

Kühnel, Sina; Markowitsch, Hans J.

Falsches Erinnern - Wieso? / Gedächtnis und Erinnern

Kühnel, Sina; Markowitsch, Hans J.: Falsche Erinnerungen. Die Sünden des Gedächtnisses.

Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag 2009, S. 1-72



Quellenangabe/ Reference:

Kühnel, Sina; Markowitsch, Hans J.: Falsches Erinnern - Wieso? / Gedächtnis und Erinnern - In:

Kühnel, Sina; Markowitsch, Hans J.: Falsche Erinnerungen. Die Sünden des Gedächtnisses.

Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag 2009, S. 1-72 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-7632 - DOI: 10.25656/01:763

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-7632>

<https://doi.org/10.25656/01:763>

in Kooperation mit / in cooperation with:

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

<http://www.spektrum-verlag.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.
This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Sina Kühnel

Hans J. Markowitsch

Falsche Erinnerungen

Die Sünden des Gedächtnisses

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

Autoren

Dr. Sina Kühnel / Prof. Dr. Hans J. Markowitsch
Universität Bielefeld
Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft
Abteilung für Psychologie
Postfach 10 01 31
33501 Bielefeld

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Der Verlag und die Autoren haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2009
Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint von Springer

09 10 11 12 13 5 4 3 2 1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Planung und Lektorat: Katharina Neuser-von Oettingen, Anja Groth
Herstellung: Sabine Bartels
Umschlaggestaltung: wsp design Werbeagentur GmbH,
Heidelberg unter Verwendung eines Motivs von Getty Images
Fotos/Zeichnungen: siehe Bildnachweise
Satz: Crest Premedia Solutions (P) Ltd., Pune, Maharashtra, India
Druck und Bindung: Krips b.v., Meppel

Printed in The Netherlands

ISBN 978-3-8274-1805-0

Inhaltsverzeichnis

1	Falsche Erinnerungen – Wieso?	1
2	Gedächtnis und Erinnern	7
	Sitz des Gedächtnisses im Gehirn	9
	Die Nervenzelle	10
	Unser Gehirn	17
	Gedächtnis entlang der Zeitachse	25
	Kurz und knapp	28
	Wenn das Kurzzeitgedächtnis doch arbeitet	28
	Was lange währt, wird endlich gut	31
	Gedächtnisprozesse: die Bildung unseres	
	Gedächtnisses	35
	Die Wahrnehmung	36
	Wissen wird gespeichert	37
	Aktives Schlafen	43
	Abruf	45
	Gedächtniseinteilung im Bezug auf Inhalt	47
	Bewegung und geistige Fertigkeiten	48
	Die Wiederholung macht's	50
	Vertrautes erkennen	51
	Weltwissen	52
	Unsere Biographie	54
	Hierarchische Verarbeitung	56
	Dynamische Erinnerungen	57
	Gehirn und Computer – Wie ähnlich	
	sind sie?	59

Unser Gehirn organisiert sich selbst	64
Gedächtnis im Laufe unseres Lebens	66
Emotionale Färbung von Erinnerungen	70
3 Falsche Erinnerungen	73
Schwächen unseres Gedächtnisses	78
Vergessenes Wissen	79
Zementiertes Erinnern	84
Geblocktes Wissen	89
Flüchtiges Wissen	91
Was sind falsche Erinnerungen?	93
Konfabulationen	97
Intrusionen	104
Falsche Rekognitionen	112
Entstehung falscher Erinnerungen	117
Die Quelle einer Erinnerung	119
Die Vorstellung, wie etwas sein soll	122
Inhaltliche Fehler	125
Handeln ohne zu denken	128
Die „ <i>Fuzzy-trace Theory</i> “ – unscharfe Spuren in unserem Gedächtnis	131
Problematische Vorstellungsgabe	133
Es gibt keine einfache Erklärung	136
Anatomische Grundlagen von falschen Erinnerungen	137
Fehler, die wir lernen	139
Falsche Erinnerungen werden abgerufen	140
Falsche Erinnerungen und Augenzeugen	143
Erwachsene als Augenzeugen	144
Kinder als Augenzeugen	150
4 Stress und Träume	157
Einfluss von Stress	158
Wirkung von Stress auf den Körper	162
Psychologische Folgen von Stress	176
Stress und Gedächtnis	181
Stress löst falsche Erinnerungen aus	189

Erinnerungen, gewachsen aus Träumen und Fantasie	190
Lebhafte Träume	191
Falsche Interpretation von Träumen	205
5 Entwicklung und Bedeutung falscher Erinnerungen	209
Gedächtnis im Laufe der Evolution	211
Erinnerungen müssen stimmen	219
Nichts ist, wie es scheint	222
6 Gibt es Tipps zur Minderung von falschen Erinnerungen?	227
Gesunde Skepsis	229
Bewusst durchs Leben gehen	231
Abwechslung gegen Monotonie	232
Tagebuch	234
Unser Gedächtnis: richtige und falsche Erinnerungen	236
Literatur	239
Bildnachweise	253
Index	255

1 | Falsche Erinnerungen – Wieso?

Jeder von uns erinnert sich scheinbar problemlos an unzählige verschiedene Erfahrungen. Wir nehmen ständig neue Informationen wahr und erinnern uns im Laufe eines einzigen Tages an unzählige zurückliegende Ereignisse oder früher gelerntes Wissen. Werden wir beispielsweise gefragt, wo wir unseren letzten Urlaub verbrachten und was wir da erlebt haben, können wir ohne Schwierigkeiten verschiedene Geschehnisse berichten.

Erinnerungen aus der eigenen Lebensgeschichte prägen jeden einzelnen Menschen und machen jeden von uns zu einem einmaligen Individuum. Es gibt keine zwei Menschen, die die gleichen Erinnerungen miteinander teilen, da jeder einen individuellen Blickwinkel auf ein Geschehen (und natürlich auch selbst bei eineiigen Zwillingen eine individuelle Lebensgeschichte) hat. Tagtäglich unternehmen wir auch im Geiste Zeitreisen in unsere eigene Vergangenheit. Wir schwelgen regelrecht in ihr, wenn wir Bekannten von besonders eindrucksvollen Episoden berichten. Ohne größere Anstrengung gehen wir in der Zeit zurück und rufen uns ganze Episoden zurück ins Gedächtnis. Dabei sind wir in der Lage, die Gefühle bei unserem ersten Kuss wieder zu empfinden oder den Duft von Omas Apfelkuchen förmlich zu riechen. Je länger allerdings ein Ereignis zurückliegt, desto häufiger geschieht es, dass sich Erinnerungen verändern (siehe auch Abb. 1.1).



Abb. 1.1 Eines von unzähligen Beispielen. Obwohl es sich im Leben beider Ehepartner um einen bestimmt wichtigen Augenblick handelt, können sich die Erinnerungen an den Hochzeitsantrag deutlich voneinander unterscheiden.

Betrachten wir den Titel dieses Buches, so kommt den meisten die Verbindung der zwei Worte „falsch“ und „Erinnerung“ wie ein Widerspruch in sich vor. Wie ist es möglich, dass Erinnerungen falsch sein können? Oder genauer gefragt, wie können unsere eigenen Erinnerungen falsch sein? Wir sehen Vergangenes, wenn wir uns daran erinnern oder davon berichten, bildlich vor uns und können viele Details lebhaft umschreiben. Die Vorstellung, dass sich hierbei Fehler einschleichen können, führt bei vielen vermutlich zu einem komischen Gefühl in der Magengegend.

Unsere Erinnerungen, vor allem die unserer persönlichen Biographie, sind die Grundlage für unsere Persönlichkeit, unser Identitätsgefühl und unser Verhalten. Jeder geht intuitiv davon aus, dass das, was er im Geiste sieht, wenn er sich an eine bestimmte Situation erinnert, der tatsächlich erlebten Wahrheit entspricht. Genau hier liegt leider ein gewaltiger Denkfehler. Unsere Erinnerungen sind nicht eine Kopie der erlebten Geschehnisse. Sie sind auch nicht endgültig in unser Gehirn eingraviert und liegen dort unveränderlich bis zu ihrem Wiedererinnern. Ganz im Gegenteil: **Erinnerungen verändern sich mit jedem neuen Tag.**

Jeden Tag erhalten wir neue Informationen, erleben neue Situationen, lernen neue Leute mit anderen Sichtweisen als unseren eigenen kennen. Wir unterhalten uns über Erfahrungen, die wir gemacht haben, und vergleichen in Gesprächen, wie andere ähnliche Erfahrungen erlebt haben. Normalerweise würde keiner auf die Idee kommen, dass es schon solche harmlosen Unterhaltungen sein können, die unsere Erinnerungen beeinflussen können. Selbst wenn es sich um Erlebnisse handeln sollte, über die wir mit keinem sprechen, genügt es schon, dass wir uns selber damit auseinandersetzen.

Ein sehr eindrucksvolles Beispiel dieses Phänomens, die Bombenangriffe auf Dresden im Februar 1945, wurde von dem Historiker Helmut Schnatz genauer untersucht (Schnatz, 2000). In Berichten schildern Überlebende, dass tieffliegende Bomber über der Stadt die Menschen auf den Straßen regelrecht gejagt haben sollen. Erregt werden die einzelnen Erinnerungen und die dabei ausgestandenen Ängste dieser traumatischen Zeit erzählt. Vergleiche von deutschen wie auch alliierten Quellen (beispielsweise Flugeinsatzbücher, aber auch die Tatsache, dass der durch die Bombardierung ausgelöste Feuersturm und damit einhergehend die fehlende Bodensicht ein derartiges Manöver verhindert hätte) aus dieser Zeit belegen allerdings eindeutig, dass es derartige Tieffliegerangriffe auf Deutsche in Dresden nicht gegeben hat (Schnatz, 2000). Die mit dieser Tatsache konfrontierten Personen reagieren verständlicherweise mit starker

Abwehr, sehen sie doch diese furchtbaren Angriffe immer noch vor ihrem inneren Auge. Auch handelt es sich hier nicht um die Aussage eines Einzelnen, sondern es sind viele verschiedene Berichte von diesem Ereignis veröffentlicht worden.

Es ist erschreckend und faszinierend zugleich, dass eine solch einschneidende Erfahrung falsch sein kann. Jetzt könnte man sich zurücklehnen und sich selbst mit dem Gedanken beruhigen, dass solche traumatischen Erlebnisse ja vielleicht auch einfach ein bisschen anders verarbeitet werden. Außerdem ist viel Zeit vergangen, und die Zeitzeugen von damals sind schließlich bereits im fortgeschritteneren Alter. Somit hat eine solche falsche Erinnerung mit einem gesunden Erwachsenen nur wenig zu tun. Leider ist es nicht so einfach. Jeder von uns kann falsche Erinnerungen bilden. Und jeder von uns tut genau dies auch unbewusst. Das Beispiel aus Dresden mag für viele unglaublich klingen, aber mit ein wenig Nachdenken kann vermutlich jeder ein eigenes Beispiel nennen. Überlegen wir doch einmal, wie oft unsere persönlichen Erinnerungen von denen unserer Familie oder Freunde abweichen. Da wird gemeinsam ein Urlaub verbracht, und schon ein Jahr später kommt es zu emotionalen Diskussionen, wo genau der Spaziergang am Strand entlanggeführt hat. Oft sind es Kleinigkeiten, an die wir uns anders erinnern als die mit anwesenden Freunde oder Familienmitglieder.

Die Fähigkeit, sich zu erinnern, ist beim Menschen intensiver und besser ausgeprägt als bei irgendeinem anderen Tier. Doch hat sich diese Fähigkeit nicht entwickelt, damit wir eine detaillierte Wiedergabe einer vor fünf Jahren erlebten Urlaubsreise produzieren können. Unsere Erinnerungen helfen uns vor allem, den Alltag und hierbei insbesondere neue, überraschende Situationen zu bewältigen. Sie befähigen uns zur Planung der nächsten Weihnachtsfeier noch mitten im Hochsommer. Wenn wir uns dabei an die letzten Feiern etwas verfälscht erinnern, muss das nicht schlimm sein und stört auch nicht bei der Planung. Man könnte sagen, es ist nicht wichtig für unser Überleben, dass wir uns fehlerfrei an jegliche vergangenen Ereignisse erinnern können.

Falsche Erinnerungen sind aber gerade deswegen ein äußerst spannendes Thema, weil sie sich nicht leicht fassen und erklären lassen. Weltweit sind Forscher damit beschäftigt, immer neue und weitere Aspekte dieses Phänomens zu untersuchen. Es gibt immer noch viele offene Fragen, und dieses Buch ist nicht dazu gedacht, alle Feinheiten zu erläutern. Dieses Buch wendet sich an interessierte Personen, auch ohne Vorwissen der Psychologie, Neurowissenschaften oder Biologie, die das Gebiet des menschlichen Gedächtnisses spannend finden. Falsche Erinnerungen sind ein fester Bestandteil innerhalb unseres Gedächtnisses, und warum und wieso dies der Fall ist, wird auf den folgenden Seiten ausführlich, verständlich und interessant geschildert.

