

# Lernen und Anpassung

## 6

### Inhalt

- 6.1 Umwelt und Verhalten**

---

- 6.2 Aktivierung und Lernen**

---

- 6.3 Speicherstrukturen des Gehirns**

---

- 6.4 Neuronale Netzwerkmodelle**

---

- 6.5 Habituation**

---

- 6.6 Prägungsartiges Lernen**

---

- 6.7 Klassische Konditionierung – Signallernen**

---

- 6.8 Instrumentelles Konditionieren – Erfolgslernen**

---

- 6.9 Fertigkeiten – Motorisches Lernen**

---

- 6.10 Kognitives Lernen – Kategorien, Begriffe und Schemata**

---

- 6.11 Imitationslernen – Beobachtungslernen – Modelllernen**

Lernen ist eine erfahrungsbedingte, dauerhafte, aber modifizierbare Anpassung von Wahrnehmungen, Vorstellungen, Denkprozessen, Gefühlen, Motivationen oder Verhaltensweisen an Lebensbedingungen. Diese Anpassung ist also nicht auf Ermüdung, Reifung oder andere nicht erfahrungsbedingte Prozesse zurückzuführen. Lernen ist zudem stets mit einer Funktionsveränderung neuronaler Strukturen verbunden.

Empirische Hinweise über lernbedingte Strukturveränderungen im Zentralnervensystem (ZNS) können anhand von Hirnverletzungen („Hirnläsionen“), Hirnreizungen („Hirnstimulationen“) und mittels Aktivitätsmessungen am Gehirn gewonnen werden (z.B.

## Merksatz

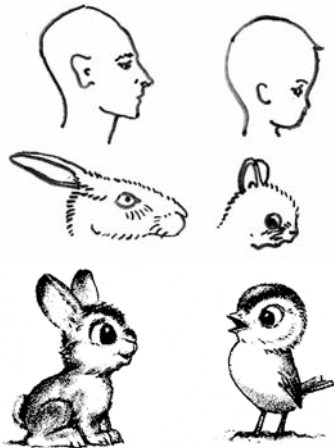
**Lernen ist eine durch Erfahrung hervorgerufene dauerhafte, aber modifizierbare Anpassung von psychischen Strukturen und Reaktionen (Wahrnehmung, Denken, Verhalten, ...).**

Elektroenzephalogramm/EEG, Positronen-Emissions-Tomografie/PET, funktionale Magnet-Resonanz-Tomografie/fMRT). Die Ergebnisse der meisten Lernprozesse lassen sich allerdings nicht im neuronalen Substrat direkt nachweisen, sondern müssen indirekt an Veränderungen der Wahrnehmung, des Denkens oder des Verhaltens abgelesen werden.

## 6.1 | Umwelt und Verhalten

Die Evolutionstheorie (Darwin, 1859) zeigt auf, wie sich Organismen über Jahrmillionen durch Mutation und Selektion an wechselnde Umwelten angepasst haben (Buss, 2004). Die **Verhaltensforschung** bzw. **Ethologie** konnte nachweisen, dass diese Umweltadaptation nicht nur das Aussehen (Morphologie), sondern auch das regelhafte Verhalten der Lebewesen verändert hat. Insekten, Käfer und Spinnen verfügen bereits über Reflexe (Reiz-Reaktions-Kopplungen) und Reaktionsketten sowie über ein Instinktrepertoire (z.B. Brutpflege- und Fortpflanzungsinstinkte). Dadurch gelangen erstaunlich komplexe Anpassungen ihrer Lebensabläufe an die Um-

Abb 6.1



*Erbkoordinationen (Angeborene Auslösermechanismen/AAM) sind reizabhängige Verhaltensprogramme, die nicht durch individuelle Erfahrungen erworben werden, sondern in einem bestimmten Alter des Lebewesens ausreifen. Als angeborener Auslöser darf das sogenannte Kinderschema gelten (Lorenz, 1943), auf welches der Mensch (und andere Säuger) gefühlsmäßig reagiert („süß“, „herzig“, „niedlich“) und mit „Pflegereaktionen“ antwortet (z.B. streicheln, lieblosen). In Cartoons und bei Puppen werden die typischen Merkmale (relativ großer Kopf, große Augen, pummelige Gliedmaßen) zur Steigerung des Effektes oft übertrieben dargestellt.*

welterfordernisse, insbesondere bezüglich Nahrungsaufnahme, Schlaf, Brutpflege und Sexualität. Lebewesen mit höher entwickeltem Zentralnervensystem, wie etwa Vögel und Säugetiere, steuern ihr Verhalten nicht mehr nur mittels solcher relativ starrer angeborener Mechanismen (wie zum Beispiel durch *Erbkoordinationen* und *Ritualisierungen*, Abb. 6.1 und 6.2), sondern auch durch erworbene Verhaltensanpassungen wie Prägung (s. 6.6, Abb. 6.14) und Lernen. Beim Menschen geschieht die Anpassung überwiegend durch Lernprozesse und Denken.

Menschliches **Verhalten** kann aus kybernetischer Sicht als doppelt-hierarchische Organisation bezeichnet werden, bestehend aus einer bewusst kontrollierten Willkürmotorik („Top-down-Kontrolle“) und den Automatismen („Bottom-up-Kontrolle“), nämlich vor allem den Reflexen, den Gewohnheiten, den Triebreaktionen und der Stütz- und Gangmotorik (Pritzel et al., 2003). In jedem Verhaltensablauf sind beide Kontrollinstanzen integriert, das heißt, sowohl die willkürlich gesteuerten Aktivitäten werden der Körperhaltung, dem Körpertonus und den reflektorischen Aktionen angepasst als auch umgekehrt die unwillkürlich ablaufenden Regulationen den intendierten Handlungsmustern. Angeborene Reflexe (z.B. Kniesehnen- oder Speichelflussreflex, Husten-, Nies- oder Schluckreflex), erworbene Automatismen (z.B. erlernte Angstreaktionen, Sprechen, Schreiben, Spielen eines Musikinstruments) oder Willkürverhalten werden zwar auf unterschiedlich komplexen Regulationsebenen gesteuert, sind aber bei einem voll funktionstüchtigen Organismus gut aufeinander abgestimmt. Viele unwillkürliche Verhaltensweisen (Fertigkeiten, Gewohnheiten, Routinetätigkeiten) werden zunächst schrittweise und willkürlich kontrolliert aufgebaut, um dann später weitgehend ohne bewusste Kontrolle ausgeführt zu werden.

Kybernetik: Wissenschaft von der Struktur komplexer Systeme

#### Merksatz

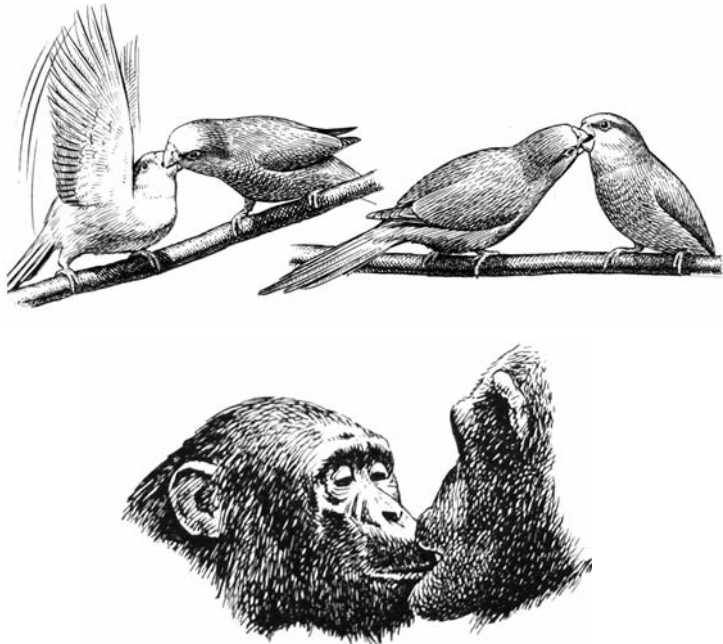
**Menschliches Verhalten ist das komplexe Resultat einer unwillkürlichen Steuerung (durch Reflexe, Erbkoordinationen, Automatismen) und einer willkürlichen Steuerung (durch bewusste Handlungsentwürfe).**

## 6.2 | Aktivierung und Lernen

Im Laufe der Evolution des Lebens war die Fähigkeit zu lernen eine der wichtigsten phylogenetischen Umwelanpassungsleistungen der Lebewesen. Lernen als Instrument der Lebensbewältigung musste aber effizient sein, das heißt, der Nutzen eines Lernprozesses musste in einem vernünftigen Verhältnis zu seinen Kosten stehen, damit biologische Ressourcen (z.B. Speicherkapazität des Zentralnervensystems) nicht vergeudet wurden. Lernfähige Lebewesen benötigten daher ein verlässliches Kriterium zur Auswahl einprägenswerter Erlebnisse bzw. korrespondierender Umweltereignisse.

Als ein solcher biologischer Indikator für die Bedeutsamkeit eines Erlebnisses dürfte sich bereits früh die Erregungszunahme im Zentralnervensystem herausgebildet haben. Tatsächlich ist es so, dass immer dann, wenn organismusinterne oder -externe Reize

Abb 6.2 |



*Ritualisierungen sind zweckentfremdete Erbkoordinationen, die in der phylogenetischen Entwicklung ursprünglich einem biologischen Zweck und danach der Sicherung des sozialen Zusammenhaltes innerhalb der Art dienen. So etwa entwickelte sich aus der Fütterung des Jungtieres das Schnäbeln oder Küssen erwachsener Tiere.*

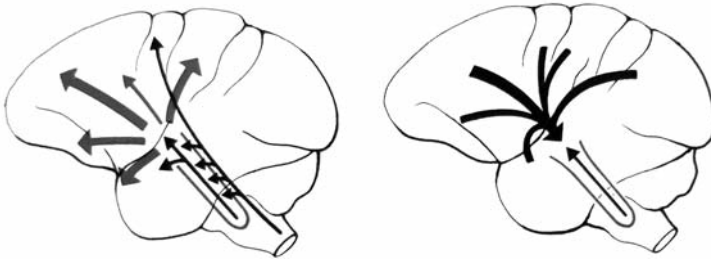


Abb 6.3

*Aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem (ARAS): Stark schematisierte Darstellung der von der Formatio reticularis (netzartiges Gebiet im Hirnstamm) zum Kortex aufsteigenden und der zu ihr absteigenden Nervenbahnen, durch welche eine Steuerung des (tonischen) Aktivierungsniveaus erfolgt (am Beispiel des Affenhirns).*

auftreten, die vermutlich oder tatsächlich Lebensrelevanz besitzen (z.B. Umweltveränderungen, Anblick von Nahrung, Schmerzen, Bedrohungen), sich das Niveau der allgemeinen **Aktivierung** (engl. arousal) im Zentralnervensystem erhöht und damit einhergehend die Intensität der neuronalen Informationsverarbeitung. Einen experimentellen Hinweis auf die lernfördernde Wirkung eines erhöhten neuronalen Aktivierungsniveaus liefert das „Brain-Trigger-Design“ (Guttman & Bauer, 1984), mittels dessen die Vorgabe von Lernmaterialien in Phasen erhöhter neuronaler Aktivierung um 25 % bessere Merkleistungen nachweisbar waren.

Bei den meisten höher entwickelten Lebewesen befindet sich im Stammhirn ein entsprechendes **Aktivierungssystem** (engl. activating system; Abb. 6.3), welches sowohl auf Veränderungen in der Umwelt (Wahrnehmungssituation) als auch auf Änderungen im Organismus (Bedürfnislage) anspricht und eine Steigerung der Aktivierungslage im Zentralnervensystem auslöst („Orientierungsreak-

Das Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908) besagt, dass weder ein zu niedriges noch ein zu hohes, sondern ein mittleres Aktivierungsniveau die beste Voraussetzung für geistige Leistungen ist (s. auch Hebb, 1955). Daher werden im Allgemeinen schwere (anspannende) Aufgaben bei relativ niedriger Aktivierung und leichte Aufgaben bei höherer Aktivierung besser bewältigt.

