sensorischen Afferenzen vom Thalamus, während von der fünften und sechsten Schicht Fasern zu nichtcorticalen Gehirnteilen (z.B. Basalkerne, Thalamus, Rückenmark) ausgehen. In den unterschiedlichen corticalen Gebieten sind diese sechs Schichten unterschiedlich stark ausgeprägt: in sensorischen Arealen ist Schicht 4 und in motorischen Arealen Schicht 3 und 5 besonders breit. Insgesamt unterscheidet man aufgrund anatomischer Kriterien etwas über 50 verschiedene Hirnrindengebiete.

Der Neocortex des Menschen ist stark eingefaltet und gliedert sich in vier Lappen: Stirn- oder Frontallappen, Scheitel- oder Parietallappen, Schläfen- oder Temporallappen und Hinterhaupts- oder Occipitallappen (Abb. 4).

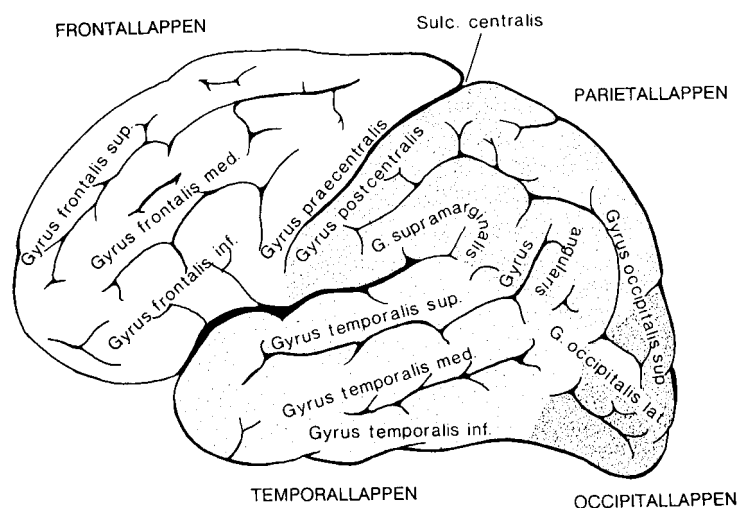


Abb. 4: Seitenansicht der menschlichen Großhirnrinde (aus Roth, 1992).

⁹ Die Amygdala ist eine kleine Region im Vorderhirn, die von den ersten Anatomen wegen ihrer Mandelform so genannt wurde.

Der Hinterhauptslappen enthält primäre und sekundäre visuelle Areale, der Schläfenlappen enthält in seinem oberen Teil die primären und sekundären auditorischen Areale und in seinem mittleren und unteren Teil assoziative Areale, die mit komplexer visueller und auditorischer Erregungsverarbeitung zu tun haben. Im mittleren Bereich des Schläfenlappens findet sich auch (meist auf der linken Seite des Gehirns) das sog. sensorische Sprachzentrum (Wernickes Zentrum), das mit Sprachverstehen zu tun hat. Der Schläfenlappen ist vom Stirnlappen durch die Zentralfurche getrennt. Unmittelbar hinter der Zentralfurche sind somatosensorische Erregungsgebiete angeordnet, die mit Haut-, Muskel- und Gelenkstellungs-, Temperatur- und Schmerzempfindungen zu tun haben. Weiter hinten liegende Gebiete des Scheitellappens sind mit komplexer Raum- und Bewegungswahrnehmung und Raumorientierung befaßt. Der vor der Zentralfurche gelegene Teil des Stirnlappens beinhaltet motorische und prämotorische Gebiete. Hier nimmt bei Säugern und beim Menschen die sog. Pyramidenbahn ihren Ausgang, die für die Feinmotorik der Gliedmaßen zuständig ist. In der Nähe der motorischen Rinde, welche das Gesicht, den Mund und die Zunge versorgt, liegt (wiederum meist auf der linken Seite) das sog. motorische Sprachzentrum (Brocas Zentrum), das den Sprachfluß reguliert. Der vordere Teil des Stirnlappens scheint mit der Integration verschiedener sensorischer Modalitäten, mit Handlungsplanung und der Konstitution von Persönlichkeitsempfindungen befaßt zu sein und steht mit dem limbischen System in enger Verbindung.

All diese primären und sekundären sensorischen und motorischen Gebiete und die assoziativen Gebiete sind nicht nur untereinander hochgradig verkoppelt, sondern stehen mit jeweils entsprechenden Gebieten im Thalamus in wechselseitiger Verbindung. Dieses letztere, viele Millionen auf- und absteigende Fasern umfassende System wird cortico-thalamisches System genannt. Über den Thalamus wie auch über direkte Verbindungen hat der Neocortex vielfältige Kontakte zu nahezu allen anderen Hirnteilen.

2.1.1.1 Das emotionale Gehirn

Es wird heute nur noch von radikalen Behavioristen bestritten, daß wir schon bei der Geburt mit einem Nervensystem ausgestattet sind, das uns zu bestimmten Verhaltensweisen disponiert. „Nervenbahnen, die schon vor der Geburt ausgebildet werden, bewirken ein Hungergefühl, wenn der Blutzuckerspiegel niedrig ist. Es ist dieses Gefühl - nicht irgendwelche rationalen Überlegungen über Zwecke -, das uns zum Essen veranlaßt.“¹⁰ Bereits Säuglinge zeigen ganz unterschiedliche Erregungsabläufe in bezug auf verschiedene Umweltreize. Das ist schon vor Jahren bei Untersuchungen, die in England durchgeführt wurden, aufgezeigt worden. So hat man beispielsweise bei Frischgeborenen bestimmte Tests durchgeführt.

„Vierzig Babys wurden an jedem ihrer drei ersten Lebenstage untersucht. Die angewandten Reize waren akustischer Art (zwei verschieden laute Töne), taktile (ein Watteballen berührte die Nasenscheidewand) und Kälte (ein Instrument aus rostfreiem Stahl wurde in Eiswasser getaucht und dann dem armen Kleinen an die Schenkelinnenseiten gehalten).“¹¹

In den von Schaffer referierten Untersuchungen mit Babys werden noch viele andere Stimulationsversuche berichtet. Aus allen Untersuchungen geht hervor:

„Verschiedene Kleinkinder reagieren auf dieselbe Erfahrung unterschiedlich. Man hat in vielen Formen von Kleinkindverhalten **Individualitätsmuster** aufgedeckt ... Individuelle Unterschiede ergeben sich schon bei fast jeder Studie über die allerjüngsten Babys ...“¹²

Schaffer berichtet weiter von einer Studie, aus der hervorgeht, daß Faktoren wie **Anschmiegsamkeit, Aktivitätsniveau und wahrnehmungsmäßige Sensibilität** schon von Anfang an sehr unterschiedlich ausgeprägt waren. Das hat auch für die mütterliche bzw. väterliche Betreuung weitreichende Konsequenzen. Die Betreuerrolle wird nämlich insofern auch von den Babys beeinflusst, so daß mütterliche/väterliche Fürsorge höchst flexibel gehandhabt werden muß, „um der Individualität des Kindes Rechnung zu tragen“.¹³

Aus derselben Forschungsgruppe stammen die Informationen über Schreiverhalten von Frischgeborenen. Judy Dunn berichtet, daß mit einem automatischen Aufzeichnungssystem festgehalten wurde, wie oft Babys ab zwei Wochen bis dreizehn Wochen schrien.

„So stellte sich heraus, daß jedes Baby ... während des zweiwöchentlichen Aufzeichnens recht unterschiedlich viel schrie, aber noch wesentlich größer waren die Unterschiede zwischen den einzelnen Babys. Als die Gesamtmenge des Schreiens aus allen Aufzeichnungen gemittelt wurde, ergab sich bei einem Baby ein Schnitt von 64 Minuten Schreien in 24 Stunden, bei einem anderen einer von nur 7 Minuten. Beträchtliche individuelle Unterschiede zeigten sich auch bezüglich der Perioden, in denen im Laufe des Tages

¹⁰Frank, Robert: Strategie der Emotionen. München 1992, S. 16

¹¹Schaffer, Rudolph: Mütterliche Fürsorge in den ersten Lebensjahren. Stuttgart 1978, S. 56

¹²A.a.O., S. 63

¹³A.a.O., S. 67

geschrien wurde: Ein Baby schrie im Mittel während 5 der 24 Stunden, ein anderes während 12 Stunden."¹⁴

Selbstverständlich kann auch bei derart frühen Untersuchungen schon gefragt werden, welche Rolle denn die Geburt und die Einstellung der Mutter vor, während und kurz nach der Geburt gespielt haben mag. Je nach theoretischer Grundposition wird es schon in diesem frühen Stadium unterschiedliche Antworten geben. Die Anhänger der Psychoanalyse werden von der totalen Zuwendung ausgehen und sagen, „daß die achtsamste Mutter, also diejenige, die auf das Kummersignal ihres Kindes flugs und angemessen reagiert, eine glückliche Beziehung zu einem Baby entwickelte, das rundum zufrieden ist und wenig schreit. Nach der Theorie des sozialen Lernens könnte das stets und sofort beachtete Baby künftighin mehr schreien, weil es sein Schreien ja immer durch Aufmerksamkeit belohnt sah".¹⁵

Aus der Sicht der Gehirnphysiologie ist für diese Gefühlsreaktionen das emotionale Gehirn verantwortlich, häufig auch *limbisches System* genannt.¹⁶ Ich möchte mich an dieser Stelle - LeDoux folgend - von dem Begriff *limbisches System* verabschieden.¹⁷ „Die Theorie des limbischen Systems war eine Theorie der Lokalisation. Sie wollte uns verraten, wo die Emotion im Gehirn angesiedelt ist.“¹⁸ Inzwischen mehren sich die Stimmen, die besagen, dass es ein so eindeutig lokalisiertes emotionales Zentrum im Gehirn nicht gibt.

Selbstverständlich gibt es Steuerzentren für emotionale Stimmungen und Gedächtnis. Sie durchziehen das gesamte Gehirn und umfassen Bereiche der Großhirnrinde, subcorticale Zentren des Endhirns (v.a. Amygdala und Hippocampus), Teile des Zwischenhirns (v.a. Hypothalamus) und des Mittelhirns (zentrales Höhlengrau, ventrales tegmentales Areal). Wenn dies wahr ist, dass also viele Bezirke des Gehirns an unseren Emotionen beteiligt sind, halte ich es für sinnvoller, den Begriff des *limbischen Systems* zugunsten des Begriffs *emotionales System* aufzugeben.

Die vom emotionalen System bereiteten Empfindungen reichen vom Relaxen über angenehmes Lustempfinden bis zu überschäumender Euphorie. Art und Ausmaß des Antriebs werden im emotionalen System festgelegt und können sich bis zu gefährlichen Aggressionsausbrüchen steigern.

Das emotionale System weist neuronale Verbindungen zu vielen anderen Teilen des Gehirns auf. So ziehen Nervenbahnen von dort beispielsweise in den Hypothalamus, einen Gehirnteil, der eng mit der Hirnanhangdrüse (Hypophyse) verbunden ist und über diese die Freisetzung von Hormonen¹⁹ steuert. Aufgrund

¹⁴Dunn, Judy: Lust und Unbehagen bei Kleinkindern, Stuttgart 1978. S. 70

¹⁵A.a.O., S. 71

¹⁶Vgl. dazu Birbaumer, N./Schmidt, R.F.: Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York 1990, S. 253ff. Zehentbauer, Josef: Körpereigene Drogen. Die ungenutzten Fähigkeiten unseres Gehirns. München/Weinheim 1992

¹⁷ Der Leser möge entschuldigen, dass dieser Abschied kein 100%er sein kann. Vor allem Texte und Grafiken aus den achtziger und neunziger Jahren, die ich gelegentlich wiedergebe, benutzen selbstverständlich noch den Begriff *limbisches System*.

¹⁸ LeDoux, Joseph E.: Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. München 1998, S. 107

¹⁹ Hormone sind körpereigene Stoffe, die meist von Drüsen (H.drüsen) mit innerer Sekretion, aber auch von Geweben (Gewebs-H.) abgegeben werden; koordinieren u. regulieren – zus. mit dem Nervensystem – die Funktionen der Einzelorgane u. des Gesamtorganismus. Beim Menschen u. beim Tier werden sie direkt ins Blut abgesondert u. mit dem Blut zu den Organen befördert;

dieser Verbindungen kann sich unsere emotionale Situation auf die Hormonspiegel im ganzen Körper niederschlagen und ihn gegebenenfalls auf Kampf oder Flucht vorbereiten; sie erklären aber auch, warum starke Gefühle wie Ärger oder Gram die physische Gesundheit beeinflussen können. Wegen ihrer engen Verknüpfung mit der Großhirnrinde sind diese Strukturen für die „emotionale Tönung“ verantwortlich, die unsere Denkprozesse begleitet. Wenn uns beispielsweise eine Idee erregt, schlagen unsere Herzen schneller, unsere Mägen regen sich, und wir empfinden eine freudige Stimmung - alles Effekte, an denen das limbische System beteiligt ist. Von seinen verschiedenen Strukturen hat sich die Amygdala am überzeugendsten mit der Erzeugung emotionaler Verhaltensweisen und der Regulation des Hypothalamus und damit auch der Hirnanhangdrüse in Verbindung bringen lassen. Eine auffällige Nervenbahn, deren Zellkörper in Kernen der Amygdala liegen, entsendet Axone durch ein als Stria terminalis bekanntes Nervenbündel in den Hypothalamus.

Die Neuronen des Locus coeruleus besitzen *Noradrenalin* als Neurotransmitter²⁰, und *Noradrenalin* ist bekanntlich an der Regulation von Gemütszuständen beteiligt.

Verschiedene Strukturen des emotionalen Systems wiesen insgesamt höhere Dichten an Opiatrezeptoren auf als irgendeine andere Hirnregion. Besonders auffällig war die sehr dichte Ansammlung von Opiatrezeptoren in der Amygdala und im Hypothalamus. Eine extrem hohe Konzentration kennzeichnete den Locus coeruleus aus. All diese Regionen hoben sich stark von dem umgebenden Hirnstammbereich ab, der weitaus weniger Rezeptoren aufwies.

Hormone sind lebenswichtige Wirkstoffe und regeln in enger und permanenter Zusammenarbeit mit dem Nervensystem entscheidende Funktionen unseres Körpers wie Stoffwechsel, Wachstum, Sexualität. Früher wurden die Neurotransmitter (siehe unten) und die Hormone zwei unterschiedlichen Funktionsbereichen zugeteilt; heute neigen viele Neurowissenschaftler dazu, alle Botenstoffe - ob Neurotransmitter, Neurohormone oder Hormone – als ein einziges, eng miteinander verbundenes System zu betrachten.

²⁰ *Neurotransmitter* sind die Botenstoffe, auf denen unsere Nerventätigkeit beruht. Man kann sie auch als Substanzen mit Hormoneigenschaften bezeichnen, die auf chem. Wege die Erregung bzw. Information von einer Nervenzelle auf eine andere oder auf das Erfolgsorgan übertragen (u.a. Acetylcholin, Adrenalin, Noradrenalin).

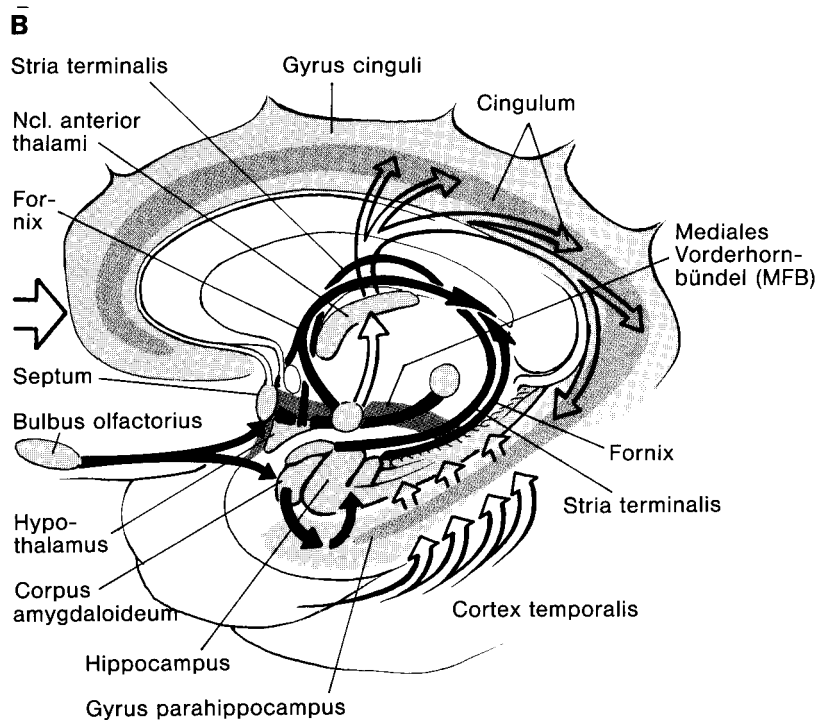
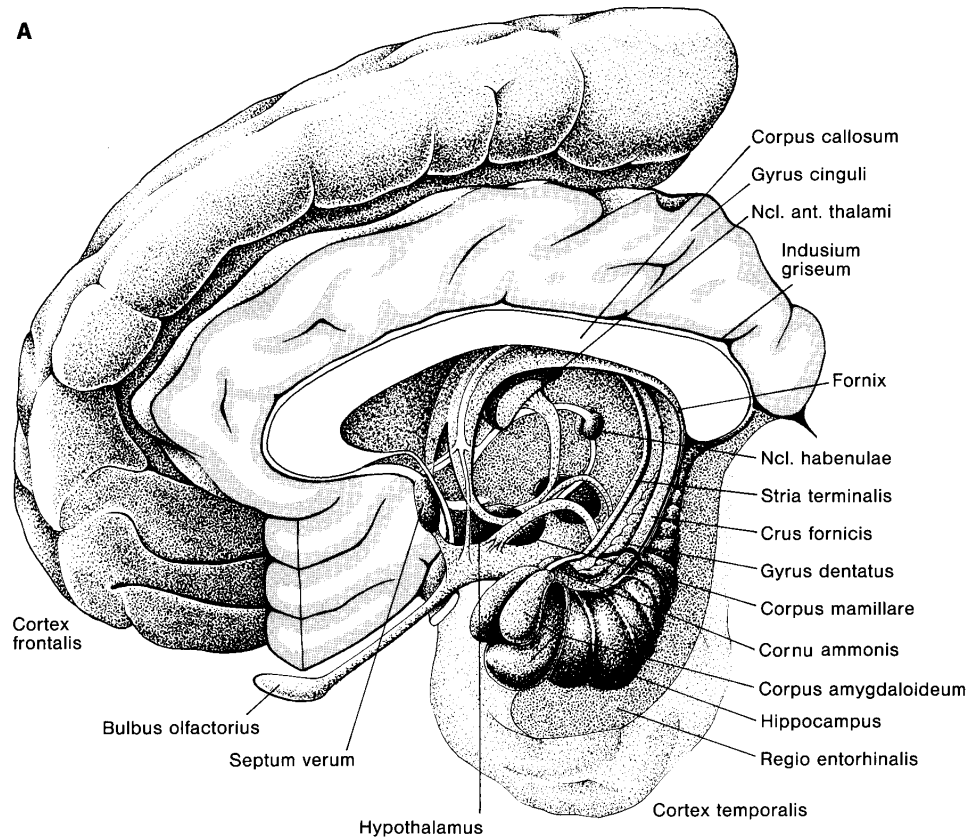


Abb. 5: Kerne (A) und Verbindungen (B) des limbischen Systems (Ausführungen s. Text). Unterer Teil der Abbildung aus Jänig, W.: Vegetatives Nervensystem. In: R.F. Schmidt, G. Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 23. Auflage. Berlin/ Heidelberg/New York/Tokyo. 1987).

Was nach dem heutigen Stand unserer Erkenntnis zum emotionalen System gerechnet wird, sehen wir in den in Abb. 5 wiedergegebenen Abschnitten. „Teile des Hypothalamus sind so eng mit dem limbischen System verbunden, daß sie dem ‘System’ zugeordnet werden müssen. Mit dem Neocortex bestehen extensive

Verbindungen, vor allem zum präfrontalen und Temporalpol, so daß man beide auch oft als Teile des emotionalen Systems betrachtet. Über den Temporallappen laufen die meisten indirekten Verbindungen zum Neocortex, was z.T. die Auswirkungen temporaler Läsionen auf Gedächtnisfunktionen verständlich macht. Emotionale Strukturen sind an der Steuerung aller Verhaltens- und Denkprozesse beteiligt, emotionale Vorgänge sind dabei nur ein Teil der vielfältigen Aufgaben dieser Kerne und ihrer Verbindungen.“²¹

Auch die angstlösenden chemischen Tranquilizer (Valium u.a.) wirken vor allem auf Rezeptoren²² im emotionalen System. Diese Rezeptoren dienen normalerweise den hirneigenen valiumähnlichen Substanzen, um übermäßige Angstzustände und panisches Verhalten unter Kontrolle zu bringen.

Jeder Gedanke und jedes Gefühl wird von einer spezifischen Kombination unterschiedlicher Neurotransmitter getragen. Die wichtigsten der bekannten Botenstoffe im menschlichen Körper sind für ganz bestimmte Gefühls- und Geisteszustände verantwortlich: *Serotonin* wirkt emotional beruhigend, etwas bewußtseinsdämpfend und schlaffördernd; *Dopamin* regt emotional und sexuell an, fördert Wachheit, Phantasie und Kreativität; *Acetylcholin* ermöglicht Gedächtnis und intellektuelle Einsichten, schärft die Wahrnehmung und ist der Neurotransmitter unseres Denkens; *Noradrenalin* macht wach, bewußtseinsklar, fördert Alarmbereitschaft, aber auch aggressives Ausagieren; *GABA*²³ wirkt beruhigend und entspannend.

Die rhythmisch-ansteigende Konzentration von *Adrenalin* und *Noradrenalin* führt zu einem Aktivitätsimpuls, der vom betroffenen Lebewesen ausgelebt, 'verbraucht' werden muß: So wird beispielsweise eine Katze, die in einer Wohnung eingesperrt ist, auch in fortgeschrittenem Alter Wollknäuel jagen und als Beute herumtragen, als hätte sie einen Vogel oder eine Maus erlegt. Durch stereotyp sich wiederholende, sinnlos scheinende Aktionen wird das drängende Übergewicht der aktivitätsschürenden Adrenalin- und Noradrenalinmoleküle schließlich abgebaut, und nach einer Weile entsteht wieder ruhige Ausgeglichenheit. Ähnliche auf Ausagieren drängende Aktivitätsschübe erfährt auch der Mensch.

