

1 Seele, Geist und Körper

Seit zweieinhalbtausend Jahren beschäftigt sich die abendländische Menschheit mit der Frage nach dem Verhältnis von Leib und Seele. Dieses Verhältnis wurde schon früh als ein dualistisches verstanden. Ein dualistisches Verstehen bestimmt noch heute unser Alltagsdenken und wirkt in der Medizin bis in die Versorgungsstrukturen hinein. Die psychosomatische Krankheitslehre versuchte, einen Beitrag zur Klärung dieser alten Frage zu leisten, indem sie auf die Wechselwirkungen zwischen Körper und Geist verwies und eine Klassifikation von Krankheiten mit weniger oder mehr psychischen Anteilen schuf. Sie blieb damit selber dem Dualismus verhaftet. Sie beschrieb Interaktionen, und Interaktionen kann es nur zwischen Getrenntem geben. Neuere Erkenntnisse verschiedener Fachgebiete machen es heute möglich, ein integratives Modell zu skizzieren, das den Menschen nicht in Leib und Seele unterteilt. Stattdessen kann es die Beziehungen zu anderen in den Mittelpunkt stellen und daraus Werden und Sein des Menschen erklären. Ein solches integratives Modell wird in den folgenden Kapiteln entwickelt und liegt dem ganzen Buch zugrunde. Beginnen möchte ich mit einem kurzen Exkurs, um die historischen Wurzeln des psychosomatischen Denkens zu klären.

Üblicherweise wird davon ausgegangen, dass bereits der griechische Philosoph Platon die Trennung von sterblichem Leib und der unsterblichen Seele begründet habe, die dann durch Augustinus zu Beginn des Mittelalters zum Dogma des Christentums wurde.¹

Mit dem Beginn der Neuzeit begründete Descartes eine Kluft zwischen subjektivem Denken und der Welt der objektiven Dinge, die beide durch die Brücke einer schlussfolgernden Vernunft verbunden sind. Mit seinem berühmten Satz »Cogito, ergo sum« (»Ich denke, also bin ich«) machte er den Subjektivismus zur Basis rationalen Denkens. Verbunden war damit, dass der Geist und seine Aktivität mit Bewusstheit gleichgesetzt und das Unbewusste in den Bereich des Mystischen verbannt wurde (Nannini 2006). In Berufung auf diesen Satz werden im frühmodernen Denken die kognitiven Fähigkeiten zum entscheidenden Merkmal des Menschen erklärt. Mit der Trennung von Subjekt und der objektiven Außenwelt wird auch der Körper aus dem Reich der Vernunft und des Denkens ausgeschlossen und dem Reich des Mechanischen zugeordnet. Die Trennung von Subjekt und Umwelt findet eine Widerspiegelung in der Trennung von Körper und Geist und

1 Ob diese Lehre von Platon tatsächlich so vertreten wurde, ist in der philologischen Forschung mittlerweile umstritten (Schmitt 2006). Für uns hilfreich beschrieb bereits Aristoteles, ein Schüler Platons, das Verhältnis von Körper zu Seele wie das vom Holz zum Tisch – beides ist unterschiedlich, aber nicht trennbar.

verbindet sich mit einer reduktionistischen Denkweise, die im Verstehen der Einzelteile das Ganze verstehen und alles auf eine einzige, letzte Ursache zurückführen will. Sie gipfelt in der Physiologie des 19. Jahrhunderts, die den lebendigen Menschen auf eine analytische Mechanik reduzierte und Jahrhunderte der Beobachtung von Körper und Leidenschaften des Menschen in der Medizin in Vergessenheit geraten ließ.

Erst durch die Psychoanalyse wird das Unbewusste wieder Gegenstand wissenschaftlicher Forschung in der Medizin. Eine der psychoanalytischen Hauptthesen besagt, dass das Unbewusste das Denken, Fühlen und Verhalten mehr bestimmt als das Bewusstsein. Das Unbewusste stehe im Zusammenhang mit sozialen Erfahrungen und sei dynamisch. Darüber hinaus ist ihr Verdienst, den Blick auf die menschlichen Affekte und auf die Bedeutung des Körpers für die menschliche Entwicklung zu lenken. Die Psychoanalyse beendete zwar die Negation des Unbewussten in der Medizin, jedoch *nicht den Dualismus* zwischen Körper und Geist.