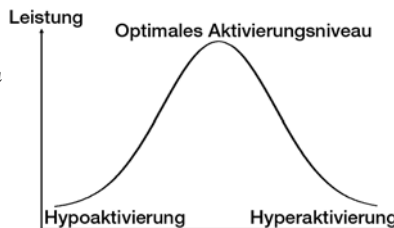


Abb 6.4

Dieses Dokument wurde mit IP-Adresse 141.46.144.6 aus dem Netz der USEB HS Zittau am 14.10.2020 um 18:15 Uhr heruntergeladen. Das Weitergeben und Kopieren dieses Dokuments ist nicht zulässig.

Encephalitis lethargica:  
„Europäische Schlaf-  
krankheit“, Form der  
Gehirnentzündung

tion“). Eine elektrische Stimulation dieses Aktivierungszentrums bewirkt eine Verschärfung der Wahrnehmung, Steigerung der Aufmerksamkeit, Beschleunigung der Informationsverarbeitung und eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit, während dessen eine Schädigung (z.B. als Folge von Encephalitis lethargica) oder Zerstörung (z.B. durch Verletzung) befristete bzw. dauerhafte Schlafzustände auslöst (Guttmann, 1972).

Der Aktivierungszustand des Nervensystems verändert sich im Laufe des Wachzustandes sowohl tonisch (im Grundpegel) als auch phasisch (in Fluktuationen). Eine sehr hohe, aber auch eine sehr niedrige tonische Aktivierung (Hyperaktivierung – Hypoaktivierung) ist für kognitive Leistungen kontraproduktiv (Abb. 6.4). Optimal ist ein mittleres Aktivierungsniveau, im Bereich dessen vor allem das Ausmaß des Aktivierungsabfalls (Erleichterung, Entspannung, Befriedigung) darüber entscheidet, ob und in welchem Ausmaß die zuvor erlebten Eindrücke und Handlungen eingespeichert werden (Abb. 6.5, Abb. 6.6).

In einigen praxisnahen Untersuchungen hat Guttmann (1986) herausfinden können, dass ein Leistungsabfall (z.B. im Sport) zwischen Training und Wettbewerbssituation bei sogenannten **Trainingsweltmeistern** häufig auf übermäßige Aktivierung zurückführbar ist.

Das Aktivierungssystem stellt allerdings nur einen groben Regulationsmechanismus zur biologischen Bewertung von Lebensumständen dar, sodass sich in der Phylogenese komplexer Lebensformen (Säugetiere) bald auch ein differenziertes zentralnervöses **Bewertungssystem**, nämlich das *Limbische System*, herausbildete. Dieses nimmt laufend einen Vergleich zwischen Ist- und Sollwerten im biologischen und psychischen Bereich vor und stellt fest, ob die gegebene Situation grundsätzlich eher als günstig oder als ungünstig einzuschätzen ist. Führt dieser

### Merksatz

**Überraschende und vital bedeutsame Ereignisse lösen Aktivierungsveränderungen im Zentralnervensystem aus und erhöhen damit die Wahrscheinlichkeit ihrer Speicherung.**

### Merksatz

**Sowohl ein zu hoher als auch ein zu niedriger zentralnervöser Aktivierungsgrad sind für kognitive Leistungen (Wahrnehmen, Einprägen, Erinnern, Problemlösen, Urteilen, ...) nachteilig. Bewusstseinsinhalte haben eine umso größere Chance auf Einprägung, je deutlicher sie zunächst von einem zentralnervösen Aktivierungsanstieg und darauffolgend von einem Aktivierungsabfall begleitet sind.**

Vergleich zu einem positiven Ergebnis, dann manifestiert sich dies subjektiv in einem **positiven Gefühl** (Zufriedenheit, Freude, Glück, ...), verbunden mit der Tendenz, den vorhandenen Zustand aufrechtzuerhalten und die gerade ausgeübte Tätigkeit fortzusetzen oder in Zukunft zu wiederholen (z.B. Essen, wenn etwas schmeckt). Weichen jedoch die Ist- von den Sollwerten zu stark ab, dann kommt es zu einem **negativen Gefühl**, wie etwa Unruhe, Angst oder Aggression, verbunden mit der Tendenz, den vorhandenen Zustand zu verändern und in Zukunft zu vermeiden. In die Bewertung der Situation fließt auch die Wahrnehmung des eigenen Aktivierungsniveaus mit ein, wobei sowohl sehr niedrige Aktivierung (Langeweile) als auch sehr hohe Aktivierung (Stress) negativ erlebt werden, während sich bei mittlerem Aktivierungsniveau oft positive Emotionen und Stimmungen einstellen (z.B. Interesse, Leistungsmotivation, Unternehmungslust).

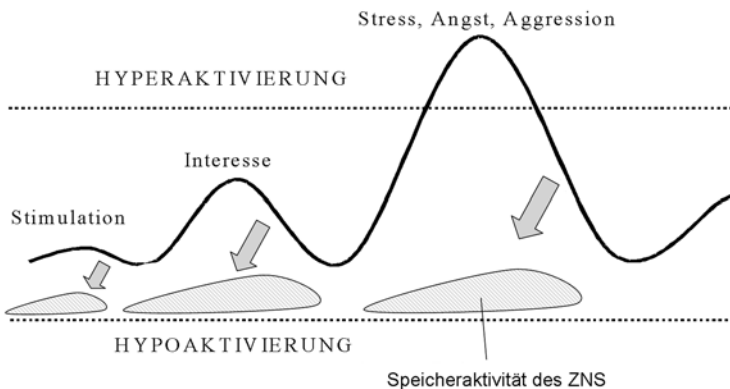


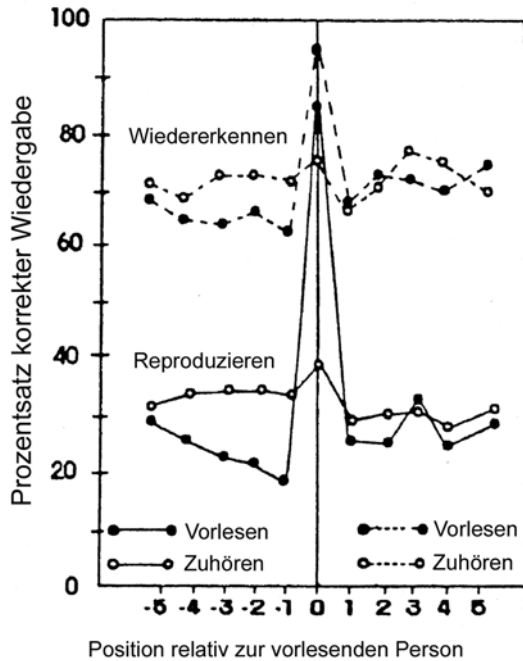
Abb 6.5

Bei höher entwickelten Lebewesen führen überraschende oder bedeutsame Ereignisse zu einem Anstieg des Aktivierungspegels im Zentralnervensystem. Wenn sich danach die Situation als ungefährlich herausstellt, sie in ihrem Bedeutungsgehalt durchschaut wird oder wenn sie auf beliebige Weise bewältigt wird, sinkt das Aktivierungsniveau wieder. Die Zunahme zentralnervöser Aktivierung und deren nachfolgende Reduktion gelten somit als Indikatoren dafür, dass die vorangegangenen Erlebnisse einerseits potenziell wichtig waren und andererseits erfolgreich gemastert wurden, sodass sie aus biologischer Sicht einspeicherungswürdig sind.

Routtenberg (1968) kommt aufgrund neuropsychologischer Befunde zu dem Schluss, dass positive Erlebnisse jeglicher Art (z.B. Triebbefriedigungen, Erfolgserlebnisse, „Aha-Erlebnisse“) die Be-

lohnungszentren im *Limbischen System* ansprechen lassen, welche ihrerseits das Aktivierungssystem hemmen und auf diese Weise zu einer Reduktion unspezifischer Erregung und gleichzeitig zu einer Verstärkung lernspezifischer Neuronenverbindungen im Zentralnervensystem führen (s. Birbaumer, 1975). Bei diesem aktivierungsbezogenen Speichermechanismus könnte es sich um ein biologisches Grundprinzip des Lernens handeln, welches den meisten

Abb 6.6



In einem von Brenner (1973) eingeführten experimentellen Design zur Gedächtnisprüfung sitzen im Kreis 11 Paare von Probanden, von denen jeweils einer ein Drei- bis Zwölfbuchstabenwort vorzulesen hat und der zweite nur zuhören muss. Die Versuchspersonen haben die Aufgabe, sich alle vorgelesenen Worte (d.h. auch jene der anderen) zu merken. Wie erwartet, lag beim Wiedererkennen die durchschnittliche Erinnerungsleistung höher (ca. 75 %) als beim Reproduzieren (ca. 30 %). Die Worte, die von den vorangehenden Personen (Positionen -5 bis -1) vorgelesen worden waren, bevor die Person selbst an die Reihe kam (Position 0), wurden schlechter gemerkt („next-in-line effect“). Eine enorme Einprägungswirkung ergab sich jedoch sogar beim Reproduzieren für die Worte, die die Probanden selbst vorgelesen hatten (ca. 85 bzw. 95 % beim Wiedererkennen). Erklärbar wäre dies durch die Aktivierung beim Vorlesen und die nachfolgende Entspannung, die der passive Partner kaum miterlebt.

Lernformen zugrunde liegt (z.B. *Signallernen*, *Verstärkungslernen*, *kognitives Lernen*; s. auch „Brain Trigger Design“, Guttman & Bauer, 1984).

## Speicherstrukturen des Gehirns

| 6.3

Sehr frühe Erkenntnisse über die Auswirkungen von Gehirnprozessen auf seelische Abläufe hatten bereits die Ägypter (ca. 2500 v. Chr.). Griechische Gelehrte entdeckten ca. 500 v. Chr. die kreuzweise Zuständigkeit der Hirnhälften für die muskuläre Kontrolle der Körperhälften (Finger, 1994). Im 19. Jahrhundert wurden elektrische Gehirnreizungen im Tierexperiment eingesetzt, erste Funktionskartierungen der Kortexoberfläche von Hunden erarbeitet und Sprachstörungen als Folge von Gehirnschädigungen in bestimmten Kortexbereichen aufgedeckt (Broca'sches und Wernickes Sprachzentrum). Nachdem 1906 Camillo Golgi und Santiago Ramón y Cajal für ihre Arbeiten über Nervenzellen und deren weitläufige Vernetzungen („Neuronendoktrin“) den Nobelpreis bekommen hatten, intensivierte sich im 20. Jahrhundert die neurologische und neuropsychologische Forschung, nicht zuletzt durch den breiten Einsatz von Computern, sodass heute zumindest grobe Modelle über die Funktionsweise des Gehirns vorliegen (Abb. 6.7).