2 | Gedächtnis und Erinnern

„Das Gedächtnis ist die Schatzkammer des Lebens.“
Cicero, 106–43 vor Christi

Stellen wir uns folgende Situation vor: Nach einigen Jahren gehen wir zum Klassentreffen unseres Abschlussjahrgangs. Viele der Anwesenden haben wir in den letzten Jahren weder gesehen noch gesprochen. Nur mit einigen Freunden haben wir über die Jahre den Kontakt gehalten. Es kommt zu angeregten Gesprächen darüber, was wir bisher gemacht haben, welchen Weg wir eingeschlagen haben und wie es uns in den Jahren ergangen ist. Natürlich wird in einer solchen Runde auch viel über die zurückliegende Schulzeit geredet. Bestimmte Ereignisse werden diskutiert, besondere Verhaltensweisen einiger Lehrer werden zum Besten gegeben. Häufig beginnen die Sätze mit den Worten „Weißt Du noch ...“ oder „Erinnerst Du Dich ...“. Wir frischen alte gemeinsame Erinnerungen wieder auf, und doch passiert es oft, dass wir uns an andere Begebenheiten erinnern, als es unsere Klassenkameraden tun. Einige wissen noch genau, wie die Sitzordnung in den einzelnen Stufen war, andere berichten von Feiern, an die wir uns kaum erinnern können. Es wird der Eindruck erweckt, dass sich die Gedächtnisleistungen der Einzelnen voneinander unterscheiden. Einige zeigen, dass sie ein besonders gutes Gesichtergedächtnis haben, andere können sich auch noch an

den Namen einer ehemaligen Mitschülerin erinnern, die nur ein halbes Jahr in der Klasse war. Auch wenn wir die Jahre gemeinsam erlebt, viele Situationen als Gruppe erfahren haben, unterscheiden sich unsere Erinnerungen doch stellenweise gravierend voneinander.

Selbst wenn wir im Alltag häufig den Eindruck haben, unser Gedächtnis funktioniere wie ein Schrank mit vielen Schubladen, verdeutlicht dieses typische Beispiel, dass dies eine stark vereinfachte Sichtweise zu sein scheint. Wäre es so einfach, könnten wir jederzeit eine Schublade öffnen und die entsprechende Erinnerung an die frühere Mitschülerin oder die Klassenfahrt in die Berge herausholen und wiedergeben. Diese auch heute noch gängige Betrachtungsweise ähnelt der früherer, wie wir am vorangestellten Zitat von Marcus Cicero von vor über 2000 Jahren sehen können. Eine umfassendere Charakterisierung unseres Gedächtnisses und seines Einflusses auf die Persönlichkeit stammt von Ewald Hering (1834–1918):

„Gedächtnis verbindet die zahllosen Einzelphänomene zu einem Ganzen, und wie unser Leib in unzählige Atome zerstieben müsste, wenn nicht die Attraktion der Materie ihn zusammenhielte, so zerfiele ohne die bindende Macht des Gedächtnisses unser Bewusstsein in so viele Splitter, als es Augenblicke zählt“ (Hering, 1870).

Hering bezieht sich hier auf das Gedächtnis des Einzelnen. Ohne unsere Erinnerungen wären wir nicht, wer wir sind. Verlieren wir unser Gedächtnis, sei es über mehrere Lebensdekaden oder nur für den Zeitraum einiger Monate oder Jahre, verunsichert uns dies nicht nur, es verändert auch unsere Wahrnehmung von uns selber. Damit wir die Funktionsweise unseres Gedächtnisses besser verstehen lernen, wird auf den folgenden Seiten auf die Grundlagen eingegangen, wo es zu finden ist, wie es gebildet wird und wie es strukturiert ist.

Sitz des Gedächtnisses im Gehirn

Alles, was wir wissen, von einfachen Bewegungen über spezielles Faktenwissen bis hin zu unseren persönlichen Erinnerungen, wird in unserem Gehirn verarbeitet und gespeichert. Unser Gehirn wiegt ungefähr 1 300 Gramm und macht somit durchschnittlich gerade einmal zwei Prozent unserer gesamten Körpermasse aus. Es besteht aus einfachen Zellen, die in ihrer Gesamtheit für alle Vorgänge in unserem Körper und unserem Geist zuständig sind. Das Gehirn steuert unseren Wach-Schlaf-Rhythmus und informiert uns, wenn wir Hunger oder Durst haben. Ohne Gehirn sind wir nicht lebensfähig, es ist der einzige Teil unseres Körpers, der ohne Sauerstoff schon nach wenigen Minuten unwiederbringlich zu Schaden kommt. Früher glaubte man, dass das, was uns als Person ausmacht, unser Geist, in unserem Herzen zu finden sei. Heute wissen wir, dass ein transplantiertes Herz den Empfänger in seiner Persönlichkeit nicht verändert. Stellen wir uns aber vor, wie es in einigen Science-Fiction-Filmen gezeigt wird, dass das Gehirn eines Menschen in einen anderen eingepflanzt werden würde. Dadurch würde dann auch die Persönlichkeit des Spenders auf den Körper des Empfängers übertragen werden. Es ist unser Gehirn, das alle wichtigen Informationen enthält, die uns als einzigartiges Individuum ausmachen.

Beschäftigen wir uns also mit der Arbeitsweise unseres Gedächtnisses, müssen wir demnach zunächst das Gehirn als anatomische Grundlage betrachten. Unser Verständnis darüber, wie unser Gehirn aufgebaut ist und wie die jeweiligen Bereiche funktionieren, wächst mit jedem Tag und ist auch weiterhin einer der spannendsten Zweige innerhalb der Gedächtnisforschung. Die Entwicklung moderner Technologien, wie der funktionellen Bildgebung, ermöglichen uns fortgesetzt tiefere Einblicke in die Funktionsweise des Gehirns.

Auf den folgenden Seiten wird zuerst der kleinste Bauteil des Gehirns – die Nervenzelle – erläutert. Wie sie aufgebaut ist, wie sie funktioniert und natürlich auch, wie eine Ansammlung

dieser Zellen es uns ermöglichen kann, Kaffee zu kochen oder Diskussionen über die politische Lage des Landes zu führen. Im Anschluss daran wird das Gehirn in seinen größeren anatomischen Strukturen betrachtet. Hierbei werden einige Fachbegriffe eingeführt, die leider notwendig für eine verständliche Erklärung sind – wie bei jedem Gebiet, mit dem wir uns neu beschäftigen. Es gibt spezielle Begriffe, die für eine Vermittlung der Sachverhalte benötigt werden, und ein Ziel des vorliegenden Buches ist, diese nachvollziehbar zu vermitteln.

Die Nervenzelle

Die kleinste Struktur des Gehirns ist die **Nervenzelle** oder das Neuron (siehe Abb. 2.1). Insgesamt befinden sich in unserem Gehirn ungefähr eine Billion (1 000 000 000 000) dieser Art von Zellen, die miteinander verbunden sind. Ihr Grundaufbau ist im Prinzip identisch. Es gibt wie bei jeder anderen Zelle in unserem Körper einen **Zellkörper**, der unter anderem den Zellkern mit unserer Erbinformation enthält. Von diesem Zellkörper gehen viele kleinere Ausstülpungen, die **Dendriten** (griechisch *dendrites* = vom Baum abgehend), ab. Über diese Dendriten steht eine Nervenzelle mit anderen Nervenzellen oder auch Sinneszellen in Kontakt. Überdies führt vom Zellkörper ein länglicher Fortsatz weg, das **Axon** (griechisch *áxon* = Achse), das die Weiterleitung eines Signals auch über eine größere Entfernung (bis über einen Meter) ermöglicht. Das Axon ist von weiteren Zellen umgeben, den **Gliazellen**, die das Axon nach außen hin isolieren. Dieser Aufbau ist vergleichbar mit der Gummiummantelung eines elektrischen Kabels und dient der besseren, schnelleren und rauschärmeren Weiterleitung eines Signals. Das Axon endet in einer Reihe weiterer Ausstülpungen, den **Synapsen**. Die Synapsen dienen der Verbindung der Nervenzelle entweder mit den Dendriten weiterer Nervenzellen oder auch mit Muskelfaserzellen.

Je nach ihrer Funktion weichen die Baupläne der verschiedenen Nervenzellen leicht voneinander ab. Die Wahrnehmung von

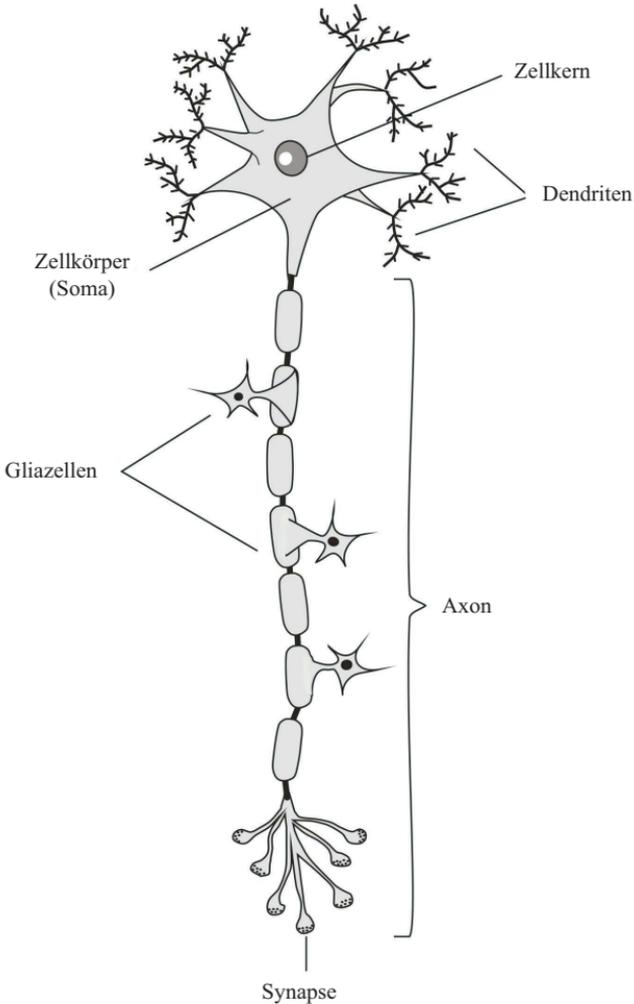


Abb. 2.1 Der Grundaufbau einer idealisierten Nervenzelle.

Reizen aus unserer Umwelt erfolgt über die Sinneszellen in Auge, Nase, Ohr, Mund und in der Haut (sensorische Nervenzellen). Die meisten Nervenzellen, die wir besitzen, verknüpfen jedoch Nervenzellen untereinander. Die Axone dieser Nervenzellen können hierbei sehr kurz sein (lokale Interneurone) oder auch

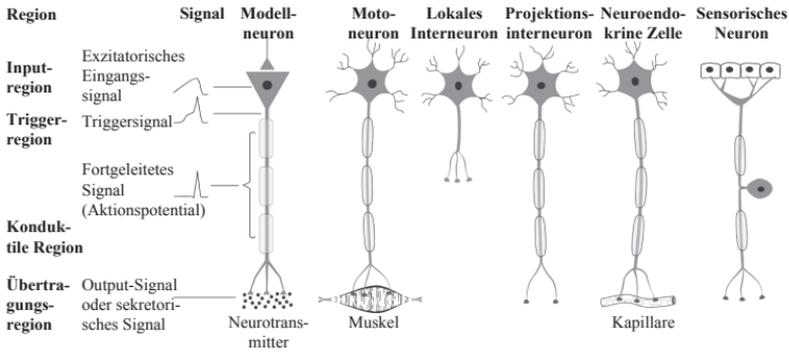


Abb. 2.2 Die verschiedenen Typen von Nervenzellen. Es ist leicht zu erkennen, dass sie im Grunde gleich aufgebaut sind.

sehr lang (Projektionsinterneurone), wie es beispielsweise im Rückenmark der Fall ist. Dieser zweite Typ der Interneurone ist unter anderem für die sehr schnellen Reflexe zuständig, wie beispielsweise den Kniesehenreflex. Zwei weitere Typen von Nervenzellen geben Signale direkt an unsere Muskulatur oder an Drüsenzellen weiter (Motoneurone und neuroendokrine Zellen). Alle diese unterschiedlichen Formen von Nervenzellen, mit ihren verschiedenen Funktionen, haben jedoch den gleichen oben beschriebenen Grundaufbau (siehe Abb. 2.2).

Eine einzelne Nervenzelle kann mit bis zu über 100 000 weiteren Nervenzellen verknüpft sein. Dadurch entsteht ein äußerst kompliziertes Netzwerk, vor allem in unserem Gehirn. Eine Verknüpfung muss nicht wie oben beschrieben zwangsläufig zwischen Synapsen und Dendriten erfolgen (axo-dendritisch). Es gibt auch Verbindungen, bei denen die Synapsen einer Nervenzelle ein Signal direkt an den Zellkörper (axo-somatisch) oder auch an Synapsen (axo-axonal) anderer Nervenzellen weitergeben (siehe Abb. 2.3). Nervenzellen und ihre Verknüpfungen untereinander sind also nicht so einfach gestrickt wie eine Telefonleitung zwischen zwei Geräten, sondern bilden komplexe Netzwerke aus.