Wird über längere Zeit diesem Urinstinkt nach Abbau der aktivitätsfördernden körpereigenen Drogen nicht nachgegeben, dann kann dieses Ungleichgewicht zu psychischen oder psychisch-körperlichen (psychosomatischen) Störungen oder Krankheiten führen. Schlimmer noch ist es, wenn man regelmäßig unangenehm empfundenem Stress ausgesetzt ist: Der Körper wird mit dem aktivitätssteigernden wach (und aggressiv) machenden Noradrenalin überschwemmt, aber die permanenten Aktivitätsschübe werden körperlich nicht ausgelebt. Verständlich, daß viele Stressgeplagte unter hohem Blutdruck, Herzrasen, Schweißausbrüchen, Schlafstörungen, innerer Unruhe, Aggressivitätsausbrüchen oder Angstzuständen leiden. All diese Störungen sind im wesentlichen durch *Noradrenalin* bedingt. Einige Menschen versuchen durch abendlichen Sport den tagsüber künstlich überhöhten Noradrenalin-Spiegel abzubauen, die meisten jedoch dämpfen die innere Noradrenalin-Erregtheit durch

²¹Birbaumer, N./Schmidt, R.F. : Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York 1990, S. 253f.

²²Rezeptoren sind Organe, die zur Aufnahme von Reizen dienen.

²³ Gamma-Amino-Buttersäure.

chemische Beruhigungspillen oder durch Alkohol. Psychische Stressbelastungen erhöhen auch die *Cortisol*-Produktion in unserem Körper. Ein Zuviel an *Cortisol* vermindert aber unsere Infektabwehr; so wird erklärlich, daß Stressgeplagte besonders häufig unter grippalen Infekten leiden und auch für andere virale oder bakterielle Infekte überdurchschnittlich anfällig sind.

Mit einem Überschuß an *Testosteron*²⁴ oder anderen männlichen Sexualhormonen läßt sich eine body-building-ähnliche muskulöse Statur erreichen (bekannt geworden ist dies durch das Doping von Sportlern mit Hilfe von testosteronähnlichen sog. *Anabolika*). Die männlichen Sexualhormone fördern auch die Aggressivität; dies trägt sicherlich zu dem grundsätzlichen Charakterunterschied zwischen Mann und Frau bei.

Wenn hier von Botenstoffen als Träger menschlicher Verhaltensweisen die Rede ist, dann werden 'durchschnittliche' Konzentrationen zugrunde gelegt. In sehr hoher oder sehr niedriger Konzentration kann ein und derselbe Botenstoff unterschiedliches Verhalten auslösen: So fördert beispielsweise das Neurohormon *Oxytocin* (das jahrzehntelang nur als wehenauslösender Stoff galt) in üblicher Konzentration das Sozialverhalten, wirkt aber in höherer Konzentration sexuell stark stimulierend; geht die Konzentration von *Oxytocin* an die Nullgrenze, dann kann es für die Umgebung gefährlich werden: Nicht nur Gleichgültigkeit, sondern auch Aggression und Zerstörungswut können die Folge sein. Mit übermäßig hoher oder erheblich reduzierter Konzentration einzelner Transmitter werden zahlreiche Beschwerden und Störungen (wie Antriebslosigkeit, Schlaflosigkeit, Konzentrations- und Gedächtnisschwäche) bzw. Krankheiten in Verbindung gebracht.

Natürlich beeinflussen nicht nur *Pheromone*²⁵, sondern auch verschiedene andere Luftpartikelchen, Pollen, Staubteilchen, Duftmoleküle das komplexe Spiel der menschlichen Botenstoffe. In zunehmendem Maße bringen auch Umweltgifte auf molekularer Ebene unser Transmittersystem in Unordnung; die Folgen sind hochgradige psychische und psychosomatische Beschwerden wie Depressionen, Angst- oder Aggressionszustände, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen, Persönlichkeitsveränderungen und Verhaltensstörungen.

Die pharmakologischen Tests an Tieren zeigen, welche antiaggressiven, fügig und gleichgültig machenden Potenzen in den *Benzodiazepinen*²⁶ stecken. Werden die Tiere entsprechend hoch dosiert ruhiggestellt, schwindet ihre Aggression, und sie lassen die Elektroschläge über sich ergehen. Wie sehr *Benzodiazepine* die individuellen charakteristischen Besonderheiten eines Tieres oder Menschen zum Abflachen bringen können, zeigt folgende Schilderung von L. Sternbach, dem Erfinder des Tranquilizers Librium (eines Vorläufers des Valiums): „Da unser 'Medical Director' gute Verbindungen zum Zoo in San Diego in Kalifornien hatte, wurde die Droge auch dort an wilden Tieren geprüft. Dabei erwies sich ebenfalls die außerordentliche Aktivität der Substanz: Ein sonst sehr aggressiver

²⁴Typisch männliches Hormon, sorgt für kräftigen Körperbau, ist sexuell erregend; in hoher Konzentration fördert es die Aggressivität.

²⁵Fliegende Moleküle, also z.B. Duftstoffe.

²⁶Damit bezeichnet man Tranquilizer wie Valium u.ä. Beruhigungsmittel.

bengalischer Tiger, der erst kurze Zeit im Zoo war, wurde so gezähmt, daß er ganz unbehelligt berührt werden konnte. Dabei wurde ihm auch eine Blume ins Maul gesteckt, und das wurde fotografiert.“

Diese Tierversuche sind indirekt auf den Menschen mit seinen körpereigenen *Tranquilizern* übertragbar: Ist ein Mensch anhaltend einer äußerst widrigen, quälenden Situation ausgesetzt (z. B. ständigem negativen Stress am Arbeitsplatz mit Dauerkontrolle und Erniedrigung oder familiärem Terror), dann ist Überleben nur möglich, indem der Körper mit maximalen Mengen der körpereigenen vernebelnd-beruhigenden AntiStress-drogen, dem *Endovalium* (und zusätzlich mit *Endorphinen*²⁷), das Gehirn betäubt. Resultat ist eine durch körpereigene Drogen induzierte unterwürfig-freundliche Gleichgültigkeit, eine heitere, fast schon alberne Gelassenheit. Sogar körpereigene Drogen können also die Persönlichkeit abflachen, wenn sie widernatürlich, durch extrem belastende Umstände langfristig in maximalen Konzentrationen das Gehirn überschwemmen. Aber zum Ausgleich alltäglicher Belastungen ist das körpereigene Tranquilizersystem eine segensreiche Einrichtung, und es hilft uns, wenn wir psychisch entspannen, innere Harmonie und Wohlbefinden spüren, in einen meditativen Zustand oder in Trance versinken.

Ich will an dieser Stelle einen ersten zusammenfassenden Überblick über einige der wichtigsten bekannten Hormone geben. Ich werde weiter unten auf die spezifische Rolle einiger Hormone näher eingehen.

²⁷Endorphine und Enkephaline zählen zu den körpereigenen Opiaten, die eine beruhigende Wirkung haben. Siehe auch unten, S. 125.

Tabelle 1: Die zehn 'Basis-Emotionen' (Stimmungen) und die Botenstoffe (Neurotransmitter und Hormone)²⁸

| | |
|------------------|---|
| Aggressivität | Adrenalin , Noradrenalin, Dopamin, Schilddrüsenhormone, STH ²⁹ , männliche Sexualhormone, Histamine, Serotonin ³⁰ |
| Angst | Melatonin , GABA, Serotonin, Acetylcholin, Kinine; auch eine überhöhte Ausschüttung von Noradrenalin kann Angst erzeugen |
| Freude | Dopamin , Noradrenalin, Endorphine, Acetylcholin, Oxytocin, weibliche Sexualhormone |
| Hass | erhöhtes Adrenalin , vermindertes Oxytocin |
| Lernbereitschaft | Noradrenalin , Schilddrüsenhormone, STH, Acetylcholin |
| Mitleid | Endovalium , Endorphine, GABA |
| Sehnsucht | Serotonin , Endovalium, Endorphine, körpereigene Psychedelika |
| Trauer | Melatonin , Serotonin, GABA |
| Triebhaftigkeit | Oxytocin , Dopamin, Noradrenalin |
| Verträumtheit | Endorphine , Endovalium, Serotonin, körpereigene Psychedelika |

Was nun für den Pädagogen besonders interessant ist am *emotionalen System*, das ist die Tatsache, daß es eine **Eigendynamik** entwickelt. **Es läßt sich heute gut**

²⁸Die jeweils zuerst genannten Botenstoffe sind besonders tragend.

²⁹Somatotropes Hormon (Wachstumshormon).

³⁰Ergänzung aus Spiegel, 3/94, S. 78ff: „Serotonin, ein hochrangiger Tonangeber, der die Stimmungen moduliert und ein allgemeines Wohlbefinden erzeugt, steht in dringendem Verdacht, auch die Bereitschaft zu impulsiver Gewalt zu beeinflussen: nämlich dann, wenn es an dieser Substanz mangelt. So wiesen Menschen mit aggressiver Persönlichkeit und auch Mörder einen abnorm niedrigen Umsatz von Serotonin in der Gehirnflüssigkeit auf. Diese Erkenntnis führte zu einer neuen Generation antiaggressiver Medikamente, den 'Serenica', mit denen gegenwärtig in der Psychiatrie experimentiert wird.

Doch bei der Steuerung der Aggression wirken noch viele andere Gemütsmoleküle mit. Am Münchner Max-Planck-Institut für Psychiatrie ist gerade eine Gruppe von hirneigenen Steroiden entdeckt worden, von denen die eine Variante Aggressionen beruhigt, wie Valium, während die entgegengesetzte Panikreaktionen freisetzt.

Ein Stressregulator namens Gamma-Aminobuttersäure (Gaba) streicht als großer Steuermann das weite Feld zwischen Angst und Gelassenheit ab. Alkohol greift fatal in das Gaba-System ein: So suchen Forscher nach Blockern für die enthemmende Wirkung der etablierten Gesellschaftsdroge, unter deren Einfluß mindestens jede dritte Gewalttat geschieht.“

belegen, daß der Charakter eines Menschen überwiegend von der Funktion seines *emotionalen Systems* abhängt. Wenn ich hier oder im folgenden von Charakterzügen oder Temperamenten im Sinne Eysencks spreche, die von Mensch zu Mensch verschieden sind, dann will ich damit nicht die offenkundige Bedeutung des Milieus bestreiten.

„Es wäre falsch zu behaupten, alle wichtigen Verhaltensunterschiede ließen sich auf Charakterzüge zurückführen. Es wäre aber vielleicht ein noch größerer Fehler anzunehmen, daß Verhalten *allein* vom Kontext abhängt.“³¹ Wie oben ausgeführt, wird heute in der Regel das Wechselwirkungsmodell als Erklärungsgrundlage bevorzugt. Das macht es uns als Pädagogen nun nicht leichter. Welche der beiden Wirkungen – hier Anlage, da Umwelt – hat denn nun zu dieser vorgefundenen Verhaltensweise geführt? Welcher Umwelteinfluß hätte vermieden werden müssen, damit diese spezifische Störung nicht aufgetreten wäre? Oder wäre sie auf jeden Fall eingetroffen, auch wenn man sich noch so bemüht hätte, günstige Umstände zu schaffen? Fragen über Fragen, die nur schwer zu beantworten sein werden.

³¹ Frank, Robert: Strategie der Emotionen. München 1992, S. 23

Zusammenfassung: Alle Menschen sind von Geburt an mit einem Nervensystem ausgestattet, das sie zu bestimmten Verhaltensweisen disponiert. Faktoren wie **Anschmiegsamkeit, Aktivitätsniveau und wahrnehmungsmäßige Sensibilität** sind schon von Geburt an sehr unterschiedlich ausgeprägt. Für diese unterschiedlichen gefühlsmäßigen Ausprägungen ist das sog. *emotionale System* verantwortlich. Es ist das Steuerzentrum für emotionale Stimmungen und liegt im Randgebiet zwischen dem Zwischenhirn und dem Großhirn. Die vom emotionalen System bereiteten Empfindungen reichen vom Relaxen über angenehmes Lustempfinden bis zu überschäumender Euphorie.

Das emotionale System weist neuronale Verbindungen zu vielen anderen Teilen des Gehirns auf. Damit wird erklärt, warum starke Gefühle wie Ärger oder Gram die physische Gesundheit beeinflussen können.

Jeder Gedanke und jedes Gefühl wird von einer spezifischen Kombination unterschiedlicher Botenstoffe getragen. Mit übermäßig hoher oder erheblich reduzierter Konzentration einzelner Botenstoffe werden zahlreiche Beschwerden und Störungen (wie Antriebslosigkeit, Schlaflosigkeit, Konzentrations- und Gedächtnisschwäche) bzw. Krankheiten in Verbindung gebracht.

2.1.1.2 Die Legende von den drei Hirnen im Kopf

Eine der ältesten Legenden über die Funktionsweise unseres Gehirns ist die Legende von den „drei Hirnen im Kopf“.³² In einem 1993 erschienenen Buch vertritt der in den Niederlanden populäre Psychologe Vroon die These, daß es drei voneinander getrennte Systeme im Gehirn gäbe.

„Diese drei Systeme sind jedoch für unterschiedlich geartete Verhaltensweisen und Prozesse verantwortlich, welche jeweils spezifischen Gesetzen gehorchen, zum Teil eigenen Interessen nachstreben, ihr eigenes Gedächtnis haben und nur mäßig miteinander zusammenarbeiten. Was wir bestreiten, ist die Auffassung, der Mensch (und sein Gehirn) bildeten ein zusammenhängendes, integriertes Ganzes. Scherzhaft ausgedrückt ist eine 'Einheit im Unsinn' eine gute Metapher zur Charakterisierung des Menschen.“³³

Vroon versucht recht anschaulich darzustellen, wie dieses Modell der Dreiheit aufgebaut ist.

„Zusammengefaßt ist der Kern unseres Modells folgender: Das Nervensystem des Menschen kann als eine 'Aufeinanderstapelung' dreier Systeme gesehen werden, wie sie bei Reptilien, bei Säugetieren und bei uns Menschen vorkommen. Anders gesagt: Unser Gehirn bildet keine Einheit. In unserem Kopf hat nicht ein Präsident seinen Sitz, sondern ein Parlament, dessen Vertreter die unterschiedlichsten Interessen verfolgen. Das Gehirn besteht aus:

unterschiedlichen Systemen von unterschiedlichem Alter, die unterschiedliche Interessen verfolgen, unterschiedlichen Gesetzen gehorchen und die nicht gut miteinander zusammenarbeiten.

Diese mäßige Zusammenarbeit darf gewiß nicht als 'Konstruktionsfehler' abgetan werden. Vernünftiger ist es, von einer Aufgabenteilung zu sprechen. Aus der Informatik ist bekannt, daß connectionistische, das heißt schön zusammenhängende Programme viel langsamer arbeiten und viel sensibler gegenüber Beschädigungen sind als modular organisierte Programme. Aufgabenverteilung ist praktisch: Sie fördert die Schnelligkeit und Stabilität des Systems insgesamt. Die gleiche Erfahrung hat man mit Robotern gemacht. Ein Roboter ist viel zu träge, wenn bei jeder Bewegung das gesamte Programm angesprochen wird, und außerdem legt dann schon die kleinste Beschädigung des Programms den ganzen Roboter lahm.“³⁴ Soweit die Zusammenfassung der Gedankengänge von Vroon.

Das hört sich ganz plausibel an, muß deshalb aber nicht die Wirklichkeit des Gehirns treffen; denn Vroon führt keinerlei Beweise für seine Annahmen an. Was macht die Popularität dieses Modells aus?

Der Bremer Gehirnforscher Gerhard Roth hat dieses Dreifaltigkeits-Dogma einer scharfen Kritik unterzogen. Diese Vorstellung von der „Dreifaltigkeit“ des Gehirns, die auf den amerikanischen Neurologen Paul MacLean zurückgeht,

³² So lautet der Titel eines vor kurzem erschienenen Buches des Holländers Piet Vroon. Vroon, Piet: Drei Hirne im Kopf – Warum wir nicht können, wie wir wollen. Zürich 1993

³³ Ebenda, S. 202

³⁴ A.a.O., S. 203

geistert durch populärwissenschaftliche Sachbücher ebenso wie durch neuropsychologische Fachliteratur. Der Mensch, so behauptet MacLean, besitze im Grunde nicht ein, sondern drei Gehirne. Die hätten sich im Laufe der Stammesgeschichte nacheinander entwickelt und führten nun – im Schädel säuberlich übereinandergeschichtet – jeweils ihr Eigenleben:

- ein primitives *Reptiliengehirn*, das im Hirnstamm residiert und über Instinkte und Reflexe herrscht;

- ein *Pferdehirn*, welches das limbische System umfaßt, ein unterhalb der Großhirnrinde angesiedeltes Geflecht von Strukturen. Dieses „Teilhirn“ soll für Gefühle und Triebe zuständig sein und mit seinen nur mühsam beherrschbaren Impulsen ein übers andere Mal der „höchsten“ der drei Instanzen ins Handwerk pfuschen, nämlich dem

- *Primatengehirn*, dem Neocortex, der laut MacLean für „Lesen, Schreiben und Logik“ zuständig ist, die geballte Ratio mithin, die angeblich den Menschen ausmacht.

Da diese drei Gehirne im wesentlichen ihr Eigenleben führen, so behaupten MacLean und seine Nachbeter wie Vroon, falle es uns so schwer, unsere Affekte rational zu steuern. „Wir als rational-kortikale Wesen“, spottet Roth, „sind Reiter ohne Sattel und Zügel auf dem wilden Pferd des limbischen Systems“.

Dieses Konzept aber sei **falsch** und entspringe einem „ratiozentrischen und emotionsfeindlichen Weltbild“, das seine Ursprünge im vergangenen Jahrhundert habe, kritisiert der Bremer Hirnforscher.

Vor allem zwei Argumente hält Roth der Dreifaltigkeits-Gemeinde entgegen: Erstens seien alle wesentlichen Teile des Wirbeltiergehirns in der Evolution nicht nacheinander, sondern gleichzeitig entstanden. Alle Wirbeltiergehirne bestehen aus fünf Teilen: verlängertem Mark, Nachhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn und Vorderhirn. Zwar haben diese Teile sich von Art zu Art sehr unterschiedlich entwickelt – beim Menschen, aber auch bei Walen und Vögeln schwoll zum Beispiel die Großhirnrinde (Neocortex), ein Teil des Vorderhirns, zu beachtlicher Größe an. Dennoch: Auch Lungenfische, Frösche und Molche haben einen – wenn auch sehr kleinen – Neocortex. Es ist also falsch, beim Neocortex von einer „stammesgeschichtlich neuen“ und beim Stammhirn von einer „primitiven“ oder „ursprünglichen“ Region zu sprechen.

Roths entscheidendes Argument aber ist: Hirnstamm, emotionales System und Neocortex sind alles andere als autonome Regionen, sondern „anatomisch und funktional aufs engste miteinander verbunden“, wie neuere Untersuchungen zeigten. Zwischen Neocortex und emotionalem System zum Beispiel gibt es „massive auf- und absteigende Verbindungen“. Menschliches Verhalten wird laut Roth keineswegs bloß von der Großhirnrinde gesteuert (und auch nicht zeitweise vom Reptil- oder Gefühlshirn), sondern von mehreren großen Systemen, die das ganze Gehirn durchziehen.

Eines dieser Systeme ist das emotionale System, das laut Roth aber nicht „selbstgefällig vor sich hin gefühlsduzelt“, sondern im Gesamtsystem Gehirn eine wichtige Aufgabe erfüllt und dabei sehr eng mit anderen Hirnregionen zusammenarbeitet. Besonders eng ist die Verbindung mit jenem hinter der Stirn gelegenen Bereich der Großhirnrinde, der für die Handlungsplanung zuständig ist: Denken und Fühlen sind miteinander dicht verwoben.

Roth und andere Hirnforscher sehen im emotionalen System eine Art Wertungsrichter: „Dieses System bewertet alles, was von den Sinnesorganen und dem Gehirn wahrgenommen wird, insbesondere die Konsequenzen des vom Gehirn erzeugten Verhaltens“. Das ist zuweilen überlebenswichtig, denn falsches Handeln – etwa die Hand ins Feuer halten oder von einer Klippe springen – kann zu unangenehmen Konsequenzen führen.

Um solche Fehlschläge zu vermeiden, plädiert das emotionale System im zerebralen Parlament für Verhalten, das Lust bereitet und Unlust vermeidet – vom Stillen von Hunger über das Erreichen eines gesetzten Ziels „bis hin zu sehr verfeinerten Kunstempfindungen oder Erkenntnisfortschritten“ (Roth). Das emotionale System entscheidet auch, ob die Folgen eines Verhaltens erwünscht und befriedigend sind. „Diese Bewertung erleben wir als Gefühle“, so Roth, „Gefühle sind der bewußte Anteil der Aktivität des emotionalen Systems.“

Bei dieser Bewertungsarbeit steht die emotionale Abteilung des Gehirns in sehr engem Dienstkontakt mit einer anderen wichtigen Instanz: dem Gedächtnissystem, das im Hippocampus und Teilen der Großhirnrinde untergebracht ist. Diese Verbindung von Gefühlen und Gedächtnis ist uns allen vertraut: An Ereignisse, die mit starken Gefühlen verbunden sind, erinnern wir uns leicht. „Was uns aber gefühlsmäßig kalt läßt, zum Beispiel das Lernen von

lateinischen Vokabeln oder Geschichtszahlen, lernen und behalten wir nur mühsam", bedauert Roth.

Das Gedächtnis- und Gefühlssystem sind wiederum stark mit der Großhirnrinde „rückgekoppelt“. Nur so ist gewährleistet, daß die Welt „Sinn“ für uns ergibt, denn die Rohdaten von den Sinnesorganen liefern dem Gehirn noch kein fertiges und „sinnvolles“ Weltbild. Das Gehirn muß diese Daten interpretieren und sich in jedem Augenblick sozusagen seinen Reim auf die Welt machen. Dabei bedient es sich unter anderem permanent seiner Gedächtnis- und Bewertungsabteilung und meldet seine Analysen dorthin zurück, was wiederum die Bewertung neuer Sinnesdaten beeinflusst und so fort. Sind diese Rückkopplungsschleifen gestört, kommt es zu bizarren „Fehl“-Interpretationen der Welt – möglicherweise geschieht genau dies während einer schizophrenen Psychose.