Nützlich für eine integrative Medizin wäre eine Rückbesinnung auf die großen Denker der klassischen Antike wie Aristoteles und Platon. Sicher ist, dass beide Philosophen der klassischen Antike einem umfassenden Begriff des Geistes folgten, der die Seele nicht dem Geist gleichsetzte und Geist nicht auf *bewusste* mentale Akte beschränkte, sondern Gefühle, Emotionen und angeborene Werte, und Rationales ebenso wie das, was wir als Irrationales bezeichnen, nach ihrer Auffassung zum Geist des Menschen gehörten.² Diesen Gedanken greift die Psychoanalyse mit der Betonung des Unbewussten wieder auf.

Die Entstehung der wissenschaftlichen Psychosomatik ist mit der Psychoanalyse verbunden. Doch die Psychoanalyse ist nicht die einzige Wurzel des heutigen psychosomatischen Denkens. In der gegenwärtigen Psychosomatik begegnet man verschiedenen Modellen, die ihre Wurzeln außerhalb der Psychoanalyse, beispielsweise in der Psychophysiologie, den biologischen Systemtheorien und der humanistischen Tradition haben. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Modelle der Psychosomatik knapp dargestellt, um dem Leser eine grundlegende Orientierung zu ermöglichen. Die Modelle betonen jeweils unterschiedliche

2 Auch weitere ihrer für unseren Kontext wichtigen Annahmen sollen kurz benannt werden: Bereits auf der Ebene der primären Wahrnehmung wirkt die aristotelische Erkenntnistheorie einer angenommenen Kluft zwischen Subjekt und seiner Umwelt entgegen. Nach Aristoteles liefert die Wahrnehmung keine unmittelbare Gegenstandserfassung, auch wenn es dem Alltagsdenken so erscheinen mag. Wir nehmen keinen Ton wahr, sondern Wahrnehmung erfasst in einem ersten Schritt etwas Unterscheidbares – Schwingungen in diesem Fall –, das der Möglichkeit nach ein Ton ist. Es muss ein unterscheidbares Etwas in der Außenwelt vorhanden sein. Ein Ton wird dieses Etwas erst im erlebenden Subjekt. Damit wird eine Brücke zwischen dem Subjekt und seiner Umwelt bereits auf der Ebene der Wahrnehmung unnötig. Weiterhin spielt für ein begreifendes Erkennen die Funktion, die die zu erkennende Erscheinung hat, eine Rolle. Eine begreifende Erkenntnis ergibt sich nicht aus Strukturen, sondern aus dem, was etwas kann oder leistet. Was ein Haus ist, ergibt sich nicht aus Ziegelstein und Mörtel. Angewandt auf gegenwärtige, neurobiologische Überlegungen ließe sich formulieren: Was Bewusstsein ist, erschließt sich nicht allein aus dem Wissen über die diese Funktion vermittelnden neuronalen Strukturen (Fuchs 2012).

Aspekte der Interaktion zwischen Körper und Geist. In den letzten Jahrzehnten gewann in der psychosomatischen Theoriebildung ein integratives Denken mehr Raum, das über das linear-kausale Denken hinausgeht und stattdessen dynamische Wechselwirkungen zwischen dem Menschen und seiner Umwelt zum Mittelpunkt hat (Weiner 1985; 1994). Schritte auf diesem Weg waren das Modell von Uexküll und das bio-psycho-soziale Modell, dem die psychosomatische Grundversorgung ausdrücklich verpflichtet ist. Im Anschluss an die Darstellung dieser Modelle werden neurobiologische Erkenntnisse, soweit sie das Leib-Seele Problem betreffen und einem dualistischen Denken entgegenwirken, dargestellt.

