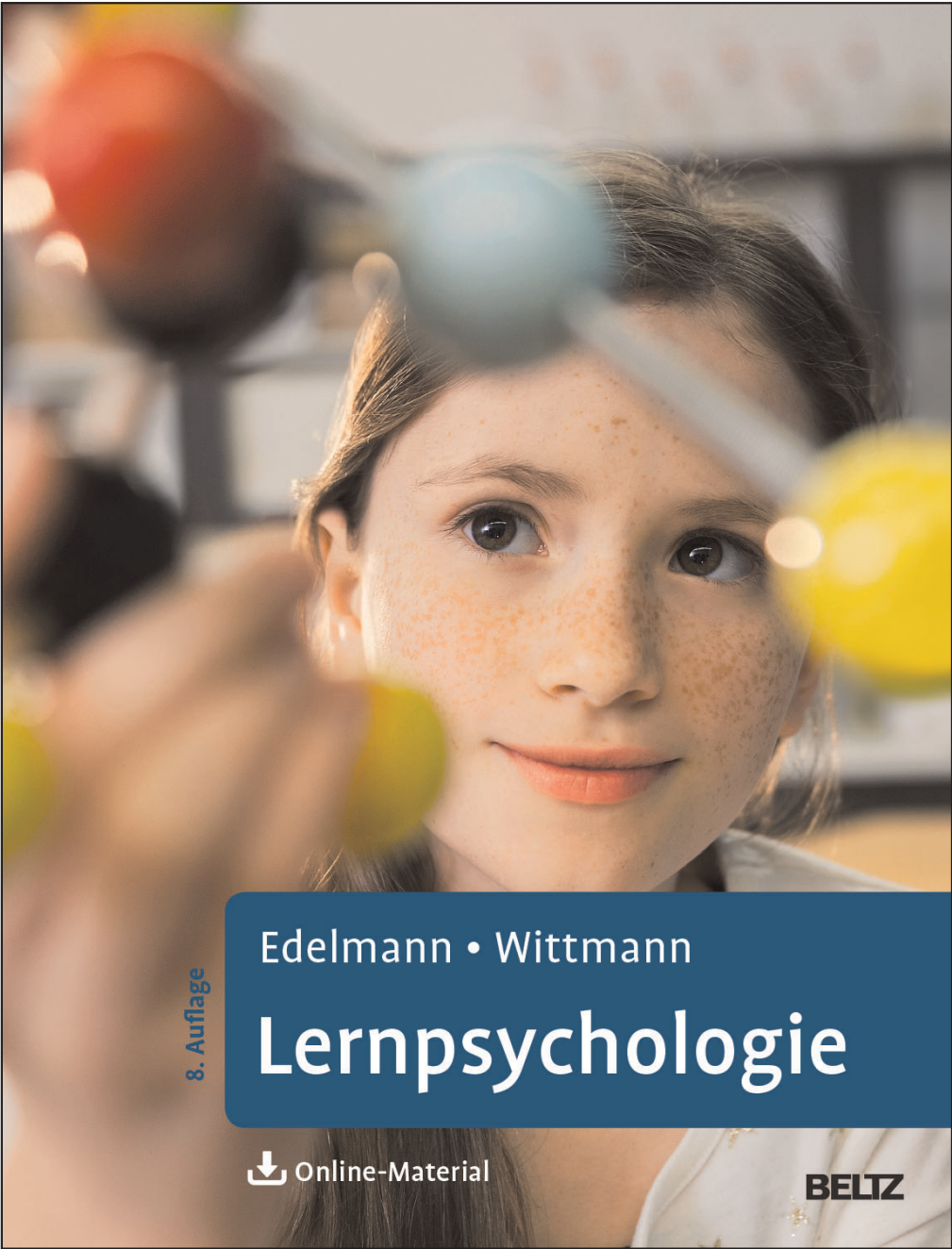




Die Arbeit mit diesem Buch

Die Lernleistung lässt sich ganz wesentlich verbessern, wenn man die Gesetzmäßigkeiten des Lernens beachtet. In dieser Einleitung werden einige grundlegende Aspekte, die im weiteren Verlauf des Textes noch ausführlich behandelt werden, konkret und als Vorschläge für das Lernen mit diesem Buch dargestellt.

Innere geistige Repräsentation und äußere Präsentation.

Sie werden den Text sukzessive (die einzelnen Abschnitte nacheinander) bearbeiten. Es gilt jedoch, eine simultane (gleichzeitige) innere geistige Repräsentation aufzubauen. Eine große Hilfe hierbei ist die Darstellung dieser Struktur als äußere Präsentation in Form einer Abbildung.

Netzwerk lernpsychologischer Grundbegriffe

Graph als Poster. Sie haben nur dann eine Chance, das präsentierte Wissen differenziert aufzufassen und gut zu behalten, wenn Sie den Inhalt in Form einer hierarchischen oder vernetzten Struktur verarbeiten. Die Vorstellung eines Netzes ist ein hervorragendes Bild dieses vielleicht wichtigsten Prinzips des kognitiven Lernens.

Wir möchten Sie ausdrücklich dazu anregen, während des Studiums des Buches ein solches Netzwerk selbst zu zeichnen. Dies kann geschehen als Graph (Abbildung auf der vorderen Innenseite des Einbandes) oder als Mindmap (Abbildung auf der hinteren Innenseite des Einbandes). Beide Formen können entweder als Poster, als Power-Point- oder prezi-Präsentation, mit mindmapping-Software oder ähnlichen Hilfsmitteln ausgeführt werden. Obwohl die Notationen inhaltlich identisch sind, empfehlen wir Ihnen aus Gründen der Übersichtlichkeit, einen Graphen als Poster auf Papier herzustellen.

Die Gestaltung des Posters. Das Netz zeichnet sich dadurch aus, dass neben relativ abstrakten Begriffen immer wieder prototypische (repräsentative) Bilder oder Fallbeschreibungen vorkommen. Diese sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Kreisen notiert (z. B. »Der kleine Albert«). Wegen der sich in jedem Fall ergebenden subjektiven Verarbeitung der Information wird die zu entwickelnde individuelle Struktur wesentlich differenzierter als das Vorbild sein. Am besten verwendet man für das Poster einen Zeichenkarton im

Format von ungefähr 70×50 cm (drei aneinander geklebte Blätter in DIN A4-Format).

Wichtig ist auch, das Poster an einem Ort aufzuhängen, an dem Sie häufig vorbeikommen, damit es nicht nur analysierend durchdacht, sondern außerdem vielfach wiederholt bildhaft eingepägt wird. Vermutlich wird das Behalten durch die Verarbeitung peripherer Reize (z. B. sieht man bei einem Wort Spuren des Radiergummis) noch zusätzlich unterstützt.

Vernetztheit. Vorbildlich haben Sie gearbeitet, wenn Sie sich am Ende das Wissen so angeeignet haben, dass sie gedanklich Brücken schlagen können zwischen zusammenhängenden Sachverhalten (z. B. Leistungen der rechten Hemisphäre der Großhirnrinde – Prototypentheorie der Begriffsbildung – analoge Repräsentation beim Wissenserwerb – Intuition – Kreativität). Der Versuch, den Wissensstoff sequentiell als fortlaufende Liste der wichtigsten Begriffe auswendig zu lernen, ist ziemlich sicher zum Scheitern verurteilt. Wer dem hier gegebenen Ratschlag folgt, wird erfreut die außerordentlich gute Lern- und Gedächtnisleistung zur Kenntnis nehmen.

Um Sie auf die Querverbindungen hinzuweisen, finden sich im Text manchmal Hinweise auf entsprechende Abschnitte, z. B.: Vernetztheit (Abschn. 4.5). Aber Vorsicht: Ein Buch hat im Gegensatz zum Computer keine Zurück-Taste. Man darf hierbei nicht den roten Faden verlieren!

Lesebrille. Am Ende des Textes ist die Lesebrille abgedruckt. Dieser Abschnitt skizziert in kürzester Form abschließend die Grundstruktur des Buches.

Informations- und Arbeitsteil

Die Kapitel gliedern sich in einen Informationsteil mit Lernzielen aus den Verhaltensklassen »Wissen und Verstehen« und einem Arbeitsteil mit Lernzielen aus dem Bereich »Anwenden und Beurteilen« (nach Bloom et al., 1972).

Die Arbeitsteile bestehen aus folgenden Abschnitten:

- ▶ **Forschungsberichte:** An Ihnen sollen Sie erkennen können, wie das Thema in der Psychologie erforscht wird. Sie finden hier klassische Untersuchungen.
- ▶ **Übungen:** Hier werden Ihnen Arbeitsaufgaben angeboten, die Sie mithilfe des erworbenen Wissens lösen sollen.