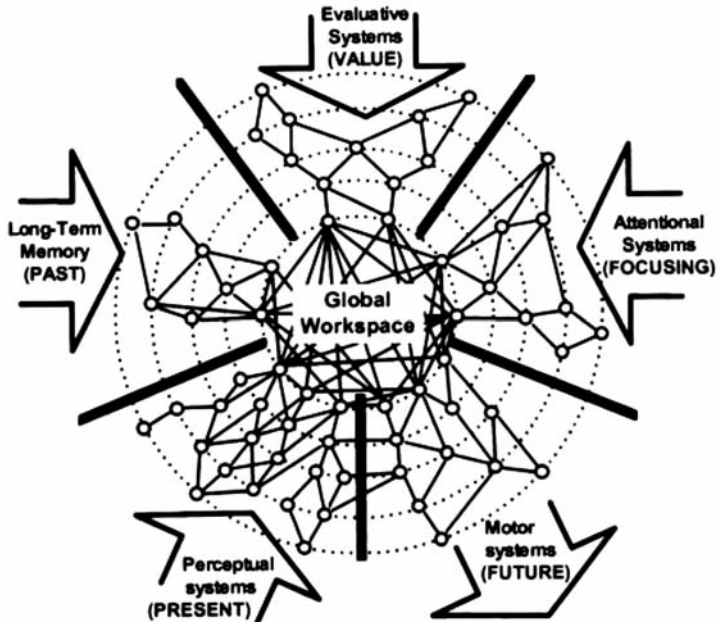
Einfache regulatorische Anpassungsprozesse finden pausenlos im zentralen und peripheren Nervensystem statt (z.B. Ausdifferenzierung von Nervenzellfortsätzen, Produktion von „Neurotransmittern“). Komplexe Anpassungen hingegen, wie wir sie beim Lernen vermuten können, sind im Wesentlichen an drei miteinander in enger Beziehung stehende Systemkomplexe des Gehirns gebunden (Abb. 6.8): **Hirnstamm** (Aktivierungssystem), **Limbisches System** (Bewertungssystem) und **Großhirn** (Speichersystem). Den drei genannten Gehirnregionen kommen im Wesentlichen folgende Funktionen zu (Birbaumer & Schmidt, 2006):

### Merksatz

**Zu den wichtigsten Gehirnstrukturen für Lernprozesse zählen: 1. Hirnstamm (Aktivierungsregulation, vegetative Reaktionen), 2. Limbisches System (emotionale Reaktionen, Konsolidierung), 3. Großhirn (Speicherung und Klassifikation von Lerninhalten, Aufmerksamkeitssteuerung, Abrufung von Speicherinhalten).**

**Hirnstamm** (Mittelhirn, Hinterhirn, Nachhirn): Diese Region kontrolliert das allgemeine Aktivierungsniveau und viele vegetative Basisfunktionen (Herzschlag, Atmung, Blutdruck, Verdauung, Wärmeregulation, Schlaf) und ist zudem der Ursprung von zehn „Hirn-

Abb 6.7

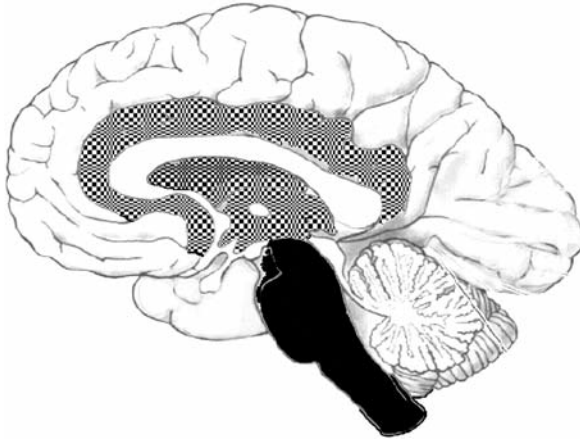


Das Modell des globalen Arbeitsspeichers gibt die heutige Sicht des Gehirns als Gruppierung stark vernetzter, miteinander simultan interagierender Neuronensysteme wieder. Teile des Netzwerkes (Module) erfüllen Spezialleistungen (Wahrnehmung, Erinnerung, Bewertung, Konzentration, Verhalten) und werden durch ein Verbindungsnetzwerk („Global Workspace“) in ihren Aktivitäten gesteuert (s. auch Abb. 4.2).

nerven“ (sensorische und motorische Kontrolle des Kopfes und des Halses: Auge, Ohr, Mund, Kehlkopf, ...) einschließlich des Nervus vagus („Parasympaticus“). Ebenso sind dem Hirnstamm Instinktregelungen der Selbsterhaltung zuzuschreiben, wie etwa das Auslösen von Kampf- oder Fluchtreaktionen, Impulse zum Territorialverhalten, soziales Dominanzverhalten. Die vom Hirnstamm ausgehenden Verhaltensprogramme sind allerdings noch weitgehend autonom und entsprechend starr.

**Limbisches System** (Zwischen- und Endhirnanteile): Diese Gehirnareale sind untereinander sowie mit den übrigen Gehirnbereichen stark vernetzt und werden auch als „emotionales Gehirn“ bezeichnet, weil sie wesentlich an der Entstehung von Gefühlen, der Bewertung von Lebenssituationen und der Verstärkung von

Abb 6.8



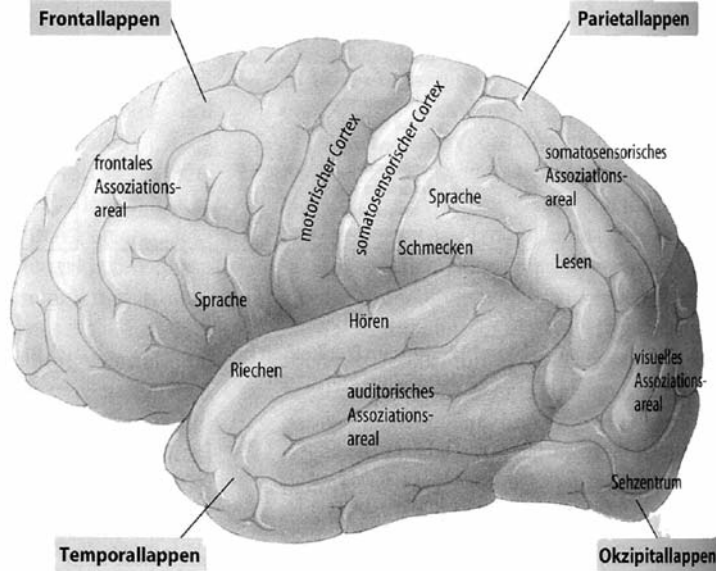
Aktivierungssystem (Hirnstamm – schwarz), Bewertungssystem (*Limbisches System* – kariert) und Speichersystem (Großhirn, Kleinhirn – weiß).

Verhaltenstendenzen beteiligt sind. Die Funktionstüchtigkeit des Hippocampus, einer Teilstruktur des *Limbischen Systems*, ist Voraussetzung für das dauerhafte Einprägen von Erlebnissen und Wissensinhalten (*Konsolidierung*).

**Großhirn** bzw. **Neocortex**: Dieser Teil des Gehirns hat beim Menschen und bei anderen Primaten das größte Volumen. Vor etwa 100 Jahren entstanden die ersten Neocortex-Kartierungen, die den vier **Gehirnlappen** (Stirnlappen/Frontallappen, Scheitellappen/Parietallappen, Schläfenlappen/Temporallappen, Hinterhauptslappen/Okzipitallappen) und ihren Windungen spezielle Funktionen und Aufgaben der Informationsverarbeitung zuschrieben, was inzwischen bestätigt wurde (Abb. 6.9). Allerdings darf nicht mehr davon ausgegangen werden, dass Merkinhalte oder Fertigkeiten ausschließlich an einer Stelle des Großhirns lokalisiert sind. Neurologische Befunde bei Gehirnverletzungen (Gehirnläsionen) lassen deutlich erkennen, dass viele Einprägungen an verschiedenen Stellen des Neocortex gespeichert sind und auch die Kontrolle psychischer Prozesse nur selten von einem Gehirnareal allein ausgeht.

Ebenso jedoch, wie sich für die Gehirnlappen eine Funktionsspezialisierung erkennen lässt, gibt es eine solche auch für die linke und rechte **Gehirnhemisphäre** (Gehirnhälfte; s. etwa Dehaene,

Abb 6.9



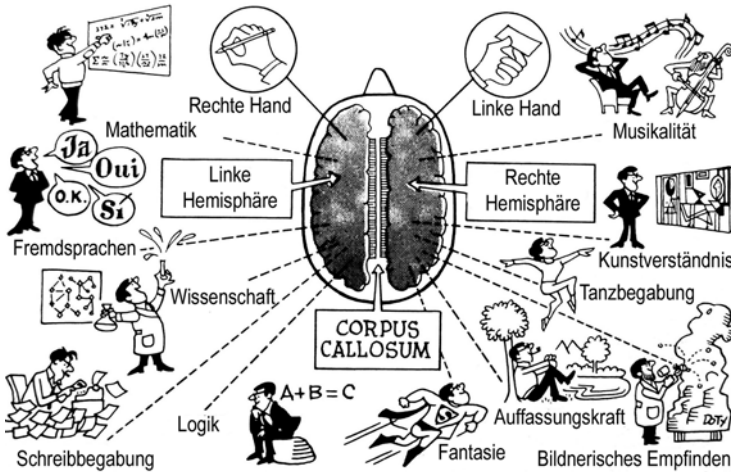
Die Orte der Speicherung des Faktenwissens (deklaratives Gedächtnis) liegen je nach Wahrnehmungsmodus (Tastsinn, Geschmack, Gehör, Geruch, Sehsinn) im Scheitel-, Schläfen- oder Hinterhauptlappen. Das Handlungswissen (prozedurales Gedächtnis), Handlungsorientierungen (Werhaltungen) und die Handlungskontrolle (Aufmerksamkeit, Denkprozesse) sind überwiegend im Vorderlappen des Großhirns lokalisiert.

### Merksatz

**Die linke Großhirnhälfte kontrolliert überwiegend die Speicherung, Verarbeitung und Produktion sprachlicher Signale, während die rechte Großhirnhälfte zumeist stärker auf die Speicherung, Verarbeitung und Produktion von Vorstellungsinhalten spezialisiert ist.**

2009). Während in der sogenannten „dominanten“ Hemisphäre schwerpunktmäßig Sprachverständnis, Sprachproduktion und sprachgebundenes logisches Denken gesteuert werden, ist die nichtdominante Hemisphäre vorwiegend für Vorstellungslösungen, musikalisches Verständnis und vorstellungsgebundenes logisches Denken verantwortlich (Abb. 6.10). Bei etwa 95 % aller rechtshändigen Personen ist die linke Hemisphäre dominant, die linksseitige **Hemisphärendominanz** gilt jedoch auch bei ca. 75 % aller Linkshänder (Springer & Deutsch, 1987).

Abb 6.10



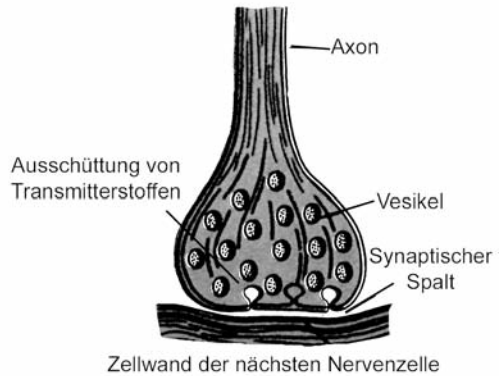
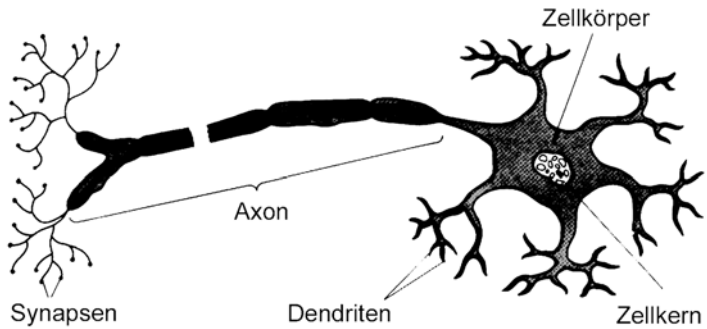
Eine stark pointierte Darstellung funktionaler Unterschiede zwischen linker und rechter Gehirnhälfte, die sich aufgrund von klinischen Erfahrungen (Gehirnverletzungen), neurologischen Studien (z.B. Split-Brain-Forschung) und neuropsychologischen Experimenten (z.B. dichotisches Hören) vermuten lassen (Springer & Deutsch, 1987). Trotz solch tendenzieller Lateralisierungen von Funktionen werden zweifellos die meisten Gehirnfunktionen von beiden Hemisphären beeinflusst und kontrolliert.

## Neuronale Netzwerkmodelle

| 6.4

Die vermutlich 25 Milliarden Nervenzellen des Menschen (Birbaumer & Schmidt, 1991) zeichnen sich außer durch ihre herausragende elektrochemische Erregbarkeit (zur Impulsweiterleitung) auch durch ihr Potenzial an Verbindungsfähigkeit aus. Eine einzige Nervenzelle kann bis zu 10.000 Kontakte zu anderen Nervenzellen entwickeln, und diese Kontakte können unterschiedlich stark ausgeprägt sein. Das heißt, es ergeben sich fast unendlich viele Konfigurationen von unterschiedlichen Vernetzungen als Ergebnis von Lernprozessen oder sonstigen Anpassungsleistungen. Nervenzellen modifizieren ihre Kontakte zueinander sowohl durch Vermehrung oder Verbreiterung der Kontaktstellen (Dendriten, Synapsen) als auch durch Änderung der Impulsübertragung (Ausschüttung von *Transmitterstoffen*).