Die neueren Erkenntnisse der Neurobiologie, der Säuglingsbeobachtung und der Bindungsforschung rücken die Beziehung zum anderen für die menschliche Entwicklung in den Mittelpunkt. Die neuronale Plastizität erlaubt zu verstehen, wie das Gehirn den Prozess der Interaktionen mit anderen vermittelt und sich dabei verändert. Säuglingsbeobachtung und Bindungsforschung belegen, dass die Selbstentwicklung von den Erfahrungen mit anderen abhängig ist, und der Körper dabei immer eingebunden ist. Diese neueren Erkenntnisse erlauben, einen dualistischen Standpunkt, der die Kluft zwischen Körper und Geist und die zwischen Subjekt und seiner Umwelt zum Inhalt hat, überhaupt zu verlassen. Körper und Geist sind nur Abstraktionen eines ganzheitlichen Prozesses (Goldstein 1943), der auf Beziehungen basiert. Die Beziehung sollte daher im Mittelpunkt einer heutigen Medizin stehen.

Zusammenfassend wird versucht, ein integratives Modell zu skizzieren, das die bestehenden Modelle zusammenführt und den Menschen in seinem Beziehungserleben berücksichtigt. Jahrtausendealte Fragen lassen sich nicht in wenigen Jahrzehnten lösen. Dass vor vielen Jahrhunderten bereits integrativ gedacht wurde, mahnt zur Bescheidenheit gegenüber neueren Theoriebildungen.

1.1 Psychosomatische Theoriemodelle

Das psychogenetische Modell

Das *psychogenetische Modell*, das mit der Psychoanalyse verknüpft ist, beinhaltet, dass die konflikthafter *Beziehungserfahrungen mit frühen Bindungspersonen*, auf die Säugling und Kleinkind unbedingt angewiesen sind, *verinnerlicht werden* und sich später in dysfunktionalen Beziehungsmustern des heranwachsenden Kindes und des Erwachsenen zeigen können. Das Modell betont sowohl die innerpsychischen Konflikte als auch die interpersonelle Ebene von Krankheit. Weil sich die dysfunktionalen Beziehungsmuster auch in der Arzt-Patient-Beziehung zeigen, ist das Modell zum Verstehen dieser Beziehung besonders geeignet. Im psychogenetischen Modell werden den konflikthafter Beziehungserfahrungen Bewältigungsstrategien zugeordnet. Die unbewussten Aspekte der Bewältigungsstrategien werden hier Abwehrmechanismen genannt.

Das psychogenetische Modell fügt der Entstehung aller Krankheiten die historische Dimension der Entwicklung hinzu und fokussiert die *Emotionen*. Letzteres ist nicht neu – in früheren Jahrhunderten waren die Leidenschaften in ihrer Wirkung auf den Körper wichtiger Gegenstand einer humanen Medizin (Sir Francis Bacon). Leider fanden Charles Darwins Beobachtungen über Emotionen und integrierte, motorische Verhaltensmuster bei Tieren in der Medizin keine Beachtung. Erst das (dem psychogenetischen Modell verbundene) Modell der Konversion stellt eine Verbindung zwischen emotional besetztem Konflikt und Körper her, welche sich auch in alltagssprachlichen Metaphern ausdrückt: Ärger schlägt auf den Magen, Angst sitzt im Nacken, das Herz wird gebrochen. Im Modell der Konversion ist das *Symptom* eine *symbolische* Darstellung der *unbewussten, inneren Konflikte* des Subjekts und der begleitenden Affekte. Konflikte und Emotionen »konvertieren« ins Symptom. Und weil das Symptom den unbewussten Konflikt versinnbildlicht, hat es einen Sinn, der verstanden werden kann.

Das Modell der Konversion hat jedoch einer den Patienten kränkenden Deutung von Symptomen Vorschub geleistet. Es fördert den Dualismus von Leib und Seele, diesmal von Seiten der Seele her: Ein Lidkrampf würde symbolisieren, dass man etwas nicht sehen will. Dennoch bleibt dieses Modell bedeutsam, denn es unterstreicht die Wirkung des Gefühls auf den Körper, auch wenn das Gefühl unbewusst bleibt. Jedoch ist der Begriff der Konversion nicht erklärend, sondern beschreibend. Eine einfache Beschreibung von Krankheit aus Emotionen und Konflikten ist heute nicht mehr ausreichend.