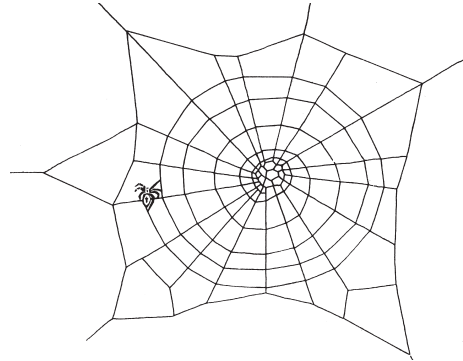
- ▶ Diskussion: Sie werden mit Situationsschilderungen konfrontiert, die unter Verwendung der einschlägigen Begriffe analysiert und beurteilt werden können.
- ▶ Weiterführende Literatur: An dieser Stelle finden Sie Literaturempfehlungen.
- ▶ Test: Er soll Ihnen ermöglichen festzustellen, wo Sie eventuell noch Lücken haben, die aufgearbeitet werden sollten. Am Ende des Buches finden Sie den Lösungsschlüssel.

Übung. Die Arbeitsteile bezwecken eine transferfördernde und anwendungsbezogene Übung. Übung meint hier nicht mechanische Wiederholung, sondern Elaboration (weitere Ausarbeitung und Vertiefung) des Lehrstoffes. Eine solche Art der Übung ist integrativer Bestandteil der Mehrzahl der Lernprozesse und keineswegs nur eine nachträgliche Hinzufügung. In der Regel wird neues Wissen erst nach mehreren Lerndurchgängen mit dem Vorwissen assimiliert.

Wer sich darüber hinaus informieren möchte, findet im Internet unter www.beltz.de zusätzliche Materialien, außerdem auch Tipps und Links zu Büchern, Video-clips, Internetseiten und vieles mehr.

In welchem Ausmaß der Aufbau einer wohlgeordneten und nachhaltigen Wissensstruktur durch ein solches Konzept gelingt, hängt wesentlich von Ihrer Motivation ab. Sie sollten sich deshalb auch überlegen, ob nicht weitere Sozialformen des Lernens (z. B. Gruppenarbeit, Diskussion) in die Erarbeitung des Lernstoffs einbezogen werden können.

Also ...



... unbedingt Netzwerk anlegen!

Der Lernbegriff

In der Umgangssprache wird der Begriff des Lernens besonders im Zusammenhang mit der Schule gebraucht. Dort lernt man Schreiben, Lesen, Rechnen, erwirbt geographisches und geschichtliches Wissen usw. Auch der Erwerb bestimmter sozialer Umgangsformen wird in diesem Verständnis gelernt. Im Mittelpunkt dieser Auffassung von Lernen steht die *pädagogische Situation*. Prototypen sind der von Lehrenden organisierte Unterricht und die erziehenden Eltern.

Der psychologische Lernbegriff ist wesentlich weiter gefasst. Hier sprechen wir auch vom Lernen von Angst und Sicherheit, vom Erwerb von Vorlieben und Abneigungen, der Ausbildung von Gewohnheiten, der Befähigung zu planvollem → Handeln und problemlösendem Denken. Ein solches Lernen findet im *Alltag* außerordentlich häufig statt.

Gemeinsames Merkmal aller Lernprozesse ist die (unmittelbare oder sozial vermittelte) *Erfahrungsbildung*. Von Lernprozessen abzuheben sind die weitgehend durch Vererbung festgelegten und im Verlauf der *Reifung* auftretenden Verhaltensmöglichkeiten (z. B. die motorische Entwicklung im ersten Lebensjahr, u. a. das fälschlicherweise sog. *Gehenzlernen*).

Der Prozess des Lernens führt zu dem Produkt des Neuerwerbs oder der Veränderung psychischer *Dispositionen*, d. h. zur Bereitschaft und Fähigkeit, bestimmte psychische oder körperliche Leistungen zu erbringen. Manchmal spricht man in diesem Zusammenhang auch vom Erwerb eines »Verhaltenspotentials«. Lernen ist durch relativ überdauernde Veränderungen im Organismus gekennzeichnet, während die Leistung (Performanz) von momentanen Bedingungen (z. B. Ermüdung usw.) abhängt. Das eigentliche Lernen besteht also im Erwerb von Dispositionen, d. h. von Verhaltens- und Handlungsmöglichkeiten. Dies bedeutet, dass Lernende nach Abschluss des Lernprozesses sich anders verhalten, anders denken, anders wollen, anders handeln *können*.

Der psychologische Begriff des Lernens schließt nicht nur das durch Unterricht absichtlich und planvoll organisierte Lernen ein. Lernen ist auf keinen Entwicklungsabschnitt beschränkt. Sowohl der Säugling als auch der alte Mensch verändern laufend ihren Erfahrungsschatz. Lernen meint nicht nur den Erwerb ein-

zelner, isolierter Dispositionen, sondern auch den Aufbau einer komplexen Persönlichkeit durch die Aneignung der menschlichen Kultur in einem individuellen Lebensweg.

Definition

Lernen ist ein Prozess, der zu relativ stabiler Erfahrungsbildung führt.

Außensteuerung und Innensteuerung

Nach der Feldtheorie von Lewin (Abschn. 2.4.1) ist menschliche Aktivität zu einem konkreten Zeitpunkt abhängig von Faktoren in der Person und in der Umwelt. Hierbei ist zu betonen, dass der Zusammenhang zwischen Person und Umwelt am besten als *Interaktion* oder *Wechselwirkung* aufgefasst werden kann. Das Gewicht der beiden Faktoren Person und Umwelt kann im Einzelfall sehr unterschiedlich sein. Menschliche Aktivität kann sich entweder mehr auf *Anpassung an die Umwelt* oder mehr auf aktive *Gestaltung der Umwelt* beziehen. Im ersten Fall wird das Verhalten in starkem Maße durch Umweltreize kontrolliert. Wir sprechen in diesem Fall von der → Außensteuerung des → Verhaltens. Im zweiten Fall geht die Aktivität schwerpunktmäßig von der Person aus. Beim → planvollen Handeln sprechen wir deshalb von → Innensteuerung.

Beispiel

Außensteuerung

- ▶ Das Geräusch des Bohrers beim Zahnarzt löst bei manchen Menschen Angst aus.
- ▶ Falsches Parken wird dann unterlassen, wenn regelmäßig kontrolliert wird und eine empfindsame Strafe droht.

Innensteuerung

- ▶ Ein Student gliedert ein Thema für ein Referat in eine Reihe von sinnvollen Gesichtspunkten.
- ▶ Jemand plant eine Urlaubsreise und besucht frühromanische Kirchen.

Foppa (1965, S. 13) beschreibt den Gegenstand der Lernpsychologie folgendermaßen: »Letzten Endes geht es jedoch immer um die Frage, auf welche Weise sich der Organismus den mannigfaltigen Anforderungen seiner Umwelt anpaßt.« Dieser Aussage ist nur zuzustimmen, wenn man den Begriff der Anpassung weit fasst und darunter auch eine aktive Form der Beeinflussung der Umwelt, z.B. durch Handeln, versteht. Aus diesem Grund erscheint es vorteilhafter, im Zusammenhang mit Lernen nicht mehr von Anpassung, sondern von *Auseinandersetzung mit der Umwelt* zu sprechen. Dieser Gesichtspunkt wird etwas später unter der Bezeichnung »Dualistische Lerntheorie« noch einmal aufgenommen.



Im Zuge dieser mehr außen- oder mehr innen-gesteuerten Auseinandersetzung mit der Umwelt kommt es zur Bildung von Erfahrungen, die in der Zukunft neue Aktivitäten beeinflussen. Dies ist das wesentliche Merkmal des Lernens.

Grundformen des Lernens

Unter dem Begriff des Lernens werden sehr unterschiedliche Erscheinungen zusammengefasst.

Beispiel

- ▶ Beim Anblick einer delikaten Speise kann einem das Wasser im Munde zusammenlaufen.
- ▶ Die Vorstellung eines bestimmten Vorgesetzten vermag Angstgefühle auszulösen.
- ▶ Manche Leute spielen mit einer erstaunlichen Ausdauer an Glücksspielautomaten.
- ▶ Kinder lernen in der Grundschule den Begriff »fließende Gewässer«.
- ▶ Nach dem Studium dieses Buches haben die Leserinnen und Leser (hoffentlich) ein klar gegliedertes Wissen über die Lernpsychologie erworben.
- ▶ Ein Kind beherrscht den Umgang mit der Spielekonsole.
- ▶ Jemand plant den Bau eines Hauses (Finanzierung, Grundstück, Architekt usw.) und kann endlich einziehen.
- ▶ Ein Lehrer entwickelt ein neues Unterrichtskonzept und lernt, auftretende Probleme zu lösen.

Die Schwierigkeit besteht nun darin, in diese Vielfalt eine Ordnung zu bringen.

Nach 100 Jahren moderner Lernforschung – von der russischen Reflexologie und dem amerikanischen (→ Behaviorismus über die sogenannte → kognitive Wende in der Psychologie bis hin zu den Handlungstheorien – besteht keine Einigkeit darüber, wie viele Unterkategorien von Lernprozessen man sinnvollerweise annehmen sollte (Foppa, 1965; Bower & Hilgard, 1983/1984; Lefrançois, 2014).

Ein solches Kategoriensystem ist immer auch ein subjektiver Strukturierungsprozess. So kann man beispielsweise darüber streiten, ob das Modelllernen als eigenständige Lernform aufgefasst werden soll.