Die Einheit von Fühlen und Denken hat der Schweizer Psychiater Luc Ciompi – der herrschenden Dreifaltigkeitslehre zum Trotz - übrigens schon 1982 in seinem Buch *Affektlogik* beschrieben. „Es gibt nicht ein reines Denken oder ein reines Fühlen“, sagte Ciompi kürzlich am Rande des Düsseldorfer „Neuworlds“-Kongresses, „Wahrnehmungen, Vorstellungen, Gedanken müssen zusammen gesehen werden, wenn wir verstehen wollen, was im Menschen vorgeht.“³⁵

Als Ergänzung zum vorigen Kapitel sei hinzugefügt, dass Ledoux ähnlich wie Roth verfährt. Während Roth Paul MacLeans Dogma der Dreifaltigkeit zurückweist, sah sich Ledoux aufgrund der neueren Forschungsergebnisse gezwungen, MacLeans Theorie des Limbischen Systems zu verwerfen.

Fast ebenso viele Legenden ranken sich um das Phänomen der *Asymmetrie* der linken und rechten Hirnhälfte.³⁶ Ich kann an dieser Stelle nicht auf das gesamte Spektrum der Diskussion dieses Phänomens eingehen. Ich will allerdings erwähnen, daß die Thematik widersprüchlich diskutiert wird und mit Vorsicht zu betrachten ist. Roth führt dazu aus:

„Die Großhirnrinde des Menschen weist im Zusammenhang mit bestimmten Leistungen eine *Asymmetrie* der linken und rechten Hirnhälfte (Hemisphäre) auf. So sind bei den meisten Menschen (auch bei vielen Linkshändern!) das motorische oder Brocasche Sprachzentrum und das semantische oder Wernickesche Sprachzentrum in der linken Hirnhälfte angesiedelt, während die rechte Hirnhälfte ein einfaches Sprachverständnis, jedoch kein Sprechvermögen hat. Der linken Hirnhälfte wird oft ein eher ‘analytisch-begriffliches’, der rechten Hirnhälfte dagegen ein eher ‘synthetisch-anschauliches’ Vermögen zugeschrieben. Solche Zuweisungen sind aber mit großer Skepsis zu betrachten, denn die linke und die rechte Hirnhälfte sind durch den Balken (Corpus callosum) mit seinen vielen Millionen Fasern aufs engste miteinander verbunden und können nicht voneinander unabhängig arbeiten. Dies ist nur bei jenen Patienten der Fall, den sogenannten split brain-Patienten, bei denen wegen einer Hirnerkrankung der Balken durchtrennt wurde.“³⁷

³⁵ Vgl. Psychologie heute 5/1994, S. 54f. Siehe auch Roth, Gerhard: Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt/M. 1994, S. 183ff.

³⁶ Sieh dazu Degen: Lexikon der Psycho-Irrtümer, S. 319ff., der die gängigen Mythen zusammengestellt hat.

³⁷ A.a.O., S. 51

Zusammenfassung: Immer noch geistert die Legende durch die Literatur, daß sich in unserem Kopf drei Teilgehirne befänden:

ein *Reptiliengehirn*, ein *Pferdegehirn* und ein *Primatengehirn*. Nach Ansicht der Hirnforscher ist dieses Konzept unhaltbar. Wahr ist, daß alle Wirbeltiergehirne aus fünf Teilen bestehen: *verlängertem Mark*, *Nachhirn*, *Mittelhirn*, *Zwischenhirn* und *Vorderhirn*.

Nachweisbar ist auch, daß menschliches Verhalten keineswegs bloß von der Großhirnrinde gesteuert wird (und auch nicht zeitweise vom Reptil- oder Gefühlshirn), sondern von mehreren großen Systemen, die das ganze Gehirn durchziehen.

Wahr ist auch – und das macht die Analyse so schwer – , daß alle Teile des Gehirns aufs engste miteinander zusammenarbeiten.

2.1.1.3 Die Bedeutung des Gedächtnisses

»You have to begin to lose your memory, if only in bits and pieces, to realize that memory is what makes our lives. Life without memory is no life at all. ... Our memory is our coherence, our reason, our feeling, even our action. Without it, we are nothing ...«

Luis Buñuel

Das Gedächtnis ist unser wichtigstes Sinnesorgan. Von der Alzheimer-Krankheit, die mit Gedächtnisverlust einhergeht, wissen wir, daß mit dem Verlust des Gedächtnisses schließlich ein vollkommener Persönlichkeitsverlust verbunden ist. Davon sind bekanntlich in erster Linie ältere Menschen betroffen. In manchen Fällen rührt ein im Alter auftretender Gedächtnisverlust von Blutgerinnseln oder Blutungen in den Hirngefäßen her; häufiger ist jedoch die Alzheimer-Krankheit für die senile Demenz – den irreversiblen Abbau intellektueller Fähigkeiten im hohen Alter (Altersschwachsinn) – verantwortlich. „Die ersten Alzheimer-Symptome äußern sich in der Schwierigkeit, Neues zu erlernen. Später kommt eine ganz allgemeine Zerstörung der Gedächtnis- und Körperfunktionen hinzu. Der fortschreitende Verfall aller geistigen und körperlichen Fähigkeiten endet nach fünf bis zehn Jahren mit dem Tod.“³⁸

Es läßt sich demnach zu Recht behaupten, daß das Gedächtnis uns als Menschen konstituiert.

Der berühmte russische Neurologe Lurija beginnt seine Ausführungen über das Gedächtnis mit folgenden Worten:

„Jahrzehntelang war das Studium der zerebralen Organisation des Gedächtnisses ein kaum erforschtes Gebiet der Psychophysiologie. Heute dagegen ist das Interesse daran merklich intensiviert. Trotzdem bleibt die zerebrale Organisation komplexer Erinnerungstätigkeiten nach wie vor ein neues und weitgehend unerschlossenes Kapitel der Neuropsychologie.“³⁹

Lurija sieht die Gründe hierfür „einerseits in den von den meisten Physiologen zu verantwortenden Simplifizierungen des Gedächtnisses, andererseits in der hartnäckigen Leugnung des komplexen Aufbaus der Gedächtnisprozesse, die von Psychologen erst seit etwa dreißig Jahren analysiert werden“.⁴⁰

Wer sich mit dem Gedächtnis befaßte, wußte zwar, daß es eine Vielzahl von Gedächtnisformen gab, aber niemand wußte lange Zeit, wo das Gedächtnis saß, geschweige denn wie es funktionierte. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts ging es nach Lurija noch sehr 'unwissenschaftlich' zu.

„Auf der einen Seite wurde von Richard Semon und Karl Ewald Hering die Meinung vertreten, das Gedächtnis oder die Fähigkeit, Engramme⁴¹ zu speichern, sei eine universelle Eigenschaft der Materie. Die Wahrheit, die dahintersteckt, ist

³⁸Hunziker, Ernst/Mazzola, Guerino: Ansichten eines Hirns – Aktuelle Perspektiven der Hirnforschung. Basel 1990, S. 118

³⁹Lurija, Alexander R. : Das Gehirn in Aktion. Einführung in die Neuropsychologie. Reinbek 1992 (Erstausgabe 1973), S. 284

⁴⁰Ebenda

⁴¹„Unter einem Engramm verstehen wir alle einem *spezifischen* Gedächtnisinhalt (z.B. der Erinnerung an das Gesicht einer befreundeten Person) zugrundeliegenden elektro-chemischen Vorgänge im ZNS. Jene Zellen, deren Aktivität zur Speicherung und Wiedergabe eines Engramms notwendig ist, sind ein 'Cell-Assembly', wie es Hebb, der Vater aller physiologischen Gedächtnistheorien, genannt hat.“ (vgl. Birbaumer/Schmidt, 1990, S. 547).

schwerlich zu leugnen, aber sie ist derart allgemein, daß sie nichts besagt. Auf der anderen Seite vertrat Henri Bergson (1896) die Ansicht, daß es zwei Arten von Gedächtnis gibt – das räumliche und das geistige. Ersteres soll ein Naturphänomen sein, das dem von Semon und Hering beschriebenen entspricht, während letzteres als Ausdruck des freien Willens betrachtet werden muß, der durch geistige Anstrengung Spuren vergangener Erfahrung wachzurufen fähig ist."⁴²

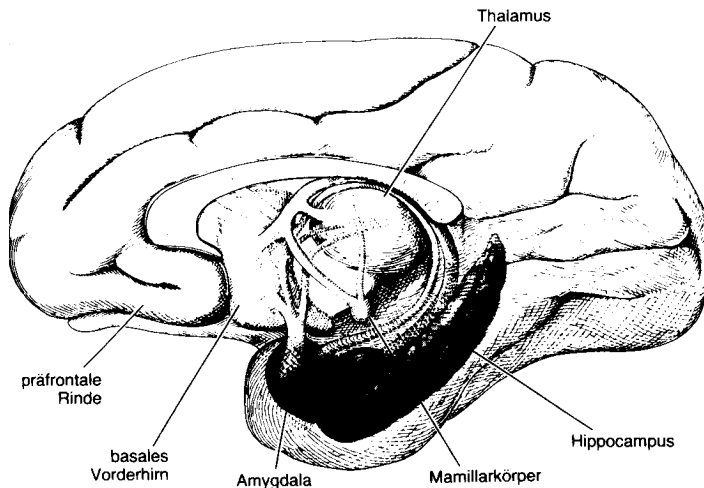


Abb. 6: Gehirnteile, die wesentlich an Gedächtnisprozessen beteiligt sind. Die Abbildung zeigt das Gehirn eines Affen. (aus M. Mishkin/T. Appenzeller. Spektrum der Wissenschaft, August 1987).

Ehe ich auf den aktuellen Stand der Gedächtnisforschung eingehen werde, möchte ich die am häufigsten genannten Formen des Gedächtnisses darstellen.

Die verschiedenen Formen von Gedächtnis

Wiedererkennungsgedächtnis (Rekognitionsgedächtnis)

Das ist die einfachste Form von Gedächtnis. Es ist jene außergewöhnliche Fähigkeit, durch die z.B. ein Affe einen speziellen Gegenstand, den er vorher nur einmal gesehen oder betastet hat, viele Minuten später wiedererkennen und zugunsten eines neuen meiden kann. Selbstverständlich gibt es kompliziertere Gedächtnisformen, von denen man einige ebenfalls bei Affen testen kann. Dabei sind interessante Spezialisierungen der neuronalen Bahnen gefunden worden.

„Beim Wahrnehmen eines Gegenstandes zum Beispiel merkt man sich nicht nur seine kennzeichnenden Merkmale, sondern auch seine Position im Verhältnis zu anderen Gegenständen oder Orientierungspunkten – sich an eine Plastik zu erinnern, scheint intuitiv eine andere Aufgabe zu sein, als sich ihren Standort in einer Galerie ins Gedächtnis zu rufen. Genauso unterschiedlich ist diese Aufgabe in neuroanatomischer Hinsicht.“⁴³

Arbeitsgedächtnis und Assoziationsgedächtnis

⁴² Lurija, S. 284

⁴³Singer, Wolf u.a.: Gehirn und Kognition. Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg 1990, S. 100

Die Instanz, die wache Aufmerksamkeit und Präsenz von Moment zu Moment mit der passenden Information aus dem im Gehirn gespeicherten Wissensschatz zusammenbringt, ist das *Arbeitsgedächtnis* - die vielleicht bedeutendste Errungenschaft in der geistigen Evolution des Menschen. Ihm ist zu verdanken, daß wir Zukunftspläne schmieden und Gedankengebäude errichten können, weshalb Marcel Just und Patricia Carpenter von der Carnegie-Mellon-Universität in Pittsburgh (Pennsylvania) dafür den Terminus 'Wandtafel des Geistes' geprägt haben.

Die Aktivitäten des Arbeitsgedächtnisses finden offenbar vorn in der Großhirnrinde statt, praktisch gleich hinter der Stirn. Dies ist der präfrontale Cortex, also die Hirnrinde im vorderen Bereich der Stirnlappen. Daß dieses Gebiet Zentrum des Arbeitsgedächtnisses ist, schließt man hauptsächlich aus den Auswirkungen von Verletzungen und andersartigen Schädigungen in den vorderen Stirnlappen. Die Betroffenen haben große Schwierigkeiten, in alltäglichen Situationen ihr Wissen einzusetzen. Trotzdem sind die gespeicherten Inhalte oft noch in vollem Umfang da.

Das Arbeitsgedächtnis hilft dem Assoziationsgedächtnis bei seiner Aufgabe insofern, als es dafür sorgt, daß symbolische Inhalte rasch festgehalten oder aufgerufen werden und daß das Gehirn sie für mentale Zwecke handhaben kann. Eine leichte Anforderung, bei der das Arbeitsgedächtnis gefragt ist, wäre Kopfrechnen mit Zwischensummen, also vorübergehendes Behalten einer Ziffernfolge, während man die nächste Zwischensumme ermittelt. Etwas mehr wird ihm schon abverlangt, wenn man beim Schach einen Zug überlegt oder einen Satz konstruiert. Erst recht scheint es für Sprachverständnis, Lernen und schlußfolgerndes Denken grundlegend zu sein.

Sollte das Arbeitsgedächtnis tatsächlich die Informationen, auf die es zugreift und die es ins Bewußtsein bringt, aus dem Langzeitgedächtnis holen, müßte das betreffende Gebiet der Hirnrinde eigentlich mit dem Hippocampus in Verbindung stehen, einer Struktur tief innen an den Schläfenlappen, die das assoziative Gedächtnis kontrolliert. Wie man mit Hilfe radioaktiv markierter Aminosäuren festgestellt hat, gibt es zwischen beiden Gebieten tatsächlich sozusagen einen direkten Draht.

Harriet Friedman und Patricia S. Goldman-Rakic haben mit einem autoradiographischen Verfahren den Hirnstoffwechsel

gemessen und gefunden, daß der Hippocampus und die Gebiete um den *Sulcus principalis* bei zeitverzögerten Aufgaben oft gleichzeitig aktiv sind. Sie vermuten deshalb, daß der Hippocampus hauptsächlich die Aufgabe hat, neue Assoziationen zu festigen, während der präfrontale Cortex dazu nötig ist, das Resultat des assoziativ Gelernten - also Fakten, Ereignisse oder Regeln - aus den anderswo im Gehirn vorhandenen Speichern hervorzuholen, sofern diese Information gerade für eine Handlungsplanung gebraucht wird.

Demnach waren sowohl der präfrontale Cortex als auch viele der mit ihm verbundenen Gebiete (beispielsweise der Hippocampus, der untere Teil des Scheitellappens und der Thalamus) während des Tests hochgradig stoffwechselaktiv gewesen. Sie werden deutlich weniger beansprucht, wenn das Versuchstier assoziative Gedächtnisaufgaben löst, die nicht eines kurzzeitigen Gedächtnisses und der raschen Aktualisierung bedürfen.

Diese Ergebnisse bestätigen anatomische Befunde über die Verbindungen zwischen dem präfrontalen Cortex und anderen Teilen des Gehirns. Insbesondere zeigen sie aber, wie stark verschiedene Hirnteile bei bestimmten Gedächtnisaufgaben eingespannt sind. Und sie lassen erahnen, wie der präfrontale Cortex die vielen verschiedenartigen Informationen, die ihn durchströmen müssen, organisiert: So variieren die neuronalen Aktivitätsmuster deutlich je nachdem, ob die Aufgabe etwa das Ortsgedächtnis oder Erinnerungen an Objekteigenschaften erfordert.

Die Hinweise mehren sich, daß *Dopamin* für das Arbeitsgedächtnis einer der wichtigsten Transmitter ist. Sind im präfrontalen Cortex nicht die richtigen Mengen davon vorhanden, können Ausfälle ähnlich denen bei Schädigungen im Bereich des *Sulcus principalis* auftreten. Alte Affen beispielsweise, denen es an Dopamin und Noradrenalin (einem weiteren Catecholamin) im präfrontalen Cortex mangelt, versagen bei zeitverzögerten Aufgaben; sie gewinnen jedoch die dafür erforderlichen Gedächtnisfunktionen zurück, wenn ihrem Gehirn die fehlenden Substanzen zugeführt werden, und bewältigen die Tests ähnlich gut wie jüngere gesunde Tiere.

Inzwischen sucht man vielerorts die Wirkweise von Dopamin auf einzelne Zellen im Zusammenhang mit dem Arbeitsgedächtnis zu verstehen. Denn in den letzten Jahren bemerkten viele Forscher, daß Neuronen in bestimmten Schichten der Großhirnrinde besonders viele Dopamin-Rezeptoren vom Typ D tragen. Interessanterweise sind das gerade die Neuronen, die zum Thalamus projizieren, also der Struktur, die sensorische Informationen zur Hirnrinde weiterleitet.⁴⁴

Mit Hilfe eines Kernspin-Tomographen sind Neurologen an der Universität von Pennsylvania dem Gedächtnis auf der Spur. Das Gerät erzeugt dreidimensionale Bilder, auf denen die unterschiedliche Durchblutung von Hirnregionen und damit ihre Aktivität abzulesen sind. Mark D'Esposito identifizierte so eine Hirnregion, die immer dann aktiv wurde, wenn Versuchsteilnehmer aufgefordert wurden, zwei Aufgaben gleichzeitig zu lösen (*Nature*, Vol. 378, S. 279). Die hinter der Stirn gelegene Region zeigte jedoch keine Reaktion, wenn die Versuchspersonen die Aufgaben nacheinander bearbeiteten. Möglicherweise ordnet die Hirnregion den Aufgaben ihre Gedächtniskapazität zu. D'Esposito und seine Kollegen beobachteten jedoch auch, daß die aktiven Bereiche individuell variierten. Das führen die Neurologen auf unterschiedliche Strategien bei der Bearbeitung der Aufgaben zurück.⁴⁵

Deklaratives oder explizites Gedächtnis (Wissensgedächtnis)

Das Gedächtnissystem umfaßt den Hippocampus und die angrenzenden medialen temporalen Rindenteile (entorhinaler, perirhinaler und parahippocampaler Cortex) einerseits und die sensorischen motorischen und assoziativen Teile des Neocortex andererseits. Der Hippocampus organisiert die Einspeicherung und das Abrufen von Gedächtnisinhalten, zumindest was das sogenannte *deklarative oder explizite Gedächtnis* betrifft. Dies umfaßt alles, was wir als bewußtes Wissen verfügbar

⁴⁴Vgl. dazu Goldman-Rakic, Patricia S.: Das Arbeitsgedächtnis. Spektrum der Wissenschaft, 11/1992.

⁴⁵ Vgl. Die Zeit, 23.11.95.

haben und äußern können. Deklaratives Wissen ist in aller Regel von Bewußtsein begleitet. Zerstörung des Hippocampus führt zu schweren Beeinträchtigungen des Erinnerungsvermögens (retrograde Amnesie) und der Fähigkeit, neues Wissen zu erwerben und auch nur für eine kurze Zeitspanne zu behalten (anterograde Amnesie). Die Inhalte des deklarativen Gedächtnisses sind nicht im Hippocampus, sondern im Cortex 'lokalisiert', und zwar entsprechend in denjenigen Cortexarealen, die mit der Wahrnehmung derselben Inhalte zu tun haben; das visuelle Gedächtnis ist also im Hinterhauptscortex, das auditorische Gedächtnis im oberen temporalen Gedächtnis 'gespeichert' und so weiter. Der Hippocampus kontrolliert nur das Niederlegen und Abrufen von Gedächtnisinhalten, es sei denn, diese Inhalte sind in absolutes 'Routinewissen', übergegangen, denn dann sind sie auch bei zerstörtem Hippocampus noch verfügbar. Das bedeutet, daß sie dann rein intracortical abgerufen werden können.⁴⁶

Prozedurales oder implizites Gedächtnis (Verhaltensgedächtnis)

Eine andere Gedächtnisart ist das *prozedurale oder implizite* Gedächtnis; es umfaßt alle Fertigkeiten, die charakteristischerweise eingeübt werden müssen, dann aber beherrscht werden, ohne daß man genau weiß oder wissen muß, 'wie es geht'. Das prozedurale Gedächtnis ist auch nicht notwendigerweise von Bewußtsein begleitet. Seine Inhalte sind, wenn sie einmal beherrscht werden, nicht mehr im Cortex angesiedelt; sie werden nicht durch eine Zerstörung des Hippocampus beeinträchtigt. Man nimmt an, daß die Inhalte des prozeduralen Gedächtnisses in der Brücke (Pons), im Striatum und im Kleinhirn angesiedelt sind.

Kürzlich berichteten Knowlton und Squire (1993), daß bei Patienten mit Zerstörung des Hippocampus und entsprechenden Störungen des deklarativen Gedächtnisses (und intaktem impliziten Gedächtnis) die Fähigkeit erhalten war, bei der Darbietung verschiedener Objekte das Gemeinsame herauszufinden, sie also zu klassifizieren oder zu kategorisieren und weitere Objekte solchen Kategorien zuzuordnen. Bisher ging man davon aus, daß eine solche Leistung sich auf der Basis expliziten, deklarativen Wissens entwickelt.⁴⁷

Deklaratives und prozedurales Gedächtnis sind die beiden am meisten diskutierten Gedächtnisformen und sollen deshalb noch etwas genauer nebeneinandergestellt werden.

Tabelle 2: Deklaratives und prozedurales Gedächtnis

| | Deklaratives Wissensgedächtnis | Prozedurales Habitgedächtnis |
|-----------|--|--|
| Ort | Hippocampus, Amygdala, dorsomedialer Ncl. des Thalamus, sekundäre sensorische Areale, präfrontaler Cortex. | Motorischer und prämotorischer sowie lateral-präfrontaler Cortex, extrapyramidale Kerne (Striatum), Cerebellum ⁴⁸ , limbische und diencephale ⁴⁹ Verstärkerstrukturen. |
| Codierung | Konfigurationen von Reizen und | S-R- und S-S-Assoziationen |

⁴⁶ Vgl. Roth, 1994, S. 185f.