Das psychobiologische Modell

Als Erster verzichtete von Uexküll auf die kausale Rolle der Emotionen und schuf ein *psychobiologisches* Modell. Sein Modell des Situationskreises (von Uexküll 1979) stellt den Kranken als Subjekt in den Mittelpunkt. Seine Kernaussagen sind, dass jedes Individuum in einer im Verlauf seines Lebens von ihm selbst erschaffenen Wirklichkeit lebt. Das Individuum konstruiert sie aus seinen gesamten Erfahrungen, die er handelnd erwarb und die nun seine Wahrnehmung lenken. Die Wahrnehmungen aber beeinflussen wiederum die zukünftigen Erfahrungen. *Diese subjektiv konstruierte Wirklichkeit umgibt das Individuum wie eine zweite Haut.* Nach von Uexküll befindet sich jeder Mensch in einem ständigen Prozess, in dem Neues an Bisheriges angepasst werden muss. Krankheit wird in diesem Modell als Ausdruck einer Störung dieser Passung verstanden. Dieses Modell verbindet den Konstruktivismus mit der Tradition einer anthropologischen Medizin, deren Grundregeln auf Sir Francis Bacon (17. Jahrhundert) zurückgehen. Die humanistische Tradition stellt heraus, dass *nicht die Krankheit, sondern der Kranke der Gegenstand der Medizin sein soll*. Diese Sichtweise gewinnt an Bedeutung zwischen den beiden Weltkriegen und ist zeitlich wie inhaltlich mit der Philosophie Heideggers verbunden. Da dieses Modell den Kranken als Person in den Mittelpunkt stellt, lädt es den Arzt dazu ein, die subjektiven Theorien des Kranken zu erfragen, die Bedeutung und den Sinn, den der

Kranke seiner Krankheit zuschreibt, d. h. den Kranken seine Geschichte erzählen zu lassen (narrativ).

Die psychophysiologischen Modelle

Das *Stressmodell* leitet sich aus der Tierphysiologie ab. Es beschreibt Stressoren oder Risikofaktoren, die die psychophysiologische Stressreaktion hervorrufen können und über diesen Weg den Körper beeinflussen. Selye, der Begründer dieses Modells, entdeckte die Bedeutung der Nebennieren für die körperliche Alarmreaktion und hat viel dazu beigetragen, die psychophysiologische Stressreaktion zu erforschen, die an späterer Stelle dargestellt wird. Der Stressbegriff wurde allmählich ausgedehnt auf alle Reize oder Aufgaben des Alltagslebens, die eine menschliche Reaktion hervorrufen. Ungeachtet der Kritik an der Beliebigkeit der Stress auslösenden Faktoren, ist die Stressreaktion eine wichtige physiologische Reaktion, um die Zusammenhänge von Emotionen und Körper besser zu verstehen. Dass Krankheit als *misslungene* Anpassung an äußere Bedingungen betrachtet wird, ist dem Stressmodell inhärent.

Die *behavioralen Modelle* legen den Schwerpunkt auf die Lernerfahrung des Individuums für die Entstehung und den Umgang mit Krankheit. Eine Methode des Lernens ist die *Konditionierung*. Der Konditionierung liegt ein universelles Prinzip unserer Synapsen zu Grunde: Neurone, die gleichzeitig aktiv sind, verbinden sich durch Synapsen miteinander; demnach gilt: was häufig genutzt wird, wird langfristig gebahnt. Die kognitiv-behavioralen Modelle haben ihre Wurzeln ebenfalls in psychophysiologischen Forschungen. Pawlow gab ihnen eine experimentelle Grundlage. Nach vielen Wiederholungen reagierte der Pawlow'sche Hundemagen mit Sekretion, wenn er nur einen Glockenton hörte. Das Sehen und Riechen von Nahrung ist gar nicht mehr erforderlich (klassische Konditionierung). Neben der klassischen gibt es die operante Konditionierung, bei der der Reiz nicht mit einem anderen Reiz, sondern mit Belohnung und Bestrafung kombiniert wird.

Ergänzt wurden die behavioralen Modelle in den letzten Jahrzehnten durch Theorien, die die *Bedeutung der Kognitionen* für Verhalten betonen. Sie sind als innere Bilder oder verbale Überzeugungen gespeichert. Verschiedene Therapien nutzen heute (über Veränderung dieser Bilder und Glaubenssätze) die Möglichkeit, die *Verhaltensmuster selbst zu ändern* (Bandler-Grinder 2013).