Abb 6.11



Die Grundbausteine des Nervensystems, die Nervenzellen, bestehen aus einem Zellkörper und einem Zellkern, welche beide für den Stoffwechsel zuständig sind, sowie aus zahlreichen, manchmal bis zu einem Meter langen Nervenzellfortsätzen, von denen die Dendriten auf die Aufnahme und die Axone („Neuriten“) auf die Abgabe von Information spezialisiert sind. Wenn eine Nervenzelle an ihren Dendriten oder am Zellkörper mechanisch, elektrisch oder chemisch erregt wird, dann pflanzt sich der elektrische Impuls bis zum Ende des Axons fort, wo an dessen Endknöpfchen, den Synapsen, Transmitterstoffe mit erregender oder hemmender Wirkung für die folgende Nervenzelle ausgeschüttet werden.

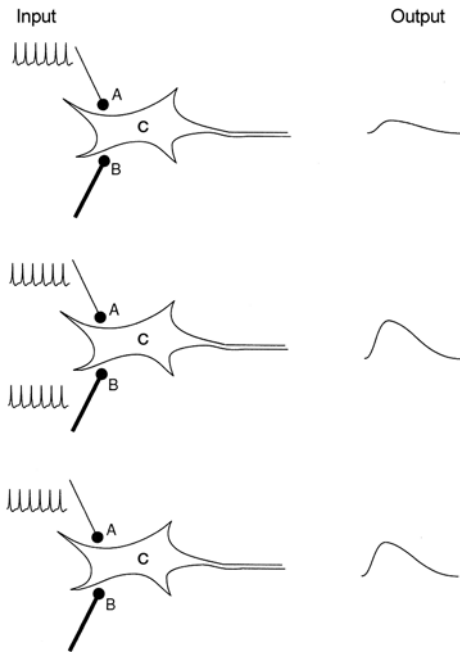


Abb 6.12

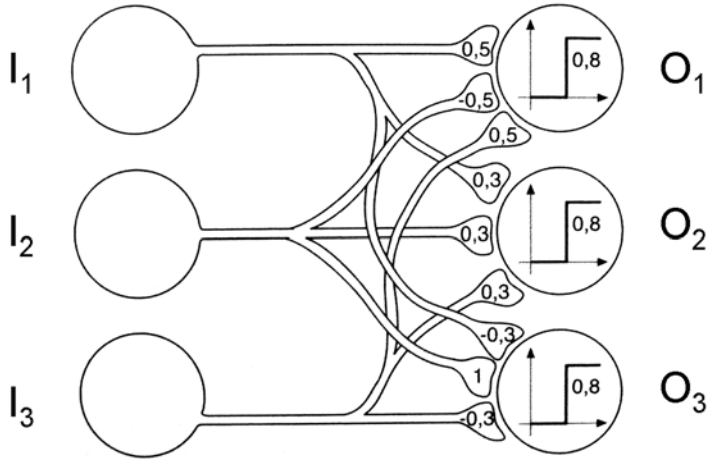
Das Phänomen der Langzeitpotenzierung (LTP) besagt, dass die Verbindung zwischen Nervenzellen dann verstärkt wird, wenn beide gleichzeitig erregt sind („Hebb’sche Lernregel“): Wenn beispielsweise ursprünglich eine Synapse der Nervenzelle A bei der Nervenzelle C einen geringen Output auslöst, diese anschließend gleichzeitig durch eine zweite Nervenzelle B stärker erregt wurde, dann löst später die Reizung A bei C ebenfalls einen stärkeren Impuls aus.

Ein wichtiger Mechanismus der Modulation von Verbindungen zwischen Nervenzellen ist die **Langzeitpotenzierung** (Abb. 6.12). Darunter versteht man die Verstärkung der Impulsübertragung zwischen Nervenzellen, die zur gleichen Zeit erregt sind. Hebb (1949) vertrat die Auffassung, dass die zahlreichen Querverbindungen zwischen Neuronen kreisförmige Erregungen auslösen, welche zur dauerhaften Festigung (*Konsolidierung*) der entsprechenden Erregungskonstellationen und damit zur langzeitigen Gedächtniseinprägung führen.

Die Einblicke in die Funktionsweise von Nervennetzen bei Lernprozessen haben zur Entwicklung von Theorien und technischen

Modellen geführt, die als neuronale **Netzwerkmodelle** bekannt wurden und als Theorienrichtung unter dem Oberbegriff **Konnektivismus** zusammengefasst werden. Man versteht darunter die ideal-

Abb 6.13



Am Beispiel eines einfachen künstlichen neuronalen Netzwerkes (Spitzer, 2002) mit nur drei Input- und drei Outputneuronen kann selbstorganisiertes Lernen, das prinzipiell auch im Zentralnervensystem stattfindet, demonstriert werden. Vor dem Lernprozess sind die Kontaktstellen („Synapsen“) zwischen den Input- und Outputneuronen des Netzwerkes nur mit kleinen positiven oder negativen Zufallswerten für die Verbindungsstärke besetzt. Wenn dann in wiederholten Durchgängen etwa immer wieder die gleichen drei Muster von Inputelementen aktiviert werden (z.B.  $I_1 + I_3$  oder  $I_1 + I_2 + I_3$  oder  $I_2$ ) und das Outputneuron für das 1. Muster die Bezeichnung  $O_1$ , jenes für das 2.  $O_2$  und jenes für das 3.  $O_3$  bekommt, wird die Differenz zwischen der jeweils zustande kommenden Gewichtssumme an den Kontaktstellen der Outputneuronen und ihrer Idealaktivierung (= 1,0) errechnet. Gemäß diesem „Fehler“ werden die Gewichtswerte jeweils um einen bestimmten kleinen Betrag angepasst („Backpropagation“). Nach 300–500 Lerndurchgängen erfolgt zumeist eine zufriedenstellende Unterscheidung der drei Muster. In der Abbildung sind die nach einem derartigen Lernprozess erhaltenen Gewichtswerte an den Kontaktstellen zu den Outputneuronen eingetragen, die erst ab einem Schwellenwert von 0,8 ansprechen:

$O_1$  reagiert nur noch bei Aktivität von  $I_1$  und  $I_3$ :

$$I_1(0,5) + I_3(0,5) = O_1(1,0)$$

$O_2$  nur noch bei Aktivität von allen drei Inputelementen:

$$I_1(0,3) + I_2(0,3) + I_3(0,3) = O_2(0,9)$$

$O_3$  nur noch bei Aktivität von  $I_2$ :

$$I_2(1,0) = O_3(1,0)$$

typische Simulation von Netzwerken, die dem Nervensystem nachempfunden sind und bestimmte Lernleistungen (z.B. Mustererkennung, Wissensspeicherung) selbstorganisiert bewältigen. Die Modelle bestehen aus Mengen von Funktionseinheiten („Neuronen“), die zumeist in Schichten aufgeteilt (z.B. Input-, Zwischen- und Outputschicht) und vielfältig miteinander in Beziehung gesetzt sind. Durch Anwendung spezieller Rechenregeln („Lernalgorithmen“) werden die Verknüpfungen zwischen den Einheiten so verstärkt oder geschwächt, dass sich die angestrebten Lernleistungen optimal ausbilden (Abb. 6.13).

Komplexere neuronale Netzwerke (z.B. solche mit hunderten Neuronen und mehreren Zwischenschichten) vollbringen heute bereits aufwendige Adaptations- und Klassifikationsleistungen, die im industriellen Bereich (Steuerungsanlagen, Expertensysteme) und in der Forschung (Simulation kognitiver Leistungen, statistische Prognosen) erfolgreich und effizient eingesetzt werden (s. etwa „Neuronal Connection 2.0“, SPSS-Statistiksoftware (1996)).

## Habitation

### 6.5

Eine der ältesten Formen der Anpassung von Lebewesen an die Umwelt ist die Habitation, nämlich die Gewöhnung an diejenigen häufig auftretenden Umweltreize, die mit der Zeit als irrelevant eingestuft werden. Neue, unerwartete Reize lösen üblicherweise eine Aktivierungssteigerung aus („Orientierungsreaktion“), die mit einer Aufmerksamkeitszuwendung verbunden ist. Wenn dem Reiz danach aber weder positive noch negative Konsequenzen regelmäßig folgen, kommt es zu einer Habitation.

Das zunehmende Nichtreagieren auf irrelevante Umgebungsmerkmale entlastet die Informationsverarbeitung und hält die geistigen und körperlichen Ressourcen frei für wichtigere Erfahrungen. Adaptationen dieser Art finden sich bereits bei vielen einfachen Lebewesen, wie Schnecken, Würmern oder Insekten. Habitationsreaktionen beim Menschen weisen folgende Charakteristika auf (Mazur, 2004):

#### Merksatz

**Wenn Lebewesen auf Reize, die normalerweise eine Aktivierungssteigerung oder eine Aufmerksamkeitszuwendung bewirken, weniger oder gar nicht mehr reagieren, spricht man von Gewöhnung oder Habitation.**

- Je anhaltender oder häufiger ein Reiz auftritt, desto schneller gewöhnt man sich an ihn.
- Der Gewöhnungseffekt ist anfangs am größten und nimmt dann kontinuierlich ab.
- Wenn ein habituiertes Reiz längere Zeit nicht auftritt, löst er später wieder eine Orientierungsreaktion aus.
- Wenn eine Gewöhnung erworben und danach „verlernt“ wurde, kann sie später schneller wieder reaktiviert werden.
- An intensive Reize gewöhnt man sich langsamer als an schwache Reize.
- Die Gewöhnung an einen bestimmten Reiz überträgt sich auch auf andere ähnliche Reize.

Die Habitationsforschung leistete einen wichtigen Beitrag bei der Entwicklung moderner Angsttherapien (*Verhaltenstherapie*), bei denen die Prinzipien des „Konfrontierens“ und des „Flooding“ (massierte Konfrontation mit Angstreizen) eine wichtige Rolle spielen (Box 12.6).

## 6.6 | Prägungsartiges Lernen

### Merksatz

**Prägung ist die irreversible Verknüpfung eines zweckgerichteten Verhaltens mit bestimmten Reizen in frühen Lebensphasen (Nachfolgeprägung, Gesangsprägung, Heimatprägung usw.) bestimmter Tierarten.**

In der Verhaltensforschung („Ethologie“) wird seit Lorenz (1935) jener Vorgang als **Prägung** bezeichnet, durch den sich in der frühen Entwicklung vor allem bei „Nestflüchtern“ (Hühner, Enten, Gänse) bestimmte Verhaltensweisen irreversibel ausbilden. Prägungen können sich auf Nachfolgereaktionen (**Nachlaufprägung**), den Gesang („Gesangsprägung“), auf Sexualpartnercharakteristiken oder auf Eigen-

schaften des Territoriums („Heimatprägung“) beziehen (Abb. 6.14). Charakteristisch für Prägungen sind folgende Merkmale (s. Eibl-Eibesfeldt, 1999, Hess, 1972):

- Prägungen können nur in einer sensiblen Periode, zumeist in frühen Entwicklungsstadien des Lebewesens stattfinden (z.B. wenige Stunden nach dem Schlüpfen von Küken).
- Prägungen sind irreversibel bzw. „therapieresistent“ (z.B. sexuelle Prägungen, wie etwa die „Menschenperversität“ von Gänsen).



Abb 6.14

Der österreichische Nobelpreisträger Konrad Lorenz (1903–1989), Mitbegründer der vergleichenden Verhaltensforschung, demonstriert die Nachlaufprägung bei Entenküken, die nach dem Schlüpfen nicht die Entenmutter, sondern ihn gesehen hatten.