⁴⁷ A.a.O., S. 186

⁴⁸ Kleinhirn

⁴⁹ Diencephalon = Zwischenhirn

| | | |
|-------------------------|--|--|
| | Reaktionen (propositionell) kognitiv (episodische und semantische Inhalte). Speichert Fakten, Episoden und Daten: „Gewußt, was“. Kann in einem Durchgang gelernt werden (Alles-oder-Nichts-Lernen). | (Wahrscheinlichkeitslernen) - behavioral (Verhaltensakte, Gewohnheiten (habits)). Speichert gezielte Bewegungsfolgen (skills) und Regeln (Prozeduren): „Gewußt wie“. Benötigt Wiederholungen |
| Wiedergabe | Nur nach Konsolidierung, nur über aktiven intentionalen Suchprozeß zugänglich („controlled processing“) „reflektiv“; Wiedergabe stark von Kontext und elaborierter Verarbeitung abhängig. | Keine Konsolidierung, („automatic processing“), kein aktiver Suchprozeß notwendig „reflexiv“; Wiedergabe weniger stark von Kontext abhängig. Elaborierte Verarbeitung nicht notwendig. |
| Auslöser für Wiedergabe | Incentives, propositionelle cues (Hinweisreize). | CS und SD |
| Behalten | Zielgerichtete Erwartungen werden aufgebaut und bestätigt bzw. verworfen. Für viele Verarbeitungssysteme zugänglich. Phylogenetisch jung, ontogenetisch spät (ab 3 bis 5 J.). Der bewußten Erinnerung zugänglich. | Verstärkung stabilisiert Habit. In den Verarbeitungssystemen (z. B. visuell, motorisch) selbst enthalten; phylogenetisch alt, ontogenetisch früh (infantile „Erinnerungen“). Der bewußten Erinnerung schwer zugänglich. |

(Quelle: Birbaumer, N./Schmidt, R. F. : Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York 1990, S. 557)

Gedächtnis und Speicherzeit

In bezug auf die Länge der Speicherzeit wird zwischen drei Speicherstufen unterschieden:

- **Ultrakurzzeitgedächtnis (20 s)**

Das Ultrakurzzeitgedächtnis bewahrt Informationen bis ca. 20 Sekunden auf. Es scheint auf elektrischen Vorgängen zu beruhen.

Mangelndes Interesse, fehlende Assoziationsmöglichkeit oder störende Zusatzwahrnehmungen (z.B. Schmerz, neue Informationen) verhindern, daß Erstinformationen abgespeichert werden und deshalb sofort wieder aus dem Gedächtnis verschwinden. Damit wird auch erklärt, warum bei einem Unfall die unmittelbar vor dem Unfall geschehenen Dinge nicht erinnert werden können. Es war keine Zeit, sie abzuspeichern.

- **Kurzzeitgedächtnis (1–2 Std.)**

Damit wird das Gedächtnis bezeichnet, in dem die Phänomene gespeichert sind, die zeitlich nicht weit zurück liegen. In bezug auf die Speicherleistung des Kurzzeitgedächtnisses gibt es gewisse Unterschiede zwischen verschiedenen Menschen (bekanntlich funktioniert das KZG im Alter nicht mehr so gut) und Situationen (emotional Bedeutsames wird besser erinnert und geht schneller ins Langzeitgedächtnis über).

Spezifische Formen des Kurzzeitgedächtnisses sind das episodische Gedächtnis (wie haben wir den gestrigen Abend verbracht?), das semantische Gedächtnis (was stand heute in der Tageszeitung?), das visuelle Gedächtnis (wie sah die neue Freundin des Nachbarn aus?) und das auditive Gedächtnis (wie klang der neue Hit?).

LeDoux ist der Auffassung, dass das Kurzzeitgedächtnis weitgehend mit dem identisch ist, was man heute als Arbeitsgedächtnis bezeichnet. „In dem Begriff des Arbeitsgedächtnis steckt jedoch nicht nur ein temporärer Speichermechanismus,

sondern auch ein beim Denken und Urteilen benutzter aktiver Verarbeitungsmechanismus.“⁵⁰

Die Abgrenzung zum Langzeitgedächtnis ist fließend. Was in bezug auf die Langzeit-Speicherung genau im Gehirn passiert, war bis vor kurzem noch weitgehend ungeklärt (siehe weiter unten).

- Langzeitgedächtnis (dauerhafte Speicherung)

Bekannt ist, daß einschneidende Ereignisse im Leben eines Menschen besser erinnert werden als banale. Aber selbst das gilt nicht in jedem Fall. Mitunter werden auch belastende Dinge vergessen. Es scheint nur begrenzt möglich, das Langzeitgedächtnis willentlich zu beeinflussen. Immerhin wissen wir, daß Dinge, die im Assoziationsgedächtnis fest verankert wurden, gut abrufbar sind. Also gilt es, dafür zu sorgen, daß viele Assoziation hergestellt werden.

„Was bedeutet das nun speziell für unser Lernen? Bei Dingen, die wir selbst intensiv erleben, genügt ja oft eine einmalige Aufnahme zur permanenten Speicherung, das heißt, wir können uns ein Leben lang daran erinnern. Beim Lernen dagegen, wo ein Stoff gewöhnlich nicht erlebt, sondern eben nur gehört oder gelesen wird, ist das freilich schwieriger. Wie wir wissen, sollten wir alles zu Lernende, also jede neue Information, mehrfach wiederholt aufnehmen. Sie muß wiederholt über das Ultrakurzzeit-Gedächtnis angeboten werden. Offenbar muß dabei unser Gehirn die neue Information mit bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten assoziieren. Es muß Vorstellungen und Bilder zusammenbringen, um die vielen Wahrnehmungskanäle eines echten Erlebnisses, wie sehen, hören, fühlen, schmecken, riechen, anfassen und sich bewegen, wenigstens teilweise zu ersetzen. Das heißt, wir müssen solche Ein-Kanal-Informationen dann wenigstens innerlich zu Mehr-Kanal-Informationen machen – quasi zu einem *inneren* Erlebnis. Und damit wird auch schon gleich der Weg für die spätere Wiederauffindung durch Assoziationen gebahnt:

je mehr passende Assoziationen, je mehr Möglichkeiten einer vielfältigen Zuordnung schon da sind, um so weniger muß der Stoff gepaukt werden, und um so besser ist er aus dem Langzeit-Gedächtnis – selbst auf eine ungewohnte Anfrage hin – abrufbar.“⁵¹

Vielfältige Konsequenzen für unser Schulsystem sind aus den neurobiologischen Überlegungen zum Lernen abzuleiten. Das hat Fredric Vester bereits in den siebziger Jahren getan. Die Frage, wieviel sich seitdem in den Schulen verändert hat, kann ich an dieser Stelle nicht beantworten. Da im Grunde jeder ein anderer Lerntyp ist⁵², sollte Lernen in ganz unterschiedlichen Formen stattfinden. Der Offene Unterricht, der sich zumindest in der Grundschule in Ansätzen entwickelt hat, ist eine Antwort darauf.⁵³

Neben den intellektuellen Gedächtnisinhalten, für die sich vor allem die Schule und der Unterricht zuständig fühlen, gibt es die umfangreichen Bereiche des emotionalen. Wie wir schon wissen, ist das emotionale System dafür zuständig.

⁵⁰ LeDoux: Das Netz der Gefühle, S. 291.

⁵¹ Vester, Frederic: Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann läßt es uns im Stich? München 1978, S. 68

⁵² Siehe auch unten die Überlegungen in bezug auf das Temperament (S. 114f.)

⁵³ Vgl. Wallrabenstein, Wulf: Offene Schule – Offener Unterricht. Ratgeber für Eltern und Lehrer. Reinbek 1991. Zur Kritik des Offenen Unterrichts siehe: Günther, Henning: Kompetenzvermittlung durch Erziehung – Kritische Befunde zum „offenen Lernen“. In: Mittelstraß, Jürgen (Hrsg.): Wohin geht die Sprache? Wirklichkeit – Kommunikation – Kompetenz. Essen 1989

Welche Rolle spielen dabei nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung die Neurotransmitter?

Nach Zehentbauer sind es „Botenstoffe, die die ankommenden Botschaften im Bereich der Synapse genau registrieren und für die Informationsspeicherung sorgen: Dies ist die Grundlage für unser Gedächtnis. Wenn wir einen neuen, selbst sehr einfachen Vorgang in unser Gedächtnis aufnehmen wollen (z.B. die Erklärung der Schlüssel für ein uns fremdes Haus), dann werden die Synapsen von Millionen von Nervenzellen (und damit unzählige Botenstoffe) unterschiedlich intensiv in Erregung versetzt.“⁵⁴ „Wie Roth ... an einer Übersicht über bisherige experimentelle Befunde zeigt, sind viele Hirnstrukturen in den Gedächtnisprozeß involviert, ohne daß sie deshalb als ‘Sitz’ des Gedächtnisses oder von Gedächtnisengrammen angesehen werden können. Wohl sind sie an der Auswahl und Bewertung sensorischer Erregungen in bezug auf Gedächtnisleistungen beteiligt, wobei vor allem auch emotionale ‘Einfärbungen’ von Prozessen eine Rolle spielen.“⁵⁵ Von einem Sitz des Gedächtnisses kann aber heute ebensowenig die Rede sein wie von einem einheitlichen Gedächtnissystem. Eine Ausnahme scheint lediglich die Sprach- und Gesichtererkennung zu sein. Wie Singer betont, können umschriebene Verletzungen im Temporallappen selektive Amnesien für Gesichter und Worte nach sich ziehen.“⁵⁶

⁵⁴ Zehentbauer, Josef: *Körpereigene Drogen – Die ungenutzten Fähigkeiten unseres Gehirns*. München/Weinheim 1992, S. 35

⁵⁵ Eine Art „Wunderpille“ fürs Gedächtnis haben Forscher der University of California at Irvine vorgestellt. Die Wirkung einer neuen Stoffklasse, sogenannte Ampakine, versetzte die Wissenschaftler auf dem Jahrestreffen der Society of Neuroscience in Washington in Erstaunen: Testpatienten zwischen 65 und 73, die den Wirkstoff genommen hatten, erinnerten sich in Memoryspielen um bis zu 100 Prozent besser an die Reihenfolge bestimmter Wortkombinationen als die Placebogruppe, also jene Menschen, die ein Scheinpräparat erhalten hatten.

Die Gedächtnisleistung nach Einnahme der Substanz sei ebenso gut wie bei 25jährigen, schwärmte Gary Lynch, Neuropharmakologe an der University of California im *New Scientist* (Nr. 2057, 1996). Das habe auch eine Untersuchung am renommierten schwedischen Karolinska Institut in Stockholm gezeigt. Warum die Ampakine die Hirnleistung derart erhöhen ist noch nicht im Detail geklärt. Die Forscher gehen jedoch davon aus, daß die Stoffklasse Rezeptoren auf der Oberfläche von Hirnzellen aktiviert und somit wichtige Botenstoffe der Zellkommunikation besser transportiert werden können.

⁵⁶ Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.): *Gedächtnis. Probleme und Perspektiven der interdisziplinären Gedächtnisforschung*. Frankfurt/M. 1991, S. 25

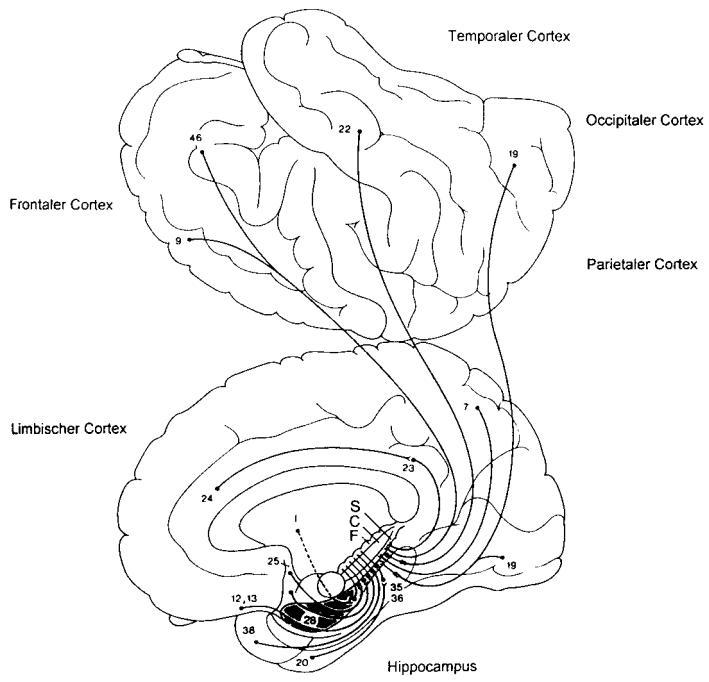


Abb. 7: Projektionen des Neocortex zum Hippocampus. S = Subiculum, C = Cornu ammonis ('Ammonshorn'), F = Fascia dentata/Gyrus dentatus, I: Insula. Zahlen = Brodmann-Areale (nach Roth, 1994).

Der Hippocampus ist bei vielen Gedächtnisfunktionen beteiligt. Wie oben schon ausgeführt, organisiert der Hippocampus die Einspeicherung und das Abrufen von bestimmten Gedächtnisinhalten.

Ich habe oben bei der Erörterung des Langzeitgedächtnisses bereits darauf hingewiesen, daß wir alle wissen, je aufregender und gefühlsbetonter eine Situation ist, desto eher wird sie behalten – eine psychologische Binsenweisheit. Doch erst jetzt wurde der alte Lehrsatz mit einer neurochemischen Untersuchung untermauert. Der Neurobiologe Larry Cahill von der Universität Irvine in Kalifornien zeigte, daß die Hormone Adrenalin und Noradrenalin gedächtnisstärkend sind (*Nature*, Bd. 371, S. 702). Diese Stoffe werden sowohl bei Stress- als auch bei Erregungssituationen von der Nebennierenrinde ausgeschüttet. Cahill und sein Team verabreichten Versuchspersonen Propanolol, eine Substanz, die Rezeptoren für Adrenalin und Noradrenalin blockiert, und erzählten ihnen eine Geschichte. Eine Woche später konnten sich sowohl die Behandelten als auch eine unbehandelte Kontrollgruppe noch gut an die langweiligen Details erinnern, die beängstigenden Abschnitte der Erzählung jedoch hatten die Personen mit unblockierten Rezeptoren wesentlich besser behalten. In diesem Mechanismus sieht Cahill einen bedeutenden evolutionären Vorteil: Das Gehirn könne dadurch besser emotional wichtige Informationen behalten.⁵⁷

Wie wir oben sahen, wird im Zusammenhang des Gedächtnisses häufig über Lernen gesprochen. Alle Lernprozesse (aus naturwissenschaftlicher Sicht sind Erinnern und Lernen gleichbedeutend) bauen auf der ständigen Integration vielzähliger neuronaler Einzelleistungen auf. Gewöhnlich wird unterschieden zwischen lang- und kurzfristigen Lernprozessen. Zu ersteren rechnet man die in einer bestimmten Lebensphase erworbenen Prägungen, die, einmal etabliert, nicht mehr oder nur schwer änderbar sind. Die kurzfristigen Gedächtnisleistungen sind auf wiederholende Bestätigung angewiesen. Zu ihnen zählt das vom Bewußtsein erhellte episodische Gedächtnis (was ist mir am letzten Urlaubstag passiert?) und das semantische Gedächtnis (was steht in dem Buch, das ich soeben gelesen habe?). Hinzu kommt noch das weitgehend verinnerlichte prozedurale Gedächtnis (wie binde ich meinen Schuh?).

Aus hirnpfysiologischer Sicht wissen wir auch, daß jeder Mensch ein doppeltes Gedächtnis besitzt, ein phylogenetisches und ein ontogenetisches. Das Artgedächtnis befindet sich in den Genen, es ist über Jahrmillionen durch Vererbung tradiert und schlägt sich nieder als eine dem Organismus eingeschriebene Vorstrukturierung. Das andere Gedächtnis wächst dem Individuum im Verlauf seines Lebens zu; es bildet in Interaktion mit der Umwelt die Feinstrukturierung. Das alte Schema „Erbe versus Umwelt“ zeigte sich dabei als überholt: Die neue Denkfigur heißt „Wechselwirkung“. An die Stelle des dualistischen Modells tritt ein interaktives: Der Organismus fragt, die Umwelt antwortet. In diesem Zusammenhang des Fragens und Antwortens vollzieht sich die Evolution eines lebendigen Systems.

⁵⁷ Vgl. Die Zeit, 4.11.1994.

Das Gedächtnis als Organ des Lernens bildet das Rückgrat des Wachstumsprozesses. Es erfüllt ganz verschiedene Aufgaben in der frühkindlichen und der erwachsenen Lebensphase. In der frühen Kindheit absolviert der Mensch eine Art Lehrplan der Natur. Im Durchgang durch sogenannte „sensible Phasen“ bilden sich die Gehirnleistungen in Wechselwirkung zwischen Umweltsituation und neuronaler Entwicklung aus. Im erwachsenen Zustand und im Alter sind die Anforderungen ans Gedächtnis von anderer Art; an die Stelle einer Umwelt, die vorwiegend in Sinnesimpulsen spricht, tritt eine Umwelt, die vorwiegend in kulturellen Sinnkonstruktionen besteht.⁵⁸

Um es noch einmal zu betonen: Wie bei vielen Teilbereichen der Hirnphysiologie befindet man sich auch bei der Gedächtnisforschung noch am Anfang. Die Neurowissenschaftler sind sich einig, daß es sich beim Gedächtnis um keinen einfachen Ablagemechanismus handelt, bei dem Ereignisse in Schubladen verstaut und bei Bedarf wieder hervorgeholt werden. Vielmehr werden die unterschiedlichen Aspekte eines Ereignisses in weit verstreuten Bereichen der Großhirnrinde gespeichert: Geräusche etwa im auditorischen Kortex hinter der Schläfe, Gesehenes in den Arealen des visuellen Kortex im Hinterhaupt, Berührungsempfindungen im Scheitellappen der Großhirnrinde und so weiter.

Wie schon oben bei der Kritik der Dreifaltigkeits-Legende ausgeführt, sind viele Bereiche des Gehirns aufs engste miteinander verbunden.

Das trifft bei Gedächtnisfunktionen in besonderer Weise zu. Lernerfahrungen, als Erinnerungen gespeichert, werden mit Hilfe des emotionalen Systems bewertet, wenn es darum geht, Entscheidungen zu treffen. Das emotionale System als wichtiges Organ – vielleicht sogar das wichtigste – zur Verhaltensbewertung ist immer an Entscheidungen beteiligt.

„Bewertungs- und Gedächtnissystem hängen untrennbar zusammen, denn Gedächtnis ist nicht ohne Bewertung möglich, und jede Bewertung geschieht aufgrund des Gedächtnisses, d.h. früherer Erfahrungen und Bewertungen.“⁵⁹

Das emotionale System scheint die bedeutsamste Schaltstelle – und zwar sowohl auf- als auch absteigend – zwischen dem Neocortex und allen anderen Gehirnteilen zu sein.

„Sehen wir uns zuerst die anatomischen Verbindungen zwischen Neocortex und Amygdala an. Die Amygdala erhält Afferenzen vom orbitofrontalen Cortex, vom temporalen Assoziationscortex einschließlich des temporalen Pols, vom auditorischen Cortex und den visuellen Assoziationsarealen sowie von der Insel (dem Geschmackscortex). Ebenso massiv hat die Amygdala Efferenzen zum motorischen und prämotorischen Cortex, zum präfrontalen, insbesondere orbitofrontalen Cortex, dem vorderen Gyrus cinguli und der Insel. Projektionen zum temporalen Cortex und zum visuellen Assoziationscortex wie auch zu den primären sensorischen Arealen werden ebenfalls berichtet (Nieuwenhuys 1991). Wir sehen also, daß der Cortex mit der Amygdala und Teilen des übrigen emotionalen Systems ein massives Rückkopplungssystem bildet. Alles, was im Assoziationscortex vor sich geht, wird zur Amygdala gesendet und von ihr zurückgeschickt. Mit dem präfrontalen Cortex steht die Amygdala in besonders enger Verbindung.“⁶⁰

⁵⁸ Vgl. dazu den Kongreßbericht von Aleida Assmann in der Frankfurter Rundschau, 31.03.1992.

⁵⁹Roth, Gerhard: Das Gehirn und seine Wirklichkeit - Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt/M. 1994, S. 185

⁶⁰Ebenda

Wenn das Gehirn „falsche“ Erinnerungen produziert und als echt verkauft, so liegt das möglicherweise an einem fehlenden „Quellennachweis“: Das Gehirn kann die Informationen nicht auffinden, wie Erinnerungsbruchstücke zusammenzufügen und in welchem Kontext sie einzuordnen sind. Statt dessen wird notgedrungen ein teilweise fiktiver Kontext konfabuliert, in dessen Rahmen die Erinnerungsbausteine „Sinn“ ergeben. Dieses Erklärungsmodell wurde laut Darstellung der *International Herald Tribune* (2.6.1994) kürzlich von den Teilnehmern einer Fachkonferenz zum Thema „falsche Erinnerungen“ an der Harvard Medical School favorisiert.

Beim Erinnern müssen diese Bruchstücke vom Gehirn wieder zu einer einheitlichen, ‚sinnvollen‘ Erfahrung zusammengefügt, rekonstruiert werden. Bei dieser kreativen Puzzlearbeit scheint das emotionale System eine Schlüsselrolle zu spielen. Fehlende Erinnerungsbruchstücke werden beim Zusammenfügen vom Gehirn ‚sinnvoll‘ ausgefüllt. Erinnerungen sind zu einem gewissen Grad also immer plausible „Erfindungen“ des Gehirns.

„Der Laie erwartet, daß alles, was wir erinnern, wahr ist - aber das Gedächtnis arbeitet nicht wie eine Videokamera“, gibt Marsel Mesulam, Chef der neurologischen Abteilung am Beth Israel Hospital von Harvard, zu bedenken. „In der Sicht der Neurowissenschaften ist jede Erinnerung eine zerbrechliche Rekonstruktion dessen, was das Nervensystem ursprünglich erlebte“.

Für die Orientierung in diesem „Erinnerungssalat“ ist es wichtig, daß das Gehirn neben den einzelnen Bausteinen eines Ereignisses jeweils auch dessen Kontext speichert: also wo, wann und unter welchen Umständen dieses Ereignis stattgefunden hat. Diese „Quellennachweise“ werden höchstwahrscheinlich im Frontallappen des Großhirns hinter der Stirn abgelegt.

Patienten mit einer Hirnverletzung in diesem Bereich – zum Beispiel als Folge eines Schlaganfalls - verfügen zwar häufig über ein intaktes Erinnerungsvermögen. Sie haben jedoch zuweilen die Orientierung darüber verloren, wo und wann die Episoden stattgefunden haben, die da aus den Tiefen ihres Gedächtnisses emporsteigen. Ein Patient des Torontoer Psychologen Monis Moscovitch glaubte zum Beispiel, er sei erst seit vier Monaten frisch verheiratet, - tatsächlich aber befand er sich seit fast *vier Jahrzehnten* im Stand der Ehe.