Wenn wir bedenken, dass eine einzige Nervenzelle mit über 100 000 anderen verbunden sein kann, ist es einleuchtend, dass

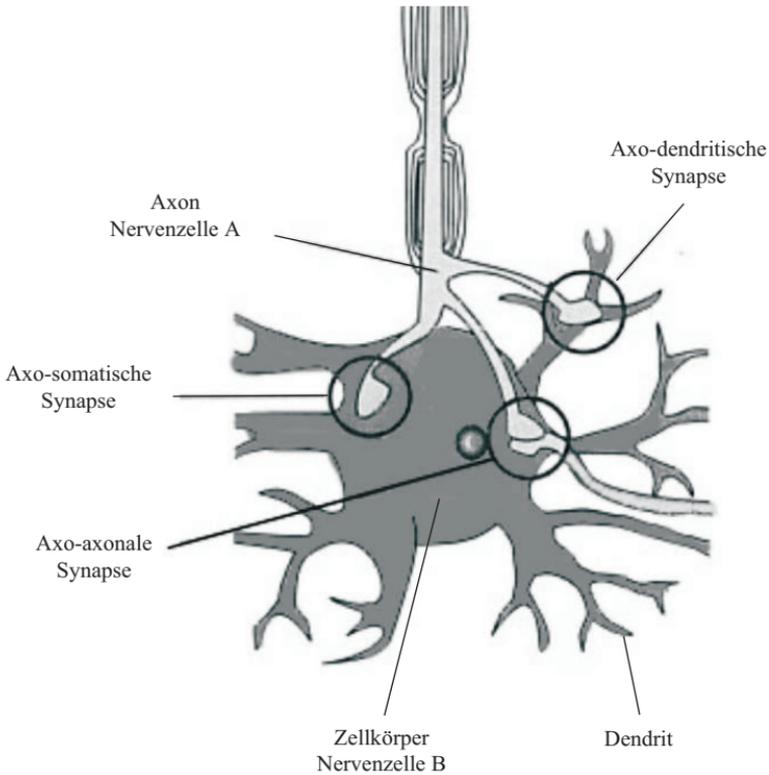


Abb. 2.3 Verknüpfung zweier Nervenzellen und mögliche Formen der Verschaltung.

beispielsweise an einem Dendritenarm gleich mehrere Synapsen verschiedener Nervenzellen anknüpfen. Ein Signal wird immer dann von einer Nervenzelle weitergegeben, wenn sie erregt wird (siehe Box 2.1 für eine genauere Beschreibung der Signalweiterleitung in Nervenzellen). Aber nicht alle ankommenden Nervenzellen sind erregend für die darauf folgende Zelle. So kann beispielsweise ein ankommendes Signal von Nervenzelle A eine erregende Auswirkung auf Nervenzelle C haben, während das Signal von Nervenzelle B eine hemmende Wirkung auf Nervenzelle C hat. Wir können uns diesen Vorgang wie eine demokratische Abstimmung vorstellen: Kommen gleichzeitig

mehrere Signale bei einer Nervenzelle an, entscheidet die Mehrheit. Ist die Mehrzahl der ankommenden Signale von anderen Nervenzellen erregend, gibt die Nervenzelle das Signal weiter. Ist die Mehrzahl hemmend, endet das Signal an dieser Stelle.

Box 2.1: Wie eine Nervenzelle funktioniert

Wie der Motor eines Autos hat eine Nervenzelle nur zwei mögliche Zustände: entweder ist sie „an“ und es laufen viele verschiedene Prozesse ab, damit sie ein Signal weitergibt, oder sie ist „aus“ und befindet sich in einem Ruhezustand. Ebenfalls wie bei einem Automotor ist es für uns im Alltag nicht weiter von Bedeutung zu wissen, wie genau diese Prozesse ablaufen. Allerdings befindet sich der Motor Gehirn in unserem eigenen Kopf. Es ist somit doch spannend zu verstehen, was genau dort passiert, damit wir zum Beispiel in der Lage sind, Kaffee zu kochen.

Zuerst wird der Grundzustand beschrieben. Die Nervenzelle befindet sich in einem stabilen Ruhezustand. Dies bedeutet, dass sie außen positiv und innen negativ geladen ist. Dieser Unterschied führt zu einem messbaren Ruhepotential über die Zellmembran hinweg von ca. -70 mV (mV = Millivolt). Der Ladungsunterschied entsteht durch die unterschiedliche Konzentration von geladenen Ionen (winzigkleine elektrisch geladene Teilchen). Die bedeutendsten sind hierbei Kalium- und Natriumionen (siehe Tab. 2.1). Eine Nervenzelle wird erst aus diesem Ruhezustand gerissen, wenn eine benachbarte Nervenzelle ein Signal an sie weiterleitet. Der Kontakt für diese Weiterleitung entsteht durch die Synapse der benachbarten Nervenzelle mit beispielsweise dem Dendritenast der anderen. Das ankommende Signal löst einen Nervenimpuls,

Tab. 2.1: Konzentration der relevanten Ionen innerhalb und außerhalb der Zellmembran in Ruhe in mmol/l. Zum Vergleich ist die Verteilung dieser Elemente in Meerwasser angegeben.

	Axon innen	Axon außen	Meerwasser
Na ⁺	12	150	10
K ⁺	150	4	460
Cl ⁻	4	120	540
A ⁻	150		

also die Weiterleitung des Signals, aus. Dieser entsteht durch die Verlagerung der Ionenkonzentration über die Zellmembran, wodurch sich der Ladungsunterschied verschiebt.

Es wird noch ein wenig komplizierter, bevor die Prozesse in der Nervenzelle, die das Signal empfängt, direkt betrachtet werden können. Es gibt zwei verschiedene Typen von Synapsen: elektrische und chemische. Elektrische Synapsen sind für eine besonders schnelle Übertragung von Signalen zuständig. Durch das Austreten geladener Ionen aus der Synapse wird die benachbarte Zelle erregt, und mit einer Geschwindigkeit von weniger als 0,1 ms (ms = Millisekunde) kann das Signal weitergegeben werden. Die meisten Kontakte zwischen Nervenzellen erfolgen allerdings über chemische Synapsen. Hierbei schüttet die erregte, ankommende Nervenzelle in ihren Synapsen sogenannte **Neurotransmitter** aus. Neurotransmitter sind kleine Moleküle, die in den Spalt zwischen der Synapse und der Nachbarzelle gelangen und hier dann ebenfalls eine Verschiebung der elektrischen Ladung innerhalb der bisher im Ruhezustand befindlichen Nervenzelle auslösen.

Doch was genau passiert nun eigentlich, wenn ein Signal von einer Nervenzelle auf eine andere überspringt? Und wie leitet eine Nervenzelle ein Signal durch ihr mitunter doch sehr langes Axon weiter zur nächsten Nervenzelle?

Ausgelöst durch einen elektrischen Impuls werden Natriumkanäle in der Membran der Nervenzelle geöffnet, die das Signal empfängt. Die positiv geladenen Natriumionen strömen nun ungehindert in die Zelle hinein und verursachen eine Verschiebung der Ladung. Ab einem bestimmten Punkt, dem **Schwellenwert**, der bei ungefähr -40 mV liegt, wird die Nervenzelle unweigerlich erregt. Ab hier gibt es kein Zurück mehr, das Signal ist auf die Nervenzelle übersprungen. Dieser Vorgang wird auch als das Alles-oder-Nichts-Prinzip bezeichnet. Das negative Ruhepotential wird nun in einem winzigen Zeitraum von unter einer Millisekunde zu einem positiv geladenen **Aktionspotential** verschoben (**Depolarisation**) und das Signal weitergeleitet. Allerdings fällt ein Aktionspotential genauso schnell wieder in sich zusammen, wie es entstanden ist. Direkt nach der Ausbildung des Aktionspotentials beginnen weitere Vorgänge in der Zellmembran, die das Ruhepotential wieder herstellen (**Repolarisation**) (siehe Abb. 2.4). Kurz gesagt, laufen hier zwei unterschiedliche Prozesse ab. Zuerst schließen sich die Natriumkanäle

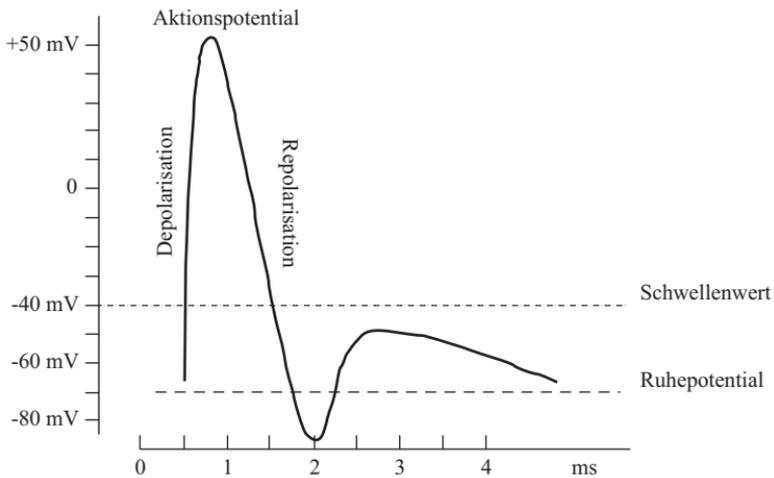


Abb. 2.4 Es wird der Ablauf eines Aktionspotentials gezeigt.

sehr schnell nach ihrer Öffnung und stoppen so den weiteren Zustrom von positiven Natriumionen in das Innere der Nervenzelle. Zum anderen werden durch die Depolarisation spannungsabhängige Kaliumkanäle in der Zellmembran geöffnet, die positive Kaliumionen nach außen strömen lassen. Dadurch wird das Innere der Nervenzelle innerhalb kürzester Zeit wieder negativ geladen. Die Verteilung der Natrium- und Kaliumionen wird im Anschluss an ein Aktionspotential durch die Natrium-Kalium-Pumpe, die sich ebenfalls in der Zellmembran befindet, wieder hergestellt. Die Natriumkanäle sind direkt nach ihrer Schließung für den kurzen Zeitraum von ungefähr 1 ms blockiert, so dass in dieser Zeit kein weiteres Aktionspotential ausgelöst werden kann. Diese sehr schnell ablaufenden Prozesse führen also lokal an der Stelle, wo die Synapse auf einen Dendriten trifft, zur Ausbildung eines Aktionspotentials. Die Weiterleitung in der Nervenzelle, entlang ihres Axons, verläuft wie in einer Kettenreaktion durch die Ausbildung von nacheinander ausgelösten Aktionspotentialen. Am Ende erreicht das Signal die Synapsen der Nervenzelle, und die Prozesse an der Verknüpfungstelle zu der nächsten Nervenzelle laufen wie beschrieben wieder ab.

Unser Gehirn

Die Summe der Nervenzellen bildet unser zentrales Nervensystem, das aus Gehirn und Rückenmark besteht. Das menschliche Gehirn unterscheidet sich in seinem grundlegenden strukturellen Aufbau nicht sehr von den Gehirnen der meisten anderen Tiere. Die Unterschiede, die es gibt, ermöglichen es uns, eine Tasse Kaffee zu kochen, an einem Computer zu sitzen, ein Buch zu lesen und unsere Zukunft zu planen. Hunde, Katzen oder auch Schimpansen tun dies nicht. Wir schon. Das bedeutet, dass unser Gehirn einen anderen Weg in seiner Entwicklung eingeschlagen haben muss. Ein Weg, der nicht nur auf das Überleben der aktuellen Situation beschränkt war, sondern es uns ermöglichte, weitere Fähigkeiten zu entwickeln, wie beispielsweise vorausschauendes Planen oder im Geiste in unsere eigene Vergangenheit zu reisen. Abbildung 2.5 zeigt, dass es tatsächlich vor allem eine Struktur gibt, die sich bei uns sehr viel stärker ausgebildet hat, als es bei anderen Tieren der Fall ist.

Tatsächlich ist es das **Großhirn**, das für uns Menschen eine besonders große Bedeutung hat. Es ist nicht nur die reine Größe, die sich verändert hat, sondern das menschliche Großhirn weist vor allem mehr und tiefere Furchen auf als das anderer Tiergruppen. Durch diese stärkere Auffaltung entwickelte sich eine größere Fläche der Großhirnrinde (dem außen liegenden Bereich des Großhirns). Dies ermöglichte, dass sich unser Großhirn stärker differenzieren und neue Funktionen entwickeln konnte. So finden sich hier beispielsweise die Hirngebiete, die für unsere individuelle Persönlichkeit relevant sind. Wenn wir uns entscheiden, ob wir die Hose im Sonderangebot kaufen oder lieber das Geld zur Bank bringen, arbeiten ebenfalls Bereiche im Großhirn auf Hochtouren. Kaninchen brauchen solche komplexen Entscheidungen nicht zu treffen, ihnen reicht ein wesentlich kleineres Großhirn zum Überleben. Entscheidend ist das Großhirn auch für unser Gedächtnis, sowohl bei dessen Bildung, als auch wenn wir uns wieder an etwas Vergangenes erinnern. Sowohl bewusstes

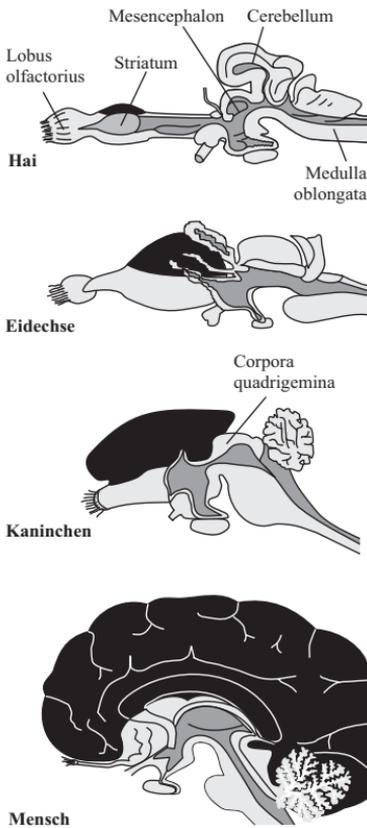


Abb. 2.5 Beginnend mit dem Gehirn eines Hais über das einer Eidechse und weiter eines Kaninchens bis hin zum Menschen wird dunkel die Vergrößerung der Hirnstruktur hervorgehoben, die bei uns am weitesten entwickelt ist – das Großhirn.

Erinnern wie auch das Reflektieren dieses Vorganges wären uns ohne das Großhirn nicht möglich.