Salutogenetische Modelle

Während alle bisher dargestellten Modelle auf die Defizite des Patienten und seine Pathologie abheben, fokussieren die *salutogenetischen Modelle die Ressourcen und die Selbstkompetenz des Patienten*. Was hält uns gesund? Als Antwort auf diese Frage nennt Antonovskys Modell der Salutogenese das *Kohärenzgefühl* (Antonovsky 1997). Darunter versteht man die Auffassung, dass es einen sinnvollen Zusammenhang der Erlebnisse im Leben gibt. Ein solches Kohärenzgefühl ist abhängig von folgenden Faktoren:

- Verstehbarkeit (Die Dinge werden sich erklärbar entwickeln.)
- Machbarkeit (Ressourcen sind vorhanden, das Leben ist nicht ungerecht, man empfindet sich nicht als Opfer.)
- Bedeutsamkeit (Lebensereignisse stellen eine Herausforderung dar, für deren Bewältigung sich Engagement lohnt.)

Auch das Modell der *systemischen Familientherapie* legt den Schwerpunkt auf die Ressourcen des Patienten. Es sieht das Symptom des Patienten immer im *Kontext seiner Beziehungen*. Ein Kind könnte beispielsweise eine Krankheit entwickeln, um die uneinigen Eltern vom Streit abzulenken und zusammenzuhalten. Es opfert sich, um die Familie in ihrer Gesamtheit zu erhalten. Der Patient und das ihn umgebende System können eine Lösung entwickeln, nicht das medizinische System, das ihm eine solche nur überstülpen könnte. Diese Annahme führt zu einer bescheideneren Haltung gegenüber der Rolle der Helfer.

Auch die mit der systemischen Therapie verbundene Hypnotherapie ist *lösungsorientiert*. Sie betont die *Macht der inneren Bilder* im Patienten und ihre Beeinflussung mit Hilfe suggestiver Interventionen in der therapeutischen Kommunikation (Schmidt 2007).

Das bio-psycho-soziale Modell

Das *bio-psycho-soziale Modell* (Engels 1977) basiert auf der *Systemtheorie*, einer in der *Biologie entstandenen Theorie*, und soll das alte biomedizinische Modell ablösen. Es ist heute das gängige Modell, um die Interaktion zwischen Mensch und Umwelt bei Krankheitsentstehung und -verarbeitung zu unterstreichen.

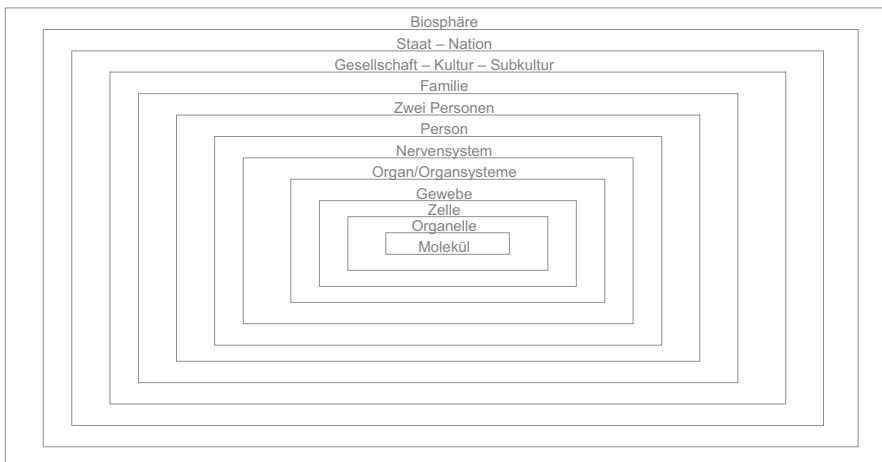


Abb. 1.1: Das bio-psycho-soziale Modell (nach Engels 1977)

Die Systemtheorie sieht die Welt als ein System von Leitern, geordnet von elementarsten Teilchen bis hin zu komplexen, sozialen Phänomenen. Es gliedert sich ausgehend von Molekülen, über Zellen und Organe bis zum ganzen Menschen, über die Zwei- und Mehrpersonenbeziehungen zur Gesellschaft und Umwelt in hierarchisch aufeinander aufbauenden Ebenen. Diese Ebenen berühren sich an ihren Grenzflächen und beeinflussen sich in Feedbackschleifen.