Nicht nur Hirnverletzte, sondern wir alle leiden bis zu einem gewissen Grad an dieser Quellenamnesie, auch wenn diese normalerweise harmlos daherkommt. Jeder kennt das. Ein Gesicht kommt einem bekannt vor; man weiß, daß man diese Person schon einmal gesehen hat, kann sich aber partout nicht erinnern, wann und wo. Das Quellengedächtnis liefert dem Gehirn den Orientierungsrahmen, innerhalb dessen Erinnerungen erst Sinn ergeben. Ist dieser Rahmen defekt, so neigen Menschen dazu, sich selbst einen neuen Rahmen zu basteln, indem sie Geschichten konfabulieren, welche die Erinnerungsbruchstücke sinnvoll zusammenfügen. „Der Konfabulierende schnappt ein Erinnerungsbruchstück auf, aber verwechselt dessen Kontext und zieht andere Bruchstücke zu Rate, um eine Geschichte zu konstruieren, die Sinn daraus macht“, wird der Harvard-Psychologe Daniel Schacter zitiert (siehe Anm. 75).

Bei diesem Schließen von Gedächtnislücken sind vor allem Kinder sehr anfällig für Suggestionen anderer, wie zum Beispiel der Psychologe Stephen Ceci von der Cornell Universität in einer Untersuchung mit 96 Vorschulkindern

feststellte. Die Kleinen, so beobachtete Ceci, ließen sich überraschend leicht überzeugen, daß etwas, das sie sich lediglich vorgestellt hatten, wirklich geschehen war. Die falschen Erinnerungen seien so elaboriert und detailreich gewesen, daß selbst Psychologen, die auf Kinder-Interviews bei Verdacht auf Kindesmißbrauch spezialisiert waren, nicht unterscheiden konnten, welche Erinnerungen echt und welche suggeriert waren.

Die Methoden vieler Mißbrauchstherapeuten, etwa Hypnose oder Visualisierungstechniken, fördern die Tendenz, Erinnerungen zu konfabulieren. „Ein guter Hypnose-Patient wird alles ausspucken, was der Therapeut von ihm hören will“ zitiert die Zeitschrift *Newsweek* (3/1994) den New Yorker Psychiater Herbert Spiegel. Dem Psychologen Michael Yapko aus San Diego wurde nach einer Überprüfung von 1000 Therapeuten laut *Newsweek* akut das Ausmaß bewußt, in dem sie Hypnose mißbrauchten, um Erinnerungen aufzudecken – „ohne daß sie sich bewußt waren, daß sie damit das Problem erst erzeugten, das sie anschließend behandeln mußten“.

„Inzwischen“, meint der Psychologe Ulrich Neisser von der Emory Universität in Atlanta, „müssen Therapeuten ihren Klienten Kindermißbrauch nicht einmal mehr suggerieren. Die neuen Patienten kämen zur Tür herein und sagten: Ich bin sicher, daß ich mißbraucht wurde, aber ich kann mich nicht erinnern. Können Sie mir helfen?“⁶¹

Abschließend zu diesem Kapitel möchte ich einige ergänzende Hinweise in bezug auf die Rolle der Neurotransmitter und damit zusammenhängend der Psychopharmaka geben.

Im Zusammenhang mit dem Gedächtnis wird häufig Acetylcholin genannt. Die Rolle des Acetylcholins als Neurotransmitter wurde ursprünglich nicht im Gehirn entdeckt, sondern im Herzen. Zehn bis 15 Prozent der Neuronen des menschlichen Nervensystems bedienen sich des Acetylcholins als Neurotransmitter. Man findet diesen Transmitter bei sämtlichen Nerven, die die Willkürmuskulatur wie beispielsweise die Skelettmuskeln der Arme und Beine versorgen, und bei den meisten Nerven, die Drüsen innervieren.

Acetylcholin dient nicht nur im Herzen und in anderen peripheren Organen als Neurotransmitter, sondern auch im Gehirn selbst. *Tatsächlich ist es einer der wichtigsten Neurotransmitter in der Großhirnrinde.* Einige der acetylcholinhaltigen Neuronen, die dort vorkommen, sind recht kurz; ihre Zellkörper, Axone und Nervenendigungen liegen alle im Cortex. Diese Nervenzellen gelten als Orte der komplexen Informationsverarbeitung, die für höhere geistige Funktionen wie beispielsweise kritisches Denken notwendig ist. Andere acetylcholinhaltige Neuronen sind viel länger; ihre Zellkörper liegen außerhalb der Großhirnrinde in einem Gebiet, das man Meynertschen Basalkern nennt, und ihre Axone durchziehen den gesamten Cortex. Der Basalkern (Nucleus basalis) war eine rätselhafte Struktur, bis man in den späten siebziger Jahren Acetylcholinneuronen dort nachwies. Diese Entdeckung hat zusammen mit neueren pharmakologischen und medizinischen Befunden den Wissenschaftlern die Möglichkeit gegeben, einige erstaunliche Voraussagen über Beziehungen zwischen Acetylcholin, Hirnanatomie und menschlichem Verhalten zu machen.

Die medizinischen Eigenschaften bestimmter Pharmaka, die Acetylcholinrezeptoren blockieren, hat man schon Hunderte von Jahren, bevor

⁶¹ Psychologie heute 9/1994, S. 46f.

irgend jemand von Neurotransmittern wußte, gekannt und zu nutzen verstanden. Extrakte der Tollkirsche (*Atropa belladonna*) sind beispielsweise seit Hippokrates' Zeiten dazu verwendet worden, Verdauungsstörungen zu behandeln; sie verlangsamten die Kontraktionen des Darms und vermindern die Magensäuresekretion. Im Mittelalter dienten diese Belladonna-Alkaloide auch als Gifte; tödliche Dosen führten anfangs zu Gedächtnisverlust, Desorientierung und der Zerstörung anderer geistiger Fähigkeiten, bevor das Opfer schließlich tot zusammenbrach.

In der Mitte des 19. Jahrhunderts isolierte man als Wirkstoff der Tollkirsche das Atropin und wies nach, daß diese Substanz die herzs Schlagverlangsamende Wirkung des Vagusnerven aufhebt. In den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts erkannte man dann, daß diese Hemmwirkung des Atropins auf seiner Fähigkeit beruht, Acetylcholinrezeptoren zu blockieren. Die Beziehung zwischen Atropin und Acetylcholin ließ vermuten, daß – wenn Gedächtnisverlust eines der auffälligsten Symptome einer Atropinvergiftung ist – Acetylcholinneuronen im Gehirn etwas mit Gedächtnisprozessen zu tun haben. Eine traurige neurologische Erkrankung, die sogenannte Alzheimer-Krankheit, liefert ein „Experiment der Natur“, an dem sich diese Hypothese überprüfen läßt. Sollte tatsächlich ein Acetylcholinmangel der Grund für den Gedächtnisverlust bei der Alzheimer-Krankheit sein, wäre zu erwarten, daß bei Alzheimer-Patienten einige der Acetylcholinneuronen degeneriert sind. Wissenschaftler untersuchten daher als nächstes Teile des Gehirns, in denen es bekannterweise viele solcher Neuronen gibt. Zu diesen gehört jene Nervenbahn, die vom Basalkern hinauf in die Großhirnrinde zieht. Tatsächlich zeigten Gehirne von Patienten, die an der Alzheimer-Krankheit gestorben waren, eine starke Degeneration des Basalkerns, während die meisten anderen Neuronengruppen relativ normal aussahen.

Wenn Acetylcholin so wichtig für das Gedächtnis ist, liegt es nahe, es künstlich herzustellen. Eine Verwendung hat sich allerdings aus mindestens zwei Gründen als unmöglich erwiesen: Erstens wird diese Substanz im Körper durch Enzyme schnell abgebaut – in erster Linie durch die Acetylcholinesterase, die das Acetylcholin normalerweise im Bereich der Synapse inaktiviert –, und zweitens würde selbst ohne diese Abbauprozesse oral verabreichtes oder in die Blutbahn injiziertes Acetylcholin kaum das Zielorgan Gehirn erreichen. Um das Gehirn vor schädlichen im Blut kreisenden Stoffen zu schützen, hat die Natur nämlich eine „Blut-Hirn-Schranke“⁶² geschaffen, die verhindert, daß elektrisch geladene Moleküle aus dem Blut in das Gehirn übertreten. Acetylcholin ist ein stark geladenes Molekül, das schwerlich die Blut-Hirn-Schranke passieren könnte, nachdem es über den Verdauungstrakt oder per Injektion in die Blutbahn gelangt ist.

Als eine Alternative bietet sich die Entwicklung von Pharmaka an, die sich den Acetylcholinrezeptoren gegenüber wie Acetylcholin verhalten. Chemiker in der pharmazeutischen Industrie bemühen sich dementsprechend, Derivate des Acetylcholins zu synthetisieren, die sowohl stoffwechselstabil sind als auch eine geringere elektrische Ladung haben und daher leichter ins Gehirn übergehen können. Bislang sind noch keine Medikamente, die auf diesem Modell basieren, am

⁶² Barriere für den Übergang bestimmter Stoffe aus den Blutgefäßen in das Gehirngewebe, die das Gehirngewebe sowohl vor dem Eindringen von Giften, Arzneimitteln u.a. Stoffen als auch vor unkontrollierten Änderungen der Blutkonzentration von Hormonen, Aminosäuren und Ionen (z.B. nach Nahrungsaufnahme) schützen soll.

Menschen klinisch erprobt worden, doch hat die Forschung auf diesem Gebiet gerade erst begonnen. Viele Wissenschaftler sind voller Hoffnung, zu Beginn des 21. Jahrhunderts eine erfolgreiche Therapie für die Millionen von Patienten in Händen zu haben, die an dem durch die Alzheimer-Krankheit bedingten geistigen Zerfall leiden.

Eine wichtige Rolle im Gedächtnisprozeß spielt auch das Dopamin. Einiges habe ich bereits oben auf Seite 53 dazu ausgeführt.

Wie die Neurotransmitter haben sowohl zentral als auch peripher injizierte Peptide modulierende Einflüsse auf Gedächtnisfunktionen. Alle sind indirekt beteiligt, keiner der bisher untersuchten Peptide des ZNS oder der Hypophyse ist eine notwendige Voraussetzung für Lern- und Gedächtnisprozesse: Vasopressin, **adrenocorticotropes Hormon (ACTH)** und Somatostatin fördern Lernen und Einprägen, Endorphine und Oxytocin haben negative Einflüsse. Angiotensin, Cholecystokinin und andere Substanzen stören die Einprägung, wenn sie direkt ins ZNS injiziert werden. Für die meisten Neuropeptide wie auch für Noradrenalin gilt *eine umgekehrte U-Funktion* zwischen Dosis und Wirkung, d.h., ab einer mittleren, optimalen Dosis beginnt sich der Effekt auf das untersuchte Verhalten umzudrehen.

Die Aminosäure Glutamat spielt ebenfalls eine bedeutsame Rolle im Konsolidierungsprozeß des LZG. Die hohe Konzentration von Glutamat im Hippocampus und seinen neocorticalen Efferenzen sind dafür ein Indiz. Vieles ist dabei aber noch unklar.⁶³

⁶³Vgl. dazu Birbaumer, N./Schmidt, R.F.: Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York 1990, S. 561

Zusammenfassung: Das Gedächtnis ist unser wichtigstes Sinnesorgan. Viele Hirnstrukturen sind in den Gedächtnisprozeß eingeschlossen, ohne daß sie deshalb als 'Sitz' des Gedächtnisses oder von Gedächtnisengrammen angesehen werden können.

Sowohl der präfrontale Cortex als auch viele der mit ihm verbundenen Gebiete (beispielsweise der Hippocampus, der untere Teil des Scheitellappens und der Thalamus) und das emotionale System sind hochgradig stoffwechselaktiv, wenn es um Gedächtnisfunktionen geht. Der Hippocampus organisiert die Einspeicherung und das Abrufen von Gedächtnisinhalten, zumindest was das sogenannte *deklarative oder explizite Gedächtnis* betrifft. Deklaratives Wissen ist in aller Regel von Bewußtsein begleitet.

Dagegen ist das prozedurale oder implizite Gedächtnis nicht notwendigerweise von Bewußtsein begleitet.

In bezug auf die Länge der Speicherzeit wird zwischen drei Speicherstufen unterschieden:

- **Ultrakurzzeitgedächtnis** (20 s)
- **Kurzzeitgedächtnis** (1–2 Std.)
- **Langzeitgedächtnis** (dauerhafte Speicherung).

Einer der wichtigsten Neurotransmitter für das Gedächtnis scheint Acetylcholin zu sein. Wenn man auch sicher ist, daß Acetylcholin und andere Botenstoffe (z.B. Noradrenalin) Einfluß auf Gedächtnisfunktionen ausüben, so ist äußerste Vorsicht in der Medikation geboten. Bis heute sind keine spezifischen Medikamente bekannt, die dem Gedächtnis auf die Sprünge helfen.⁶⁴

⁶⁴Möglicherweise ist diese Aussage bei der Veröffentlichung dieses Buches bereits überholt. Die Hirnforschung macht in Teilbereichen so schnelle Fortschritte – in anderen tritt sie auf der Stelle –, daß nicht auszuschließen ist, daß es zu Beginn des 21. Jahrhunderts gelingt, ein Medikament zu finden. Dreißig Firmen weltweit sollen heute an gedächtnisfördernden Substanzen arbeiten. Zum ersten Mal besteht die realistische Aussicht, das Gedächtnis nicht nur zu verfluchen und zu beschwören, sondern tatsächlich zu stärken (vgl. Zimmer, Dieter E.: Spuren im Gedächtnis. Die Zeit, 17.2.1995).

2.2 Menschliche Grundbefindlichkeiten und das Gehirn

2.2.1 Menschliche Aggressivität

Die beiden wichtigsten „Nachrichtendienste“ im menschlichen Körper sind die Nervenleitung und das Hormonsystem. Wie wir wissen, sind Hormone chemische Botenstoffe, die von spezialisierten Drüsenzellen in den Blutstrom ausgeschüttet werden. So erreichen sie alle Organe und können sie zu sinnvoller Zusammenarbeit veranlassen. Neue Untersuchungen der molekularen Ereignisse bei der Freisetzung von Hormonen zeigen Gemeinsamkeiten mit Vorgängen im Nervensystem auf.

Auf den ersten Blick scheint die Erregungsleitung im Nervensystem nichts mit dem Übertragungsweg der Hormone gemein zu haben. Blitzschnell huschen elektrische Impulse an den langen Ausläufern der Nervenzellen entlang, bis sie die nächste Station im Netzwerk der Zellen erreicht haben. An dieser Stelle, der sogenannten Synapse, liegt ein winziger Spalt zwischen Nervenfaser und nachfolgender Zelle. Hier zeigt sich eine Ähnlichkeit zum System der Hormone: Denn der Nervenimpuls wird durch chemische Botenstoffe über diesen Spalt hinweg übertragen, von denen einige zudem an anderer Stelle im Körper als Hormone bekannt sind. Auf der anderen Seite des synaptischen Spalts angelangt, lösen sie wiederum einen elektrischen Impuls aus, der sich der nachfolgenden Nervenzelle mitteilt und diese möglicherweise ihrerseits zum Absenden eines Signals veranlaßt. Demnach ähneln Nervenzellen also Drüsenzellen des hormonalen Systems, die mit ihren Fortsätzen so nahe an ihre Zielzellen herangewachsen sind, daß nur ein winziger Spalt sie noch von diesen trennt.

Zwei Substanzen, die im menschlichen Körper eine „Doppelrolle“ als Signalstoff im Nervensystem und als Hormon spielen, sind das Adrenalin und das ihm nahe verwandte Noradrenalin. Als Hormone setzen sie bei Stress- und Angstsituationen die letzten Reserven des Körpers für Fluchtreaktionen frei. Sie werden von den Zellen des Nebennierenmarks gebildet und freigesetzt. Die Nebennieren sind wichtige hormonproduzierende Organe, die den Nieren jeweils als kleine „Häubchen“ aufsitzen – daher ihr Name. Adrenalin und Noradrenalin werden dort in den sogenannten „chromaffinen Zellen“ in kleinen Bläschen oder Vesikeln bis zu ihrer Ausschüttung gespeichert – genau wie in den Nervenendigungen, wo sie als Signalstoffe dienen.

Wissenschaftler um Nobelpreisträger Professor Erwin Neher am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie in Göttingen untersuchten, wie weit die Gemeinsamkeiten zwischen diesen verschiedenen Zelltypen reichen (*Nature* 356/1992).

Wie die Botenstoffe aus den Vesikeln freigesetzt werden, ist für die Nervenzellen schon lange bekannt. Wenn ein elektrisches Signal die Synapse erreicht hat, öffnen sich kleine Kanäle in der Nervenfaser, in die dann Kalzium-Ionen, also elektrisch positiv geladene Atome des Kalziums, hineinströmen. Daraufhin verschmelzen die Wände einiger Vesikel, die dicht unter der Zelloberfläche – der Zellmembran – liegen, mit dieser. Dabei entsteht zunächst eine kleine Pore, die das Innere des Vesikels mit der „Außenwelt“ verbindet; diese weitet

sich sehr schnell, bis die gesamte Vesikel „ausgestülpt“ ist und die darin enthaltenen Stoffe freigesetzt sind. Der ganze Vorgang dauert weniger als eine Tausendstelsekunde.

Die Ereignisse, die sich in den winzigen Dimensionen eines synaptischen Spalts abspielen, ließen sich deshalb so genau untersuchen, weil die Natur gewissermaßen ein Miniatur-Meßinstrument schon mitgeliefert hat: die nachgeschaltete Nervenzelle, die nur auf „ihren“ Botenstoff wartet, um dann ein neues elektrisches Signal auszulösen, das sich verhältnismäßig leicht messen läßt. Ein vergleichbares natürliches Meßinstrument gibt es für die Zellen im Nebennierenmark nicht; deren Hormone steuern ja Zielzellen an, die im ganzen Körper verteilt sind.

Die Technik, die Professor Neher zusammen mit Professor Bert Sakmann zur Untersuchung von Ionenkanälen entwickelt hat, wofür beide den Nobelpreis für Medizin und Physiologie 1991 erhielten, eröffnete aber auch hier neue Möglichkeiten. Es gelang den Forschern in Göttingen, einzelne Zellen des Nebennierenmarks elektrisch so zu reizen, daß sie Kalzium-Ionen in ihr Inneres strömen ließen – normalerweise würde das durch ein Nervensignal veranlaßt. Mittels einer haarfeinen Kohlenstoff-Faser-Elektrode, die sie bis auf einen Tausendstelmillimeter an die Zellmembran heranschoben, konnten sie dann das freigesetzte Adrenalin oder Noradrenalin messen. Die Kunst solcher Experimente wird deutlich, wenn man bedenkt, daß die Zelle, die nur einen Durchmesser von etwas 15 Tausendstelmillimeter hat, dabei natürlich nicht beschädigt werden darf. In einer Reihe von Messungen konnten die Wissenschaftler dann tatsächlich belegen, daß die Botenstoffe – wie an den Synapsen der Nervenzellen – „portionsweise“ freigesetzt werden, daß also jeweils der Inhalt ganzer Vesikel ausgeschüttet wird. Sie konnten abschätzen, daß in jedem Vesikel ungefähr drei Millionen Moleküle Adrenalin oder Noradrenalin gespeichert sind. Von einem solchen „Miniatur-Adrenalinstoß“ würde ein Mensch noch nichts verspüren. Wenn man viele Zellen über eine längere Zeit reizt, wird aber mehr Adrenalin freigesetzt, jedoch nicht in größeren, sondern nur in zahlreicheren Portionen. Die Forscher konnten sogar noch die Flächenzunahme der Zellmembran nachweisen, die daher rührt, daß die Hüllen der einzelnen Vesikel beim Verschmelzen und Ausstülpfen in die Zellmembran eingebaut werden.

Die Empfindlichkeit der verwendeten Methode reichte sogar noch aus, um sehr kleine Mengen von Adrenalin nachzuweisen, die jeweils kurz vor der Ankunft der Portionen an der Elektrode gemessen wurden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß es sich dabei um „Ausreißer“ handelt, die durch die kleine Pore in der Vesikelwand entweichen, kurz bevor diese völlig entleert wird.

Von der Reizung der Nebennierenmarkszellen bis zur Freisetzung der Hormonportionen vergeht im Schnitt eine Zwanzigstelsekunde. Das erscheint gegenüber der Reaktionszeit einer Nervenzelle zwar als recht träge, doch kann sich das hormonale System etwas mehr Zeit lassen, weil das Blut längst nicht so schnell fließt, wie sich eine Nervenerregung ausbreitet. Den Wissenschaftlern stellt sich nun aber die Frage, worin sich die einander sonst so ähnlichen Freisetzungsmechanismen von Adrenalin und Noradrenalin in Nerven- und Nebennierenmarkszellen voneinander unterscheiden, wodurch es also den Nervenzellen gelingt, um so vieles schneller zu reagieren.⁶⁵

⁶⁵ Vgl. dazu Martin Ebeling. Psychologie heute, 8/1992, S. 42ff.

Aus neueren Untersuchungen geht hervor, dass - wie nicht anders zu erwarten - weitere Hormone beim aggressiven Handeln beteiligt sind. Inzwischen wird die Rolle des Serotonin immer deutlicher. Serotonin ist neben Acetylcholin, Adrenalin, Dopamin und Noradrenalin ein Neurotransmitter mit wichtigen Funktionen der Informationsübertragung im Gehirn.

Wie neuere Studien zeigen, scheint Serotonin den Wolf im Menschen genauso lammfromm zu machen wie ein deutlicher Mangel an Serotonin umgekehrt die Aggressivität zu erhöhen scheint. Im Laborversuch senkten Wissenschaftler künstlich den Serotoninspiegel ihrer Probanden. „Serotoninarm“ waren sie eher bereit, anderen Menschen Elektroschocks zuzufügen.

So konnte bei verhaltensauffälligen aggressiven Kindern und jungen Erwachsenen ein niedriger Serotoninspiegel nachgewiesen werden; ähnlich niedrige Serotoninwerte fand man auch bei Suizidpatienten - die insofern als aggressiv gelten, da sie Gewalt gegen sich selbst richten. Menschen mit hohem Serotoninspiegel dagegen gelten als entspannt, gelassen, vertrauensvoll, optimistisch und durchsetzungsfähig.