Rein anatomisch kann das Großhirn (auch **cerebraler Cortex**) zuerst einmal in zwei Hälften unterteilt werden, die durch eine tiefe Einkerbung in der Mitte voneinander getrennt sind. Später wird auch noch gezeigt, dass diese Großhirnhälften unterschiedlich stark an verschiedenen Erinnerungsprozessen beteiligt sind. Jede Großhirnhälfte wird weiter in vier große Hirnlappen unterteilt: den **Hinterhauptslappen**, den **Schläfenlappen**, den **Scheitellappen** und den **Vorderlappen** (auch Stirnhirn genannt). Hinzu kommt noch im inneren

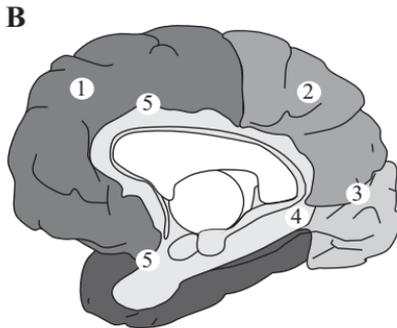
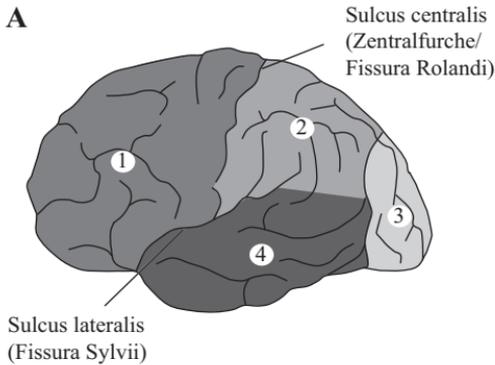


Abb. 2.6 Gezeigt werden die vier verschiedenen an der Hirnaußenseite sichtbaren Hirnlappen und ihre jeweilige Lage in unserem Gehirn (1: Vorderlappen; 2: Scheitellappen; 3: Hinterhauptslappen; 4: Schläfenlappen) sowie der innen liegende Limbische Lappen (Nummer 5) (verändert nach Abb. 4 aus Nieuwenhuys, Voogd & van Huijzen, 1991).

Bereich der **Limbische Lappen** (Markowitsch, 2000; Pritzel, Brand & Markowitsch, 2003) (Abb. 2.6).

In Abbildung 2.6 ist auch zu sehen, dass diese anatomische Einteilung nicht willkürlich stattfand. Sie orientiert sich an weiteren besonders tiefen Einkerbungen in der Großhirnrinde. Die einzelnen Lappen unterscheiden sich auch darin, welche Informationen hauptsächlich von ihnen verarbeitet werden.

Im **Hinterhauptslappen** werden vor allem die Informationen, die wir mit unseren Augen wahrnehmen, verarbeitet. In diesem Sinne sind wir tatsächlich richtige Augentiere, da wir ein Viertel unseres Großhirns nur für die Auswertung dessen benötigen, das wir sehen. Wir glauben eben nur, was wir auch sehen können. Interessanterweise nutzen wir auch diese Bereiche, wenn

wir uns etwas bildlich vorstellen. Dieser Aspekt ist wesentlich für unsere Erinnerungen und somit von großer Bedeutung für deren Veränderbarkeit.

Im **Schläfenlappen** werden überwiegend die Informationen ausgewertet, die wir hören. Hierzu gehört unter anderem auch unser Verständnis von gesprochener Sprache. Bestimmte Bereiche des Schläfenlappens sind außerdem essentiell für die Gedächtnis- sowie für die Emotionsverarbeitung. Für das bewusste Lernen von neuen Informationen sind insbesondere der Hippocampus und die ihn umgebenden Strukturen (parahippocampaler, entorhinaler und perirhinaler Cortex) wichtig. Der Hippocampus wird zusammen mit dem entorhinalen und perirhinalen Cortex auch als hippocampale Formation bezeichnet. Wird dieser Bereich unseres Gehirns entfernt oder beschädigt, sind wir nicht mehr in der Lage, bewusst neue Erinnerungen zu bilden. Wir stecken dann förmlich in der Zeit fest. Die Verarbeitung von Emotionen wird von der Amygdala (griechisch *amygdalé* = Mandel, daher auch die deutsche Bezeichnung Mandelkern für diese Struktur) gesteuert. Besonders gut bekannt und untersucht wurde die große Rolle der Amygdala für die Ausbildung von Angst und dem Wiedererkennen von für uns gefährlichen Situationen. Eine Schädigung dieses Bereichs kann dazu führen, dass in Gefahrensituationen keine Furcht- oder Angstgefühle ausgebildet werden und es dadurch zu einer Fehlreaktion kommt.

Die Bereiche des **Scheitellappens** erhalten vor allem die gefühlten Wahrnehmungen. Hier werden Berührungen ausgewertet, wir können also daraufhin entscheiden, ob sich zum Beispiel ein Hosenstoff für uns angenehm anfühlt und wir die Hose kaufen werden oder ob er eher kratzig ist und wir weitersuchen müssen. Des Weiteren werden hier ebenfalls wie im Hinterhauptslappen Informationen unserer visuellen Wahrnehmung ausgewertet, beispielsweise räumliche Aufmerksamkeit und räumliches Denken.

Ein besonders wichtiger Teil unseres Großhirns ist der **Vorderlappen**. Dieser hat sich als letzter Bereich entwickelt und ist für unser Selbst, unser Bewusstsein entscheidend. Die oben

angesprochene Struktur, die für unsere Persönlichkeit bedeutsam ist, liegt im vorderen Bereich unseres Gehirns. Hier werden Entscheidungen getroffen, Handlungen geplant und Situationen, abhängig von unserer Gefühlslage und unserer Motivation, beurteilt. Wie wir uns unseren Mitmenschen gegenüber verhalten, wird ebenfalls von hier gesteuert. Dementsprechend kann man sich gut vorstellen, dass Verletzungen in diesem Bereich schwerwiegende Folgen haben. Sie können sogar zu deutlichen Wesensveränderungen führen.

Der **Limbische Lappen** bildet – wie der Name bereits sagt – einen Saum (= lateinisch *limbus*) um den Balken, das größte die beiden Hirnhälften verbindende Fasersystem. Es besteht aus stammesgeschichtlich älteren Hirnrindenanteilen und wird vor allem mit Aufmerksamkeitssteuerung und emotionaler Färbung des Wahrgenommenen in Verbindung gebracht.

Doch auch wenn das Großhirn für uns Menschen einen wichtigen Stellenwert hat, so brauchen wir zum Leben und auch um neue Erinnerungen bilden zu können, weitere tiefer gelegene Hirnstrukturen (siehe Abb. 2.7).

Unterhalb des Großhirns befindet sich das **Zwischenhirn**, das sich aus zwei wesentlichen Unterstrukturen zusammensetzt: dem **Thalamus** und dem **Hypothalamus**.

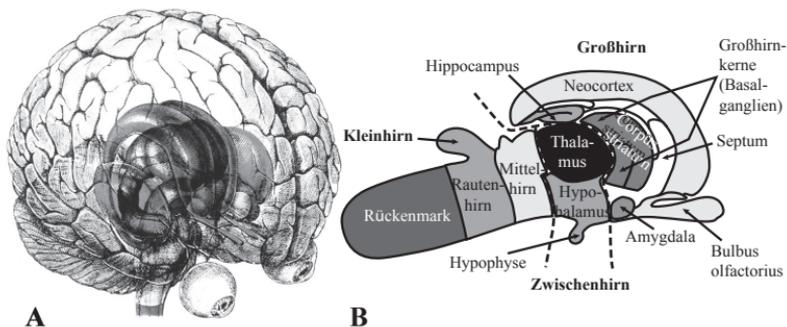


Abb. 2.7 A) zeigt eine schematische Darstellung der einzelnen Bereiche des Gehirns einschließlich wichtiger Unterstrukturen. In B) werden diese Strukturen in ihrem tatsächlichen Verhältnis innerhalb unseres Gehirns gezeigt.

Der Thalamus besteht aus zahlreichen Kernen (Ansammlungen von Nervenzellkörpern), die zum einen Informationen aus tiefer liegenden Strukturen erhalten, aber zum anderen auch Verbindungen in viele Bereiche des Großhirns haben. Über die Verbindungen zu den tieferen Strukturen erhält der Thalamus sowohl Informationen von unseren Sinnen (Sensorik), dem was wir sehen, hören, riechen, fühlen, schmecken, wie auch aus anderen Bereichen unseres Körpers (Motorik). Über die Verbindungen zum Großhirn gibt der Thalamus die aktuell wichtigen Informationen weiter. Im Großhirn können dadurch die Entscheidungen getroffen werden, wie wir uns in der Jetzt-Situation verhalten sollen. Der Thalamus kann also mit einem Sekretär oder Assistenten verglichen werden. Er erhält große Mengen an Informationen aus vielen verschiedenen Arbeitsbereichen und wählt nur diejenigen aus, die für die gerade stattfindende Konferenz wichtig sind. Der Thalamus wird daher auch als „Tor zum Bewusstsein“ bezeichnet.

Die zweite Unterstruktur des Zwischenhirns, der Hypothalamus, besteht wie der Thalamus aus vielen verschiedenen Kernen. Von hier werden viele Prozesse im Körper gesteuert, die ganz automatisch ohne unser bewusstes Zutun geschehen. Hierzu zählen die Stabilisierung der Körpertemperatur, die Überwachung unserer Nahrungs- und Wasseraufnahme, der Schlaf-Wach-Rhythmus und unser Sexualverhalten. Viele dieser Vorgänge laufen über unseren Hormonhaushalt, der vom Hypothalamus und der angehängten Hypophyse reguliert wird. Des Weiteren ist der Hypothalamus in Prozesse eingebunden, die unsere Emotionen, aber auch unsere Motivationen betreffen.

Unterhalb des Zwischenhirns schließt sich das **Mittelhirn** an. Hier werden die Informationen aus den Sinnen miteinander in Verbindung gesetzt und weitergeleitet. Insbesondere werden hier die ersten wichtigen Auswertungen unseres Sehsinns produziert. Des Weiteren ist das Mittelhirn in die Steuerung unserer Bewegungen involviert.

Das **Rautenhirn** umfasst die Brücke (Pons) und das Kleinhirn. Die Brücke besteht vor allem aus weiterführenden Faserverbindungen, beinhaltet aber auch verschiedene Kerne, die Einfluss auf Schlaf und motorische Vorgänge haben. Das Kleinhirn ist besonders wichtig für automatisierte Bewegungsabläufe und Gleichgewichtsfunktionen.

Das **verlängerte Rückenmark** schließlich ist der entwicklungs geschichtlich ursprünglichste Teil des Gehirns. Von hier werden grundlegende Vorgänge im Körper gesteuert, die für uns überlebenswichtig sind. Dazu zählen autonome (vegetative) Prozesse wie Atmung, Kreislauf, Herzschlag, Schlaf und motorische Abläufe wie Hust-, Schluck-, Nies- und Saugreflexe. Die wichtigste Unterstruktur im verlängerten Rückenmark ist die retikuläre Formation, deren Beschädigung zum vollständigen Koma führen kann. Die retikuläre Formation oder auch *Formatio reticularis* (lateinisch *formatio* = Formation, *reticularis* = netzartig) setzt sich aus zahlreichen einzelnen Kernen zusammen, die teilweise über weite Strecken miteinander verzweigt und verbunden sind.

Uns geht es in diesem Buch im Wesentlichen um unsere Erinnerungen und darum, was geschieht, wenn sie nicht richtig funktionieren. Daher werden jetzt noch die wichtigsten Strukturen betrachtet, die an der Bildung unserer Erinnerungen beteiligt sind. Es sind vor allem Strukturen des sogenannten limbischen Systems, das Hirnstrukturen umfasst, die an der Auswertung und Beurteilung unserer Emotionen beteiligt sind. Abhängig von ihrer Beteiligung bei der Bildung emotionaler Erinnerungen lassen sich zwei über Fasern verbundene Kreise unterscheiden: der **Papez'sche** und der **basolateral limbische Schaltkreis** (siehe Abb. 2.8).

Durch die Verknüpfung des Hippocampus mit dem Thalamus ist der Papez'sche Schaltkreis vor allem in die Bildung weniger emotionaler Erinnerungen involviert. Anders der basolateral limbische Schaltkreis, der alleine schon durch die Verbindung zur Amygdala Erinnerungen mit hohem emotionalen Gehalt verarbeitet. Das Besondere an diesen beiden Schaltkreisen

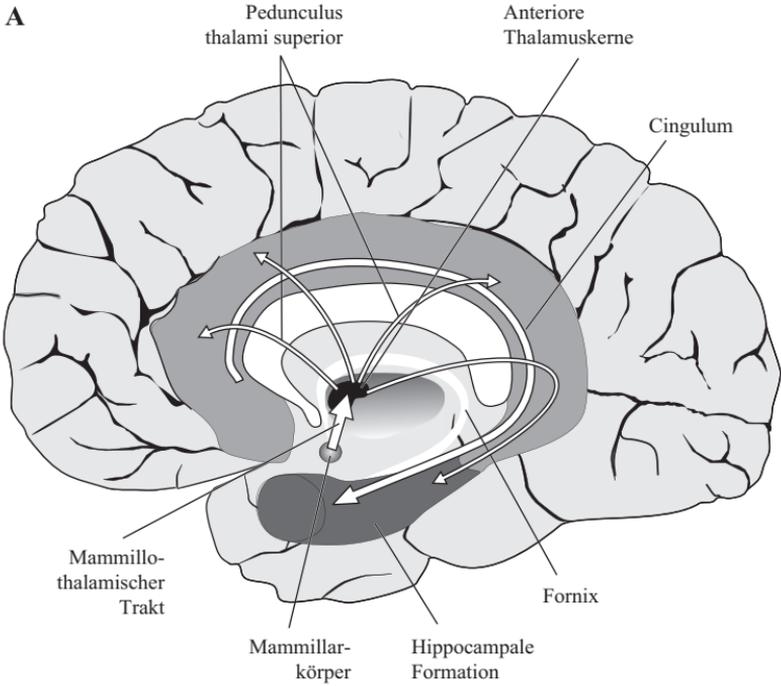


Abb. 2.8 Der Papez'sche Schaltkreis (A) verbindet hippocampale mit thalamischen Strukturen, während der basolateral limbische Schaltkreis (B) thalamische Strukturen mit der Amygdala verbindet.

ist, dass wenn nur eine dieser Schlüsselstrukturen geschädigt wird, die Bildung neuer Erinnerungen stark beeinträchtigt wird. So führt eine nicht funktionierende Amygdala dazu, dass die betroffene Person nicht mehr in der Lage ist, verschiedenen Informationen eine unterschiedliche Wertigkeit zu geben. Betrachtet diese Person einen Film, in dem eine Frau ermordet wird, erinnert sie sich später nicht nur an den Mord, sondern mit derselben Gewichtung auch daran, dass die Frau ein geblühtes Kleid getragen hat. Ohne eine emotionale Bewertung unserer Erfahrungen kommt es dazu, dass verschiedene Situationen verallgemeinert werden.