In diesem Buch werden folgende vier grundlegende Lernformen unterschieden:

- ▶ Das Reiz-Reaktions-Lernen
Aufbau von Verbindungen zwischen Reizen und Reaktionen
- ▶ Das instrumentelle Lernen
Aufbau von Verbindungen zwischen Verhalten und nachfolgenden Konsequenzen
- ▶ Begriffsbildung und Wissenserwerb
Aufbau von Verbindungen zwischen den Elementen von kognitiven Strukturen
- ▶ Das Lernen von Handeln und Problemlösen
Aufbau von Verbindungen zwischen Wissen und Aktivität

Je komplexer ein Lernphänomen ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass mehrere der genannten (Teil-)Lerntheorien zur Erklärung herangezogen werden können.

Beispiel

- ▶ Eine Person trinkt gerne Whisky und eine andere verabscheut dieses Getränk. Der Aufforderungscharakter bestimmter Marken ist stark durch die Werbung beeinflusst (Reiz-Reaktions-Lernen).
- ▶ Im Zusammenhang mit dieser Spirituose bilden sich gewisse Trinkgewohnheiten aus, wie pur, mit Quellwasser oder mit Eiswürfeln genießen (instrumentelles Lernen).
- ▶ Der Kenner wird Scotch deutlich von Bourbon unterscheiden können und zudem wissen, dass es in Schottland reine Maltwhiskies und Blended Whiskies gibt (Begriffsbildung und Wissenserwerb).
- ▶ Man kann sich für den Kauf einer Flasche Whisky entscheiden und sich eine günstige Einkaufsquelle überlegen (planvolles Handeln).

Allerdings steht bei der Analyse von Lernprozessen meist *eine* Sichtweise im Vordergrund.

Dualistische Lerntheorie

Die in diesem Buch vertretene Auffassung von Lernen lässt sich als eine dualistische Lerntheorie kennzeichnen (Edelmann, 2010). Es werden zwei Hauptkategorien von Lernprozessen unterschieden. Jede der beiden Hauptkategorien wird noch in zwei Unterkategorien gegliedert. Bei der *Außensteuerung* können einmal die Reize eine Reaktion auslösen (Reiz-Reaktions-Lernen) oder im anderen Fall bestimmen die dem Verhalten nachfolgenden Reize dessen zukünftige Auftretenswahrscheinlichkeit (instrumentelles Lernen).

Bei der *Innensteuerung* kann es entweder mehr um den Aufbau kognitiver Strukturen, d. h. um den Erwerb von Sachwissen gehen (kognitives Lernen im engeren Sinn) oder es steht die Ausbildung von Handlungswissen im Vordergrund (Handeln und Problemlösen).

Jede Lernpsychologie, die nur eine der beiden Hauptkategorien für menschliches Lernen als relevant unterstellt, ist defizitär. Seit geraumer Zeit werden besonders neobehavioristische Auffassungen in der Literatur vernachlässigt.

Beispiel

Im Straßenverkehr hofft man dringend, dass der Fahrer auf einem reflektorischen Niveau gelernte Reiz-Reaktions-Verbindungen aufgebaut hat und beispielsweise bei plötzlicher Wahrnehmung der gelben Mütze eines Schulanfängers quasi automatisch auf die Bremse tritt.

Bei allen Nachteilen nicht mehr reflektierten, routinemäßigen Verhaltens ist dieses jedoch unverzichtbar. Gut eingespielte, erprobte und erfolgreiche Gewohnheiten sind im Beruf und privaten Alltag nicht wegzudenken. Häufiges, mit einem hohen Ausmaß an Bewusstheit verbundenes Problemlösen (womöglich noch in Form von Versuch und Irrtum) kann sehr ineffizient sein.

Grundlagenwissenschaft und Anwendungsbezug

Die Allgemeine Psychologie ist die Lehre von den grundlegenden psychischen Funktionen, wie z. B. Wahrnehmung, Lernen, Gedächtnis, Wissen, Denken, Gefühl, Handeln. Mit speziellen Gesichtspunkten be-

fassen sich die Differentielle Psychologie, die Sozialpsychologie und die Entwicklungspsychologie.

Bei der Angewandten Psychologie werden traditionell die Klinische Psychologie, die Arbeits-, Betriebs- und Organisationspsychologie sowie die Pädagogische Psychologie unterschieden.

Die Lernpsychologie kann innerhalb einer solchen Systematik der Psychologie an zwei Stellen ihren Platz finden. Das Thema Lernen ist einmal Gegenstand der Allgemeinen Psychologie. Die (meist experimentelle) Lernforschung untersucht *allgemeine Gesetzmäßigkeiten des Lernens* beim Menschen und bei Tieren.

Lernen ist aber auch ein zentraler Bereich der Pädagogischen Psychologie. Deren Aufgabe kann in der Bereitstellung, Vermittlung und Anwendung psychologischen Wissens zur *Optimierung von Entwicklungsprozessen* gesehen werden (vgl. hierzu Brandtstädter et al., 1979). Pädagogische Psychologie dient nach diesem Verständnis nicht nur der Verbesserung von Unterricht und Erziehung, sondern befasst sich mit zahlreichen Sozialisationsfeldern und -institutionen (z. B. Berufsberatung, Umweltplanung). Hierbei spielt eine anwendungsbezogene Lernpsychologie eine wichtige Rolle.

Zusammenfassung

- ▶ Gemeinsames Merkmal von Lernprozessen ist die Erfahrungsbildung. Diese Erfahrungen können unmittelbar gewonnen werden oder sozial vermittelt sein.
- ▶ Die Auseinandersetzung mit der Umwelt ist entweder mehr außen- oder mehr innen- gesteuert.
- ▶ Beim Lernen kommt es zur Ausbildung von Dispositionen, d. h. zur Fähigkeit, bestimmte Leistungen zu erbringen.
- ▶ Es werden folgende vier Lernformen unterschieden: das Reiz-Reaktions-Lernen, das instrumentelle Lernen, Begriffsbildung und Wissenserwerb sowie Handeln und Problemlösen. Bei den ersten beiden Formen ist die Außensteuerung durch Reize ausschlaggebend und bei den anderen beiden die Innensteuerung durch die Person.
- ▶ Lernen ist auch Bestandteil der Pädagogischen Psychologie und dient der Optimierung von Entwicklungsprozessen.

1 Neurobiologische Grundlagen von Lernen und Gedächtnis

Es ist Donnerstagabend, 23 Uhr. Lars steht in der Schlange vor dem Globe. Endlich wieder richtig abtanzen! Drinnen an der Bar wirft er die teure Pille ein. Nach gut einer halben Stunde spürt er ein leichtes Prickeln im ganzen Körper, sein Herz beginnt schneller zu schlagen, die Musik ist jetzt viel intensiver und er hat das Verlangen nach Kontakt. Sekunden später ist Lars mitten in der Menge, auf der Tanzfläche, der Realität entrückt. Er erlebt die Nacht wie im Rausch. Fast sechs Stunden wirkt die Pille, bis Lars erschöpft nach Hause geht und ins Bett fällt. Am nächsten Morgen wacht er mit unglaublichen Kopfschmerzen und riesigem Durst auf. Er fühlt sich hundeelend und hat obendrein noch die erste Vorlesung verschlafen. Die Nacht hätte auch in der Klinik enden oder noch schlimmer ausgehen können.

Hauptbestandteil von Ecstasy ist MDMA (3,4-Methylendioxyamphetamin). Ecstasy fördert die Ausschüttung des Botenstoffes Serotonin im Zentralnervensystem. Diese Chemikalie erhöht die Erregbarkeit von Zellen in kortikalen und subkortikalen Strukturen des Gehirns. Es kommt zu einer Intensivierung des Erlebens und des Antriebes. Hunger, Durst und Müdigkeit werden ausgeschaltet. Häufig stellen sich allerdings auch Halluzinationen und massive Angstzustände ein. Der Anstieg der Herzfrequenz kann zu Kreislaufzusammenbrüchen führen.

Was Sie in diesem Kapitel erwartet. Die faszinierenden Zusammenhänge zwischen dem Bewusstsein und unserem Körper werden in diesem Kapitel genauer besprochen.

Zunächst werden der Aufbau und die Arbeitsweise des menschlichen Nervensystems dargestellt. Die einzelnen Nervenzellen sind die Bausteine und die Verarbeitung der Informationen erfolgt in verschiedenen Zentren des Zentralnervensystems.

Das Großhirn besteht schwerpunktmäßig aus der Großhirnrinde und dem limbischen System. Diese neuronalen Strukturen dienen hauptsächlich der Steuerung der Organismus-Umwelt-Interaktion. Die Großhirnrinde (Kortex) ist vor allem für kognitive Leistungen zuständig. Sie ist in zwei sehr unterschiedliche Hälften (Hemisphären) geteilt. Unterhalb dieses kortikalen Bereichs sind die Strukturen des limbischen Systems der Ort für Emotion und Motivation. Für Lernen und Gedächtnis sind das Zusammenwirken der linken und der rechten Hemisphäre der Großhirnrinde mit ihren unterschiedlichen Funktionen (horizontale Integration) sowie die gegenseitige Beeinflussung von kortikalen und subkortikalen Strukturen (vertikale Integration) von größter Bedeutung.