Da Serotonin bei Schmerzempfindung, Aggressivität und depressiven Symptomen eine Rolle spielt, wird es auch in der Psychopharmakologie immer wichtiger: Medikamente, die beispielsweise wie Fluctin („Prozac“) gezielt den Serotoninspiegel im Gehirn erhöhen, gelten als wirksame Antidepressiva und „Aufheber“.

Gestützt auf solche Forschungen, spekulieren insbesondere amerikanische Psychiater und Politiker, daß eine individuelle Serotoninprobe im Labor möglicherweise Prognosen über die Gewaltbereitschaft des einzelnen Menschen erlaube. Dieser geistig-seelische ‚Fingerabdruck‘ rechtfertige dann ‚Vorbeugemaßnahmen‘ wie Therapie und besondere Überwachung. Über den Serotoninspiegel scheint ihnen also eine Art »Gewalt-Test« in greifbarer Nähe gerückt. Kritiker melden allerdings starke Zweifel an diesem »Serotonin-Test« an: Gewaltbereitschaft lasse sich nicht am Serotoningehalt festmachen, so wie man eine Blutgruppe feststellt.⁶⁶

Gehirn, Geist und Umwelt stehen offensichtlich in einem engen Wechselverhältnis. So können der biologische Tagesrhythmus (gegen vier Uhr morgens erreicht der Serotoningehalt im Blut Spitzenwerte), die Jahreszeit (Sonnenlichtmangel fördert die Serotonausschüttung) oder bestimmte Krankheiten den Serotoninhaushalt beeinflussen. Auch die soziale Umwelt spielt in dieser Biochemie der Gefühle und Gedanken eine Rolle.

Der Evolutionspsychologe Martin McGuire hat gezeigt, daß in einer Studentenverbindung die statushohen Mitglieder zumeist über den höchsten Serotoningehalt verfügten, derweil er bei statusniederen, rivalisierenden Mitgliedern geringere Meßergebnisse verzeichnete - doch diese Ergebnisse lassen nicht darauf schließen, daß der Serotoningehalt ähnlich einem „biological marker“ über die Kampflust entscheidet. Es scheint sich um variable Größen zu handeln: Wer die soziale Leiter emporklettert, verfügt auch über einen höheren Serotoningehalt und über ein gesundes Selbstbewußtsein.

Die Serotoninkonzentration unterliegt offenbar nicht als »feste Größe« einem individuell genetischen Programm. Daher versprechen auch Spekulationen über „Serotonin-Spritzen“ als Allheilmittel gegen Gewalt und Verbrechen keine Lösung.

⁶⁶ Siehe dazu Psychologie heute 1/96.

Eher im Gegenteil: Mediziner empfehlen, sich durch Meditation oder Autogenes Training das Serotonin als „körpereigenes Psychopharmakon“ zunutze zu machen.⁶⁷

Inzwischen ist erkannt worden, dass „die Amygdala bei der Kontrolle aggressiven Verhaltens eine zentrale Rolle (spielt). Sie ist das Bewertungszentrum für Umweltreize nach den Kriterien *gefährvoll* - *angstvoll*. Amygdaläre Kerne erhalten sensorische Informationen aus der Großhirnrinde und anderen Gehirnzentren und vergleichen sie mit entsprechenden Gedächtnisinhalten (d.h., es wird festgestellt, welche Konsequenzen ein Verhalten hatte, das aufgrund dieser oder ähnlicher Sinneserlebnisse auftrat). Die Amygdala ist aber nicht nur wichtig für die Bewertung selbst, sondern auch für die Steuerung der mit Aggression und Verteidigung einhergehenden körperlichen (autonomen) Reaktionen wie erhöhtem Herzschlag, schnellem Atmen, Haaresträuben, Schweißausbruch, Angst, Erregung und für die aggressiven Verhaltensweisen wie Angriff, Verteidigung, aber auch Flucht. Die Amygdala ist also für das Erkennen gefährvoller Umweltreize und -ereignisse zuständig, sie steuert (oder verkörpert vielleicht sogar) das *Angstgedächtnis*. Entfernung der Amygdala führt dazu, daß keine Angst- und Fluchtreaktionen mehr von normalerweise drohenden Reizen ausgelöst werden (Katze bleibt beim Anblick eines Hundes unerregt). Es gibt jedoch auch Berichte einer erhöhten Aggressivität nach Entfernung der zentralen und basalen Kerne bei Katzen. Bei Ratten führt eine Entfernung der basalen, lateralen und medialen Nuclei der Amygdala stets zur Reduktion von Aggressivität. Patienten ohne Amygdala (eine sehr seltene Erkrankung) sind unfähig, aus negativen Erfahrungen zu lernen“.⁶⁸

⁶⁷ Oliver Steeger, in: Psh 2/96, S. 50

⁶⁸ Roth, Gerhard: Ist das Böse angeboren? A.a.O., S. 42f.

2.2.2 Sind Jungen aggressiver?

Im Zusammenhang mit Aggressivität darf nicht vermieden werden, auf den geschlechtsspezifischen Aspekt einzugehen. Für die Ausprägung des typisch männlichen Verhaltens scheint eine bestimmte Testosteron-Konzentration im Blut ausreichend zu sein (z.B. 1 bis 2 Nanogramm pro ml). Steigt der Testosteron-Spiegel nur geringfügig über die Norm, verstärkt dies nicht unbedingt die männlichen Eigenschaften, wohl aber, wenn der Östrogen-Spiegel sehr niedrig ist. Männliches, testosteronbestimmtes Sexualgehabe und aggressives Verhalten zeigen enge Zusammenhänge. Im Emotionalen System und in der Hypophyse werden Emotionen, Lust, Sexualität und Aggression zwar koordiniert gesteuert, aber dennoch vermischt. Der Hypothalamus stimuliert in mehreren Schritten eine vermehrte Ausschüttung von Testosteron.⁶⁹ Tierversuche zeigen, daß die Zufuhr von *Androgenen* (bei gleichbleibendem Östrogenanteil) das Aggressionspotential erhöht. Von solchen Erfahrungen geht auch die Gerichtsmedizin aus; so fordern einige Gerichtsmediziner, daß Männer, die wegen ihres triebhaft übersteigerten sexuell-aggressiven Handelns straffällig geworden sind, kastriert werden sollen. Die Kastration erfordert die Zustimmung des Betroffenen und wird entweder durch eine operative Entfernung der Hoden vorgenommen oder durch die Verabreichung von Mitteln, die die Testosteron-Wirkung aufheben. Von der Boulevardpresse werden solche 'Fälle' voyeuristisch ausgeweidet. Obwohl forensisch empfohlene Kastrationen ethisch kaum vertretbar sind, da es andere Therapiemöglichkeiten gibt, liegen Erfahrungen über medikamentöse und chirurgische Kastrationen vor: Nach diesen Eingriffen schwindet allmählich der Sexualtrieb, und auch das aggressive Verhalten läßt bei vielen nach.

Warum sind nun Jungen meist aggressiver als Mädchen? Erste geschlechtsspezifische Unterschiede sind bereits bei Einjährigen zu beobachten.

Jungen initiieren mehr Konflikte und sind häufiger deren Opfer, ihre Aggression ist eher aktiv und unselektiv, die der Mädchen dagegen eher reaktiv und zielgerichtet. Es finden sich im Kindergarten- und Grundschulalter aber noch weitere geschlechtstypische Vorlieben im Umgang mit der Aggression. Betrachten wir hierzu den Verlauf einer Auseinandersetzung: Anlässe zum Streit sind bei Jungen vorwiegend Besitzkonflikte und Konflikte, in denen es um soziale Anpassung geht („Hier darf man nicht ... !“). Mädchen hingegen neigen zu Übergriffen in fremde Aktivitäten. Auch bei den möglichen Eröffnungsschritten eines Konfliktes gibt es typische Geschlechtsunterschiede. Während Jungen ihrem Gegenüber am liebsten Schmerzen androhen, drohen die Mädchen eher mit Kontaktentzug („Ich spiel' nicht mehr mit dir!“). Andere Anfänge eines Konfliktes können verbale Verbote, das direkte Ergreifen eines Objektes oder eine körperliche Drohung sein, das heißt, eine Bewegung wird angedeutet, aber noch nicht ausgeführt (beispielsweise ein Schlag). Dieses Zeigen, „was wäre, wenn“, ist ein konstanter, angeborener Bewegungsablauf und geht meist mit heruntergezogenen Augenbrauen und einem Drohstarren einher. Kommt es zur Tat, schlagen 30 Prozent aller Jungen, aber nur 15 Prozent aller Mädchen sofort zurück,

⁶⁹ Roth verdeutlichte vor kurzem erneut, dass „bei männlichem Aggressionsverhalten... das Sexualhormon Testosteron die wichtigste Rolle (spielt)“. (Roth: „Ist das Böse angeboren?“ A.a.O., S. 45.).

gleichgültig, ob es sich um Mixtecan-Indianer aus Mexiko oder um Großstadtkinder aus den Vereinigten Staaten handelt.

Wie sind diese transkulturell vorkommenden Geschlechtsunterschiede zu erklären? In allen Kulturen spielen Jungen die wilderen Spiele und rennen mehr herum als Mädchen. Jungen haben mehr Androgene in ihrem Blut als Mädchen. Doch einige Mädchen kommen aufgrund pränataler Einflüsse mit einem erhöhten Androgenspiegel zur Welt; diese Mädchen zeigen physische und psychische Veränderungen. Sie sehen männlicher aus, spielen männlichere Spiele und spielen lieber mit Jungen. Doch jede weitere Vermutung geht ins Leere: Diese „Wildfänge“ sind keineswegs aggressiver als ihre nicht-„überdosierten“ Geschlechtsgenossinnen.

In den letzten Jahren ist nun aufgrund hirneurophysiologischer Studien schon etwas mehr Licht ins Dunkel der geschlechtsspezifischen Unterschiede gekommen. Neurologische und endokrinologische (hormonelle) Untersuchungen haben die Vorgänge erhellt, aus denen sich Geschlechtsunterschiede in der Funktionsweise des Gehirns ergeben. So differieren die Geschlechter in spezifischen kognitiven Fähigkeiten, aber nicht in der Gesamtintelligenz.

„Im Durchschnitt haben Männer ein besseres räumliches Vorstellungsvermögen. Insbesondere lösen sie leichter Aufgaben, bei denen die Versuchsperson einen Gegenstand in der Vorstellung drehen oder auf andere Weise handhaben soll. Auch bei Tests, die mathematisches Schlußfolgern oder die Orientierung über einen Weg verlangen, sind sie Frauen überlegen. Zudem schneiden sie beim Einsatz zielgerichteter motorischer Fertigkeiten – beim Werfen oder Auffangen von Gegenständen – besser ab.“⁷⁰ Frauen können dafür im allgemeinen schneller zusammenpassende Objekte erkennen, haben gleichsam eine höhere Wahrnehmungsgeschwindigkeit. Sie verfügen über eine höhere verbale Gewandtheit (Wortflüssigkeit). Sie können schneller die geeigneten Worte finden.

Auch in bezug auf das Gedächtnis sieht es bei Frauen anders aus. Frauen haben nach Erkenntnis US-amerikanischer Wissenschaftler nicht nur ein besseres Gedächtnis als Männer, ihr Gehirn sei auch aktiver und schrumpfe im Alter nicht so schnell wie das der Männer. Das alles wollen die Forscher bei mehr als 50 000 Gedächtnistests herausgefunden haben. Die Tests fanden an der Forschungseinrichtung Psychologie in Scottsdale im US Bundesstaat Arizona statt.

Am besten könnten sich Menschen an Ereignisse erinnern, die sie mit Gefühlen verbinden, hieß es. Frauen nutzten die rechte Hirnhälfte, die für die Verarbeitung von Gefühlen verantwortlich ist, intensiver. Wenn das Gehirn eines Mannes arbeitet, träten nur Nervenzellen in ganz bestimmten Hirnbezirken in Aktion. Bei Frauen dagegen seien die aktivierten Gehirnzellen flickmusterartig verteilt. „Sie erkennen schneller Zusammenhänge, manche bezeichnen das als emotionale Intelligenz, andere als weibliche Intuition“.

Untersuchungen zeigten auch, daß das männliche Gehirn schneller schrumpfe als das weibliche. Folgen seien schlechteres Gedächtnis und geringere Konzentrationsfähigkeit, depressive Verstimmungen und eine größere Reizbarkeit.⁷¹

⁷⁰ Kimura, Doreen: Weibliches und männliches Gehirn. Spektrum der Wissenschaft, H.11/1992, S.104

⁷¹ Vgl. Frankfurter Rundschau, 2./3.6.99

Warum sollten diese Unterschiede nicht auch ihre Wirkung bei aggressiven Auseinandersetzungen zeitigen? Daß Jungen eher als Mädchen in Revierkämpfe verwickelt sind, sich dafür seltener verbal auseinandersetzen, mag damit zusammenhängen, daß sie in der einen Hinsicht besser, in der anderen schlechter als Mädchen ausgestattet sind.

Verfolgen wir eine andere Spur, die gängige Sozialisationshypothese, die Geschlechtsrollenübernahme.⁷² Nicht nur Mütter, auch andere erwachsene Gesellschaftsmitglieder reagieren unterschiedlich auf männliche und weibliche Babys und lassen ihnen verschiedene „Behandlungsstile“ angedeihen. Im zweiten und dritten Lebensjahr entwickelt ein Kind sein „subjektives Geschlecht“. Viele Dreijährige kennen bereits die Verhaltenserwartungen, die sich in den herkömmlichen Geschlechtsstereotypen niederschlagen, wie: Mädchen sind braver, Jungen sind stärker. Beim Eintritt in die Grundschule haben sie ihre Geschlechterrolle voll übernommen. Die modernste Theorie zur Geschlechtsrollenübernahme kommt von der Kognitionspsychologie, sie deutet sie als Serie von kindlichen Einsichten. Das Kind erkennt, daß es Junge oder Mädchen ist, daß es das sein Leben lang bleiben wird und daß von beiden Geschlechtern Unterschiedliches erwartet wird. Ob es diese Information aus direkter Instruktion, zufälligen Bemerkungen, beim eigenen Vergleich mit den Eltern, durch Lob und Tadel bei adäquat oder nicht adäquat gezeigten Verhaltensweisen oder durch Fernsehsendungen und Bücher erhält, spielt für die Kognitionspsychologen eine untergeordnete Rolle. Aber auch sie benötigen zur Stützung ihrer Hypothese eine vorgeburtliche Kraft, fetale Prozesse der Hirnprägung sollen den Impuls zur stärkeren Betrachtung und Bevorzugung des eigenen Geschlechts geben. Kognition und Lernprozesse bauen darauf auf.

Sind Jungen also vor allem aggressiver, weil sie denken, daß ein Junge so sein sollte? Manche Biologen vermuten dahinter einen ultimativen, evolutionsbiologischen Sinn: Männer und Frauen haben sich im Dienste effektiver Vermehrung arbeitsteilig spezialisiert. Das hat zur Folge, daß jedes Geschlecht bestimmte Aufgaben leicht, andere schwerer oder gar nicht erfüllen kann.

Männer waren im Pleistozän⁷³ Jäger, Gruppenverteidiger, Beschützer von Frau und Kind und konkurrierten mit Nebenbuhlern um Frauen, deswegen sind sie infolge der Selektion besonders groß, stark und aggressiv. Die Rolle der Frau war es, neben dem Sammeln von Nahrung, Kinder zu gebären, zu nähren und aufzuziehen. Sie ist in Körperbau und Physiologie auf Geburt und Stillen spezialisiert. Schlägt unsere stammesgeschichtliche Vergangenheit auch heute noch zu Buche? Verfestigt die Kultur vielleicht nur Charakterzüge, die uns bereits in die Wiege gelegt wurden? Daß die vorgegebene biologische Richtschnur verlassen und verändert werden kann, zeigen alleinerziehende Väter, bewußt kinderlose Frauen und vieles mehr. Schließlich gibt es auch in Sachen geschlechtsdimorpher Aggression kulturelle Unterschiede. So trainieren bei den australischen Walbiri schon die kleinen Mädchen den Zweikampf mit Grabstöcken. Erwachsene Frauen perfektionieren sich dann in der Kunst, sich gegenseitig auf den Schädel zu schla-

⁷² Siehe dazu auch Degen: Lexikon der Psycho-Irrtümer, S. 100ff.

⁷³ Pleistozän: fr. Diluvium, untere Abteilung des Quartärs; mit starker, viermaliger Vereisung der Nordhalbkugel (etwa 2 000 000 bis 20 000 v.Chr.); zw. den Eisvorstößen sind drei Warmzeiten nachgewiesen; erstes Auftreten des Menschen. Es gab viele, z. T. heute ausgestorbene, kälteliebende Tiere u. Pflanzen. Auch Eiszeit.

gen. Ähnliche Verhaltensweisen lassen sich auch bei den südamerikanischen Yanomami-Indianern beobachten.⁷⁴

Wie der interkulturelle Vergleich zeigt, sind gewisse Spielräume in der Geschlechtsdifferenzierung möglich.⁷⁵ Andererseits sind *gewisse anlagebedingte (hormonelle) Grenzen nicht zu überwinden*. Es bekommt vielen Jungen nicht, wenn ihnen bereits in der Kindheit verbale Auseinandersetzungsformen aufgezwungen werden. Raufereien und Spiele mit Holzgewehren und ähnlichen Gegenständen sollten als Förderung der Wahrnehmungsfähigkeit eher unterstützt als behindert werden.⁷⁶ Allerdings ist es ebenso sinnvoll – gegebenenfalls –, Mädchen zum berechtigten Kampf gegen rauhbeinige Kerls zu ermuntern.

⁷⁴Vgl. dazu Eibl-Eibesfeldt, Irenäus: Der Mensch – das riskierte Wesen. Zur Naturgeschichte der menschlichen Unvernunft. München 1988

⁷⁵Wir sollten bei diesen kulturvergleichenden Studien allerdings sehr kritisch sein. Zu oft haben europäische bzw. nordamerikanische 'Feldforscher' nur das gefunden, was sie finden wollten. Ein Paradebeispiel sind die Studien der berühmten amerikanischen Anthropologin Margaret Mead. Sie hatte bekanntlich das Bild der friedlichen Samoaner geprägt. Leider ist fast nichts davon wahr (vgl. Freeman, Derek: Liebe ohne Aggression – Margaret Meads Legende von der Friedfertigkeit der Naturvölker. München 1983) Ähnlich verhält es sich mit dem Bericht von Jean Liedloff: 'Auf der Suche nach dem verlorenen Glück. Gegen die Zerstörung unserer Glücksfähigkeit in der frühen Kindheit. München 1982', der in siebziger Jahren für Furore sorgte. Zur Widerlegung siehe: Van de Loo, Marie-José/Reinhart, Margarete: 'Kinder – Ethnologische Forschungen in fünf Kontinenten.' München 1993.

⁷⁶Ich selbst habe als Kind leidenschaftlich gern Indianer- und Räuberspiele gespielt, was nicht verhindert hat, daß ich mit 24 Jahren den Kriegsdienst verweigerte.

Zusammenfassung: Adrenalin und das ihm nahe verwandte Noradrenalin spielen eine wichtige Rolle sowohl im Nervensystem als auch im Hormonhaushalt des Menschen. Als Hormone setzen sie bei Stress- und Angstsituationen die letzten Reserven des Körpers für Fluchtreaktionen frei. An den Nervenendigungen dienen sie als Signalstoffe. In dieser Funktion als Neurotransmitter haben sie an den Synapsen aktivierende bzw. hemmende Wirkung.

In bezug auf die geschlechtlichen Unterschiede, die auf geirnhysiologischen Differenzierungen basieren, ist festgestellt worden, daß es Zusammenhänge zwischen der Höhe des Hormonspiegels und dem Sexualverhalten gibt. Männliches, testosteronbestimmtes Sexualgehave und aggressives Verhalten zeigen enge Zusammenhänge. Entsprechend sind auch aggressive Spiele der Jungen kein Zeichen von Bösartigkeit, sondern ein entwicklungsbedingt notwendiges Stadium.

Unter den meisten Wissenschaftlern herrscht allerdings Einigkeit, daß keine der 'hormonellen Tatsachen' ausreichen, um die unterschiedliche Stellung der Geschlechter in der Gesellschaft zu erklären.

2.3 Angst

„Es gibt keine Sozialisierung und kein Lernen ohne Angst.“
Bruno Bettelheim

2.3.1 Die Natur der Angst

Wenn es eine Grundbefindlichkeit gibt, die alle Menschen eint, dann ist es die Angst. Wie alle Gefühle ist auch die Angst vielschichtig, zumindestens ambivalent.

„Viele Experten behaupten, daß dieses beunruhigende Gefühl von Sorge und Ungewißheit – in Maßen empfunden – eine sehr gute Sache ist, und in der Tat zeigen die meisten normalen Menschen ein gewisses Maß an Angst. Gleichzeitig gilt Angst in extremer Form, wenn nicht als eigenständige Krankheit, so doch als Symptom, das ähnlich wie Fieber einen Krankheitsprozeß anzeigt. Man kann aber keineswegs ausschließen, daß es eine Gruppe von Menschen gibt, bei denen ein ausgeprägtes Angstgefühl genetisch fixiert ist und daher als eigenständige Krankheit betrachtet werden sollte; allerdings liegt dafür zum jetzigen Zeitpunkt noch kein wissenschaftlicher Beweis vor.“⁷⁷

In extremen Formen ist Angst alles andere als ein leichtzunehmender Gefühlszustand. „Leider ist Angst für allzu viele Menschen eher ein lähmendes Hindernis, das sie davon abhält, die selbstgesetzten Ziele zu erreichen. Menschen mit starken Angstgefühlen können davor zurückschrecken, zu anderen Kontakt aufzunehmen, und von ihrer inneren Erregtheit so stark in Anspruch genommen sein, daß sie Schwierigkeiten haben, sich auf ihre Arbeit oder irgendeine andere Tätigkeit zu konzentrieren. Bei extrem ängstlichen Personen kann es dazu kommen, daß ihnen das Leben keinen Spaß mehr macht; an diesem Punkt geht dann ihr Angstzustand in Depression und Hoffnungslosigkeit über. Da dieser Verlauf bei so vielen Patienten zu beobachten ist, glauben einige Fachleute, daß zwischen den cerebralen Mechanismen, die Angst auslösen, und jenen, die zu Depressionen führen, ein enger Zusammenhang besteht – auch wenn Versuche, Angstzustände mit Antidepressiva zu behandeln, dies noch keineswegs schlüssig bewiesen haben. Andere Wissenschaftler sehen die beiden Zustände als eindeutig voneinander abgegrenzte Phänomene an, halten aber starke Angst für so zerstörerisch, daß jeder vernünftige Mensch sie als deprimierendes Erlebnis empfindet. Bedauerlicherweise sind derart schwere Angstzustände erstaunlich häufig; mindestens fünf bis zehn Prozent der Weltbevölkerung leiden darunter. Demnach wird sich alles, was Wissenschaft und Medizin zur Beseitigung von Angstsymptomen beitragen können, als wahrer Segen für Millionen angstgequälter Männer und Frauen erweisen.“⁷⁸

Die Vielschichtigkeit der Angst erschwert allerdings den Zugang und das Verständnis für diese Gefühl. Ich gebe an dieser Stelle die Analyse des Angstphänomens aus der Sicht von Solomon Snyder etwas ausführlicher wieder, weil ich keine zutreffendere Charakteristik der Angst in der neurobiologischen Literatur gefunden habe.