Zusammenfassend zeigt Abbildung 2.9 alle Strukturen des Gehirns, die für unser Gedächtnis von essentieller Bedeutung

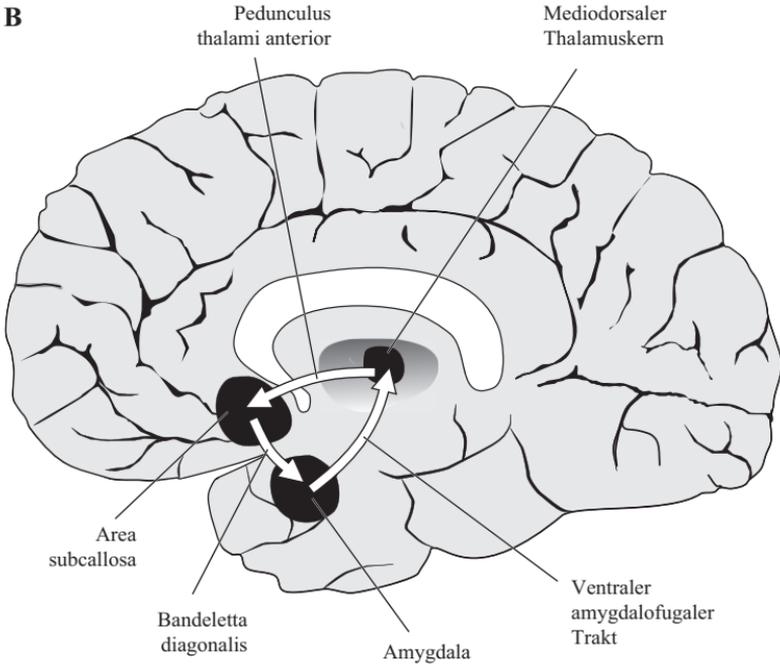


Abb. 2.8 Fortsetzung

sind. Aus diesem Grund werden sie auch als Flaschenhals-Strukturen bezeichnet, da eine Beschädigung zum Verlust der jeweiligen Funktion führt (Brand & Markowitsch, 2003).

Gedächtnis entlang der Zeitachse

Der Faktor Zeit ist wohl eine der komplexesten Komponenten unserer Umwelt. Die Welt, in der wir leben, ist in ständiger Bewegung. Im Hinblick auf die zeitlichen Prozesse, die der Bildung neuer Erinnerungen zugrunde liegen, kann grob zwischen drei aufeinanderfolgenden Informationsspeichern unterschieden werden: dem **Ultrakurzzeitgedächtnis**, dem **Kurzzeit-** und **Arbeitsgedächtnis** und dem **Langzeitgedächtnis**. Der erste

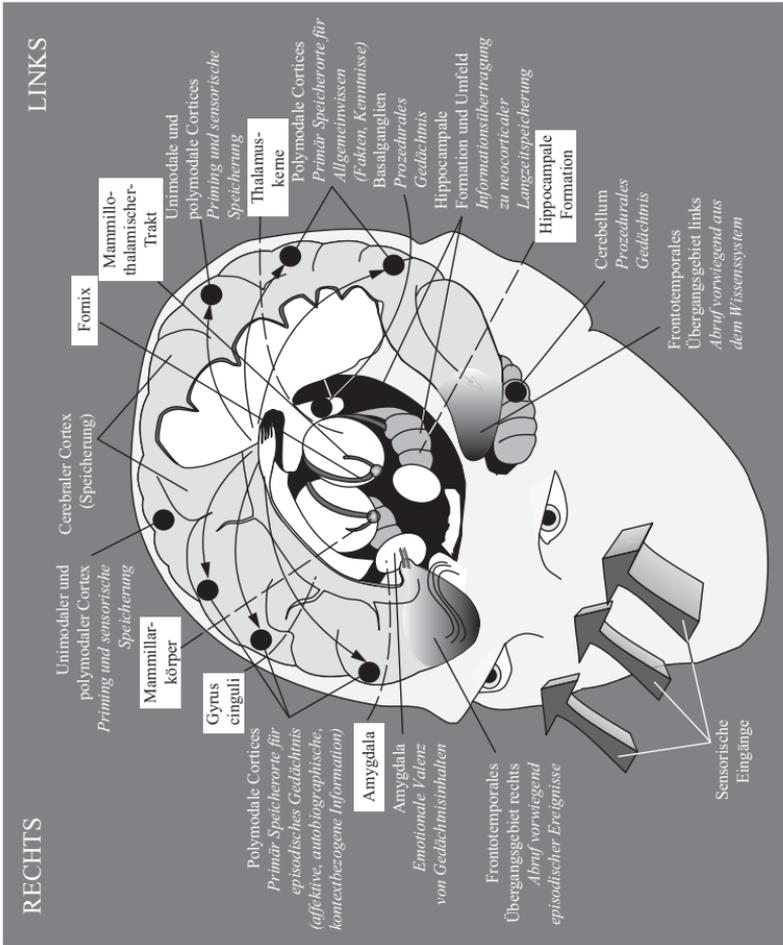


Abb. 2.9 Gezeigt werden die wichtigsten Gehirnstrukturen für unser Gedächtnis sowie ihre vorrangige Funktion.

Prozess, damit wir überhaupt eine neue Erinnerung bilden können, ist die Wahrnehmung von Reizen aus unserer Umwelt. Diese Informationen, die wir über unsere fünf Sinne – Sehen, Hören, Riechen, Fühlen, Schmecken – wahrnehmen, sind flüch-

tig. Schon nach einem Bruchteil von Sekunden verfallen sie und sind für uns unwiederbringlich verloren. Bei einem Waldspaziergang hören wir unterschiedliche Vögel singen und rufen, zeitgleich rascheln die Blätter unter unseren Füßen, der Wind rauscht durch die Bäume, und wir erzählen einer Freundin von unserem gestrigen Abend. Alle diese verschiedenen akustischen Signale nimmt unser Gehör wahr und leitet sie weiter zu unserem Gehirn.

Die verschiedenen Sinneswahrnehmungen gelangen zuerst in das **Ultrakurzzeitgedächtnis**. Dieser Gedächtnisspeicher ist immer noch der rätselhafteste von allen. Es ist heute bekannt, dass wahrgenommene Informationen in Abhängigkeit zu dem jeweiligen Sinn hier ganz kurzfristig gespeichert werden. Dieser Zwischenspeicher prägt sich, um beim Waldspaziergang zu bleiben, den Vogelgesang, die Amsel auf einem nahen Baum, den leicht modrigen Waldgeruch sowie viele weitere Wahrnehmungen für den Zeitraum von wenigen Millisekunden ein (G. R. Loftus, Duncan & Gehrig, 1992). Zur Verdeutlichung sei hier angemerkt, dass sich die Dauer des Ultrakurzzeitgedächtnisses mit der Zeitspanne vergleichen lässt, die die Zellen in der Netzhaut unserer Augen benötigen, um auf einfallende Lichtpartikel zu reagieren. Diese geringe Zeitspanne erklärt auch die Probleme, das Ultrakurzzeitgedächtnis eingehender wissenschaftlich zu untersuchen. Bedeutsam ist der Speicher deshalb, weil bereits hier für den aktuellen Zustand eine erste Auswahl der beachtenswerten Wahrnehmungen stattfindet. Bei unserem Spaziergang durch den Wald mag das raschelnde Laub unter unseren Füßen für den kurzen Augenblick wahrgenommen werden, aber es hat für den Spaziergang und die gesamte Situation keine weitere Bedeutung. Es wird bereits hier unbewusst Wichtiges von Unwichtigem getrennt. Informationen, die nicht weiterverarbeitet werden, zerfallen und sind damit unwiederbringlich verloren. Die uns umgebenden Umweltreize, und damit einhergehend unsere Wahrnehmungen derselben, sind demzufolge äußerst flüchtig.

Kurz und knapp

Die Informationen, die das Ultrakurzzeitgedächtnis herausfiltert, gelangen in den darauf folgenden Speicher: das Kurzzeitgedächtnis. An dieser Stelle ist es wichtig, dass auf die Verwendung des Begriffs Kurzzeitgedächtnis innerhalb der Wissenschaft und unseres Alltags eingegangen wird. Im alltäglichen Sprachgebrauch wird mit dem Kurzzeitgedächtnis eine Zeitspanne von einigen Stunden oder sogar ein bis zwei Tagen umschrieben. Hingegen wird der Begriff des Kurzzeitgedächtnisses in der Wissenschaft mit einer deutlich kürzeren Zeitspanne der Informationsspeicherung verbunden. Demnach wird dort Wissen über den Zeitraum von einigen Sekunden bis maximal ein paar Minuten für uns bereitgehalten. Nicht nur die Zeit ist hier ein einschränkender Faktor, sondern auch die Menge an Informationen, die zeitgleich im Kurzzeitgedächtnis gehalten werden kann, ist beschränkt. Zur genaueren Untersuchung wurden Wissenseinheiten, auch Chunks genannt, in verschiedenen großen Blöcken zusammengestellt. Ein Chunk beinhaltet beispielsweise ein Wort oder eine Zahl oder auch eine kleine Folge von Buchstaben oder Zahlen. George A. Miller veröffentlichte 1956 eine Zusammenschrift der bisherigen Ergebnisse auf dem Gebiet des kurzzeitigen Lernens. Er kam zu dem Schluss, dass wir insgesamt sechs Chunks im Kurzzeitgedächtnis halten können. Allerdings musste diese Mengenangabe aufgrund neuerer Untersuchungen weiter verkleinert werden (Cowan, 2001). Heute wird davon ausgegangen, dass nur vier Chunks zeitgleich im Kurzzeitgedächtnis bereitgehalten werden können.

Wenn das Kurzzeitgedächtnis doch arbeitet

Mitte der 1970er Jahre wurde von Alan Baddeley und Graham Hitch der Begriff des **Arbeitsgedächtnisses** (1974) eingeführt, auch Primärgedächtnis genannt (Tulving, 1995). Das Besondere

des Arbeitsgedächtnisses ist, dass es nicht nur die Verarbeitung neuer Informationen berücksichtigt, sondern diese in einen Zusammenhang mit aufgerufenen älteren Wissensseinheiten stellt. Im Unterschied zum Kurzzeitgedächtnis, welches die jeweiligen Informationen eher passiv bereitstellt, werden im Arbeitsgedächtnis Informationen aktiv gehalten und verarbeitet. Damit stellt das Arbeitsgedächtnis eine Verbindung zwischen dem Kurzzeitgedächtnis und dem Langzeitgedächtnis dar.

Ursprünglich wurden drei Elemente für das Arbeitsgedächtnis beschrieben: die **phonologische Schleife**, der **visuell-räumliche Notizblock** und die **zentrale Exekutive** (siehe auch Abb. 2.10 A).

In der phonologischen Schleife (*phonological loop*) werden die sprachlichen und auditiven Informationen verarbeitet, während im visuell-räumlichen Notizblock (*visual-spatial sketchpad*) die über den Sehsinn wahrgenommenen, auch räumlichen Informationen manipuliert werden. Das verbindende Glied zwischen diesen beiden untergeordneten Systemen ist die zentrale

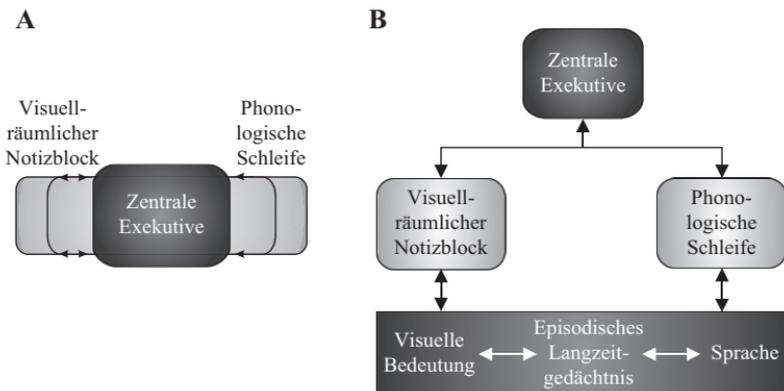


Abb. 2.10 Das Arbeitsgedächtnis nach Baddeley (2000). A) stellt die ursprünglichen Komponenten dar, in B) werden diese durch die vierte Komponente, den episodischen Zwischenspeicher, ergänzt. Der episodische Zwischenspeicher verwebt Informationen aus dem episodischen Langzeitgedächtnis mit der bildlichen Bedeutung und der sprachlichen Eigenschaft neuer Informationen.

Exekutive, welche übergeordnet ist und aufmerksamkeitsgesteuert die beiden Systeme überwacht. Betrachten wir mit diesem Wissen noch einmal die Situation des Waldspaziergangs und was zu diesem Zeitpunkt in unserem Gehirn passieren könnte.

Das uns umgebende Szenario ist voller verschiedener Geräusche, abwechslungsreich und fordert alle unsere Sinne. Um Ordnung in dieses Durcheinander an Informationen zu bringen, könnte die zentrale Exekutive unsere Aufmerksamkeit auf einen in der Nähe zwitschernden Vogel lenken. Der Gesang wird vorübergehend in der phonologischen Schleife aufbewahrt. Zeitgleich wird im visuell-räumlichen Notizblock verarbeitet, wo der Vogel sitzt und wie er aussieht.