Abschließend wird die Relevanz der neurobiologischen Befunde für die Lernpsychologie diskutiert.

Das Kapitel gliedert sich in folgende Abschnitte:

- (1) Überblick über das menschliche Nervensystem
- (2) Die Großhirnrinde (Kortex)
- (3) Unterschiedliche Funktionen der beiden Hemisphären
- (4) Komplementäres Verhältnis der beiden Hemisphären
- (5) Zusammenspiel von kortikalen und subkortikalen Strukturen
- (6) Die wesentlichen Gesichtspunkte des Kapitels
- (7) Arbeitsteil

1.1 Überblick über das menschliche Nervensystem

Im folgenden Abschnitt werden zunächst Struktur und Funktion der einzelnen Nervenzelle sowie die Übertragung der elektrischen Impulse von einer Nervenzelle zur anderen behandelt. Es schließt sich ein Überblick über die wichtigsten Zentren unseres Gehirns an.

1.1.1 Aufbau der Nervenzelle

Das menschliche Nervensystem gliedert sich in das *Zentralnervensystem* (Gehirn und Rückenmark) und das *periphere Nervensystem* (z. B. Sinneszellen). Das → Zentralnervensystem (ZNS) setzt sich aus etwa 100 Milliarden Nervenzellen (Neuronen) zusammen. Nur etwa 25 Millionen verbinden die Peripherie unseres Körpers mit dem ZNS. Das menschliche Gehirn ist die komplexeste Struktur in unserem Universum.

Die Nervenzelle (Abb. 1.1) besteht aus einem Zellkörper (dem Soma mit dem Zellkern) sowie verschiedenartigen Fortsätzen, den Dendriten und dem relativ langen Axon (Nervenfasern).

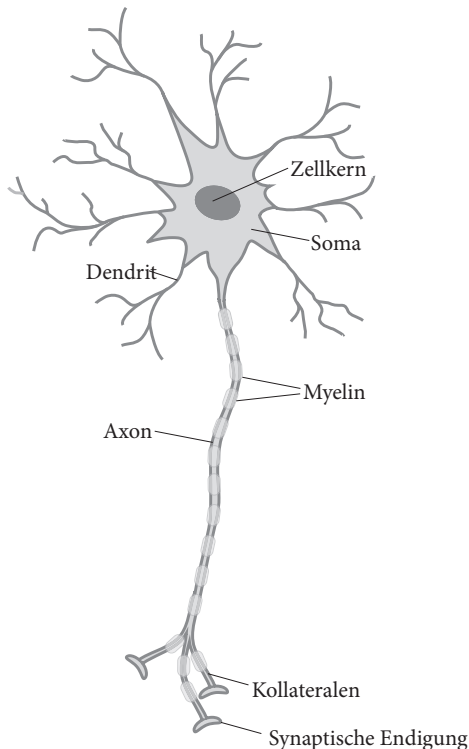


Abbildung 1.1 Nervenzelle

Die einzelnen Nervenzellen sind durch *Synapsen* vielfältig miteinander verknüpft (Abb. 1.2). Dabei sind die synaptischen Endkolben von der Oberfläche des Neurons durch einen äußerst schmalen Spalt getrennt (synaptischer Spalt). Das Nervensystem ist also aus isolierten Nervenzellen (Neuronen) aufgebaut.

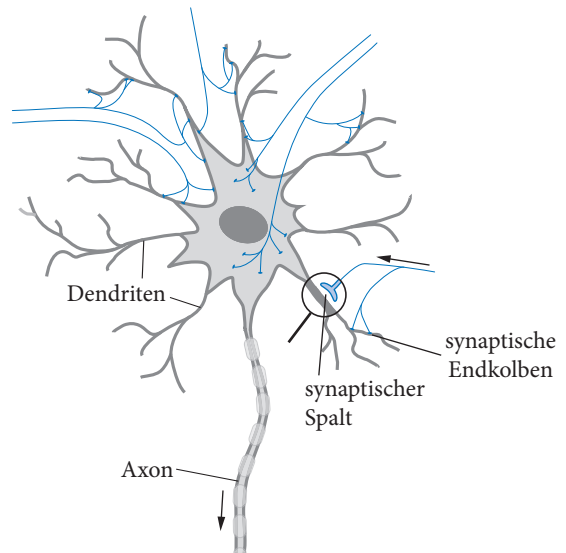


Abbildung 1.2 Besonders die Dendriten sind mit zahlreichen anderen Nervenzellen durch Synapsen verbunden. Hervorgehoben ist der synaptische Spalt

1.1.2 Erregungsübertragung von Zelle zu Zelle

Die Nervenzellen sind auf Übermittlung und Verarbeitung von Informationen spezialisiert. Mithilfe der Dendriten werden die ankommenden elektrischen Signale empfangen und längs der Nervenfasern weitergeleitet. Erreicht ein solches elektrisches Potential die Synapse am Ende eines Axons, dann wird im synaptischen Spalt eine Überträgersubstanz (Transmitter) freigesetzt, wodurch es in der benachbarten Zelle ebenfalls zur Erregung eines elektrischen Potentials kommt.

Bestimmte Nervenzellen nehmen solche Informationen über Synapsen von den Rezeptoren der Sinnesorgane auf und leiten sie durch das Axon weiter. Über mehrere Zwischenstationen gelangen sie dann zu einem Zentrum (afferente Bahn). Nach einer zentralnervösen Verarbeitung kann u. U. der Impuls auf dem umgekehrten Weg bis zu den Effektoren (Muskel- oder Drüsenzellen) gelangen (efferente Bahn).

In ähnlicher Weise, wie sich der Nervenimpuls von einer Zelle zur anderen fortpflanzt, arbeiten auch ganze Zellverbände in den Kern- und Rindenstrukturen des Gehirns, wobei für eine effektive zentralnervöse Integration Erregung und Hemmung gleichermaßen wichtig sind. Die überaus kompliziert verknüpften Neuronen-Netzwerke dienen einerseits dazu, schwache Signale zu verstärken und andererseits dazu, überstarke Impulse zu dämpfen (Bahnung und Hemmung). Dies ist u. a. deswegen nötig, weil Nervenimpulse meist in einem ganzen Bündel von Nervenbahnen weitergeleitet werden.

Neurobiologisch sind Lernen und Gedächtnis als *Veränderung von Synapsen* zu begreifen. Durch häufiges Auftreten bestimmter elektro-chemischer Signale werden neuronale Bahnen etabliert. Hierbei scheint es ein optimales Aktivierungsniveau zu geben, wobei beispielsweise Aufmerksamkeit die Aktivität der Synapsen in der Regel fördert.

1.1.3 Integrative Funktion des Zentralnervensystems

Bei den Leistungen des Nervensystems lassen sich zwei Grundfunktionen unterscheiden:

- (1) Steuerung der Organismus-Umwelt-Interaktion
- (2) Regulation der biologischen Lebensbedingungen im Körperinneren (»inneres Milieu«)

In diesem Kapitel wird fast ausschließlich der erste Gesichtspunkt behandelt.

Die Nervenzellen sind die *Bausteine* unseres Nervensystems. Die Integration und Verarbeitung der elektrischen Impulse erfolgen in *zentralen Strukturen*, die untereinander wieder in vielfältigen Verbindungen stehen (Abb. 1.3).

Im Einzelnen weisen die verschiedenen Hirnzentren schwerpunktmäßig folgende Funktionen auf:

Die *Großhirnrinde* (→ Kortex) ist zuständig für die Verarbeitung komplexer sensorischer Nachrichten, für kognitive Leistungen wie Sprechen und Denken, für Lernen und Gedächtnis sowie für die Entwicklung von Handlungskonzepten.

Tiefere Abschnitte des Großhirns, vor allem das *limbische System*, sind für die Entstehung und Steuerung von Emotionen und für Motivation verantwortlich.

Im *Zwischenhirn* sind vor allem der Thalamus und der Hypothalamus zu nennen. Der Thalamus ist die Schaltstation für alle Bahnen zwischen → kortikalen und subkortikalen Strukturen. Der Hypothalamus stellt das oberste Koordinationszentrum für das autonome Nervensystem dar und bildet außerdem in Verbindung mit der Hypophyse (Hirnanhangdrüse) das Steuerungszentrum für das Hormonsystem.

Im *Mittelhirn* befindet sich das Reticulärsystem, das für Aufmerksamkeit und den Wachheitsgrad des Organismus von Bedeutung ist. Außerdem ist das Mittelhirn das Ursprungsgebiet der Hirnnerven für Augen- und Gesichtsbewegungen.