„Angst ist ein allgemeiner Begriff, der sich auf Gefühle ganz unterschiedlicher Intensität anwenden läßt, und (ist) daher schwer zu definieren ... Die Symptome schwerer Angstzustände erinnern stark an Schreckreaktionen und

⁷⁷Snyder, Solomon H.: Chemie der Psyche – Drogenwirkungen im Gehirn. Heidelberg 1988, S. 155.

⁷⁸Snyder, a.a.O., S. 155f.

tiefes Entsetzen, so daß wir Angst vermutlich am besten begreifen, wenn wir sie mit diesen Empfindungen vergleichen. In der Evolution des Menschen ist Furcht – ähnlich wie Schmerz – von hohem Überlebenswert gewesen, denn diese Empfindung warnt den Organismus vor Gefahr. Die körperlichen Veränderungen, die mit einer Schreckempfindung gekoppelt sind, versetzten unsere Vorfahren in die Lage – und erlauben es uns auch heute noch in gewissen Situationen –, mit bedrohlichen Ereignissen fertig zu werden. Furcht löst jene bekannte *fight or flight*-Reaktionen des Körpers aus, die alle Menschen von Kindheit an kennen.

Der Herzschlag erhöht sich, wodurch mehr Blut in Arme und Beine gepumpt wird; das wiederum steigert die Kraft, um entweder den Kampf mit dem Angreifer aufzunehmen oder so schnell wie möglich davonzurennen. Wenn wir Angst bekommen, atmen wir tief und schnell, und die Atemwege unserer Lunge erweitern sich, um mehr Sauerstoff aufnehmen zu können. Letzteres ist notwendig, um das Blut, das nun rascher durch den Körper zirkuliert, mit Sauerstoff zu sättigen. Auch schwitzen wir stark, um die von der gesteigerten Muskelaktivität herrührende zusätzliche Körperwärme abzuführen.⁷⁹

Von einigen Psychiatern wird Angst definiert „als eine Schreckreaktion ohne adäquaten Reiz. Dies wird aber dem qualvollen Leiden von Patienten mit schweren Angstzuständen kaum gerecht. Die subjektive Empfindung von Angst kann wesentlich beunruhigender sein als ein Schreck, da der Patient nicht die Ursache seiner Qual kennt, und das Unbekannte ist stets furchterregender als das Bekannte. Die allgemeine ängstliche Unruhe, die jeden Aspekt des Lebens der Betroffenen durchdringt, mag genauso schwer auszuhalten sein wie ein ständiger und schwerer körperlicher Schmerz.

Gelegentlich wird vor allem von den Fachleuten Angst von Furcht unterschieden. „Angst und Furcht sind eng verwandt. Beide sind Reaktionen auf schädliche oder potentiell schädliche Situationen. Angst wird gewöhnlich von Furcht durch die Abwesenheit eines äußeren Reizes unterschieden, die die Reaktion hervorruft - die Angst kommt von innen, die Furcht aus der Außenwelt.“⁸⁰

Fast alle ängstlichen Menschen betonen, daß sie keinerlei Vorstellung haben, warum sie sich so unbehaglich fühlen. Selbst nach Monaten oder gar Jahren intensiver Psychotherapie mit dem Ziel, die Ursache ihres Problems offenzulegen, gelingt es vielen Patienten nicht, Verbindungen zwischen ihrer gegenwärtigen Agonie und Gefühlen herzustellen, die sie gegenüber Vater, Mutter, Ehepartner oder Geschwistern hegen. Im verzweifelten Bemühen, irgendeinen Grund für ihre tiefe Angst zu finden, weisen die Patienten allem möglichen in ihrer Umgebung die Schuld zu: einer geringen Verschlechterung der beruflichen Situation, dem laut bellenden Hund eines Nachbarn, einer Grippe, dem unfolgsamen Sohn oder der widerspenstigen Tochter. Die meisten dieser Bestrebungen, den Zustand zu rechtfertigen, helfen nicht, die Qual zu lindern. Unverändert klagen die Patienten über eine innere ‚Zittrigkeit‘, eine extreme Verunsicherung, Katastrophenstimmungen und eine Furcht vor allem und jedem um sie herum. Heranwachsende, die mit den entwicklungsbedingten Veränderungen ihres Körpers und den sich wandelnden Beziehungen zu ihren Mitmenschen konfrontiert sind, neigen dazu, sich unsicher zu fühlen, und zeigen viele der typischen

⁷⁹ A.a.O., S. 156.

⁸⁰ LeDoux, Joseph E.: Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. München 1998, S. 245

Angstsymptome, doch bessert sich gewöhnlich der psychische Zustand von Teenagern zusehends, sobald sie erwachsen sind.

Die subjektive Empfindung von Angst wird häufig von körperlichen Krankheitssymptomen begleitet. Tatsächlich suchen viele Patienten mit schweren Angstzuständen ihren Arzt zunächst wegen körperlicher Beschwerden auf, ohne ihre Gefühlswelt zu erwähnen. Die häufigsten physischen Komplikationen dürften Herzbeschwerden sein. Zahlreiche Patienten nehmen ihren eigenen Herzschlag, der beschleunigt oder normal sein kann, überaus deutlich wahr. Ein heftiges Schlagen des Herzens gegen die Brust beunruhigt sie, besonders wenn sie auf der Seite liegen. Diese emotional bedingte 'Mehrarbeit' des Herzens ruft häufig Symptome hervor, die an eine Angina pectoris erinnern, denn die Schmerzen in der Brust können sogar bis in den Arm ausstrahlen. Was sich dabei abspielt, ist folgendes: Der erhöhte Herzschlag sorgt für einen höheren Sauerstoffbedarf. (Unter Angina pectoris versteht man den Schmerz, den man wahrnimmt, wenn bestimmte Nerven, die das Herz versorgen, als Reaktion auf einen relativen Sauerstoffmangel zu feuern beginnen.) Ein Teufelskreis baut sich auf, da die Furcht vor einem drohenden Herzinfarkt den Angstzustand des Patienten verschlimmert und die symptomatischen Herzbeschwerden verstärkt. Dieser Verlauf ist typisch für ängstlich erregte Menschen⁸¹.

2.2.3 Biochemische Grundlagen der Angst

„Tatsächlich gibt es zahlreiche Hinweise dafür, dass das Furchtverhalten des Menschen eine erbliche Komponente besitzt.“
Joseph LeDoux

Ob nun ein Forscher, der sich einem Phänomen wie dem der Angst zuwendet, seiner Überzeugung nach Biologist oder Kulturdeterminist ist, ist nur insofern von Bedeutung, als es möglicherweise seine Neugier lenkt, als es bestimmt, welche Hypothesen er aufstellt und welche er gar nicht erst erwägt. Am Ende jedoch werden alle seine Hypothesen dem Test der lebendigen Wirklichkeit unterworfen, die sie widerlegt oder bestätigt, und diesem Spruch muß er sich beugen. Dies gilt es immer zu bedenken, ob nun über Aufmerksamkeitsstörungen, Einnässen, aggressives Verhalten, Ängste und Phobien, Störungen im Leistungsverhalten oder sonstige Verhaltensstörungen reflektiert wird.

Nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung sind aus biochemischer Sicht neben der überragenden Bedeutung von **GABA** (Gamma-Amino-Buttersäure) folgende Botenstoffe bei der Angst beteiligt: **Melatonin**, Serotonin, Acetylcholin, Kinine; auch eine überhöhte Ausschüttung von Noradrenalin kann Angst erzeugen.

„Es scheint, daß die Phänomene der Angst und der Epilepsie in ihrem anfänglichen physiologischen Verlauf eng verwandt sind. Im Gehirn gibt es nämlich Kontaktstellen für chemische Laborsubstanzen (Beta-Carboline), die Angst, Übererregbarkeit, erhöhte Muskelspannung und sogar epileptische Krämpfe bewirken können. Es sind dieselben Kontaktstellen, an denen auch Beruhigungsmittel, die Benzodiazepine 'Librium' und 'Valium', wirken – eine höchst verwunderliche Erkenntnis! Je nach Wirksubstanz lassen sich an

⁸¹A.a.O., S. 157.

ein und derselben Kontaktstelle entgegengesetzte Reaktionen hervorrufen: Angst und epileptische Krämpfe einerseits, Ruhe und Entspannung andererseits.“⁸²

„Die Übertragung der Zellaktivitäten, die Angst und Epilepsie bzw. Ruhe und Entspannung hervorrufen, findet an Synapsen statt, die den Dialekt des Botenstoffs GABA sprechen. Jedesmal, wenn GABA die Zielzelle über die Synapse erreicht, wird sie gehemmt. Auf diese Bedeutung des ‘Gesprochenen’ nehmen Beruhigungsmittel wie ‘Librium’ und ‘Valium’ Einfluß. Sie verstärken die hemmende Wirkung von GABA. An denselben Synapsen können andere chemische Verbindungen (die erwähnten Beta-Carboline) die Wirkung von GABA abschwächen. Die ‘GABA-isch’ sprechenden Nervenzellen sprechen mit jenen Nervenzellen, deren Aktivität die Muskeln zusammenziehen läßt. Daher entstehen bei Abschwächung der GABA-Wirkung statt Beruhigung heftigste Angst- oder epileptische Anfälle.“⁸³

Das Bemerkenswerte am ‘GABA-Dialekt’ ist die Tatsache, daß die Wirkung des Botenstoffes an ein und derselben Synapse geschwächt oder verstärkt werden kann. Diese doppelte Wirkung ist einzigartig im Gehirn. Keiner der bis heute bekannten rund fünfzig Botenstoffe läßt sich wie GABA in zwei entgegengesetzten Richtungen beeinflussen. Dennoch ist das ‘GABA-ische’ ein verbreiteter Dialekt: Er wird von 40% der Nervenzellen des Hirns gesprochen.

Der ‘GABA-ische’ Dialekt hat eine lange und faszinierende Geschichte. Er wird in den Gehirnen aller Wirbeltiere (Fische, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugetiere) gesprochen, was bedeutet, daß er etwa 200 Millionen Jahre alt sein muß. Ältere, wirbellose Tiere verstehen nämlich mit ihren Nervenzellen noch kein ‘GABA-isch’. Man kann sich fragen, ob das komplizierte Angriffs- und Fluchtverhalten der hochbeweglichen Wirbeltiere das Auftreten des GABA-Dialekts notwendig gemacht hat. Immerhin sind ‘GABA-isch’ sprechende Nervenzellen vor allem im limbischen System (Gefühlshirn), im Kleinhirn und in den Großhirnzentren für die Bewegungssteuerung vertreten, eine Erkenntnis, die wir den aktuellen Studien der Roche-Forschergruppe um den Biochemiker Grayson Richards mit bildgebenden Verfahren (PET, Autoradiographie) verdanken. Das Kleinhirn ist für die Planung und Koordination der Bewegungen verantwortlich. Und daß sich Angst und Aggression im Gefühlshirn manifestieren, ist vom Wortgebrauch her plausibel; die Befunde von Richards liefern aber dafür erst den materiellen Beweis.

Die durch GABA bewirkte Hemmung ist zur Koordination von Bewegung wesentlich, denn die Ausübung einer bestimmten Handlung verwirklicht eine von unzählbaren Möglichkeiten, die alle durch gezielte Hemmung ausgeschlossen werden. Auch bei banalen, automatischen Bewegungsabläufen – wie dem Treppensteigen – findet ein unablässiges und unglaublich präzises Wechselspiel zwischen Hemmung und Förderung der Beinmuskeln statt. Wie schrecklich ein Versagen des Hemmsystems aussieht, erleben wir bei den Veitstanz-Patienten. „Bei diesen versagt die Hemmung im Steuersystem des Großhirns, das automatische Bewegungen veranlaßt. Diese sehr seltene und bis heute nicht behandelbare Erbkrankheit manifestiert sich erst nach dem vierzigsten Lebensjahr, beginnt mit Persönlichkeitsveränderungen, gefolgt von unkontrollierten tänzelnden

⁸²Hunziker, Ernst/Mazzola, Guerino: Ansichten eines Hirns – Aktuelle Perspektiven der Hirnforschung. Basel 1990, S. 36f.

⁸³ A.a.O., S. 37f.

Bewegungsmustern. Sie endet nach 10 bis 15 Jahren tödlich nach völliger Bewegungsunfähigkeit und Verblödung.“⁸⁴

Aufschlußreich sind für unseren Zusammenhang die neueren Untersuchungen der Neurobiologen auch insofern, als daß sie aufzeigen, welche hirnhysiologischen Zusammenhänge es zwischen Angst und Gedächtnis gibt. Wie ich schon ausgeführt habe, ist das Gedächtnis unser wichtigstes Sinnesorgan. Die Vermutung ist naheliegend, daß im sog. prozeduralen Gedächtnis (s.o., S. 54) auch Dinge gespeichert sind, die mit Angstzuständen gekoppelt sind. Bei diesen Untersuchungen wurde festgestellt, daß wieder mehrere Bereiche des Gehirns beteiligt sind. Wie ist man zu diesen Erkenntnissen gekommen?

Die Ausgangsfrage lautete: Auf welche Weise bewirken bestimmte Ereignisse oder Reizkonstellationen infolge individueller Erfahrungen einen Angstzustand? „Das meiste, was man über die Verknüpfung von Emotionen und Gedächtnis weiß, geht letztlich auf Experimente zurück, bei denen man Tiere auf Angst konditioniert.“⁸⁵ Aufgrund dieser Versuche ließ sich recht gut nachweisen, welche Gehirnareale an der Speicherung der Angstreaktionen beteiligt waren. Eine hervorragende Funktion kommt dabei der Amygdala zu.⁸⁶

Für therapeutische Zwecke wäre es nun bedeutsam herauszufinden, wie beständig solche Anpassungen auf ein unangenehmes Erlebnis wohl sind. „Man möchte schließlich wissen, ob belastende oder gar krank machende Inhalte des emotionalen Gedächtnisses wieder gelöscht werden können oder, sollte dies nicht möglich sein, wie sie sich wenigstens kontrollieren oder dämpfen lassen.“⁸⁷ In dieser Hinsicht stehen die Forschungen noch am Anfang. Nur soviel weiß man schon, daß vermutlich die gefühlsmäßige Speicherung und dementsprechend auch die Löschung bei jedem Menschen etwas anders funktioniert, was die vielfach unterschiedlichen gefühlsmäßigen Reaktionen von Menschen zumindestens etwas erklärt. In bezug auf die Löschung angstbesetzter Gedächtnisinhalte wird vermutet, daß auch dazu ein aktiver Prozeß notwendig ist, der mit funktionellen Veränderungen innerhalb der beteiligten Gehirnareale einhergehen muß. Löschungsvorgänge brauchen dementsprechend Zeit. Insofern lag Bruno Bettelheim gar nicht so falsch, wenn er davon ausging, daß die Heilung schwerer traumatischer Schädigungen bei Kindern etwa genausolange brauchte, wie die Schädigung bereits andauerte.⁸⁸

Zusammenfassung: Angst ist eine der grundlegendsten Gefühlsregung aller Lebewesen. In Maßen empfunden ist sie überlebenswichtig. Extrem ängstliche Menschen können als krank angesehen werden. Vielfältige körperliche Reaktionen gehen mit der Angst einher: erhöhter Herzschlag, tiefes und schnelles Atmen, Schweißausbruch, Muskelanspannung.

⁸⁴A.a.O., S. 38.

⁸⁵LeDoux, Joseph E.: Das Gedächtnis für Angst. Spektrum der Wissenschaft 8/1994, S. 76. Ausführlicher in: LeDoux, Joseph E.: Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. München 1998, S. 270 und passim

⁸⁶Siehe oben, S. 27ff.

⁸⁷LeDoux, Joseph E., a.a.O., S. 81.

⁸⁸Vgl. dazu Otto, Bernd: Bruno Bettelheims Milieuthérapie. 2., ergänzte Auflage. Weinheim 1993, S. 38.

Aus der Epilepsie-Forschung wissen wir, daß Angst und Epilepsie im Anfangsverlauf eng verwandt sind. Aus biochemischer Sicht sind neben der überragenden Bedeutung von GABA (Gamma-Amino-Buttersäure) viele andere Botenstoffe bei der Angst beteiligt (z. B. Melatonin, Serotonin und Noradrenalin). Neurologische Untersuchungen haben gezeigt, daß es ein spezifisches Gedächtnis für Angst gibt.

2.4 Depression

2.4.1 Die Natur der Depression

Als Depression wird ein Zustand der Traurigkeit, Hoffnungslosigkeit und Erregung oder Passivität bezeichnet, der Tage bis viele Wochen anhalten kann. Die Ausprägung dieses Zustandes reicht von depressiver Verstimmtheit bis zum depressiven Stupor (dumpfe Regungslosigkeit).

„Wenn man bedenkt, daß immerhin jeder zweite Selbstmord von einem Depressiven begangen wird, dann lohnt es sich, dem Selbstmordproblem besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Und jeder fünfte Depressive hat keine Hoffnung, daß ihm eine rettende Hand hilft, sich wieder in den Zeitstrom einzugliedern: Ein solcher Melancholiker steht willenlos abseits und nimmt sich das Leben. Daß ein totaler Verlust des Willens das Leben zur unerträglichen Qual macht, belegt, welche dominierende Rolle er spielt: Wollen ist (vielleicht) das halbe Leben.“⁸⁹

Der Wille zum Leben, der Lebenswille schlechthin ist eine der am meisten erwähnten Vokabeln der Philosophie. Bei Albert Schweitzer wird sogar das *Grundaxiom der Sittlichkeit* aus dem Willen zum Leben entwickelt. Schweitzer definiert diese „unmittelbarste und umfassendste Tatsache des Bewußtseins“ in folgender Weise: *„Ich bin Leben, das leben will, inmitten von Leben, das leben will.“*⁹⁰

Was ist aus der Sicht der Hirnphysiologie zum Phänomen des Willens zu sagen?

Neben dem Begriff der Seele ist der Begriff des Willens kaum faßbar. „Der Wille resultiert aus einer riesigen Fülle von Einzelinformationen aus Um- und Innenwelt eines Menschen ... Das Zustandekommen eines zielstrebigen und tragfähigen Willens kann als äußerst kompliziertes Zusammenspiel von Einzelmomenten eines Lebens nicht anders als labil sein. Kein Wunder, daß der Wille oft aus dem Gleichgewicht gerät.“⁹¹In bezug auf die bewußte Steuerbarkeit der Willensfunktion hat Roth vor kurzem ausgeführt, daß es „nach Auffassung der meisten Fachleute“ „eine Illusion zu sein“ (scheint), daß das Ich als der Autor seiner willentlichen Handlungen in Frage kommt. „Mein Gehirn plant meine Handlungen (oder reagiert reflexartig), ehe ich mir dessen bewußt werde.“ Alles scheint dafür zu sprechen, „daß sich unser Bewußtsein über die Natur unserer Handlungen – ob Willkürhandlung, Reflexhandlung oder durch Drogen oder ähnliches ‘aufgezwungen’ – nach den Prozessen in unserem Gehirn richtet und nicht umgekehrt“.⁹² Diese Vermutung sollte bei der Interpretation depressiver Verhaltensweisen nicht außer acht gelassen werden!

In der Regel treten die schwersten Formen der Depression erst nach der Pubertät auf. Suizid aufgrund von Depressionen kommt bei Kindern kaum vor und bei Jugendlichen äußerst selten.

Trotzdem lassen sich bei Kindern/Jugendlichen bereits depressive Züge erkennen. Der inflationäre Gebrauch des Wortes hat nahezu jedes Bewußtsein dafür

⁸⁹Hunziker, Ernst/Mazzola, Guerino: Ansichten eines Hirns – Aktuelle Perspektiven der Hirnforschung. Basel 1990, S. 32.

⁹⁰Siehe dazu Otto, Bernd: Albert Schweitzers Beitrag zur Friedenspolitik. Hamburg 1974.

⁹¹Hunziker/Mazzola, ebenda.

⁹²Roth, Gerhard: Das Gehirn und seine Wirklichkeit – Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen. Frankfurt/M. 1994, S. 265.

ausgelöscht, daß die Depression in manchen Fällen eben nicht nur eine situationsgerechte Verstimmung ist, die nach angemessener Zeit von selbst verfliegt, sondern eine Krankheit, eine Seelenkrankheit sozusagen, eine nicht weniger ernste Krankheit als Krebs oder Aids, schrecklich und gefährlich. Schrecklich, weil sie die intimste Stelle der Seele trifft, bis sich die Befallenen selber nicht mehr erkennen. Gefährlich, weil ihr Ausweg oft tödlich ist, denn viele Depressionskranke meinen nur noch ein sinnvolles Ziel zu haben: ihrem Leben ein Ende zu setzen.⁹³

Ich will an dieser Stelle die gesamte Breite des Phänomens nicht darstellen. Im Zusammenhang der Hirnphysiologie sei nur soviel gesagt, daß es sich bei der Depression wie bei der Angst um eine Störung handelt, die ihre Basis im Gehirn hat. Entsprechend sind depressive Stimmungen von Kindern/Jugendlichen nicht zu verniedlichen. Außerdem sei darauf verwiesen, daß heute in der Wissenschaft nicht mehr zwischen exogener und endogener Depression unterschieden wird.