- Prägungen beziehen sich nicht auf individuelle Reize, sondern auf Reizklassen (z.B. Menschen, Tierarten, Gesangsart, Lebensräume).
- Geprägt wird nur eine bestimmte Reaktion bzw. ein Rollenverhalten (z.B. Eltern- oder Geschlechtsrolle).
- Prägung kann schon stattfinden, wenn sich das zu prägende Verhalten noch gar nicht zeigt (z.B. Gesang, Sexualverhalten).

Die Frage, ob es beim Menschen (als „Nesthocker“) ebenfalls zu Prägungsphänomenen kommen kann (z.B. Prägungen auf Sexualpräferenzen), wird von den meisten Psychologen verneint. Klix (1971) vertritt allerdings die Ansicht, dass sich beim Menschen zumindest prägungsartiges (d.h. fast irreversibles) Verhalten herausbilden könnte, wenn im Stadium eines hohen Trieb- oder Aktivierungszustandes (*Stress*, sexuelle Erregung) bestimmte Verhaltensweisen (Fluchtreaktionen, sexuelle Praktiken) zu einem massiven

Entspannungszustand führen und somit stabil eingepägt werden. Denkbar wäre etwa, dass in einem jugendlichen Entwicklungsstadium ein extrem erhöhter sexueller Triebzustand durch eine besondere Art der Befriedigung zu einer sexuellen Fixierung (z.B. „Fetischismus“) führen könnte. Die meisten Lernforscher sind jedoch überzeugt, dass es sich hierbei nicht um Prägung, sondern nur um eine intensive *Konditionierung* handelt, die durch konkurrierende neue Erfahrungen oder innerhalb eines psychotherapeutischen Prozesses wieder verändert werden können.

## 6.7 | Klassische Konditionierung – Signallernen

Der russische Physiologe Iwan Pawlow (1849–1936) entdeckte das Phänomen sogenannter „psychischer Sekretionen“ als Zufallsbefund bei seinen Untersuchungen zum Verdauungsprozess von Hunden, die ihm später den Nobelpreis (1904) einbrachten. Er beobachtete bei seinen Versuchstieren, dass der durch Futterdarbietung ausgelöste Speichelreflex auch auf andere Auslösereize übertragbar ist, sofern diese dem Anblick von Futter vorausgingen (z.B. Öffnen der Labortüre, Hereinkommen des Tierpflegers). Diese Form des Lernens manifestiert sich auch in zahlreichen Alltagssituationen des Menschen immer dann, wenn Reize oder Situationen das nachfolgende Auftreten lebensrelevanter Erlebnisse signalisieren (z.B. Reflexverhalten, Triebbefriedigung, Schmerz, Angst). Angesichts der assoziativen Koppelung von ursprünglich neutralen mit bedeutungsvollen Reizen wird diese Lernform auch als **Signallernen** oder „Lernen vom Typ S“ (Reiz: engl. stimulus) bezeichnet.

Allgemein wird die klassische Konditionierung durch folgende Begriffe charakterisiert: Ein unkontingierter Stimulus US löst eine angeborene Reaktion UR aus, zum Beispiel: Futterdarbietung → Speichelfluss, Lichtblitz → Pupillenkontraktion, Pistolenschuss → Schreckreaktion, Luftstoß → Lidschlussreflex. Geht nun dem US regelmäßig ein anderer Reiz voraus und kündigt ihn damit an, dann löst dieser später auch alleine als CS eine ähnliche Reaktion wie die UR aus, welche als CR bezeichnet wird (Abb. 6.15).

Für die Lernform der klassischen Konditionierung sind folgende Aspekte bedeutsam (vgl. Anderson, 2000):

- **Koppelungszahl** und **Zeitdifferenz**: Bei den meisten Konditionierungen reichen 10–50 Koppelungen zwischen CS und US aus,

US: engl. unconditioned stimulus

UR: engl. unconditioned response

CS: engl. conditioned stimulus

CR: engl. conditioned response

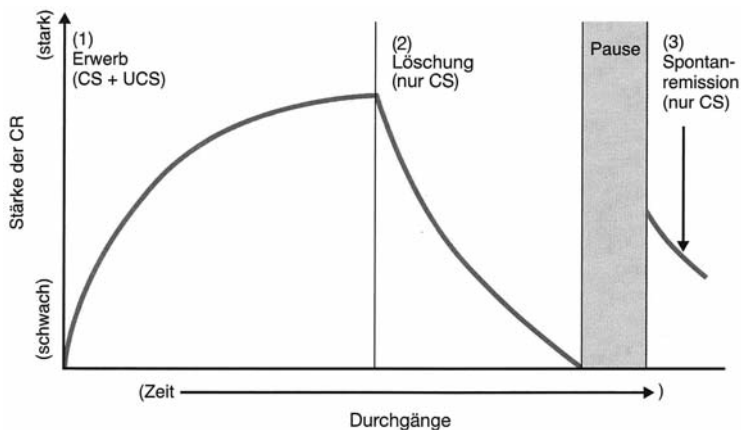


Abb 6.15

*Phasen klassischer Konditionierung:*

*Erwerb:* Mit der Anzahl an Koppelungen zwischen CS und US wird die konditionierte Reaktion (CR) stärker.

*Löschung:* Wenn später nur der CS (ohne nachfolgenden US) dargeboten wird, kommt es zu einer Abschwächung der CR.

*Spontanerholung:* Das Wiederauftreten einer gelöschten konditionierten Reaktion nach einer Pause.

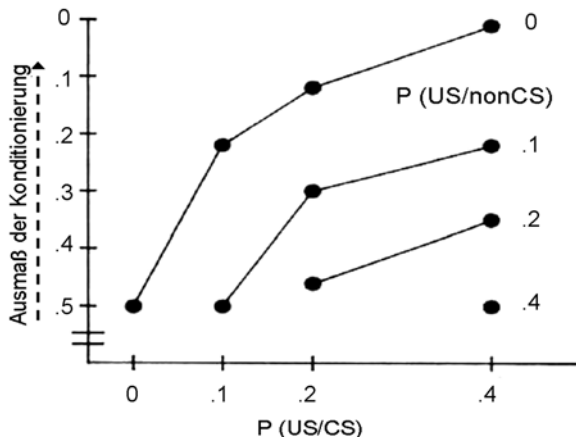
um eine deutliche CR hervorzurufen. Je größer die Zeitdifferenz ist, mit der ein CS einem US vorausgeht, desto schwieriger ist der Aufbau einer Konditionierung auf diesen CS, wobei das wirk-same Zeitintervall zwischen CS und US von der Geschwindigkeit der Reaktion abhängt (z.B. 0,3 bis 1,0 Sek. beim Lidschlag, 10 Sek. bei Angst, bis zu mehreren Stunden bei Geschmacks-konditionierungen).

- **Kontingenz:** Nicht nur raumzeitlich benachbartes Auftreten („Kontiguität“), sondern vor allem zeitliches Nacheinander („Kontingenz“) zwischen CS und US ist entscheidend für das Konditionierungslernen: Je besser ein Reiz einen anderen vorherzusagen gestattet, desto stärker wirkt er als Signalreiz bei einer Konditionierung (Abb. 6.16).
- **Reizintensität** und **Auffälligkeit:** Die Intensität und die Auffälligkeit eines CS erhöhen seine Wirksamkeit als Signal.
- **Informativität:** Wenn bereits ein CS<sub>1</sub> (z.B. Ton) als Signal für einen US aufgebaut wurde und ein weiterer, zur Vorhersage des US unnötiger Reiz CS<sub>2</sub> (gleichzeitig) hinzu kommt, wird dieser ignoriert und löst später keine CR aus („Blockierung“).

- **Generalisation und Diskrimination:** Die Auslösequalität eines CS für eine CR überträgt sich auch auf andere Reize im Ausmaß ihrer Ähnlichkeit mit dem ursprünglichen CS. Diese Ausweitung der Signalwirkung eines Reizes kann aber durch ein Unterscheidungstraining eingeschränkt werden.
- **Konditionierung höherer Ordnung:** Für einen bereits konditionierten Reiz  $CS_1$  kann vorher oder nachher ein anderer Reiz  $CS_2$  als Signal erlernt werden („preconditioning“, „second-order conditioning“).

Alltagsbeispiele für klassische Konditionierungen sind äußerst zahlreich und beziehen im Grunde alle Reaktionsbildungen mit ein, bei denen Reflexe, physiologische Prozesse, Gefühle oder Triebabwäherer durch Signale angekündigt werden. Wenn uns beim Sprechen über Lieblings Speisen „das Wasser im Mund zusammenläuft“, wenn wir uns beim Eintritt in ein uns bekanntes Prüfungszimmer plötzlich unbehaglich fühlen oder wenn wir beim Anblick bestimmter Gesten plötzlich – für andere unerklärlich – ärgerlich werden,

Abb 6.16



Nur wenn der konditionierte Reiz (CS) den unkonditionierten Reiz (US) verlässlich vorherzusagen imstande ist, kann Konditionierung stattfinden. Rescorla (1968) testete die Wirksamkeit unterschiedlicher bedingter Wahrscheinlichkeiten  $p(\text{US}|\text{CS})$  sowie  $p(\text{US}|\text{nonCS})$  auf die Stärke der Konditionierung (Abzisse:  $p$  für US, wenn vorher CS auftrat; Funktionen:  $p$  für US wenn CS nicht auftrat). Der Effekt war umso größer, je eindeutiger vom Signal auf den US geschlossen werden konnte, z. B. wenn die Wahrscheinlichkeit für den US bei Auftreten des CS 0,4 und bei Nichtauftreten des CS nur 0,0 war.

haben wir es mit emotionalen Konditionierungen zu tun („conditional emotional response“, CER), die manchmal bis in unsere Kindheit nachzuverfolgen sind.

Auf dem Gebiet der Angstkonditionierung ist die Entdeckung von Seligman (1970, 1971) bedeutsam, dass nicht alle Reize gleichermaßen einfach und nachhaltig (löschungsresistent) angstkonditionierbar sind, sondern dass im Laufe der menschlichen Evolution bestimmte Reize eine **Prädisposition** als Angstauslöser erworben haben („preparedness“), wie etwa der Anblick von Schlangen, Spinnen, Ungeziefer, Tiefe und Weite, im Gegensatz zum Anblick von Steckdosen oder Autos, die nicht minder gefährlich sind.

#### Merksatz

**Beim klassischen Konditionieren bzw. Signallernen werden Reize als Ankündigungen für solche Reize erlernt, die Reflexe, vegetative Reaktionen, Emotionen oder Triebverhaltensweisen auslösen.**

## Instrumentelles Konditionieren – Erfolgslernen

| 6.8

E. L. Thorndike formulierte 1898 mit seinem „Gesetz des Effektes“ (engl. „law of effect“) als Erster das Grundprinzip der instrumentellen Konditionierung: Verhalten ändert sich durch den Effekt, den es auslöst, belohnende Konsequenzen stärken die Verhaltenstendenz, bestrafende Konsequenzen schwächen sie (Box 6.1). Während bei der klassischen Konditionierung die Koppelung von zwei (oder mehreren) Reizen erlernt wird (S – S), sind es bei der instrumentellen Konditionierung Reize und Reaktionen (S – R), die miteinander verknüpft werden. Erlernt wird, unter welchen Bedingungen welche Reaktion zu welcher Konsequenz führt bzw. welches Verhalten erfolgreich ist.

Als „operant“ wurde diese Lernform von B. F. Skinner (1904–1990) deshalb bezeichnet, weil dabei Verhaltensweisen als Operationen zur Veränderung der inneren und äußeren Realität aufgefasst werden. Das englische „operant“ bezeichnet ein weitgehend spontanes Verhalten, das nicht (wie bei der klassischen Konditionierung) reflexartig durch einen Reiz ausgelöst wird. Die von Skinner als Forschungsprogramm eingeführte „experimentelle Verhaltensanalyse“ bezweckte eine möglichst exakte Beschreibung des Einflusses von Umweltbedingungen auf die Auftrittswahrscheinlichkeit von Verhaltensformen.