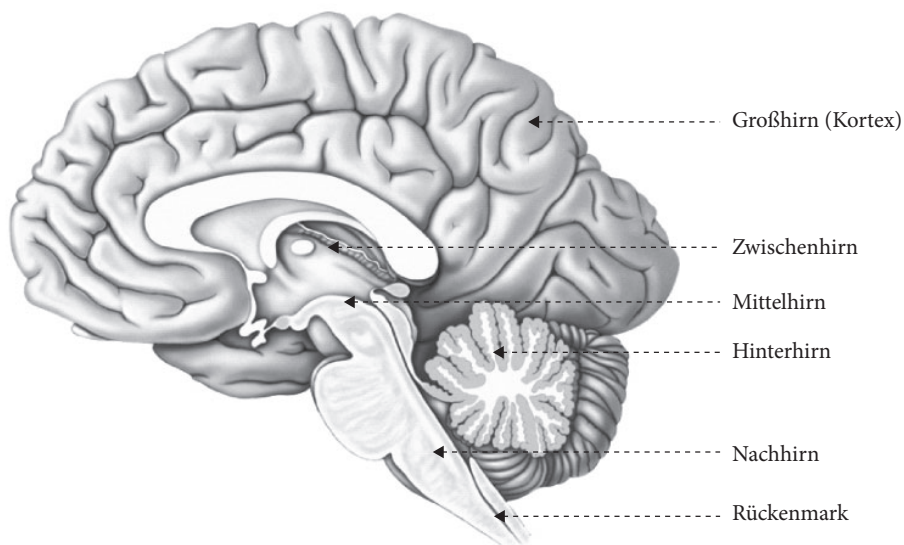


Abbildung 1.3 Einige Bereiche des Zentralnervensystems (modifiziert nach Schandry, 2016)

Wichtigster Teil des *Hinterhirns* ist das Kleinhirn, das die Tätigkeit der anderen motorischen Zentren unterstützt und sie miteinander koordiniert.

Im *Nachhirn* liegen wichtige vegetative Reflexzentren, wie z. B. das Atem- und Kreislaufzentrum.

Im *Rückenmark* werden einfache reflektorische Abläufe koordiniert.

Zusammenfassung

- ▶ Das menschliche Nervensystem gliedert sich in das Zentralnervensystem (Gehirn und Rückenmark) und das periphere Nervensystem.
- ▶ Das Nervensystem weist zwei Grundfunktionen auf: Steuerung der Organismus-Umwelt-Interaktion und Regulation der biologischen Lebensbedingungen im Körperinnern.
- ▶ Für die erste Aufgabe sind besonders die Großhirnrinde und das limbische System von Bedeutung.

1.2 Die Großhirnrinde (Kortex)

Das Gehirn ist die wichtigste Komponente des zentralen Nervensystems. Es wiegt ca. 1.375 g bei Männern und 1.245 g bei Frauen. Die Großhirnrinde ist die höchste neuronale Integrationsebene. Sie ist eine stark gefaltete, etwa ein Millimeter dicke Schicht von Nervengewebe und bildet die äußere Hülle der beiden Großhirnhälften oder Großhirnhemisphären.

Grobgliederung. Bei einer makroskopischen Gliederung des Kortex werden der sensorische, motorische und Assoziationskortex unterschieden.

Hierbei stellt der *Assoziationskortex* den größten Teil der Oberfläche der Großhirnrinde dar. Er ist der größte assoziative Speicher für sprachliches und nicht-sprachliches → Wissen und zahlreiche Fertigkeiten.

1.2.1 Verarbeitung der Sinneseindrücke und Steuerung der Bewegungen

Die Aufgaben vom sensorischen und motorischen Kortex bestehen in der Verarbeitung der Sinneseindrücke und der willkürlichen Steuerung der Bewegungen.

Die Sinnesorgane übermitteln dem Gehirn durch kodierte Impulse Informationen über Ort und Intensität des Reizes. Zur Verarbeitung der Sinneseindrücke befindet sich auf der Großhirnrinde ein Projektionsfeld

(*sensorisches Rindenfeld*). Zur willkürlichen Steuerung der Körperbewegungen verfügen wir außerdem über ein *motorisches Rindenfeld* (Abb. 1.4).

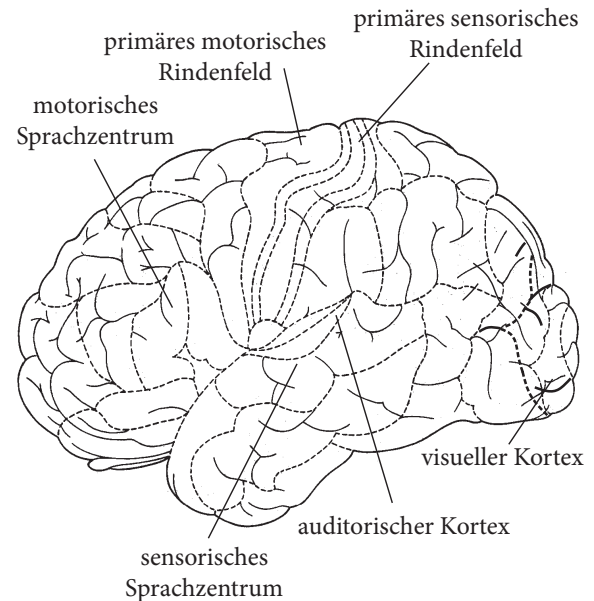


Abbildung 1.4 Auf der Großhirnrinde der linken Hemisphäre erkennt man das motorische Rindenfeld vor dem sensorischen (in Richtung Stirn gesehen) (modifiziert nach Schandry, 2016)

Sowohl beim sensorischen als auch beim motorischen Rindenfeld lassen sich verschiedene Areale unterscheiden. Jedem Körperteil ist ein bestimmter Bereich dieser Rindenfelder zugeordnet. Die einzelnen Körperteile verfügen über unterschiedlich große Projektionsareale. Dies ist nicht von der Größe des Körperteils, sondern von der Sensibilität der Sinnesorgane bzw. der notwendigen Präzision der Steuerung abhängig. Hierdurch entsteht die Verzerrung in Abbildung 1.5 (sensorischer und motorischer Homunculus). Natürlich sind auf der Hirnoberfläche nicht eine Hand oder ein Ohr abgebildet. Diese anschauliche Darstellung kennzeichnet lediglich die Funktion genau dieser Stelle der Hirnrinde.

1.2.2 Funktionelle Symmetrie

Die Mehrzahl der sensorischen und motorischen Regionen ist symmetrisch angeordnet, d. h. sie finden sich auf jeder Hirnhälfte (→ Hemisphäre).

Den sensorischen und motorischen Rindenfeldern jeder Hirnhälfte sind die gegenüberliegenden Körper-

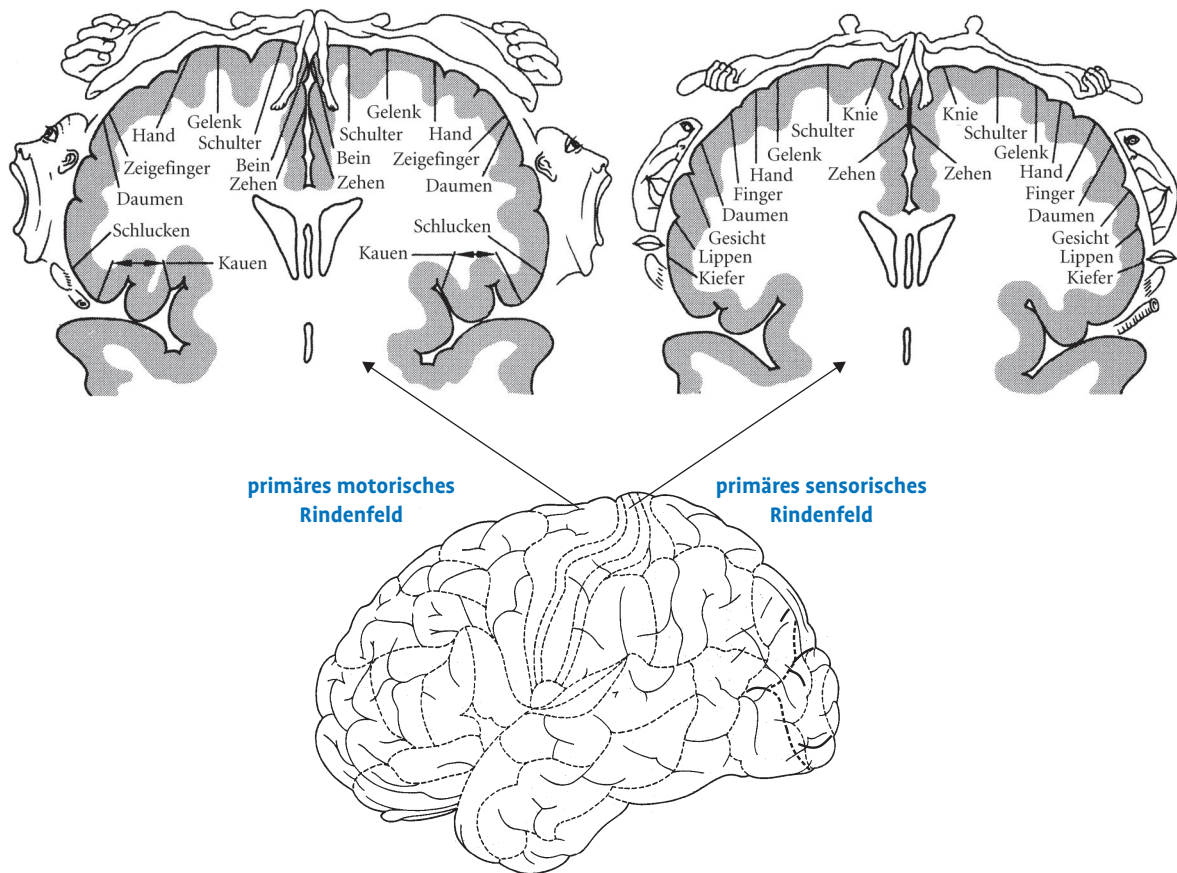


Abbildung 1.5 Veranschaulichung des sensorischen und des motorischen Rindenfeldes durch Projektion des gesamten Körpers auf die Hirnoberfläche. Gesicht und Hände sind überproportional repräsentiert (modifiziert nach Zimbardo & Gerrig, 1999)