Der progressive Aspekt dieses Modells ist, dass es eine Alternative zum mechanistischen Menschenbild und dem monokausalen, linearen Denken in der Medizin bietet.

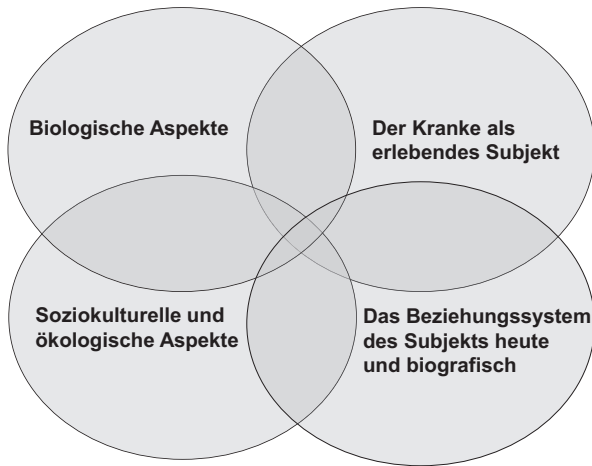


Abb. 1.2: Bereiche des psychosomatischen Krankheitsverständnisses

Das bio-psycho-soziale Modell greift auf, dass soziale, ökonomische und politische Kräfte Krankheiten beeinflussen, Aspekte, die die Pioniere des psychogenetischen Modells nicht berücksichtigten. Die Schwächen des Modells liegen in der Annahme, dass die Welt hierarchisch aufgebaut ist und dass Emergenz das erklärende Prinzip sei. Emergenz bedeutet, dass ein Ganzes nicht aus der Summe der Eigenschaften seiner Bestandteile erklärt werden kann. Die Eigenschaften von Wasser lassen sich nicht aus den Eigenschaften des Sauerstoffs und Wasserstoffs erklären, aus denen es sich zusammensetzt. Der Begriff der Emergenz erklärt nicht, sondern beschreibt Offensichtliches. Auch werden Hierarchien der Komplexität lebender Systeme nicht gerecht, kritisieren moderne Systemtheoretiker. Denn lebende Systeme sind, neben Selbstreplikation und Anpassung, durch *Selbstregulation* gekennzeichnet. Sich selbst organisierende Prozesse basieren auf *hemmenden und fördernden Rückkopplungsschleifen*. Sie bringen daher Oszillation und Rhythmik (Anspannung/Entspannung – ergotrophe/tropotrophe Reaktion) und *neue Muster hervor*, Ordnung und plötzlichen Wechsel, nicht dagegen Hierarchien und Mittelwerte. Die *Vernetzung in hemmenden und fördernden Rückkopplungsschleifen lässt neue Funktionen entstehen*. Ein modernes,

systemtheoretisches Modell beschreibt keine Leitern, sondern Energielandschaften mit Bergen und Tälern. Neuerem Wissen, selbst auf der biologischen Ebene, wird das bio-psycho-soziale Modell nicht gerecht. Diese Implikationen des Modells sollten berücksichtigt werden, wenn man es heute benutzt (Weiner 1996).

Zusammenfassung: Jedes der genannten Modelle legt den Schwerpunkt auf einen anderen Aspekt des Krankheitsverstehens: Die Funktionsweise biologischer Regulationssysteme, die subjektiv-personale Ebene, die interpersonelle Ebene und die Abhängigkeit aller dieser Ebenen von Gesellschafts- und Umweltbedingungen. Der gängige bio-psycho-soziale Ansatz beschreibt, dass alle diese Bereiche zusammenhängen, aber nicht wie.

Im letzten Jahrzehnt haben funktionelle Neuroanatomie, Neuropsychologie, Psychoneuroendokrinologie und Psychoneuroimmunologie, Emotionsforschung und epidemiologische Forschung, neuere Erkenntnisse der Genetik und die Entwicklung der Bindungstheorie auf der Basis der Säuglingsforschung, nachhaltig das psychosomatische Denken beeinflusst und sollen deshalb hier dargestellt werden. Die neurobiologischen Aspekte lassen verstehen, wie der Körper in die Umwelt und insbesondere in ein Beziehungsumfeld eingebunden ist. Sie ermöglichen ein integratives Denken, in dem *Körper und Seele nicht mehr getrennt gesehen werden* müssen.