Erst vor einigen Jahren wurde noch ein weiteres System für das Arbeitsgedächtnis formuliert (Baddeley, 2000). Der **episodische Zwischenpuffer** verknüpft die Informationen der phonologischen Schleife und des visuell-räumlichen Notizblocks mit den episodischen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis (siehe auch Abb. 2.10 B). Dadurch wird eine in sich nachvollziehbare Episode im Arbeitsgedächtnis verarbeitet und manipuliert.

Aus dem vorangegangenen Abschnitt ist bereits bekannt, dass im Kurzzeitgedächtnis vier Wissensseinheiten (Chunks) zeitgleich bereitgehalten werden können.

Versuchen wir doch einmal, uns die folgende Buchstabenfolge zu merken: bkaddrtüvfaz.

Das ist gar nicht so einfach. Das Wort ergibt für uns keinen Sinn und liest sich nicht wirklich gut. Versuchen wir jetzt innerhalb der Buchstabenfolge uns bekannte Abkürzungen zu finden. Es ergeben sich hierbei BKA, DDR, TÜV und FAZ. Aus dem unleserlichen Buchstabensalat fallen mit einem Mal einfach zu merkende Chunks heraus. Schauen wir jetzt noch einmal auf die Buchstabenfolge – bkaddrtüvfaz –, sehen wir automatisch die aneinandergereihten Abkürzungen. Die hier zugrunde liegenden Prozesse kann jeder nachprüfen. Überlegen wir doch einmal, wie wir uns Telefonnummern merken. Nehmen wir als Beispiel eine achtstellige Nummer: 31952910. Die

meisten Personen speichern eine solche Nummer in Dreier- und Zweier-Blöcken ab. Wir teilen eine für uns schwer zu greifende Zahlenreihe in einfache kleinere Untergruppen auf – und, voilà, wurde die Telefonnummer gelernt. Die Information ist im Arbeitsgedächtnis in seinen einzelnen Bestandteilen verarbeitet, zusammen mit früher gelernten Strategien abgeglichen worden und kann jetzt als Einheit im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Diese Verknüpfung von Kurzzeitgedächtnis mit dem Langzeitgedächtnis über die Weiche Arbeitsgedächtnis funktioniert so gut, dass wir häufig sogar noch Rufnummern abrufen können, die wir in unserer Kindheit gelernt haben und die seit vielen Jahren aufgrund von Umzügen nicht mehr existieren.

Was lange währt, wird endlich gut

Das bedeutendste System unseres Gedächtnisses ist ohne Frage das Langzeitgedächtnis. Was an Informationen wahrgenommen, durch das Kurzzeit- und das Arbeitsgedächtnis hindurchgelangt ist, wird am Ende hier langfristig gespeichert. Das Langzeitgedächtnis ermöglicht es uns, früher gelernte Informationen und Erfahrungen abzurufen. Dies beinhaltet das Wissen, wie man Fahrrad fährt, einen Apfel erkennt, wie die Hauptstadt von Spanien heißt und was wir letzten Sommer gemacht haben. Das Besondere an diesem System ist, dass es – sowohl was die zeitliche Kapazität als auch die Menge der Informationen betrifft – keine Grenzen zu haben scheint. Das bedeutet, dass wir falsch liegen, wenn wir behaupten, unser Gedächtnis könne einfach keine weiteren Informationen aufnehmen. Es liegt nicht an unserer Fähigkeit, Wissen abzuspeichern, wenn wir den letzten Zahnarzttermin wieder einmal vergessen haben.

Wissenschaftlich betrachtet, wird das Langzeitgedächtnis in zwei Teile eingeteilt: das Altgedächtnis, das auch retrogrades (lateinisch *retro* = zurück, rückwärts) Gedächtnis genannt

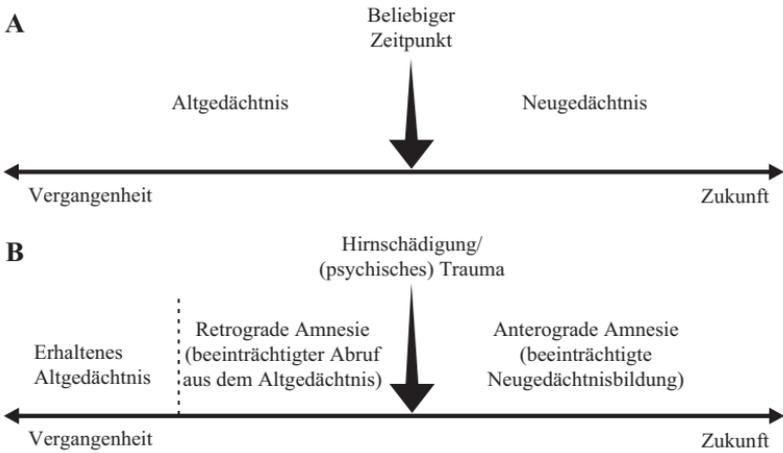


Abb. 2.11 Dargestellt werden zwei Zeitgraphen. In A) wird bei einem gesunden Menschen zu einem beliebigen Zeitpunkt die Erinnerung in Alt- und Neugedächtnis geteilt. Bei Patienten wird dieser Zeitpunkt meist durch einen Unfall o. Ä. gekennzeichnet, der eine Schädigung des Gehirns nach sich zog. B) stellt diesen Fall dar und verdeutlicht retrograde und anterograde Amnesie.

wird, und das Neugedächtnis, das auch als anterogrades (lateinisch *ante* = vor, vorwärts) Gedächtnis bezeichnet wird (Abb. 2.11 A).

Nehmen wir als beliebigen Zeitpunkt den Tag, an dem wir unseren Führerschein gemacht haben. Alle „autolosen“ Erfahrungen, die wir davor gemacht haben, zählen zu unserem Altgedächtnis. Die vielen Augenblicke, die wir im Stau stehen durften, uns über andere Autofahrer beschwerten und mit dem Auto in den Urlaub gefahren sind, werden unserem Neugedächtnis zugeordnet. Fairerweise sollte an dieser Stelle bemerkt werden, dass diese Einteilung bei gesunden Menschen nur selten vollzogen wird. Es gibt einfach keine Veranlassung, eine konkrete Unterscheidung zwischen Alt- und Neugedächtnis hinsichtlich eines bestimmten Zeitpunktes zu treffen. Anders sieht dies allerdings bei Patienten aus, die Probleme haben, Informationen aus ihrem Langzeitgedächtnis abzurufen (siehe

Abb. 2.11 B). Oft ist es möglich, einen Zeitpunkt festzulegen, seit dem der Abruf gestört ist. So könnte ein Autounfall dazu führen, dass die betroffene Person nicht mehr in der Lage ist, sich an die Ereignisse, die vor dem Unfall passiert sind, zu erinnern. Es wird dann von einer **rückwirkenden (retrograden) Amnesie**, also einer Beeinträchtigung des Altgedächtnisses, gesprochen. Hierbei muss nicht das gesamte Altgedächtnis betroffen sein. Es besteht die Möglichkeit, dass die Zeit, aus der Informationen nicht mehr verfügbar sind, begrenzt ist und beispielsweise nur einige Stunden, wenige Tage oder Wochen vor dem Unfall betroffen sind. Dies ist oft abhängig von der Schwere der Gehirnverletzung. Eine in der Öffentlichkeit noch relativ unbekannt Form des Gedächtnisverlustes stellt die **vorwärtswirkende (anterograde) Amnesie** dar. Patienten, die hiervon betroffen sind, sind nicht mehr in der Lage, neue Informationen zu lernen. Sie stecken sozusagen in der Zeit fest. Das Paradebeispiel aus der Literatur ist der Patient HM. Nach einer Operation, bei der ein Teil seines Gehirns (in beiden Hirnhälften Teile des Schläfenlappens einschließlich beider Amygdalae sowie großer Bereiche der Hippocampi) entfernt wurde, zeigte er eine schwere Form der vorwärtswirkenden Amnesie. Er war nicht mehr in der Lage, neue Erinnerungen ab dem Zeitpunkt der Operation am 1. September 1953 zu bilden. Dies bedeutet unter anderem, dass HM Menschen, die nach der Operation in sein Leben kamen, jedes Mal aufs Neue kennenlernt.

Zum Schluss dieses Abschnitts werden noch einmal die einzelnen betrachteten Gedächtnisspeicher zusammengefasst (siehe Abb. 2.12). Nachdem die aus der Umwelt wahrgenommene Information durch das Ultrakurzzeitgedächtnis hindurchgelangt ist, wird sie im Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis vorverarbeitet und im Langzeitgedächtnis auf unbefristete Zeit abgespeichert.

Wichtig ist, dass während dieser Prozesse immer wieder Informationen verändert werden und verloren gehen. Informationen werden zwar von unseren Sinnen wahrgenom-

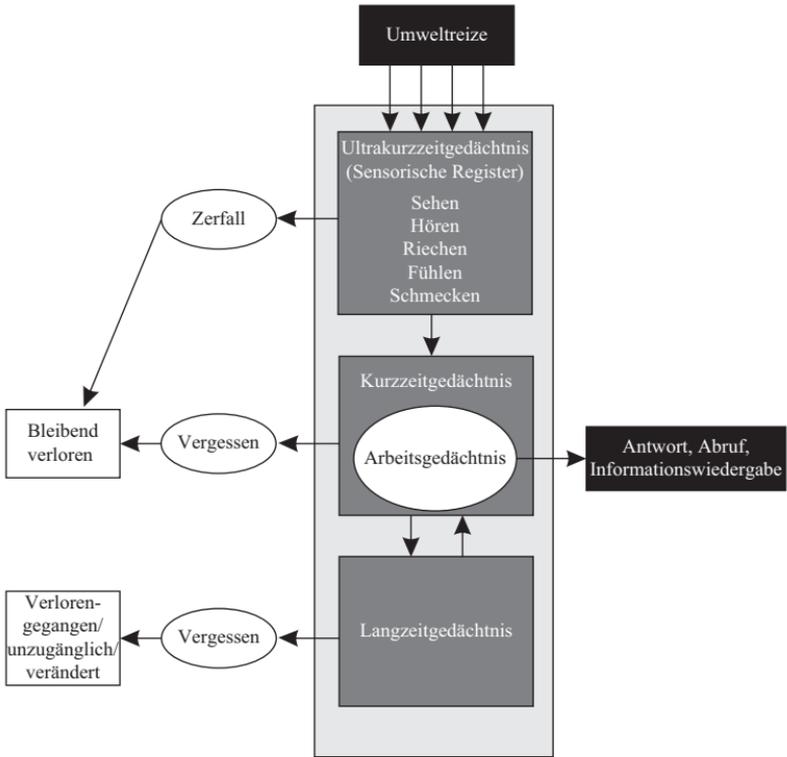


Abb. 2.12 Schematische Einteilung des Gedächtnisses nach den einzelnen zeitlichen Komponenten.

men, gelangen aber nicht über das Ultrakurzzeitgedächtnis hinaus, werden nicht weiter verarbeitet und zerfallen dadurch unwiederbringlich. Doch wie jeder aus eigener Erfahrung weiß, können wir uns auch an Dinge nicht erinnern, die wir einmal gelernt haben. Informationen können sich mit der Zeit verändern, der inhaltliche Zusammenhang verändert sich durch neu Gelerntes, und wir können sie dadurch nicht mehr abrufen. Dies geschieht vor allem, während Informationen im Kurzzeitgedächtnis gehalten und im Arbeitsgedächtnis zusammen mit schon vorhandenem Wissen abgeglichen werden. Aber auch Informationen, die bereits im Langzeitgedächtnis

gespeichert wurden, können durchaus einer gewissen Veränderung unterworfen sein. Obwohl unser Langzeitgedächtnis im Grunde unbegrenzt Wissen speichern kann, passiert es leider immer wieder, dass wir uns an bestimmte Dinge nicht mehr erinnern, sie für uns nicht abrufbar sind.

Gedächtnisprozesse: die Bildung unseres Gedächtnisses

Eng verknüpft mit dem vorangegangenen Thema der zeitlichen Abhängigkeit unserer Erinnerungen sind die Prozesse, die unserer Gedächtnisbildung zugrunde liegen. Es werden hier vier Prozesse unterschieden, die prinzipiell sehr einfacher Natur sind. Wir nehmen über unsere Sinne Informationen auf, diese werden gespeichert, im Laufe der Zeit festigen sie sich und können dann – zumindest in der Theorie – jederzeit wieder abgerufen werden (siehe Abb. 2.13).

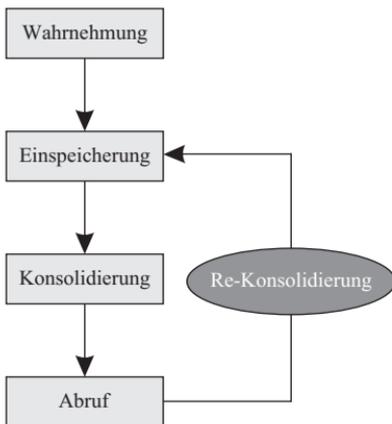


Abb. 2.13 Vereinfachte Darstellung der Prozesse zur Gedächtnisbildung.

Wären diese Vorgänge so einfach, wie es hier dargestellt wird, dann wäre dieser Abschnitt an dieser Stelle auch schon beendet. Die einzelnen Prozesse enthalten jedoch viele Feinheiten, und es gibt bei jedem einzelnen Prozess verschiedene Faktoren zu

betrachten. Bei jedem dieser Schritte kann es zu Schwierigkeiten kommen, die für die Gesamthematik dieses Buches – die falschen Erinnerungen – von besonderer Bedeutung sind. Bis zum heutigen Tag werden weiterführende Studien durchgeführt, um die jeweiligen einzelnen Prozesse genauer zu erforschen.