hälften zugeordnet. Die meisten Nervenfasern *von* den Sinnesorganen und *zu* den Muskeln überkreuzen sich. Wenn uns beispielsweise jemand auf den rechten Fuß tritt, dann wird dies im linken sensorischen Feld verarbeitet, und wenn wir den linken Arm heben wollen, dann wird dies vom rechten motorischen Feld gesteuert.

Weiteres Beispiel: Die (teilweise) Kreuzung der Sehnerven im Chiasma opticum (in Abb. 1.6 oben in der Mitte) führt beispielsweise dazu, dass das rechte Gesichtsfeld beider Augen auf die Sehrinde in der linken Hirnhälfte projiziert wird und das linke Gesichtsfeld beider Augen in die rechte Hirnhälfte. Außerdem wird beim Schreiben die rechte Hand in der linken Hirnhälfte programmiert.

1.2.3 Funktionelle Asymmetrie

Einige Funktionen sind dagegen asymmetrisch nur einer Hirnhälfte zugeordnet.

In der linken Großhirnrinde befinden sich beispielsweise die *Sprachzentren*. Es sind das hintere Sprachzentrum (Wernicke'sche Sprachregion) und das vordere Sprachzentrum (Broca'sche Sprachregion). Ist das hintere (sensorische) Areal beeinträchtigt, dann ist das Sprachverständnis extrem gestört, das spontane Sprechen der Person ist aber flüssig. Ist das vordere (motorische) Sprachzentrum gestört, dann ist das Sprachverständnis noch intakt, die Person spricht aber spontan fast nicht.

Die Sprachzentren befinden sich bei etwa 98 Prozent aller Menschen in der linken Hemisphäre. Dies hat nichts mit Rechts- oder Linkshändigkeit zu tun. Auch

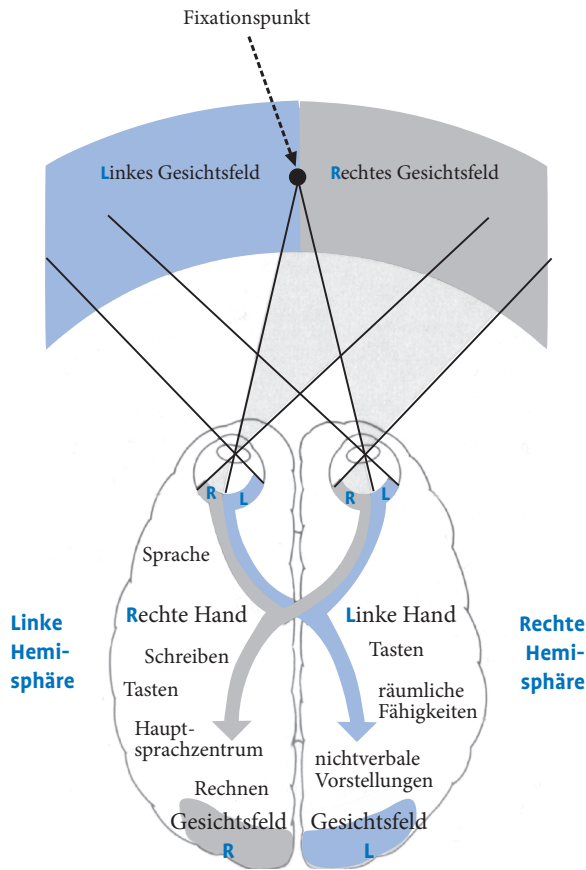


Abbildung 1.6 Den sensorischen und motorischen Rindenfeldern jeder Hirnhälfte sind die gegenüberliegenden Körperhälften zugeordnet (modifiziert nach Schandry, 2016)

die meisten Linkshänder haben ihre Sprachzentren in der linken Hemisphäre.

Zusammenfassung

- ▶ Die Großhirnrinde ist in zwei Hälften (Hemisphären) geteilt.
- ▶ Die Mehrzahl der Funktionen ist symmetrisch beiden Hemisphären zugeordnet. In diesem Fall sind die sensorischen und motorischen Rindenfelder für die gegenüberliegenden Körperhälften zuständig.
- ▶ Die Sprachzentren sind asymmetrisch und nur auf der linken Hemisphäre zu finden.

1.2.4 Hirnareale

Seit einigen Jahrzehnten befasst sich die Forschung damit, Verbindungen zwischen psychischen Prozessen und neuronalen Strukturen aufzuzeigen.

Durch Elektroden an der Schädeldecke lassen sich durch das Elektroencephalogramm (EEG) elektromagnetische Potentialschwankungen der Hirnrinde ableiten. Dies ist der allgemeine Aktivitätszustand der Hirnrinde. Während bestimmter psychischer Leistungen sind an ganz bestimmten Arealen spezifische Potentiale messbar.

Ein ähnliches Untersuchungsziel haben *bildgebende Verfahren*. Bereits das ruhende Gehirn hat einen hohen Stoffwechsel. Bei Verstärkung der Hirnaktivität erfolgt eine Zunahme der Hirndurchblutung. Durch einen schwach radioaktiven Stoff in der Blutbahn lässt sich durch einen Geigerzähler die Strahlenintensität in bestimmten Regionen messen. Diese Messung repräsentiert eine enge Korrelation zwischen psychischer und neuronaler Aktivität. Die aktivierten Areale werden farbig dargestellt und sind deutlich sichtbar.

Beispiel

Ein Proband (Versuchsteilnehmer) löst ein bestimmtes Problem. Gleichzeitig zeigt sich ein bestimmtes Areal aktiviert. Das ist dann das neuronale Substrat dieser Denktätigkeit.

Allerdings sind die Verhältnisse selten so einfach und klar. Bei höheren kognitiven Funktionen spricht die Überlappung der aktivierten Gehirnregion dagegen, eine kognitive Funktion relativ genau einer Hirnregion zuzuordnen. Statt einer exakten neuronalen Entsprechung sollte man vielleicht von einer schwerpunktmäßigen Aktivierung sprechen.

Eine medizinische Anwendung dieses Prinzips ist die Kernspintomographie.

Zusammenfassung

- ▶ Es werden der sensorische, motorische und Assoziationskortex unterschieden.
- ▶ Der Assoziationskortex ist der Speicher für sprachliches und nichtsprachliches Wissen. Der sensorische Kortex ist zuständig für die Verarbeitung der Sinnesindrücke. Der motorische Kortex koordiniert die willkürliche Steuerung der Bewegung.

- ▶ Funktionelle Symmetrie bedeutet, dass die Mehrzahl der sensorischen und motorischen Regionen auf beiden Hemisphären vorhanden ist. Sie sind jeweils den gegenüberliegenden Körperhälften zugeordnet.
- ▶ Funktionelle Asymmetrie bedeutet, dass einige Funktionen nur auf einer Hirnhälfte aktiviert sind. Insbesondere die Sprachzentren befinden sich auf der linken Seite der Großhirnrinde.

1.3 Unterschiedliche Funktionen der beiden Hemisphären

Die beiden Hemisphären des Kortex weisen unterschiedliche Funktionen auf. Berühmt wurden die Untersuchungen des späteren Nobelpreisträgers Roger Sperry an sogenannten Split-Brain-Patienten. Durch eine Operation war es bei diesem Personenkreis möglich, die Leistungen der beiden Hirnhälften sehr genau festzustellen.