„Entsprechend der Variabilität beteiligter Gefühle sind Depressionen stets durch eine *Vielzahl* von sozialen, psychologischen und biologischen Einflußfaktoren ausgelöst. Die Klassifikation in *endogene (biologischbedingte) und exogene (umweltbedingte) Depressionen* ist irreführend und empirisch nicht haltbar. Dem trägt auch die neue Klassifikation der Depressionen im DSM-III-R (1987)⁹⁴ Rechnung, die nurmehr nach der *Intensität* der Störung und nach der Präsenz von psychotischen Symptomen (Halluzinationen, Wahn) unterscheidet.“⁹⁵

Die Alltagssprache leistet der fatalen Verniedlichung dieser Krankheit Vorschub. Der Kranke, der der Mitwelt seinen besonderen Zustand verständlich machen will und dem dafür nur ein Allerweltswort wie „Bedrücktheit“, „Niedergeschlagenheit“ oder eben „Depression“ zu Gebote steht, kann kaum mehr erwarten als die Reaktion: „Ich bin auch manchmal nicht gut drauf, rei dich zusammen, wird schon wieder werden.“ Einem Krebskranken sagt niemand dergleichen.

Tatsächlich schätzt man, daß sich nur jeder dritte behandlungsbedürftige Depressionskranke jemals an einen Arzt wendet – selbst in den Vereinigten Staaten, wo in den letzten zwanzig Jahren viel unternommen wurde, das ärztliche wie das öffentliche Bewußtsein für die autonome Depression als relativ klar erkennbare und meist wirksam behandelbare Krankheit zu schärfen. Und aller Aufklärungsarbeit zum Trotz wird bei weitem nicht jeder Arzt die richtige Diagnose stellen und das dem Wissensstand Entsprechende tun.

Man muß also vermuten, daß hier eine enorme Lücke zwischen durchaus gegebenen Möglichkeiten und dem Gebrauch klafft, der von ihnen gemacht wird – eine Kluft vor allem aus Unkenntnis.

Eine emotionale Abwehr kommt noch hinzu. Schon der Gesunde will nicht glauben, daß die Methoden der Wissenschaft seinem Seelenleben je gerecht werden könnten. Der Depressionskranke, zu dessen Krankheitssymptomen ja eben die völlige, sozusagen prinzipielle Hoffnungslosigkeit auch dort gehört, wo es Hoffnung gibt, glaubt nicht, daß ausgerechnet die ruppige Medizin Hilfe für ihn haben soll.

⁹³Vgl. Zimmer, Dieter E.: Depression. Zeitmagazin, 16.11.1990 und 23.11. 1990.

⁹⁴ Mit DSM-III-R (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders) ist der Katalog der *American Psychiatric Association* gemeint, in dem die für alle amerikanischen Ärzte und Psychiater verbindlichen Definitionen sämtlicher psychischer Störungen zusammengestellt sind.

⁹⁵ Birbaumer, N./Schmidt, R.F.: Biologische Psychologie. Berlin/Heidelberg/New York 1990, S. 605.

Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde zunehmend klar, daß es das volle Krankheitsbild auch ohne psychotische Symptome gibt, daß diese sogar die Ausnahme sind. Meist bleibt der Verstand völlig klar: Nur das Gefühl, der Affekt, die „Stimmung“ stimmt zeitweise gar nicht mehr. Erst dann begann man, sich für das Vorkommen der Depression in der allgemeinen Bevölkerung zu interessieren und zu ahnen, wie weit sie verbreitet ist.

Genauere Zahlen sind hier viel schwerer zu gewinnen als bei anderen Krankheiten. Für Hepatitis oder Diabetes gibt es objektive Tests; schwere Depressionen aber heben sich nur in unendlich feinen Abstufungen von normalen Seelenlagen ab. Etliche ihrer Symptome können von manchen anderen körperlichen oder geistigen Krankheiten hervorgerufen werden. Zuverlässige, objektive Tests wurden und werden gesucht, bisher jedoch nicht gefunden. Die Diagnostiker können sich letztlich nur an ihren Eindrücken orientieren. Kein Wunder, daß sie oft nicht übereinstimmen. So kommt es, daß das Ausmaß dieses Leidens erst in den letzten fünfzehn Jahren sichtbar wurde, als man sich weltweit immer mehr auf bestimmte Kriterien verständigte.

Etwa dreizehn bis zwanzig Prozent aller Menschen haben gerade depressive Symptome. Etwa jeder vierte von ihnen, mehr als vier Prozent insgesamt, macht eine schwere Depression durch. Dazu zählen etwa doppelt so viele Frauen wie Männer. Bei den meisten verläuft die Krankheit zyklisch: Sie kommt irgendwann wieder, und zwar auch nach einer erfolgreichen Behandlung. Manchmal dauert eine Episode nur Tage, manchmal Jahre, meist aber sechs bis acht Monate; in jedem zehnten Fall wird sie unbehandelt chronisch. Solche Episoden wiederholen sich meist fünf- bis sechsmal im Leben (*Virginia Woolf* ertränkte sich, als sie die vierte kommen fühlte). Selbst Kinder können unter einer Depression leiden (sie sind dann oft nicht so sehr niedergeschlagen wie gereizt), und auch noch als Greis kann man sie erstmals bekommen.

Jene Form, bei der sich Depression und Manie abwechseln und die heute „bipolare Stimmungsstörung“ genannt wird (der Allgemeinheit ist sie unter dem Namen „manisch-depressive Krankheit“ bekannt), ist weitaus seltener: Nur etwa jeder 125. erkrankt an ihr. Typischerweise setzt sie früher ein als die „unipolare“ Depression, meist schon bald nach der Pubertät.

Trotz ihrer lückenhaften Kenntnisse könnte die Medizin heute achtzig bis neunzig Prozent der Kranken zwar nicht endgültig heilen, aber doch aus dem lebensbedrohenden Tief herausholen.

2.5.2 Biochemische Grundlagen der Depression

Was ist die Ursache einer Depression? Wie entsteht die Krankheit, die Tausende in den Selbstmord treibt?

Die Ursachenforschung ist jahrzehntelang zwei getrennte Wege gegangen: den psycho-sozialen und den biologisch-medizinischen. Die Wissenschaftler der ersten Richtung suchten die Gründe in den Lebensumständen der Menschen, in ihren Einstellungen und in den gesellschaftlichen Verhältnissen, die sie krank machen könnten. Das zweite Forscherlager suchte nach einem Defekt im Gehirn. Entsprechend die Uneinigkeit über die richtige Therapie: Die einen bauten auf die Psychotherapie, die anderen auf die Chemie. Beide wollten voneinander nichts wissen, lieferten sich teilweise heftige Fehden, die oft zusätzlich verhärteten, weil sie politisiert wurden: Die „Psycho-Sozialen“ stellten die „Bio-Medizinischen“, die insgesamt die größeren Erfolge zu verzeichnen hatten, gern als finstere Reaktionäre hin.

Ausgestanden ist der Streit noch nicht. Auch heute kommt sich mancher Psychotherapeut, der gelegentlich „mediziert“, ein Medikament verordnet, wie ein Verräter an seiner Sache vor, auch heute lernen die Patienten in manchen Psychotherapien vor allem eins: die Medizin zu verachten, so als ginge sie mit ihren Pillen weit und schnöde an den wahren Ursachen vorbei. Auch heute noch begegnet mancher biologisch-medizinisch orientierte Mediziner der anderen Richtung wie einem sektiererischen Aberglauben.

Doch langsam gewinnt die Einsicht an Boden, daß der ganze Zank kurzsichtig und für die Kranken verhängnisvoll war. Beide Richtungen haben Erkenntnisse zutage gebracht, die sich nicht abtun oder wegerklären lassen. Beide Richtungen haben wirksame Therapien entwickelt. Beide müssen etwas Richtiges gefunden haben – und keiner die ganze Wahrheit.

Dem Streit lag ein eingefleischter Dualismus zugrunde, der Seele und Körper strikt trennte: Entweder hatte etwas psychische Ursachen, dann mußte es psychisch behandelt werden, oder es hatte physische Ursachen, dann war die Pharmakologie gefragt. Heute wird den meisten Fachleuten klar, daß dieses Schisma naiv war. Jede seelische Regung – jedes Gefühl, jede Erinnerung, jede Stimmung – ist gleichzeitig eine materielle Bewegung im Zentralnervensystem. Das Körperliche und das Seelische sind nur zwei Ebenen ein und desselben Geschehens. Wir sind nicht zweierlei, wir sind eins.

Eine einzige Ursache gibt es nicht. Intuitiv wußte es jeder, der sich nicht gerade in eine anderslautende Doktrin verbissen hat, schon immer. „Da muß einiges zusammenkommen.“ Die Schicksalsschläge sind nicht, was wir gemeinhin unter einer Ursache verstehen: Sie sind weder ausreichend noch notwendig. Sie „verursachen“ die Depression nur in dem Sinn, daß sie sie oft provozieren. Damit sie sie aber provozieren, muß einer die entsprechende Verwundbarkeit mitbringen.

Zu einem erheblichen Teil ist diese Verwundbarkeit genetische Mitgift. Oft ist die Depression Familienbesitz. Bei jedem dritten Depressiven gibt es mindestens einen Verwandten ersten Grades, der ebenfalls eine Affektstörung hat. Bei zweieiigen Zwillingspaaren, die genetisch nur so verwandt sind wie andere Geschwister auch, befällt der Zustand beide Geschwister wesentlich seltener als bei eineiigen Zwillingen, die ja genetisch völlig identisch sind. Allerdings erkranken bei Eineiigen nur in fünfzig bis sechzig Prozent der Fälle beide. Wäre die Störung

einzig Sache der Gene, so müßte die Übereinstimmung hundertprozentig sein. Die genetische Ausstattung ist also wichtig, aber sie erklärt nicht alles.

Wissen Gehirnforscher Genaueres? *Neurophysiologen* und *Pharmakologen* haben in den letzten fünfunddreißig Jahren eine schier unübersehbare Flut von Daten über das kranke Gehirn erarbeitet. Die meisten von ihnen würden versichern, daß sie dennoch bisher so gut wie gar nichts wissen. Wer zu diesem standesgemäßen Understatement nicht verpflichtet ist, wird zugeben, es sei doch immerhin genug, um den meisten Kranken so zu helfen, wie man es noch vor zwanzig Jahren nicht für möglich gehalten hätte.

Viele physiologische Werte sind während der Depression verschoben. Die Immunabwehr ist geschwächt. Der Pegel des Hormons *Cortisol*, das die Nebennierendrüsen auf ein chemisches Signal hin ins Blut ausschütten, wenn ein Stress den Körper fordert und Energie mobilisiert werden muß, ist während der Depression drastisch erhöht. Die Körpertemperatur, die bei Gesunden gegen Ende der Nacht auf etwa 36,4 Grad abfällt, sinkt bei Depressiven kaum unter 37 Grad. Daß die schwere Depression einen Tagesgang hat und daß sie fast immer den Schlaf beeinträchtigt, deutet stark darauf hin, daß sie zu den körpereigenen Rhythmen in Beziehung steht. Man nimmt an, daß diese während einer Depression allesamt flacher verlaufen.

Auf die heißeste Spur stießen die Wissenschaftler 1955, und zwar durch reinen Zufall.

Sie experimentierten mit einem aus einer indischen *Rauwolfia*-Art gewonnenen Gift, dem *Reserpin*, dessen blutdrucksenkende Eigenschaften interessierten. Unvorhergesehenerweise stürzte es einen kleinen Teil der Versuchspersonen in eine Depression. Etwa gleichzeitig wurden die ersten antidepressiv wirksamen Medikamente gefunden, auch sie durch Zufall. Beim Ausprobieren anti-allergischer Substanzen hatte man entdeckt, daß einige die Nerventätigkeit dämpften; so war man in Paris auf das erste Neuroleptikum gestoßen, *Chlorpromazin*. Und beim Ausprobieren verwandter Stoffe fand Roland Kuhn in der Schweiz 1957 einen, der keine antipsychotischen, beruhigenden Eigenschaften hatte, sondern antidepressive, das *Imipramin* (unter dem Handelsnamen *Tofranil* findet es noch heute Verwendung). Von ihm werden seitdem die meistgebrauchten Medikamente gegen Depressionen abgeleitet, die wegen ihrer meist drei Ringstrukturen so genannten (tri)zyklischen Antidepressiva.

Auch bei der Tuberkuloseforschung stießen Ärzte unerwartet auf ein Antidepressivum. Sie vermuteten, eine Substanz namens *Iproniazid* könne die tuberkulöse Infektion aufhalten. Das tat sie nicht, aber sie hellte die niedergedrückte Stimmung einiger Tuberkulosekranker merklich auf. So stieß man auf die Gruppe der sogenannten MAO-Hemmer.

Reserpin, das Depression verursacht, *Trizyklika* und *MAO-Hemmer*, die sie mildern – haben diese Stoffe einen gemeinsamen Nenner? Ja – sie greifen an den gleichen Stellen in den Neurotransmitter-Haushalt des Gehirns ein.

Wie bereits erwähnt, sind Neurotransmitter die Botenstoffe, auf denen unsere Nerventätigkeit beruht. Sie geben elektrische Potentiale von einer Nervenzelle (Neuron) an andere weiter. Die Neuronen nämlich berühren sich nicht, wie der Steckerstift das Metall in der Steckdose berührt. Sie sind an ihren Kontaktstellen, den Synapsen, durch einen winzigen Spalt getrennt. Trifft eine elektrische Ladung auf dem Fortsatz des Neurons vor dem synaptischen Spalt ein,

so öffnen sich dort kleine Bläschen, und ein Transmitter ergießt sich in den Spalt. An der Endigung des gegenüberliegenden Neurons befinden sich Rezeptoren dafür – bestimmte Moleküle, an die sich die Transmittermoleküle anlagern. Wenn das geschieht, baut sich in diesem Neuron ein elektrisches Potential auf: Das Signal ist zu weiterer Verarbeitung weitergegeben. Im Gehirn wurden bisher mehrere solcher Transmitter identifiziert. Die Kenntnis der Gebiete, in denen sie (oft gemeinsam) ihr Werk tun, der Wege, die sie nehmen, ist für das Verständnis des Gehirns ebenso wichtig, wie den Verlauf der Nervenfasern zu kennen. Zwei im Zentralnervensystem weitverbreitete Transmitter sind das Noradrenalin und das Serotonin (chemisch zwei Monoamine).

Was richtet das depressiv machende Reserpin im Gehirn an? Es zerstört die Fähigkeit der Neuronen, an den Synapsen Noradrenalin und Serotonin zu speichern, führt also zum Monoamin-Mangel. Die zyklischen Antidepressiva dagegen bremsen die Wiederaufnahme der beiden Transmitter in das Neuron, das sie abgegeben hat, führen also dazu, daß sie im Spalt zwischen den Neuronen reichlicher vorhanden bleiben. Die MAO-Hemmer schließlich bremsen in den Neuronen die Tätigkeit eines Enzyms, das die Aufgabe hat, überschüssige Monoamine zu deaktivieren (und darum Monoaminoxidase, kurz MAO heißt). Auch sie vermehren an den Synapsen das Angebot von Noradrenalin und Serotonin. Wie weiter?

1965 formuliert J.J. *Schildkraut* von den National Institutes of Health, was in der Luft lag: die *Amintheorie* der Depression. Sie war denkbar schlicht: Ein Mangel an Noradrenalin erzeuge Depression, ein Überangebot Manie.

Schildkrauts Amintheorie wurde in den folgenden Jahren auf das Serotonin erweitert, ausgebaut, auf den Kopf gestellt. Die Pharmakologie, so schien es, konnte mir ihr arbeiten: Sie führte zu immer neuen wirksamen Substanzen. Trotzdem teilte sie das Schicksal der meisten wissenschaftlichen Theorien. Sie erwies sich zwar nicht als total falsch, aber auch nicht als zureichend. Zu viele Beobachtungen ließen sich mit ihr nicht vereinbaren.

Zum Beispiel, daß auch Kokain zwar die Wiederaufnahme der Monoamine blockiert, aber keinerlei antidepressive Wirkung besitzt. Daß Depressive zahlreiche Abbaustoffe der Monoamine produzieren, obwohl die Theorie einen Monoamin-Mangel postuliert. Daß manche Medikamente die Anreicherung von Noradrenalin bewirken, andere die von Serotonin, andere die von den beiden Stoffen, und daß dennoch alle gleichermaßen wirken. Am störendsten aber war dies: Alle diese Stoffe vermehren das Monoamin-Angebot an den Synapsen sofort. Ihre antidepressive Wirkung aber zeigt sich, bedauerlicherweise, erst nach einigen Wochen.

Die Forscher nahmen nun auch die andere Seite der Synapse unter die Lupe, die Rezeptoren der Neuronen, denen das Transmittersignal zugeordnet ist. Und was sie dort in den fünfzehn Jahren Forschung fanden, machte aus der Amin- die Rezeptor-Theorie. Sie lautet etwa folgendermaßen:

Es gibt offenbar Menschen, bei denen an den Synapsen ein ständiger Monoamin-Mangel herrscht. Um ihn auszugleichen, geschieht zweierlei. Erstens vermehrt sich die Zahl der Monoamin-Rezeptoren. Zweitens steigert sich deren Empfindlichkeit für den Transmitter. So pegelt sich an den betreffenden Synapsen ein Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage ein. Ein anhaltender Stress aber – vor allem eine belastende Situation, der man wehrlos ausgeliefert ist oder zu sein glaubt – führt zu verstärkter Produktion von Serotonin. Das eingespielte

Gleichgewicht ist gestört: Das Serotonin ist nun viel zu wirksam, und da es hemmend auf das Gehirn wirkt, ergibt sich der Zustand der Depression. Sie vergeht erst wieder, wenn sich ein neues Gleichgewicht hergestellt hat. Antidepressive Medikamente erhöhten das Monoamin-Angebot an den Synapsen ebenfalls und bewirken bei einer schon bestehenden Depression zunächst gar nichts. Eine fortgesetzte Behandlung aber sorgt für ein ständiges Monoamin-Überangebot, und dieses wiederum führt dazu, daß sich im Laufe von zwei, drei Wochen die Zahl der Rezeptoren und ihre Empfindlichkeit verringert.

Ob man damit schon zum Kern des Geschehens vorgestoßen ist oder ob sich auch hinter dieser neurophysiologischen Anomalie eine andere, wesentlichere verbirgt, kann heute niemand absehen. Soviel aber läßt sich bereits sagen: Wenn nicht bei allen, so doch bei vielen Depressionen kommt es darauf an, die Zahl und Empfindlichkeit der Serotonin- und vielleicht auch der Noradrenalin-Rezeptoren zu vermindern. Das 1988 in den Handel gebrachte Fluoxetion etwa – deutscher Handelsname Fluctin –, das in Amerika inzwischen das meistverschriebene Antidepressivum ist und das es zu einer rühmenden Titelgeschichte in *Newsweek* gebracht hat, ist ein reiner Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmer. Die bisherigen Medikamente vermindern die Zahl und Empfindlichkeit der Rezeptoren, allerdings nur sehr langsam, nämlich durch einen mehrwöchigen Monoamin-Überschuß. Es sind Medikamente denkbar, die ihr Ziel direkter ansteuern. An ihnen wird heute gearbeitet. Ist die Theorie richtig, wird es in einigen Jahren erstmals schnell wirkende Antidepressiva geben.

Ein anderer Befund fügt sich gut in die Rezeptortheorie. Seit Anfang der siebziger Jahre ist bekannt, daß Schlafentzug die meisten Depressionen prompt und deutlich aufhellt. Eine Nacht nicht geschlafen, und schon fühlt sich der Melancholiker besser. Leider nützt die Entdeckung nicht viel, denn der Schlaf läßt sich nicht lange entziehen, und sobald sich die Patienten wieder ausschlafen, ist die Depression erneut da. Schlafentzug senkt die Empfindlichkeit der Serotonin-Rezeptoren ebenfalls; der nächste Schlaf erhöht sie wieder. Entzieht man dem Depressionskranken nicht den ganzen Schlaf, sondern weckt man ihn immer nur, wenn er in den *REM-Schlaf* fällt, den etwa alle neunzig Minuten wiederkehrenden Schlaf mit den schnellen Augenbewegungen und den lebhaften Träumen, so bessert sich seine Depression nach einigen Wochen. REM-Entzug wirkt wie ein Antidepressivum: Das Tief weicht. Es dürfte damit zusammenhängen, daß REM-Schlaf jener Gehirnzustand ist, in dem bestimmte Neuronen des Hirnstamms, die das meiste Serotonin erzeugen und über viele Gehirngebiete verteilen, vollkommen ruhen. REM-Entzug verhindert also die periodische Serotonin-Stille.

All die periodischen Hochs und Tiefs bei der Depression und der Manie, die Vielzahl der scheinbar paradoxen Symptome (der eine schläft zu lange und ißt zuviel, der andere schläft und ißt nicht genug) sprechen dafür, daß bei Affekterkrankungen das neurophysiologische Gleichgewicht gestört ist – viele miteinander verbundene Gleichgewichte sogar, ein ganzes neurophysiologisches Mobile. Bei manchen Menschen ist es so wenig robust, daß es seine Ruhelage nicht wiederfindet, wenn ein Stress es an irgendeiner Stelle ins Schaukeln gebracht hat. Diese Menschen sind die Verwundbaren. Wir finden sie auch schon unter

Kindern/Jugendlichen. Ihnen muß des Pädagogen besondere Aufmerksamkeit gelten.⁹⁶

Zusammenfassung: Einer der unangenehmsten Gefühlszustände ist die Depression. Oft beendet der depressive Mensch sein Leben durch Selbstmord. Im Zusammenhang mit der Depression wird häufig der Wille zum Leben diskutiert. Wieviel Freiheit hat ein Mensch? Aus neurologischer Sicht spricht viel dafür, daß eine bewußte Steuerbarkeit nur sehr begrenzt vorhanden ist. In bezug auf die Depression bedeutet das, daß sie wie eine schwere körperliche Erkrankung wie Krebs oder Aids einzustufen ist.

Nach Auffassung vieler Wissenschaftler gibt es eine starke genetische Komponente für die Depression. Aus neurophysiologischer Sicht hält man sich sehr zurück. Zu komplex ist die Materie. Zu viele Theorien wurden bisher widerlegt. Immerhin gibt es inzwischen eine Vielzahl von Medikamenten, die zumindestens eine gewisse Linderung der Symptome bewirken und meistens den Selbstmord verhindern können.

⁹⁶Zum Vorstehenden siehe Zimmer, Dieter E.: Depression. Zeitmagazin, 16. 11.1990 und 23. 11.1990.