Die Wahrnehmung

Schon bei der Sinneswahrnehmung kommt es, wie bereits im Hinblick auf die zeitliche Abfolge der Erinnerungsbildung erläutert wurde, aufgrund der zeitlichen Flüchtigkeit zu einer Verkleinerung der tatsächlich verarbeiteten Informationen. Abgesehen von der Flüchtigkeit nehmen wir aber auch nicht immer alle verfügbaren Informationen auf, oder wir interpretieren sie falsch. Unsere Sinne liefern uns keine direkte Kopie unserer Umwelt. Die Schwierigkeiten beginnen bereits damit, dass wir nur einen Teil der vorhandenen Informationen wahrnehmen können. Ein Adler erkennt zum Beispiel auch noch aus einer Flughöhe von mehreren Kilometern, dass unter ihm ein Kaninchen läuft. Hunde haben einen besser ausgeprägten Geruchssinn als wir, und auch unser Gehör ist vielen anderen Tieren unterlegen. Und doch reichen die Dinge, die wir über unsere Sinne wahrnehmen können, für unseren Alltag völlig aus. Versetzen wir uns noch einmal in die vorab beschriebene Situation eines Waldspaziergangs. Wir hören die Vögel singen, das Rascheln des Laubs im Wind, unsere eigenen Schritte auf dem Boden, ein Flugzeug in der Ferne. Wir riechen die frische Waldluft, ein leicht modriger, dunkler Geruch. In unserem Mund befindet sich ein leckeres Karamell-Bonbon. Die Sonne wärmt unsere Haut, und wir ertasten die Struktur einer aufgehobenen Kastanie. Wir sehen die verschiedenen Bäume, Büsche und unzählige kleinere Pflanzen, Insekten schwirren durch die Luft, verschiedene Pflanzensamen schweben an uns vorbei, und ein Stück den Weg entlang sehen wir weitere Spaziergänger mit einem Hund.

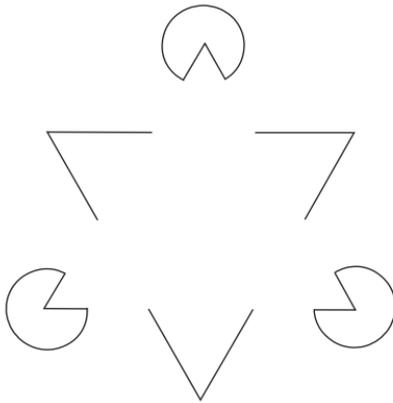


Abb. 2.14 Das Kanizsa-Dreieck zeigt, dass unsere Wahrnehmung nicht fehlerfrei abläuft und kein 1:1-Bild unserer Umwelt dargestellt wird.

Dass wir nicht alle diese verfügbaren Informationen verarbeiten, liegt auf der Hand. Gefiltert werden die wahrnehmbaren Informationen durch unsere Aufmerksamkeit, die wiederum größtenteils auf bereits gemachten Erfahrungen basiert. Das, worauf wir achten, was wir also aktiv wahrnehmen, wird mit großer Wahrscheinlichkeit auch weiter verarbeitet werden. Hier spielen sowohl bewusste als auch unbewusste Vorgänge eine Rolle. Ein Beispiel wird in Abbildung 2.14 gezeigt.

Wir sehen in dem Bild zwei große Dreiecke, obwohl bei genauerer Betrachtung erkennbar wird, dass drei offene Dreiecke und drei Kreise mit einem fehlenden Kuchenstück dargestellt sind. Die Vorgänge, die zu den zwei Dreiecken führen, laufen natürlich nicht auf der reinen Wahrnehmungsebene ab. Unsere Vorerfahrung und die daraus gewachsene Erwartung an unsere Umwelt und das, was wir in ihr sehen, beeinflusst unsere Wahrnehmung und deren Interpretation erheblich.

Wissen wird gespeichert

Bereits einige Male wurde davon gesprochen, dass Informationen verarbeitet und eingespeichert werden. Jetzt wird noch etwas genauer auf den Begriff der Einspeicherung (**Enkodierung**) eingegangen. Jedes Mal, wenn wir etwas Neues lernen – bewusst

oder auch unbewusst –, wird diese neue Information eingespeichert (siehe Box 2.2 für die unterschiedlichen Lernformen).

Box 2.2: Wie lernen wir?

Behaupten wir doch einfach einmal, dass es für uns praktisch unmöglich ist, nicht zu lernen. Wir lernen jeden Tag etwas Neues, nur ist es uns die meiste Zeit gar nicht bewusst, dass wir das tun. Die meisten Erkenntnisse zum Lernen stammen aus der Tierforschung und lassen sich nur bedingt auf uns Menschen übertragen. Der Vollständigkeit halber werden sie hier aber mit aufgeführt.

1. Gewöhnung (Habituation), Sensitivierung – Lernform, die auch schon bei einfachen Tieren wie Schnecken zu finden ist. Wird ein Reiz wiederholt ausgeführt, reagieren wir mit der Zeit immer weniger darauf, bis wir ihn ignorieren (Ticken einer Uhr). Durch eine Änderung der Reizdarbietung können wir wieder sensibilisiert werden und nehmen den Reiz wieder wahr.
2. Signallernen (klassische Konditionierung) – Auch Pawlow'sche Konditionierung, bei der ein unbedingter Reiz (Essensgeruch) eine bedingte Reaktion/Reflex (Speichelproduktion) auslöst. Der unbedingte Reiz wird mit einem bedingten (Gongschlag) gepaart, der bei Wiederholungen ausreicht, um den Reflex auszulösen.
3. Reiz-Reaktions-/Antwort-Lernen (instrumentelle Konditionierung) – Ein bestimmtes Verhalten wird mit einem bestimmten Reiz verknüpft. Beispiel: In einer Box sind zwei Hebel installiert, eine hineingesetzte Ratte erhält beim Herunterdrücken des einen Hebels Futter, beim Herunterdrücken des anderen nichts. Sie lernt schnell, denjenigen Hebel zu betätigen, der ihr Futter bringt.
4. „Chaining“ (verknüpfendes Lernen) – Eine Folge von Reaktionen/Antworten auf einen Reiz, die sich nacheinander bedingen. Dies gilt auch für verbale Assoziationen beziehungsweise logisches Denken.
5. Multiple Diskrimination – Wir lernen ähnliche Reize anhand ihrer spezifischen Attribute zu unterscheiden (beispielsweise die Fähigkeit, verschiedene Autotypen auseinanderzuhalten).
6. Konzeptlernen – Die Gemeinsamkeit zwischen verschiedenen Objekten oder Attributen wird gelernt (Beispiel: Alle Autos

haben vier Räder, sind aus Metall, haben ein Lenkrad.). Es wird ein Konzept gebildet.

7. Lernen von Prinzipien – Wissen erwerben, das beim Lösen von Problemen mit ähnlichen Attributen hilft (Beispiel: Ist etwas rund, wird es rollen.).
8. Problemlösen – Verknüpfung der vorangegangenen Lernformen. Dies ermöglicht logische Schlussfolgerungen aufgrund des erworbenen Wissens.

Die hier aufgeführten Lernformen (nach Gagné, 1965) lassen eine wichtige Form außer Acht: das Imitationslernen. Gerade Menschen in jungen Jahren lernen die meisten unserer Verhaltens- und Sprechweisen durch Imitation.

Es wurde bereits darauf eingegangen, dass die Informationen des fiktiven Waldspaziergangs nicht alle auf die gleiche Weise verarbeitet werden. Abhängig von unserer Aufmerksamkeit werden einige Informationen eher wahrgenommen und eingespeichert als andere. Eine Unterscheidung kann zwischen selektiver/fokussierter und geteilter Aufmerksamkeit getroffen werden. Im ersten Fall konzentrieren wir uns auf etwas Bestimmtes, wir schenken dieser einen Sache unsere ganze Aufmerksamkeit. Im Idealfall passiert das, wenn wir uns hinsetzen und lernen. Unser Fokus liegt auf dem Lernstoff. Solch konzentriertes Lernen ist sehr effektiv und führt dazu, dass wir die meisten Informationen einspeichern. Im Alltag ist unsere Aufmerksamkeit meist geteilt. Wenn wir durch den Wald gehen, können wir gleichzeitig die Vögel singen hören und den Anblick der Natur um uns herum genießen. Schwieriger wird es, wenn wir versuchen, gleichzeitig dem Vogelgesang und der Erzählung unserer Freundin zu lauschen, die gerade von ihrem gestrigen Tag berichtet. Es ist sehr schwierig, verschiedene Informationen über ein und denselben Sinn richtig wahrzunehmen und einzuspeichern. Eine zieht dabei meist den Kürzeren, entweder hören wir den Vögeln zu oder unserer Freundin. Versuchen wir beides mitzubekommen, schalten wir praktisch immer hin und her, so

ähnlich wie wenn wir beim Fernsehen immer wieder zwischen zwei Programmen hin- und herschalten. Wir bekommen von beidem etwas mit, aber ohne wirkliche Tiefe.

Im Alltag ist unsere Aufmerksamkeit meist geteilt, wobei hier drei Untersysteme genannt werden sollten: die **Daueraufmerksamkeit**, die alles aus unserer Umwelt umschließt, die **selektive Aufmerksamkeit**, die aus dieser Informationsmasse die für uns wichtige Information herausfiltert und unwichtige Dinge unterdrückt, und die **Orientierungsreaktion**, die unsere Aufmerksamkeit immer wieder auf unsere direkte Umgebung lenkt. Ein besonders anschauliches Beispiel hierfür ist das sogenannte Cocktail-Party-Phänomen (Cherry, 1953). Wir stellen uns vor, wir befinden uns in einem Raum voller Leute. Aufmerksam unterhalten wir uns mit einem Bekannten und blenden dabei die uns umgebenden Gespräche und die Musik einfach aus. Wir nehmen hierbei gleichzeitig wahr, was um uns herum passiert (damit wir im Notfall angemessen auf mögliche Gefahrensituationen reagieren können), und fokussieren unsere Aufmerksamkeit auf unseren Gesprächspartner und unser Gespräch. Plötzlich hören wir in der Nähe unseren Namen. Unsere Aufmerksamkeit wechselt zumindest kurzfristig in das Gespräch hinüber (um herauszufinden, warum über uns gesprochen wird). Der eigene Name ist einer der besten Auslöser (Trigger), um unsere Aufmerksamkeit von einer Sache auf eine andere zu lenken. Stellen wir nach ein paar Worten fest, dass das benachbarte Gespräch nicht weiter für uns wichtig ist, konzentrieren wir uns wieder auf unser eigenes Gespräch. Einspeichern werden wir in einer solchen Situation nur das, was wir intensiv verfolgt haben. Der kleine „Ausrutscher“ wird nicht weiter verarbeitet, da er in dieser Situation keine weitere Bedeutung für uns hat.

Dieser letzte Punkt behandelt die unterschiedliche Verarbeitungstiefe von Informationen. Wir können Dinge nur oberflächlich lernen, oder wir können uns intensiver mit ihnen auseinandersetzen und sie dadurch auch besser lernen. Die Ersten, die die Verarbeitungstiefe bei der Bildung von Erinnerungen detaillierter erforschten, waren Anfang der 1970er Jahre Fergus

Craik und Robert Lockhart (1972). Sie gingen davon aus, dass Wahrnehmungen unterschiedlich intensiv verarbeitet werden und dass dies auch erklärt, warum wir nicht alle Informationen aus unserer Umwelt gleich gut oder gleich schlecht lernen. Craik und Lockhart unterschieden zwischen einer seichten (*shallow processing*) und einer tiefen (*deep processing*) Verarbeitung. Bei der seichten Verarbeitungstiefe wird nur die Oberflächenstruktur einer Information gespeichert. So speichern wir zum Beispiel, dass ein Vogel irgendwo im Wald singt und dass unsere Freundin redet – mehr aber auch nicht. Wir nehmen auf dieser Stufe nur das Wesentliche der dargebotenen Information wahr. Eine tiefere Verarbeitung findet erst dann statt, wenn wir uns die entsprechende inhaltliche Bedeutung vergegenwärtigen, so zum Beispiel, wenn wir uns auf unsere Freundin konzentrieren und erfahren, dass sie gestern ihre Familie besucht und dabei die kleine Tochter ihres Bruders zum ersten Mal gesehen hat.

Es ist demnach sehr wichtig, ob uns die dargebotene Information interessiert oder wir uns bewusst dafür entscheiden, dass wir sie wissen wollen. Tun wir das, handelt es sich um bewusstes Lernen. Allerdings lässt sich hier einwenden, dass wir uns bei sehr vielem, an das wir uns später erinnern, nicht bewusst entschieden haben, es zu lernen. Es muss also noch einen zweiten Weg geben. Neben dem bewussten Lernen von Informationen nehmen wir vieles auch unbewusst auf und speichern es ein. Später können wir dieses unbewusst gelernte Wissen dann ebenfalls bewusst abrufen. Hierbei handelt es sich um unbewusstes, zufälliges Lernen. Um wieder zu unserem Beispiel des Spaziergangs zurückzugehen, hören wir unserer Freundin aufmerksam zu, und doch registrieren wir, dass in der Nähe ein Vogel singt. Warum? Vielleicht handelt es sich um eine Vogelart, die wir sehr mögen und deren Gesang wir daher leicht erkennen können.

Jede Information, die wir einspeichern, bildet eine Gedächtnisspur – ein **Engramm** – in unserem Gehirn. Der Begriff des Engramms wurde von Richard Semon geprägt (1904) und umschreibt eine eingespeicherte Wissenseinheit. Wie genau ein



Abb. 2.15 Schematische Darstellung der Hebb'schen Lernregel für eine kleine Gruppe von Nervenzellen (nach Hebb, 1949).

Engramm aussieht, ist bisher nicht geklärt. Der Psychologe Karl S. Lashley widmete den größten Teil seiner Forschung der Suche nach Engrammen in unserem Gehirn und kam am Ende zu dem Schluss, dass es keine eindeutige Lokalisierung von Informationen in Form von Engrammen gibt (Lashley, 1950). Ein Modell, das der Engrammtheorie am nächsten kommt, ist die Hebb'sche Vorstellung der Übertragung von Wissen vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis (vergleiche Abb. 2.15).