1.3.1 Die Split-Brain-Patienten

Wichtige Einsichten in die neurobiologischen Grundlagen des Bewusstseins haben Untersuchungen an Patienten mit schwersten epileptischen Anfällen ergeben. Bei etwa 20 dieser Patienten wurde operativ der Balken

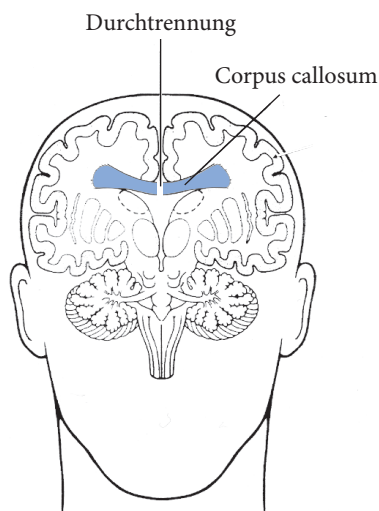


Abbildung 1.7 Trennung der beiden Großhirnhemisphären infolge der Durchtrennung des Corpus callosum (modifiziert nach Schandry, 2016)

(Corpus callosum), der die linke mit der rechten Hirnhälfte verbindet, durchtrennt (→ Split-Brain-Methode). Das Corpus callosum besteht aus etwa 200 Millionen Nervenfasern, sodass beim gesunden Menschen die beiden Hemisphären wirkungsvoll miteinander verbunden sind (Abb. 1.7).

Sperry und seine Mitarbeiter stellten fest, dass das Verhalten der Patienten mit dem »gespaltenen Gehirn« nach der Operation im Alltag unauffällig war, es konnten aber erhebliche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der beiden Hirnhälften nachgewiesen werden.

1.3.2 Die Experimente von Sperry

Auf die linke oder rechte Seite dieser Leinwand kann für eine Zehntelsekunde ein Signal geblitzt werden, z. B. kann auf dem *linken* Gesichtsfeld das Wort »SCHRAUBENMUTTER« erscheinen (Abb. 1.8). Bei dieser Versuchsanordnung ist streng darauf zu achten, dass die Versuchspersonen ihre Augen nicht bewegen, damit das Signal nur im linken Gesichtsfeld aufgefasst wird.

Der Schriftzug »SCHRAUBENMUTTER« im linken Gesichtsfeld wird in die rechte Hemisphäre projiziert, und dort wird die linke Hand programmiert. Der Split-

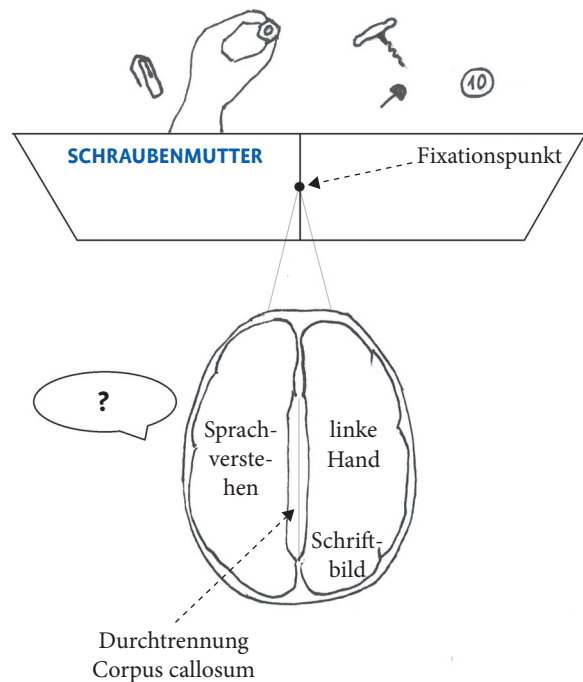


Abbildung 1.8 Leistungen eines Split-Brain-Patienten (modifiziert nach Sperry, 1970)

Brain-Patient kann mit seiner linken Hand, die während des ganzen Vorgangs durch einen Schirm der Sicht entzogen ist, unfehlbar die Mutter aus einer Kollektion von Gegenständen ergreifen. Dies gelingt ihm nicht mit der rechten Hand.

Eccles (1979) schreibt hierzu: »Das Interessante ist nun aber, daß die Versuchsperson, wenn sie befragt wird, nichts von dem weiß, was vorgeht. Das Signal auf das linke Gesichtsfeld wurde nicht gesehen, und es ist nicht bewußt, was die linke Hand sucht oder findet. Die Versuchsperson gibt entweder zu, daß sie es nicht weiß, oder sie äußert blindlings eine Vermutung, wie durch Fragezeichen angedeutet wird« (S. 266).

Die Leistungen der rechten Hemisphäre sind erstaunlich: Lesen eines Wortes, Erkennen des bezeichneten Gegenstandes, Ergreifen mit der linken Hand. Dies alles findet statt, ohne dass die Versuchsperson etwas von dem Vorgang weiß.

Wie weitgehend die Trennung der beiden Hemisphären bei Split-Brain-Patienten ist, zeigt das folgende Experiment (Abb. 1.9).

Auf die Leinwand wird z. B. das Wort »HATBAND« (Hutband) so geblitzt, dass »HAT« zur rechten Hemisphäre geleitet wird und »BAND« zur linken mit den

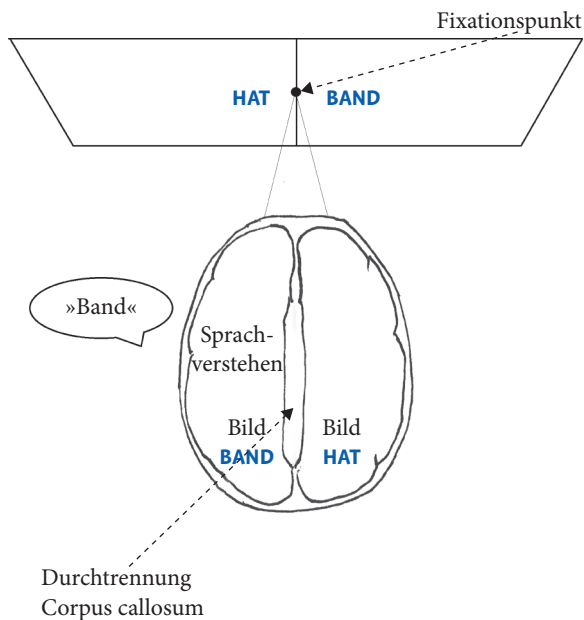


Abbildung 1.9 Bei dieser Anordnung kann nur der Wortteil verbalisiert werden, der im rechten Gesichtsfeld projiziert wird (modifiziert nach Sperry, 1970)

Sprachzentren. Befragt man die Versuchsperson, welches Wort sie gesehen hat, so antwortet sie »BAND« und hat keine Ahnung, dass die rechte Hemisphäre »HAT« empfangen hat. Fragt man: »What a band?«, dann werden Vermutungen geäußert, wie »Rock'n'Roll Band« u. ä.

Ebenso interessant sind die Untersuchungen mit »zusammengesetzten Porträts« (sog. *Chimären*, s. Abb. 1.10).

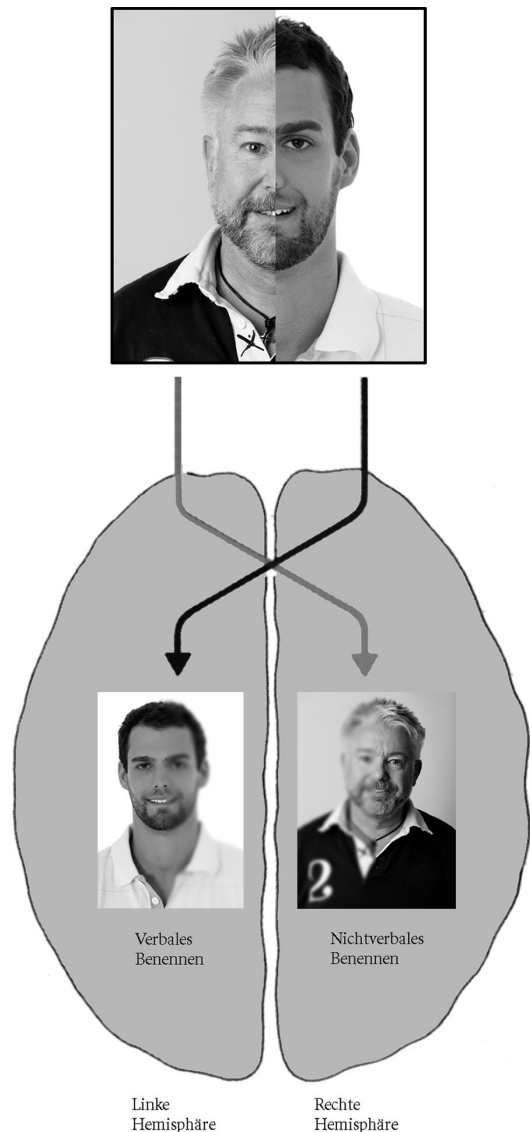


Abbildung 1.10 Erkennen von Gesichtern durch die linke bzw. rechte Hemisphäre. Jede Hemisphäre ergänzt die ihr dargebotene Gesichtshälfte zu einem kompletten Gesicht

Während die Versuchsperson wieder den Mittelpunkt der Leinwand fixiert, werden die Bilder wie in Abbildung 1.10 auf der Leinwand gezeigt. Das (halbe) Bild im linken Gesichtsfeld wird in die rechte Hemisphäre projiziert und das (halbe) Bild im rechten Gesichtsfeld in die linke Hemisphäre. Wegen des durchtrennten Corpus callosum vervollständigt jede Hemisphäre ihre Bildhälfte wieder zu einem vollständigen Bild. Wird eine verbale Benennung verlangt, dann wird das in der linken Hirnhälfte vervollständigte Bild beschrieben; wird verlangt, dass mit der linken Hand aus einer Kollektion von Bildern das passende gezeigt werden soll, dann wird das in der rechten Hemisphäre vervollständigte Bild herausgesucht.