### Box 6.1 | Skinners Vier-Felder-Schema

Seit Burrhus F. Skinner (1904–1990) werden in einem Vier-Felder-Schema die vier grundsätzlich möglichen Verhaltenskonsequenzen dargestellt, die unterschiedliche Wirkungen auf das zukünftige Verhalten ausüben:

	Positive Konsequenz	Negative Konsequenz
Eintreten der Konsequenz	(1) Positive Verstärkung Effekt: Verstärkung	(3) Bestrafung (Typ I) Effekt: Verhaltensblockierung
Ausbleiben der Konsequenz	(4) Bestrafung (Typ II) Effekt: Löschung	(2) Negative Verstärkung Effekt: Verstärkung

Beispiele:

- (1) Kinder entwickeln jene Fähigkeiten, für die sie regelmäßig gelobt werden.
- (2) Schlechte Gewohnheiten, wie Rauchen, Naschen, Alkoholtrinken, dienen meist der Reduktion von Anspannung, Stress oder Frustration.
- (3) Verkehrsstrafen können Fehlverhalten im Verkehr reduzieren.
- (4) Gegenüber Personen, die sich für Hilfeleistungen nicht bedanken, verliert man seine Hilfsbereitschaft.

Allgemein findet instrumentelles Lernen dann statt, wenn wiederholt eine bestimmte Situation wahrgenommen wird („diskriminativer Hinweisreiz“; SD), in der bestimmte Verhaltensweisen (R) zu bestimmten Konsequenzen führen (K). Wenn die Konsequenz die Auftrittswahrscheinlichkeit des Verhaltens erhöht, spricht man von **Verstärkung**, wenn sie die Auftrittswahrscheinlichkeit senkt, spricht man von **Bestrafung** (Box 6.1 und Box 6.2). Wie bei der klassischen Konditionierung unterscheidet man eine Phase des *Erwerbs*, der *Löschung* und der *Spontanerholung*. Folgende

#### Merksatz

**Instrumentelles Lernen findet dann statt, wenn ein Individuum wiederholt eine bestimmte Situation wahrnimmt, in der bestimmte Verhaltensweisen zu bestimmten Konsequenzen führen.**

Aspekte kennzeichnen zusätzlich das instrumentelle Konditionieren als Lernform:

- **Situations- und Reizkontrolle:** Situationen, Personen oder Objekte erlangen als diskriminative Hinweisreize einen „Aufforderungscharakter“ zur Ausübung der belohnten Handlungen, wenn sie regelmäßig im Kontext der Verhaltensweisen mit Belohnungswirkung auftraten. Ein Sportplatz animiert Sportler zum Training, ein bestimmter Lehrer löst im Vergleich zu anderen Lehrern bei Kindern undiszipliniertes Verhalten aus, eine bestimm-

### „Sinnvolles Bestrafen“

#### | Box 6.2

Anhand seiner Forschungsergebnisse betonte Skinner immer wieder, dass Mensch und Tier hauptsächlich durch Belohnung lernen und dass Bestrafung nicht einfach die umgekehrte Wirkung von Belohnung hat. Auch spätere Lernforscher bestätigten, dass Belohnung eher dem Verhaltensaufbau und Bestrafung eher der Verhaltensblockierung dient, zumindest solange die Bestrafung real droht. Hinzu kommen die negativen emotionalen und sozialen Nebenwirkungen von Bestrafung, die ja oft eine Form sozialer Aggression darstellt (Schläge, Verbote, Drohungen, Kritik, Vorwürfe etc.). Für einen sinnvollen und dosierten Einsatz von Bestrafung haben Lernforscher Regeln aufgestellt (s. Zimbardo & Gerrig, 2004; Bourne & Ekstrand, 1992). Demnach sollten Bestrafungen ...

- unangenehm, schnell und kurz sein (Wirksamkeit)
- unmittelbar nach der unerwünschten Reaktion erfolgen (Kontingenz)
- dem Fehlverhalten angepasst sein (Intensitätsbegrenzung)
- als natürliche Konsequenzen des schadenverursachenden Verhaltens verstehbar sein
- sich auf das (veränderbare) Verhalten und nicht auf die Persönlichkeit beziehen (Verhaltensorientierung)
- auf die gegenwärtige Situation beschränkt bleiben (Situationseingrenzung, Aktualisierung statt Pauschalierung)
- keine körperlichen Schmerzen verursachen
- für die Zukunft ein Alternativverhalten nahelegen (z.B. als Vorschlag einer Wiedergutmachung oder einer zukünftigen Verhaltensänderung)

te Musik reizt zum Tanzen. Auch ein „Hemmungscharakter“ bestimmter Reize und Situationen wird auf diese Weise gelernt: So verhält man sich in Anwesenheit mancher Personen von vornherein zurückhaltender als gegenüber anderen Personen.

- **Kontingenz:** Je regelmäßiger und eindeutiger eine positive oder negative Konsequenz auf ein Verhalten wahrgenommen wird, desto schneller wird gelernt („Kontingenzregel“).
- **Generalisation und Diskrimination:** Die Prozesse der Verallgemeinerung und der Spezifizierung können sich auf die Situationen, auf die Reaktionen sowie die Konsequenzen beziehen. In manchen sozialen Situationen müssen zum Beispiel für die Auswahl eines erfolgreichen Verhaltens spezielle Bedingungen beachtet werden, für die eine gute *soziale Wahrnehmung* Voraussetzung ist. Ebenso können dem Erfolg enge Verhaltensgrenzen etwa im Sinne *sozialer Kompetenz* gesteckt sein. Aber auch angenehme Konsequenzen wirken auf manche Menschen nur in differenzierter Form (z.B. Lob nur, wenn nicht schulmeisterlich), während etwa Geld als generalisierter (erlernter) Verstärker gelten kann.
- **Shaping** (Verhaltensformung): In allen Lebensbereichen (Schule, Beruf, Privatleben) müssen Verhaltensweisen, die Erfolg bringen oder Misserfolg vermeiden helfen, erst erworben und „trainiert“ werden. Die „richtigen“ Reaktionsweisen sind oft aus schwachen Verhaltensansätzen heraus zu entwickeln, was üblicherweise durch selektive Verstärkung der tendenziellen Reaktionen geschieht. Dieses Prinzip des Shapings (Abb. 6.17) wird von begabten Eltern in der Erziehung intuitiv genützt, wenn es etwa um den Erwerb von Pünktlichkeit, Ordnungssinn, Ehrlichkeit usw. durch das Kind geht. Diese Eltern ignorieren möglichst das unerwünschte Verhalten und nehmen alle Ansätze des erwünschten Verhaltens verstärkend wahr. Der Prozess des Shapings kann durch Vorbildwirkung (*Beobachtungslernen*) und verbale Aufforderungen oder Bitten unterstützt werden.
- **Primäre und sekundäre Verstärker:** Konsequenzen können entweder von vornherein angenehm (oder unangenehm) sein, oder sie erwerben diese Eigenschaft erst durch Koppelung mit anderen Verstärkern (*Signallernen*). Primäre, also unmittelbare Verstärker sind etwa Triebbefriedigungen, wie Essen, Trinken oder sexuelle Aktivitäten, sekundäre (erlernte) Verstärker dagegen sind Geld, Schulnoten, Lob oder Statussymbole.

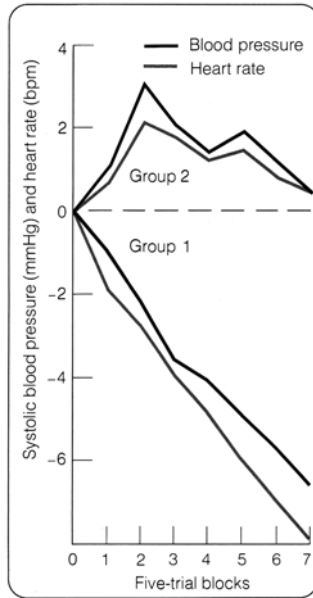


Abb 6.17

*Shaping: Lange vor der wissenschaftlichen Erforschung des Konditionierens wussten Tierhalter, wie das Verhalten von Tieren durch den selektiven Einsatz von Belohnungen geformt werden kann. Für eine gelähmte Frau konnte zum Beispiel ein Äffchen dazu trainiert werden, ihre Haare zu kämmen, sie zu füttern, Buchseiten umzublättern etc.*

Das instrumentelle Konditionieren bzw. Verstärkungs- oder Erfolgslernen zeigt sich im Alltag auf Schritt und Tritt und erklärt eine Vielzahl unserer beobachtbaren automatisierten oder bewussten Verhaltensweisen, insbesondere wenn man dabei auch die Wirksamkeit „verdeckter“ Verstärker in Betracht zieht. Verdeckte Verstärker sind symbolische oder gedankliche Operationen mit stellvertretender Belohnungswirkung, wie sie von den *kognitiven Lerntheorien* (z.B. Bandura, 1977b) weiterentwickelnd beschrieben wurden (s. 6.11). Weniger bekannt dürfte sein, dass auch unwillkürliche physiologische Reaktionen wie Muskelspannung oder Blutdruck durch Belohnungsrückmeldungen trainierbar sind, was therapeutisch etwa beim Einsatz von **Biofeedback** genutzt wird (Abb. 6.18). Diese Methode dient der Sichtbarmachung von physiologischen Prozessen, wie Muskelaktivitäten, Atmung, Herzschlag, Durchblutung und anderen vegetativen Reaktionen, die oft schwer oder gar nicht wahrgenommen werden können und sich somit weitgehend der psychischen Beeinflussung entziehen. Damit ist Biofeedback ein ideales Hilfsmittel, um die Eigenkompetenz von Klienten

Abb 6.18



Als Biofeedback bezeichnet man die zu meist elektronische Registrierung und optische oder akustische Rückmeldung von physiologischen Reaktionen (z.B. Herzschlag, Blutdruck, Muskelspannung). Damit werden im physiologischen System Funktionsveränderungen trainierbar, die sonst nicht willkürlich steuerbar sind. Beispiel: Männliche Versuchspersonen bekamen in einem Experiment (Schwartz, 1975) immer dann ein Licht und einen Ton präsentiert, wenn durch natürliche Schwankungen die Herzrate und der Blutdruck minimal sanken (Gruppe 1) oder anstiegen (Gruppe 2). Nach jeweils zwölf sukzessiven „Erfolgen“ bekamen sie als Belohnung Dias mit schönen Landschaften und hübschen Frauen zu sehen und erhielten zusätzlich einen Geldbonus. Nach 20–30 Durchgängen zeigte sich bei Gruppe 1 eine deutliche und konsistente „Entspannungsreaktion“, während bei Gruppe 2 das Antrainieren höherer Blutdruck- und Herzratenwerte nicht so gut gelang.

und Patienten bei der Behandlung von Verspannungen, vegetativen Stressreaktionen, muskulären Fehlfunktionen (z.B. bei Inkontinenz) und bei Schmerzkrankungen zu fördern (s. Uher, 2008).

## 6.9 | Fertigkeiten – Motorisches Lernen

Sprechen, Laufen, Radfahren, Autofahren, Klavierspielen, Turnen, Balletttänzen und Operngesang sind Beispiele für komplexe Fertigkeiten, die durch Übung erworben werden. Für alle Höchstleistungen an Geschicklichkeit gilt die Regel: „Ohne Fleiß kein Preis“ (engl. „No pain, no gain“). Untersuchungen an hochbegabten Personen („Genies“) im Bereich der Musik, der Wissenschaft und des Schachspiels ergaben, dass niemand seinen überragenden Leistungsstand erreicht hatte ohne mindestens zehn Jahre intensiven **Trainings** (s. Anderson, 1996).