1.2 Neurobiologische Aspekte von Geist und Körper

1.2.1 Neuronale Plastizität – das Gehirn ist ein sich selbst organisierendes, dynamisches, beziehungsabhängiges Organ

Die neuronale Plastizität ist die entscheidende Voraussetzung, damit sich Erleben in biologische Veränderungen umsetzen kann. Als neuronale Plastizität wird die *Fähigkeit unseres Gehirns bezeichnet, sich mit seiner Tätigkeit zu verändern*. Voraussetzung dafür sind Synapsen, die die Verbindung und Vernetzung von Neuronen, den Zellen des Nervensystems ermöglichen. Alle Leistungen des Gehirns beruhen auf synaptischer Signalübertragung. Unser Gehirn hat ca. 10^{10} Neuronen und jedes Neuron ca. 10000 Synapsen. Die Möglichkeit von Verbindungen erscheint damit unendlich. Bei der Geburt des Menschen verfügt das einzelne, menschliche Neuron über ca. 2500 Synapsen, gut zwei Jahre später bereits über die vierfache Anzahl. Eine Verbindung erfolgt dann, wenn zwei Neuronen oder

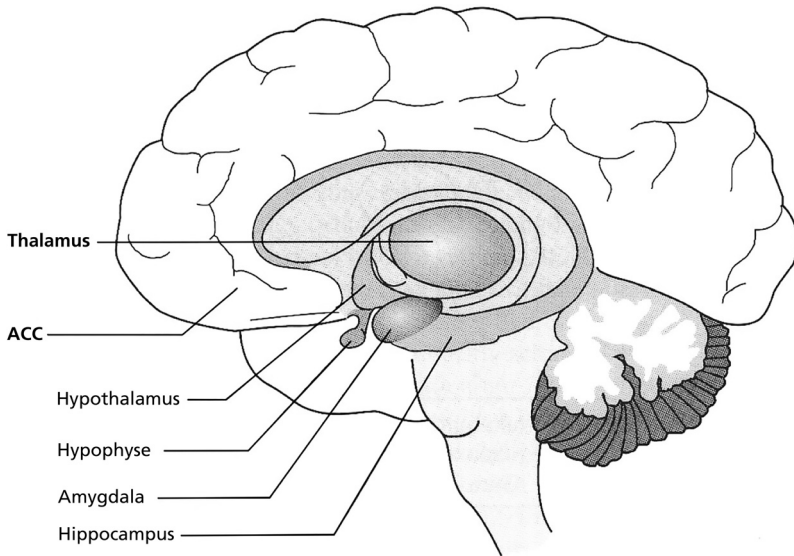


Abb. 1.3: Anatomie des Gehirns

Hypothalamus: Kontrollzentrum für biologische Grundfunktionen (Schlafen, Wachen, Sexualverhalten, Nahrung). Er kontrolliert die Hypophyse und die Kerngebiete des sympathischen und parasympathischen Nervensystems. *Amygdala:* Steuerung und Produktion von Emotionen, insbesondere für Angst und Furchtreaktionen. *Hippocampus:* liefert den Kontext von Wahrnehmungen und ist zusammen mit der ihn umgebenden Rinde an der Gedächtnisbildung beteiligt. *Cingulärer Cortex und Insel:* Verknüpfung zwischen Körpererleben und der äußeren Wahrnehmung, Sitz des Selbstgefühls und der Lebensgrundstimmung, Aufmerksamkeitsleistung und emotionale Schmerzwahrnehmung. *Präfrontaler Cortex:* Bewusste Teile des Ichs, kontextgerechtes Handeln und Sprechen, Entwicklung von Zielen, Empathie. *Orbitofrontaler Cortex:* Sitz von Moral und Werten. Zwar besitzt das Gehirn lokal spezialisierte Strukturen, doch alle Funktionen wie Emotionen, Schmerz und Bewusstheit haben komplexe Verbindungen vieler Hirnareale zur Voraussetzung.

neuronale Netzwerke *gleichzeitig* tätig werden. Das erste Prinzip ist: *Synchronisation bewirkt Interaktion*. »Neurons, that fire together wire together« – dieses Prinzip liegt vielen unbewussten Lernvorgängen des Menschen zugrunde.