In einer weiteren Untersuchungsreihe wurde den Versuchspersonen eine Kontaktlinse in das linke Auge eingesetzt, die nur die Wahrnehmung des linken Gesichtsfeldes erlaubte. Gleichzeitig bedeckte eine Augenklappe das rechte Auge.

Bei diesem Versuch können Bildgeschichten, die aus vier bis sechs Bildkarten bestehen, mit der linken Hand in die richtige Reihenfolge gebracht werden. Zu beachten ist hierbei, dass die Versuchspersonen berichteten, dass sie keine Ahnung hatten, was im linken Gesichtsfeld präsentiert wurde. Da kein Input vom rechten Gesichtsfeld in die linke Hemisphäre möglich ist, hatten die Versuchspersonen keine bewussten visuellen Erfahrungen, außer einer diffusen Empfindung von Helligkeit und manchmal von Farbe.

1.3.3 Die Leistungen der beiden Hemisphären der Großhirnrinde

Bei den Split-Brain-Patienten ist die Spaltung des Gehirns in zwei Hemisphären fast hundertprozentig. Es gibt – zumindest bei nur sehr kurzzeitigen Darbietungen der Reize wie in den Experimenten von Sperry – keine Übertragung von der rechten Hemisphäre zum bewussten Erleben und sprachlichen Ausdrucksver-

mögen der Patienten. Die Vorgänge in der rechten Hemisphäre sind der sprechenden Person unbekannt. Nur Ereignisse in der linken Hemisphäre können sprachlich mitgeteilt werden.

Eccles (1979) nimmt jedoch auch bei diesen Patienten eine gewisse Übertragung auf einem weitgehend emotionalen Niveau an: »Ein Bild, von dem man erwarten kann, daß es bei der Versuchsperson Furcht oder Verlegenheit hervorruft, wird auf das linke Gesichtsfeld projiziert. Die Versuchsperson empfindet eine unklare emotionale Reaktion, deren Ursache sie nicht verstehen kann.« (S. 270).

Die Leistungen der Split-Brain-Patienten erlauben Aussagen über die spezifischen Funktionen der beiden Hemisphären (Sperry, 1964, 1968a, 1968b, 1970, 1974, 1977). In Tabelle 1.1 ist diese Seitenspezialisierung (Lateralisierung) dargestellt.

Bewusstsein und Sprache

Es ist festzuhalten, dass in der Literatur zwei Bewusstseinsbegriffe häufig unreflektiert nebeneinander verwendet werden:

- Bewusstsein, sowohl hinsichtlich des Empfangens von Informationen aus der Welt als auch hinsichtlich des Handelns, ist eng mit den in der linken Hirnhälfte gelegenen Sprachzentren verbunden.
- Bewusstsein ist die Bezeichnung für »kognitive Präsenz von etwas«. Diese Inhalte können mehr oder minder klar erfasst und sprachlich oder nichtsprachlich (z. B. bildhaft) gegeben sein.

Wenn man Bewusstsein als einen psychischen Zustand definiert, der ausgezeichnet ist durch relative Klarheit und Deutlichkeit seiner Erlebnisinhalte, die zudem grundsätzlich sprachlich mitteilbar sind, dann bietet die linke Hälfte der Großhirnrinde die strukturellen Voraussetzungen für Bewusstsein und Sprache. Bei allen Vorgängen, die in der rechten Hemisphäre ablaufen, hat der Split-Brain-Patient dagegen keine solchen bewussten Erfahrungen.

Tabelle 1.1 Verschiedene spezifische Leistungen der linken und rechten Hemisphäre (modifiziert nach Eccles, 1979, S. 276)

linke Hemisphäre	rechte Hemisphäre
Verbindung zum Bewusstsein	keine derartige Verbindung
sprachlich	musikalisch
begrifflich	Bild- und Mustererkennung
arithmetisch	geometrisch und räumlich
analytisch und abstrakt	einheitlich und konkret

Exkurs

Der Begriff des → Bewusstseins wird in außerordentlich vielfältiger Bedeutung gebraucht. Pongratz (1967) widmet den verschiedenen Bewusstseinsbegriffen 170 Seiten seines Buches. Neben unterschiedlichen erkenntnistheoretischen Traditionen gibt es eine große Anzahl psychologischer Bewusstseinstheorien. Aus psychologischer Sicht interessieren im Hinblick auf hirnbioologische Fragen besonders die beiden folgenden kontroversen Auffassungen:

- (1) Von Bewusstsein sprechen wir nur, wenn klare und unterscheidbare Wahrnehmungen bzw. Vorstellungen vorliegen. Bewusstseinsinhalte sind solche Phänomene, die durch Aufmerksamkeitszuwendung vom Blickfeld in den Blickpunkt gerückt werden (Wundt). Menschliches Bewusstsein ist untrennbar mit Sprache verbunden. Ein wesentliches Kriterium von Bewusstsein ist die Mitteilbarkeit seiner Inhalte durch verbale Äußerungen.
- (2) Je nach Deutlichkeit der Bewusstseinsinhalte unterscheidet man von der Ohnmacht über den Tiefschlaf bis zu einem Zustand höchster Klarheit verschiedene Bewusstseinszustände. Menschen verfügen auch über nichtsprachliche Erlebnisse (z. B. Gefühle, innere Bilder, Träume). Bewusstsein ist der Gesamthalt unserer Ich-Erfahrung (Leibniz).

In diesem Zusammenhang ist allerdings daran zu erinnern, dass die Befunde von Sperry an Personen mit einer schwerwiegenden Hirnoperation gewonnen wurden. Er geht davon aus, dass nach der Durchtrennung des Corpus callosum beide Hemisphären über ein voneinander getrenntes Bewusstsein verfügen, jedoch kein Bewusstsein voneinander haben. Beim gesunden Menschen gibt es demgegenüber eine gegenseitige Übertragung der Inhalte der beiden Hemisphären.

Sprachliche und musikalische Fähigkeiten

Ein Mangel der rechten Hemisphäre zeigt sich im sprachlichen Bereich. Das Erkennen von Wörtern ist auf geläufige Gegenstände und gelegentlich auf wenige Verben beschränkt. Auf Anweisungen wie »nicke« oder »winke« kann erfolgreich reagiert werden. In den aller-

meisten Testsituationen war die rechte Hemisphäre dagegen nicht in der Lage, mit gesprochener oder geschriebener Sprache zu antworten. Es besteht also ein großer Unterschied zwischen leidlichem Verstehen von Sprache und sprachlichem Ausdruck.

Während die linke Hemisphäre durch ihre verbalen und gedanklichen Fähigkeiten ausgezeichnet ist, häufen sich die Anhaltspunkte, dass die rechte musikalisch begabt ist. So zeigt es sich, dass das operative Entfernen des rechten Temporallappens die musikalischen Fähigkeiten erheblich beeinträchtigt.

Bild- und Mustererkennung

Obwohl die rechte Hemisphäre im sprachlichen Bereich als leistungsschwach bezeichnet werden muss und besonders wenig zu begrifflicher Abstraktion fähig ist, kann sie jedoch nicht generell als defizitär angesehen werden.

Bei dem Versuch, ein einfaches geometrisches Muster durch farbige Blöcke nachzubilden, versagt die linke Hemisphäre, während die rechte diese Aufgabe rasch und exakt ausführt. Das gleiche gilt für taktile (d. h. über den Tastsinn vermittelte) Mustererkennung. In analoger Weise konnte bei den Patienten eine überlegene Leistungsfähigkeit der linken Hand beim Kopieren von Zeichnungen nachgewiesen werden. Weiterhin ist die rechte Hemisphäre besonders leistungsfähig bei der Erkennung bildlicher Darstellungen, die in normalen Erfahrungssituationen vorkommen. Man könnte diese Fähigkeiten vielleicht zusammenfassend als nonverbales Vorstellungsvermögen bezeichnen.

Arithmetisch oder geometrisch

Die linke Hemisphäre kann die vier Grundrechenarten und andere mathematische Operationen ausführen. Die rechte Hemisphäre dagegen verfügt über ein äußerst geringes Rechenvermögen und kann nur einfachste Additionen erledigen.

Für bestimmte Aufgabenarten ist sie jedoch der überlegene Teil des Gehirns. Dies gilt vor allem für die Wahrnehmung und Erzeugung von räumlichen Mustern. Die Unterscheidung oder Umformung von topologischen Formen (geometrische Gebilde im Raum) ist für die linke Hemisphäre außerordentlich schwierig oder sogar unmöglich, während solche Leistungen von der rechten Hemisphäre auf einem sehr hohen Niveau durchgeführt werden. In Abbildung 1.11 kann man überprüfen, in welcher Form man die Begriffe »Pyramide« und »Pyramidenstumpf« geistig präsent hat.