Beim Erwerb von Fertigkeiten können folgende Phasen unterschieden werden:

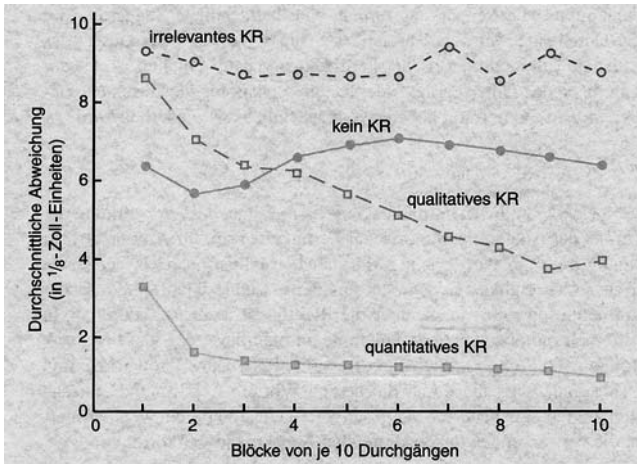


Abb 6.19

In einem Experiment sollten Versuchspersonen mit verbundenen Augen eine drei Zoll lange Linie zeichnen (Towbridge & Cason, 1932). Die 1. Gruppe bekam keine Rückmeldung über die Länge der tatsächlich gezeichneten Linie (kein KR: „Knowledge of Result“), die 2. Gruppe erhielt nutzloses Feedback (irrelevantes KR), die 3. Gruppe hörte nur „richtig“ oder „falsch“ (qualitatives KR) und die 4. Gruppe bekam die quantitative Abweichung zu einer Drei-Zoll-Linie rückgemeldet (quantitatives KR). Am schnellsten lernten die Personen mit quantitativem Feedback.

- **Geistige Vorbereitungsphase:** Parolen mit Handlungsanweisungen werden gebildet und dienen als vorläufige Anleitung zum Ausführen von Verhaltenskomponenten (z.B. „Auskuppeln“ – „Gang einlegen“ – „Gas geben“ – „Kupplung kommen lassen“).
- **Verkettungsphase:** Motorische Verhaltenseinheiten werden so aneinandergereiht, dass sie nacheinander umsetzbar sind (z.B. Tennis: Laufen zum Ball, Ausholen des Schlägers, Schritt zum Ball, Treffen des Balls, Ausschwing des Schlägers).
- **Automatisierungsphase:** Die Handlungen laufen bereits ohne bewusste Kontrolle ab und werden immer schneller ausführbar. Die Zunahme des Lernerfolgs lässt sich wie bei den meisten Lernprozessen durch eine Potenzfunktion (s. 7.1.2) beschreiben.
- **Schematisierungsphase:** Wenn der Verhaltensablauf bereits gut automatisiert ist, kann er auch auf neue Situationen angepasst und übertragen werden („transfer of learning“).

Sehr wichtig für die Optimierung motorischer Fertigkeiten („tuning“) sind präzise Rückmeldungen über die Abweichung des Ver-

haltungsergebnisses vom Verhaltensziel, welches auch als **Ergebniswissen** („knowledge of result“) bezeichnet wird. Wenn dieses Feedback über die Zielerreichung verfälscht, ungenau oder verzögert ist, kommt es zu erheblichen Beeinträchtigungen im Lernprozess

(Mazur, 2004; Abb. 6.19). Die Störwirkung einer verfälschten Ergebnisrückmeldung wird unmittelbar erfahrbar, wenn man mit Spiegel zu schreiben versucht (die schreibende Hand ist nicht direkt, sondern nur in einem Spiegel zu sehen) oder beim Sprechen über Kopfhörer eine verzögerte Rückmeldung erhält. Für die langfristige Beherrschung einer Fertigkeit ist es günstig, nicht bei jedem Lernversuch (z.B. durch den Trainer) ein Feedback zu erhalten, sondern dazwischen auch selbst Gelegenheit zu gewinnen, einzuschätzen, wie groß jeweils die Abweichung vom Zielverhalten ist (Winstein & Schmidt, 1990).

Neben dem Ergebniswissen ist für das Training von Fertigkeiten aber auch das **Performanzwissen** („knowledge of performance“) bedeutsam, nämlich eine nähere Kenntnis darüber, wie die Teilbewegungen einer Fertigkeit korrekt ausgeübt werden sollen (z.B. günstiger Winkel beim Baseballwurf, Armhaltung beim Golfschlag, Ballaufwurf beim Tennisservice).

Viel Aufmerksamkeit wurde in der Vergangenheit dem sogenannten **mentalen Training** von Fertigkeiten gewidmet, worunter man die Verbesserung eines Bewegungsablaufs durch dessen Übung in der Vorstellung versteht. Seine Effektivität wurde für verschiedene Sportarten, für das Spielen von Musikinstrumenten, für die Behandlung von Verhaltensstörungen (Fritsche & Maderthaler, 1981; s. Kap. 12) und für Trainingsziele in der Rehabilitation nachgewiesen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Trainingspersonen (s. Felz & Landers, 1983)

- Vorerfahrungen im entsprechenden Verhaltensbereich besitzen,
- über eine gute Vorstellungsfähigkeit verfügen und dass
- die Trainingsaktivitäten nicht nur reinen Krafteinsatz oder Muskeleinsatz erfordern, sondern geistiger Vorbereitung und Regulation bedürfen.

### Merksatz

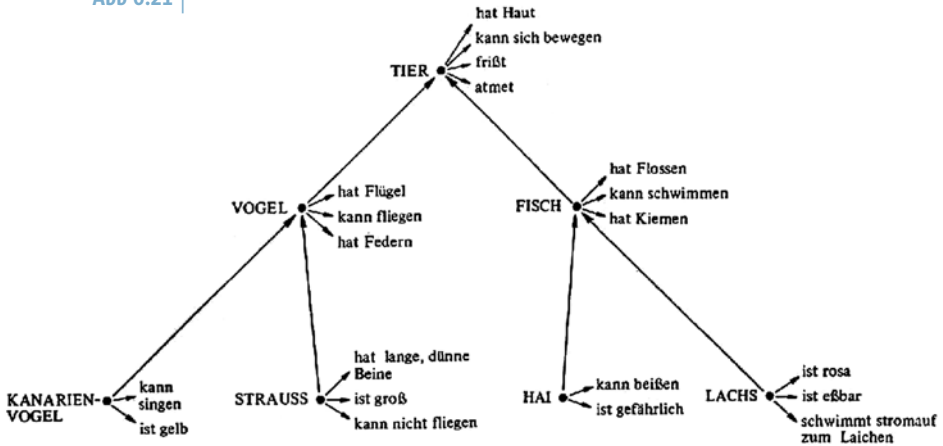
**Fertigkeiten sind motorische Verhaltensweisen, die durch Training, durch Rückmeldung des Verhaltenserfolges (Ergebniswissen) und durch Kenntnisse über den korrekten Bewegungsablauf (Performanzwissen) perfektioniert werden können. Vortrainierte Verhaltensweisen können auch mental (in der Vorstellung) geübt und verbessert werden.**



der Brauchbarkeit der Kategorien in der Lebenspraxis des Individuums ab. **Kategorisierungen** von psychischen Inhalten dürfen insbesondere dann als optimal angesehen werden, wenn sie kausale Zusammenhänge erschließen helfen, wenn sie eine effiziente Verhaltenskontrolle gewährleisten und wenn sie kommunizierbar sind (Waldmann, 2002).

Die mentalen Repräsentationen von Kategorien werden **Begriffe** oder **Konzepte** („concepts“) genannt (Abb. 6.20, Abb. 6.21), über deren Speicherung im Langzeitgedächtnis unterschiedliche theoretische Ansätze existieren. In der frühen Begriffsbildungsforschung sah man einen Begriff im Wesentlichen durch seine charakteristischen Merkmale und deren Relationen zueinander bestimmt (z.B. Klix, 1971). Experimente zeigten, dass Begriffe umso schwieriger zu speichern sind, je mehr Merkmale sie umfassen und je komplexer deren Beziehungen zueinander sind, seien es statische (z.B. Tisch, Obst, Auto) oder dynamische Begriffe (z.B. Explosion, Lachen, Geburt). Bei natürlichen Begriffen sind allerdings die Merkmale

Abb 6.21



*Begriffe zur Kategorisierung von Erlebnisinhalten (Wahrnehmungen, Vorstellungen, Emotionen, ...) können als Bündel von Merkmalen mit oberbegrifflicher Zugehörigkeit definiert werden (Collins & Quillian, 1969), wobei die Merkmale der Oberbegriffe meist an die Unterbegriffe weitergegeben werden (Ausnahme z.B.: Strauß ist zwar ein Vogel, kann aber nicht fliegen).*

und deren Beziehungen zueinander oft nur vage bestimmbar. Ob zum Beispiel ein Gefäß als Tasse oder als Schüssel empfunden wird, lässt sich nur unscharf in Abhängigkeit von seinen Dimensionen und kaum losgelöst vom Kontext der Beurteilung vorhersagen (Labov, 1973). Noch schwieriger gelingt eine verbindliche Definition abstrakter Begriffe, wie etwa Gerechtigkeit, Begabung oder Glück.

Ein weiterer Erklärungsansatz zur Repräsentation von Begriffen im Langzeitgedächtnis geht davon aus, dass die für bestimmte Erfahrungen häufig zutreffenden Eigenschaften kombiniert als sogenannte **Prototypen** abgespeichert werden und dass jede neue Erfahrung mit diesen verglichen und bei Ähnlichkeit danach klassifiziert wird. So wird ein Lebewesen üblicherweise als „Fisch“ bezeichnet, wenn es einen stromlinienförmigen Körper besitzt, im Wasser lebt und schwimmen kann.

Wenn man Begriffe als Kombinationen quantitativer Eigenschaftsausprägungen begreift, dann lassen sie sich als Punkte in einem mehrdimensionalen **semantischen Raum** darstellen, in dem jene Begriffe einander umso näher sind, in je mehr Eigenschaften sie übereinstimmen. Konkrete Begriffe im Schwerpunkt eines solchen semantischen Raumes für Begriffsmengen können als deren Prototypen interpretiert werden.

Andere Begriffsbildungsmodelle, nämlich die **Exemplartheorien**, gehen davon aus, dass einzelne, häufig vorkommende reale Erfahrungen gespeichert vorliegen (z.B. Schwalbe, Buchfink, ...) und dann gemeinsam zur oberbegrifflichen Kategorisierung (z.B. Vogel) von neuen Erfahrungen herangezogen werden. Unklar ist also bis heute, ob Kategorisierungen auf Basis fix gespeicherter Merkmalskonfigurationen (Begriffe) erfolgen oder ob sie eher das Ergebnis eines aktuellen, situationsbezogenen Beurteilungsprozesses sind.

In neuerer Zeit werden – wie bei Lernprozessen allgemein (s. 6.4) – **neuronale Netzwerke** auch zur Erklärung von Kategorisierungsprozessen vorgeschlagen, wobei Eigenschaften mit unterschiedlicher Gewichtung (als Funktion der Aufmerksamkeit) den Input liefern und begriffli-

#### Merksatz

**Elementares kognitives Lernen besteht in der Ausbildung von Begriffen bzw. Konzepten, welche als abstrakte mentale Repräsentationen von Erlebnis- und Erfahrungsinhalten angesehen werden können. Sie symbolisieren gesetzmäßige Zusammenhänge der Erfahrungswelt und gewährleisten eine effiziente Klassifikation, Weiterverarbeitung und Weitergabe der Information.**

che oder oberbegriffliche Kategorisierungen das Ergebnis sind (Waldmann, 2002). Begriffe können somit auch als stabile Gedächtnisprodukte von Kategorisierungen gesehen werden, die sowohl automatisch (*implizites Lernen*) als auch bewusst und sprachgestützt (*explizites Lernen*) erworben werden. Die sprachliche Verankerung von Begriffen durch ihre Benennung („labeling“) verbessert ihre Stabilität, erleichtert den Zugriff und ermöglicht ihre Kommunikation.

Als **Schemata** werden zumeist kognitive begriffsähnliche Strukturen bezeichnet, die Abstraktionen verschiedenartiger komplexer Erlebnisstrukturen oder Erlebnisabläufe charakterisieren. Sie können als kondensierte Wissensinhalte über komplexe Sachverhalte unserer Lebenswelt angesehen werden. Schematisiert wird etwa der Charakter von Menschen (Typologien), typische Lebensentwicklungen (Karrieren, Schicksale) oder regelhafte Handlungsabläufe. Letztere werden auch als **Skripts** bezeichnet. Der Skript „Restaurant“ ist beispielsweise durch die Folge Eintreten in das Lokal – Platznehmen – Bestellen – Konsumieren – Bezahlen umschrieben (s. 7.5.3).