Neben der Gleichzeitigkeit ist ein weiteres Prinzip der synaptischen Verbindungen, dass ihre *Stärke von der Häufigkeit ihrer Benutzung abhängt*. Das bewirken besondere Rezeptoren an der Oberfläche der Synapsen. Werden diese Rezeptoren häufig genug erregt, setzen sie in ihrem Neuron eine Reaktionskette in Gang, die schließlich Gene im Neuron aktiviert. Am Ende der Reaktion stehen Proteine, die bestehende Synapsen verstärken oder neue bilden. Was häufig benutzt wird, wird gebahnt – oder bildhaft gesprochen: Aus einer Fußspur wird ein breiter Weg und schließlich eine Autobahn. Die Koppelung von Synapsen ist nicht nur von der Häufigkeit der Benutzung abhängig, sondern *modulatorische Systeme verstärken oder hemmen diesen Vorgang*. Ein förderndes, modulatorisches System ist

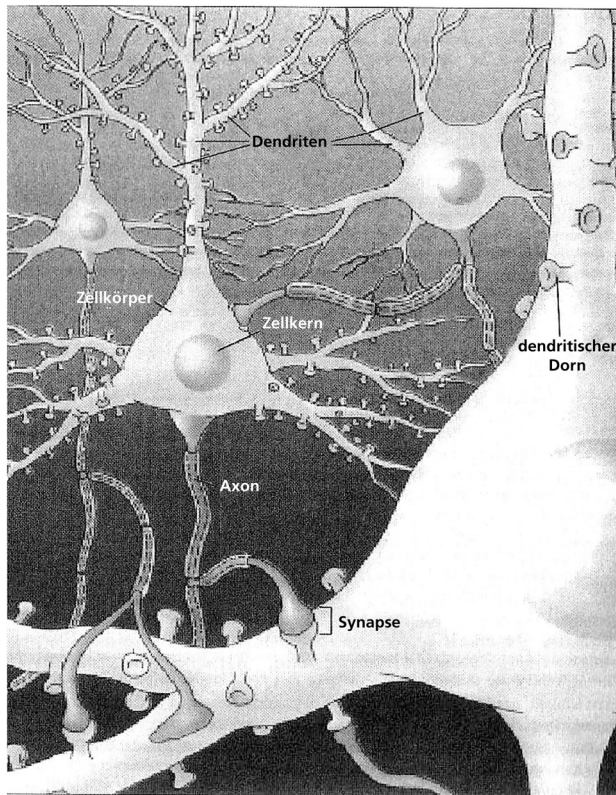


Abb. 1.4: Neuronale Netzwerke: Die Verbindungsstellen zwischen zwei Nervenzellen heißen Synapsen. Hier besteht ein enger Spalt, über den hinweg sich die Nervenzellen mithilfe von Neurotransmittern verständigen, die von der die Botschaft aussendenden Zelle gebildet werden und an den Rezeptoren der anderen andocken. Solche Neurotransmitter und Neuromodulatoren wie Glutamat, GABA, Dopamin, Serotonin, Noradrenalin und Acetylcholin können diesen Vorgang des Andockens beeinflussen. (Storch M 2002; Der Verlag und die Autorin danken dem CIP-Medien Verlag für die freundliche Genehmigung der Abbildung.)

zum Beispiel das Dopaminsystem. Es wird bei Belohnungserwartung ausgeschüttet. Dieser Vorgang entspricht dem Alltagswissen, dass das Gedächtnis stimmungsabhängig ist. Wenn positive Emotionen im Spiel sind, lernen wir leichter.

Zusammenfassung: Als neuronale Plastizität wird die Fähigkeit unseres Gehirns bezeichnet, sich mit seiner Tätigkeit zu verändern. Basis dafür sind die Synapsen. Die Kopplung von Synapsen ist abhängig von der Gleichzeitigkeit und der Häufigkeit ihrer Nutzung und ist durch Stimmungen modifizierbar. Die synaptische Chemie der Neurotransmitter mit hemmenden und fördernden Funktionen ermöglicht flexible Veränderung.