## 6.11 | Imitationslernen – Beobachtungslernen – Modelllernen

Albert Bandura (1965) zeigte auf, dass das Lernen am Modell bei Kindern die vielleicht wichtigste Lernform ist, besonders im Bereich des Sozialverhaltens. In einem berühmten Experiment geht es um die **Imitation** aggressiven Verhaltens durch vierjährige Kinder. Jedes Kind sah zunächst einen Kurzfilm, in dem ein Erwachsener aggressive Verhaltensweisen und Verbalisierungen gegenüber einem aufblasbaren Stehaufmännchen zeigte. Die erwachsene Modellperson bekam dafür im Film entweder Belohnungen wie Limonade, Süßigkeiten und anerkennendes Lob, oder sie wurde getadelt und bekam einen Klaps, oder aber es folgten keine beobachteten Konsequenzen. Danach wurde jedes der Kinder mit der Puppe alleine gelassen und hinter einer Einwegscheibe beobachtet (Abb. 6.22). Nach der Beobachtung eines aggressiven Modells zeigten die Kinder viele ähnliche aggressive Verhaltensweisen und Kommentare (wobei Jungen allgemein aggressiver waren als Mädchen). Jene Kinder allerdings, die beobachtet hatten, wie das Modell für sein Verhalten bestraft wurde, zeigten deutlich weniger Aggressionen.



*Imitation und Aggression: Nach dem Betrachten eines Kurzfilms mit aggressiven Handlungen eines Erwachsenen gegen eine Puppe zeigten Kinder ähnliche Aggressionen gegen die Puppe, sobald sie sich alleine glaubten. Kinder, die den Kurzfilm nicht zu sehen bekommen hatten, behandelten die Puppe wesentlich weniger aggressionsgeladen (Bandura, 1965).*

Abb 6.22

Bandura (1977b) spricht hier von einem „stellvertretenden“ instrumentellen Konditionieren und entwickelte eine **sozial-kognitive Lerntheorie**, die besagt, dass es auch bei der Prozedur des klassischen und instrumentellen Konditionierens nicht eigentlich die beobachtbaren Reaktionen sind, die gelernt werden, sondern in Wirklichkeit die verdeckten, inneren Erwartungen und Bewertungen, die zwischen Reiz und Reaktion „vermitteln“. Wichtig ist dabei die Unterscheidung zwischen **Erwerb** („acquisition“) und **Ausführung** („performance“) des gelernten Verhaltens: Eine Verhaltensweise kann durch Beobachtung innerlich („latent“) gelernt worden sein und erst dann offen („manifest“) zutage treten, wenn dafür Anreize und günstige Verstärkungsbedingungen vorhanden sind.

Ein gutes Beispiel hierfür ist erneut das Erlernen von aggressiven Reaktionsweisen. Viele Untersuchungen zeigen, dass Menschen, die als Kind misshandelt wurden, später als Erwachsene selbst zu körperlichen Strafen tendieren, wobei sie gegenüber den aggressiven Eltern ursprünglich meist nicht aggressiv waren, wohl aber gegenüber Schwächeren (vgl. Abb. 6.23). Auch wenn Eltern die Aggressionen von Kindern bestrafen und damit kurzfristig hemmen, ist ein langfristiger Lerneffekt nicht zu verhindern (Mazur, 2004). In Deutschland verzichteten gemäß Befragung (BMFSFJ, 2003) 28 % der Eltern weitestgehend auf Körperstrafen, 54 % setzen neben körperfreien Strafen leichte körperliche Strafen ein, und 17 % sanktionieren mit schweren Körperstrafen.

#### Merksatz

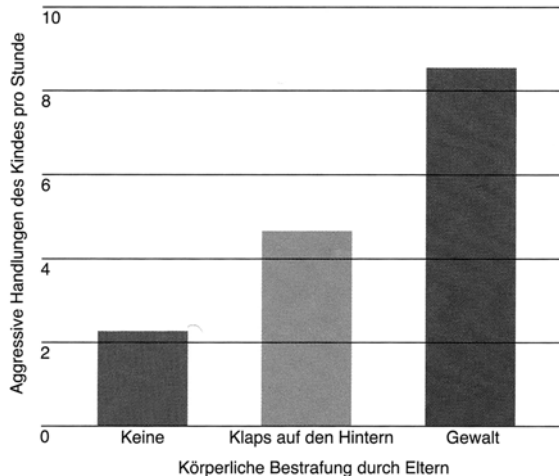
**Verhaltensweisen, welche unmittelbar über Signallernen, Erfolgslernen oder kognitives Lernen zustande kommen, können meist auch (stellvertretend) durch Beobachtungslernen erworben werden.**

Das Nachahmen von Verhaltensweisen wird besonders gefördert (Mischel, 1971; Bandura, 1977b) wenn ...

- wahrgenommen wird, dass das beobachtete Verhalten erfolgreich ist und angenehme Konsequenzen zeitigt,
- die Modellperson als mächtig erlebt wird oder über „Belohnungswirkung“ verfügt (z.B. Eltern, Lehrer, ...),
- das Modell als positiv, beliebt und respektiert empfunden wird,
- das Modell in einer gesellschaftlichen Gruppe Dominanz zeigt,
- die Modellperson dem Lernenden ähnlich ist (Geschlecht, Alter, Interessen etc.) oder wenn
- das Vorbild ernsthaft und seriös erscheint.

Kinder imitieren also nicht nur Rollenverhalten, moralische Standards und Arbeitseinstellungen, sondern eben auch Aggressions-, Angst- und Suchtverhalten, sodass stärker die vorgelebten Verhaltensweisen und schlechten Gewohnheiten der Eltern und weniger

Abb 6.23



In einer Studie in den USA mit 273 Kindergartenkindern wurde erhoben (Strassberg et al., 1994), wie viele der Kinder nach Angaben der Mutter niemals körperlich bestraft wurden (6%), ab und zu einen Klaps auf den Po erhielten (68%) oder stärkeren Formen körperlicher Bestrafung ausgesetzt waren (26%). Ein halbes Jahr nach der Befragung der Mütter wurden die aggressiven Handlungen der Kinder gegenüber Gleichaltrigen gezählt. Kinder, die geschlagen wurden, zeigten viermal mehr Aggressionen als Kinder, die keine körperliche Bestrafung erhielten.

deren Ratschläge, Predigten und Verbote Wirkung zeigen. In der *Verhaltenstherapie* wird mit Elementen des Modelllernens (zum Beispiel in der Gruppe) der Abbau von Ängsten, die Überwindung von Stresssituationen und die Entwicklung sozialkompetenten Verhaltens unterstützt (s. Kap. 12).

### Zusammenfassung

Lernen ist eine erfahrungsbedingte, modifizierbare und relativ dauerhafte Anpassung der Informationsverarbeitung, die mit charakteristischen Veränderungen im Zentralnervensystem verbunden ist. Erlebnisse oder Handlungen, die als lebensrelevant empfunden werden, lösen Aktivierungsschwankungen im Zentralnervensystem aus und fördern damit die Einprägung der vorangegangenen psychischen Abläufe und Zustände. Sowohl ein zu hohes als auch ein zu niedriges Aktivierungsniveau ist für kognitive Leistungen (Wahrnehmen, Lernen, Problemlösen, Urteilen ...) nachteilig. Für die Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Lerninhalten sind im Wesentlichen der Hirnstamm (Aktivierung), das limbische System (Bewertung) und das Großhirn (Speicherung) verantwortlich. Den Hemisphären des Großhirns werden unterschiedliche Funktionen zugeschrieben, der linken eher die Sprachverarbeitung, der rechten eher Vorstellungsleistungen. Mittels computererzeugter neuronaler Netzwerke kann die Funktionsweise des Nervensystems mit seinen Lern-, Klassifikations- und Organisationsleistungen annähernd simuliert werden. Als Lernformen werden in der Forschung Habituation (Gewöhnung), Signallernen (klassische Konditionierung), Erfolgslernen (instrumentelle Konditionierung), Fertigkeiten (motorisches Lernen), kognitives Lernen und Beobachtungslernen (Imitationslernen) unterschieden.

## Fragen

1. Wie unterscheidet sich Lernen von anderen Anpassungsleistungen bei Lebewesen?
2. Was versteht man unter Erbkoordination und was unter Ritualisierung?
3. Wie beeinflussen Aktivierungsveränderungen im Zentralnervensystem das Lernen?
4. Wie wirkt sich ein niedriges, mittleres oder hohes Aktivierungsniveau im Zentralnervensystem auf Lernen und andere kognitive Leistungen aus?
5. Welche Gehirnstrukturen sind für Lernprozesse von besonderer Bedeutung?
6. Welche Funktionsaufteilung wird den Hemisphären des Großhirns zugeschrieben?
7. Mittels welcher Modellvorstellungen erklärt man sich lernbedingte Strukturänderungen im Zentralnervensystem?
8. Was versteht man unter Habituation bzw. Gewöhnung?
9. Durch welche Merkmale ist Prägung charakterisiert?
10. Welche Phasen unterscheidet man bei Konditionierungsprozessen?
11. Welche Merkmale kennzeichnen Signallernen?
12. Welche Eigenschaften kommen dem Erfolgslernen zu?
13. Welche Aspekte sollte man bei Bestrafungen berücksichtigen?
14. Was versteht man unter Shaping?
15. Zu welchem Zweck wird Biofeedback eingesetzt?
16. Wodurch wird die Nachahmung des Verhaltens anderer Personen gefördert?
17. Welche Funktion in der Realitätserfassung erfüllen Begriffe bzw. Konzepte?
18. Wie unterscheiden sich die theoretischen Ansätze über die Einspeicherung von Begriffen bzw. Konzepten?

## Literatur

- Anderson, J. R. (2000). Learning and memory. An integrated approach. New York
- Birbaumer, N. & Schmidt, R. F. (2005). Biologische Psychologie (6. Aufl.). Berlin
- Buss, D. M. (2004). Evolutionäre Psychologie. München
- Eibl-Eibesfeldt, I. (1999). Grundriß der vergleichenden Verhaltensforschung. Ethologie. München
- Guttman, G. (1990). Lernen – Die wunderbare Fähigkeit, geistige und körperliche Funktionen verändern zu können. Wien
- Mazur, J. E. (2004). Lernen und Gedächtnis. München
- Müsseler, J. & Prinz, W. (Ed.). (2008). Allgemeine Psychologie. Heidelberg
- Pritzel, M., Brand, M. & Markowitsch, H. J. (2003). Gehirn und Verhalten. Ein Grundkurs der physiologischen Psychologie. Heidelberg
- Spitzer, M. (2002). Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg
- Springer, S. P. & Deutsch, G. (1998). Linkes Rechtes Gehirn. Funktionelle Asymmetrien. Heidelberg
- Winkel, S., Petermann, F. & Petermann, U. (2006). Lernpsychologier. UTB basics. Paderborn



# Gedächtnis und Wissen

## | 7

### Inhalt

- 7.1 **Einprägen und Vergessen**  
Einprägen als psychische Abbildung der Wirklichkeit  
Lern- und Vergessenskurven  
Vergessenstheorien

---

- 7.2 **Kurzzeitspeicherung**  
Ultrakurzzeitgedächtnis (UKZG) – Sensorisches Gedächtnis (SG)  
Kurzzeitgedächtnis (KZG)  
Arbeitsgedächtnis

---

- 7.3 **Langzeitspeicherung**

---

- 7.4 **Komponenten des Langzeitgedächtnisses**

---

- 7.5 **Stadien der Gedächtnisbildung**  
Aufnahme von Wissen (Enkodierung, Akquisition)  
Festigung von Wissen  
Abruf von Wissen

---

- 7.6 **Gedächtnisregeln**

---

- 7.7 **Die PQ4R-Methode**

Welche Informationen in welcher Form gespeichert sind, wie lange die Einprägungen gespeichert bleiben und wie die Speicherinhalte wieder reproduziert werden können, sind Grundfragen der Gedächtnisforschung. Sehr allgemein kann **Gedächtnis** als jene Instanz eines biologischen Systems verstanden werden, die die Aufgabe hat, verfügbare Information zu speichern und wiederzugeben. Da Gedächtnisprozesse schon beim Verhaltenslernen die Grundlage