Durch die wiederholte Weiterleitung von Signalen zwischen zwei Nervenzellen wird die Verbindung zwischen ihnen langfristig verändert und stabilisiert. Dies geschieht dadurch, dass sich die Synapsen der Nervenzelle A an der Kontaktstelle zur Nervenzelle B verstärken. Die daraus resultierende Veränderung

stellt die neuronale Grundlage für Lernen dar und verdeutlicht die Anpassungsfähigkeit der Synapsen – die sogenannte synaptische Plastizität. Zu dieser zählt auch, dass der Kontakt zwischen zwei Nervenzellen langfristig geschwächt werden kann, wenn eine Information langfristig nicht abgerufen wird, also keine Signalweiterleitung stattfindet.

Aktives Schlafen

Viele sind immer noch der Meinung, dass in unserem Schlaf nicht viel passiert. Diese Zeit wird sogar oft als vergeudet empfunden, könnten wir doch im wachen Zustand so vieles noch erledigen. Dass Schlaf eine biologische Notwendigkeit ist, wissen wir. Jeder von uns weiß, dass schon eine einzige schlaflose Nacht zu Gereiztheit, Konzentrationsschwäche, Fahrigkeit und anderen unseren Alltag negativ beeinflussenden Problemen führen kann. Es ist allem Anschein nach vor allem unser Gehirn, das den Schlaf benötigt, um die Ereignisse des Tages zu ordnen.

Betrachten wir zuerst die einzelnen Phasen unseres Schlafs (siehe Abb. 2.16).

An Schlafphasen wird zunächst grob zwischen dem **REM** (*rapid-eye-movement* = schnelle Augenbewegung) und dem **Tiefschlaf** unterschieden. Im REM-Schlaf träumen wir intensiv, unsere Augen bewegen sich (woher auch die Bezeichnung

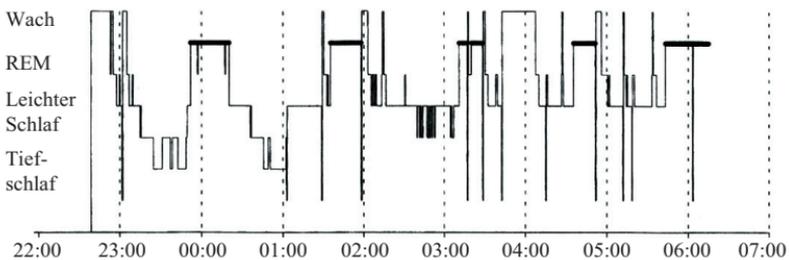


Abb. 2.16 Die Abfolge der einzelnen Schlafstadien im Laufe einer Nacht.

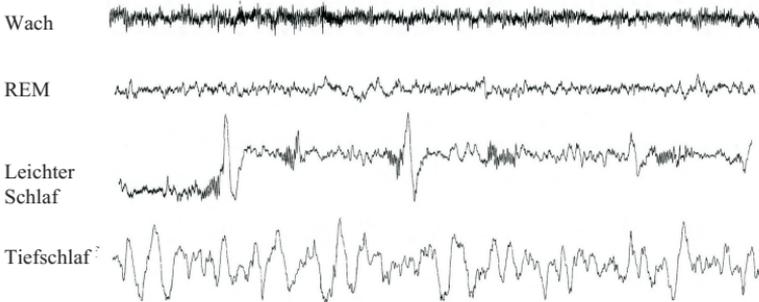


Abb. 2.17 Gezeigt werden die gemessenen elektroencephalographischen (EEG-) Wellen während des Wachzustands, des REM-Schlafs sowie dem leichten (Schlafstadien 1 und 2) und dem tiefen Schlaf (Schlafstadien 3 und 4).

dieses Stadiums herrührt), wir bewegen uns, und wenn wir geweckt werden, sind wir schnell aufnahmefähig und reagieren zügig auf Fragen. Der Tiefschlaf wiederum wird in weitere vier Stadien unterteilt. Die ersten beiden Schlafstadien scheinen hierbei mehr als Übergang vom REM- zu einem tieferen Schlaf zu dienen, und es gibt bisher keine Erkenntnisse, die diesen Stadien eine besondere Bedeutung zuordnen. Deswegen werden diese beiden Stadien auch schlicht als leichter Schlaf bezeichnet. Die Schlafstadien 3 und 4 beschreiben die Phase, die wir im Alltag als Tiefschlaf bezeichnen. Aus dem Tiefschlaf wachen wir nur schlecht auf und sind anfangs desorientiert. Der Tiefschlaf zeichnet sich durch charakteristische Hirnströme aus, die sogenannten Delta-Wellen (siehe Abb. 2.17). Daher werden diese Stadien auch als *Slow-Wave-Sleep* (= langsamer Wellenschlaf) bezeichnet.

Schlaf scheint besonders wichtig für die Festigung (**Konsolidierung**) von Wissen zu sein. Natürlich vertiefen wir erworbene Fakten und neue Erfahrungen auch wenn wir wach sind, indem wir neue Bewegungen wiederholt tätigen oder mit anderen über etwas neu Gelerntes sprechen. Doch gerade im Schlaf wird unser Wissen sortiert, vertieft und mit früher Erworbenem verknüpft. Mit dem Ausspruch „eine Nacht darüber schlafen“

ist dieser Prozess sogar bis in unseren Alltag eingedrungen. Wissenschaftliche Studien konnten zeigen, dass vor allem motorische Fähigkeiten durch einen regelmäßigen Schlaf verbessert werden (siehe auch Stickgold, 2005). Die Überprüfung, inwiefern auch theoretisches Wissen im Schlaf gefestigt wird, ist schwieriger, und bisher gibt es nur wenige Untersuchungen, die eine positive Übereinstimmung zeigen konnten (unter anderem Rasch et al., 2007). Fest steht, dass wir ohne Schlaf unkonzentrierter sind und uns vieles nicht mehr so einfach einfällt. Wir sind körperlich deutlich weniger belastbar, und es kann zu nachlässigen Bewegungen kommen. Fakt ist, dass wir schlafen müssen, da Schlafmangel gravierende Folgen für uns haben kann. Studien mit Ratten zeigten sogar, dass ein vollständiger Schlafentzug nach 11–32 Tagen zum Tod der Tiere führte (Everson, Bergmann & Rechtschaffen, 1989; Rechtschaffen & Bergmann, 2002).

Abruf

Zum erfolgreichen Lernen gehört natürlich auch, dass wir die Informationen zu einem späteren Zeitpunkt wieder abrufen können. Unser Gehirn ist in der Lage, Unmengen an Daten zu speichern, aber was bringt uns all dieses Wissen, wenn wir es nicht oder in einer bestimmten Situation nicht gewollt abrufen können? Wir alle kennen das Phänomen, dass uns ein Name oder ein Wort förmlich auf der Zunge liegt, wir die gesuchte Information aber nicht greifen können. Manchmal hilft es, wenn wir den Abruf durch bestimmte Strategien ankurbeln, beispielsweise im Geiste durch das Alphabet wandern und anhand des Anfangsbuchstabens versuchen, das gesuchte Wort zu finden. Informationen lassen sich leichter abrufen, wenn wir eine gewisse Hilfestellung, einen Trigger, erhalten. Dementsprechend unterscheiden wir zwischen drei verschiedenen Formen des Abrufs von Erinnerungen:

- **Freier Abruf:** Ohne Hilfe sollen wir eine Antwort auf die Frage „Wie heißt die Hauptstadt von Frankreich?“ geben.
- **Abruf mit Hinweisreiz:** Wir erhalten als Hilfe, um die Frage zu beantworten, den Hinweis, dass die Hauptstadt von Frankreich mit einem P anfängt.
- **Wiedererkennen:** Wie bei einem Multiple-Choice-Fragebogen wählen wir die Antwort aus einer Vorlage/Liste aus – Rom, Paris, Helsinki oder Amsterdam.

Ein wichtiger Unterschied wird getroffen hinsichtlich der Genauigkeit, mit der wir uns an Vergangenes erinnern können. Wir können uns beispielsweise daran erinnern, dass wir mit unserer Klasse auf Skifahrt waren, aber wir können weder den Namen des Ortes noch das genaue Jahr nennen. Wir wissen zwar ganz sicher, dass die Reise tatsächlich stattfand, und können einzelne Episoden wiedergeben, aber viele Details fehlen. Eine solche Erinnerung basiert auf einem Gefühl der Familiarität. Zum Glück ist es aber auch häufig der Fall, dass wir uns detailliert an ein Erlebnis erinnern können. Wir haben dann eine komplexe, oft mit Emotionen behaftete Erinnerung an die Situation ausgebildet und rufen diese dann auch so wieder ab. Endel Tulving, der wohl einflussreichste Psychologe unserer Zeit, formulierte für diese Unterscheidung das *Remember-Know-Paradigma* (2005). *Remember* steht für den bewussten Abruf der gesamten erlebten Episode, die wir detailliert und ausführlich wiedergeben können, sie beruht auf tatsächlichem Wissen. Dagegen beschreibt der Begriff *Know* das alleinige Wissen, dass ein Ereignis stattgefunden hat, ohne dass wir in der Lage sind, Genaueres dazu sagen zu können. Dies ist gleichgestellt mit dem Familiaritätsgefühl. Beide Erinnerungsformen lassen sich mit der weiter oben beschriebenen Verarbeitungstiefe in Verbindung setzen. Wird eine Information tief verarbeitet, werden wir diese später auch bewusst und detailliert wiedergeben können. Eine seichte Verarbeitung wiederum führt dazu, dass uns etwas zwar bekannt vorkommt und wir uns irgendwie daran erinnern können, aber die inhaltliche Tiefe fehlt.

Auf einen weiteren Punkt muss noch eingegangen werden, und zwar was neben dem eigentlichen Abruf von Informationen noch passiert, wenn wir uns an etwas erinnern. Bei jedem Abruf wird die jeweilige Information in einem neuen Zusammenhang erinnert. Wir können uns an den Waldspaziergang erinnern, wenn wir gerade mit derselben Freundin beim Kaffeetrinken in einem Café sitzen. Oder wir erinnern uns daran, wenn wir mit jemand anderem spazieren gehen. In beiden Fällen werden die alten Informationen mit neuen, aktuellen Informationen verknüpft und anschließend wieder neu eingespeichert. Es findet eine sogenannte **Re-Konsolidierung** oder wiederholte Einspeicherung statt. Sie führt einerseits zu einer weiteren Festigung der alten Information, andererseits wird die alte Information durch die aktuelle Situation aber auch verändert. Es ist sinnvoll, dass unser Wissen sich immer wieder erneuert, da wir nur so in der Lage sind, auch auf Neues und Ungewohntes zu reagieren. Doch ist gerade dieser Prozess wichtig für die Bildung von falschen Erinnerungen, da hierbei Informationen bis zur Unkenntlichkeit geändert werden können, ohne dass es uns bewusst ist.

Gedächtniseinteilung im Bezug auf Inhalt

Bisher wurde die Einteilung unseres Gedächtnisses im Hinblick auf die ihm zugrunde liegenden Prozesse und der zeitlichen Komponente vorgestellt. Jetzt wird eingehender der Inhalt dessen, das gelernt und abgespeichert wird, betrachtet. Das Langzeitgedächtnis des Menschen lässt sich in fünf verschiedene Systeme einteilen, von denen zwei eher unbewusst (**anoetisch**) ablaufen und drei weitere uns bewusste (**noetische**) Inhalte umfassen (Tulving, 1995; Markowitsch & Welzer, 2005). Wie im vorangegangenen Abschnitt bereits erläutert wurde, entstehen unbewusste Wissenseinheiten oft durch eine flachere Verarbeitung von Informationen. Häufig wiederholtes Wissen

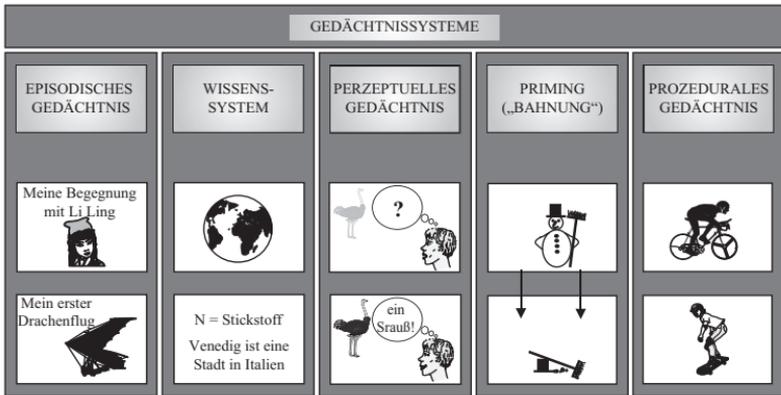


Abb. 2.18 Die fünf Langzeitgedächtnissysteme (nach Pritzel, Brand & Markowitsch, 2003).

führt hingegen ebenfalls zu einem unbewusst ablaufenden Abruf. Denken wir darüber nach, wenn wir einen Fuß vor den anderen setzen? Eher nicht, die Bewegung ist für uns grundlegend, und wir müssen über sie nicht nachdenken, um sie korrekt auszuführen. Andere Informationen können wir aber fast nur bewusst abrufen, beispielsweise Allgemeinwissen wie solches, dass Berlin die Hauptstadt Deutschlands ist. In Abbildung 2.18 sind die fünf Langzeitgedächtnissysteme anhand kleiner Beispiele aufgeführt.

Bewegung und geistige Fertigkeiten

Für gesunde Menschen ist Bewegung so normal wie das Atmen, wir denken nicht wirklich darüber nach, welche Muskeln wir bewegen müssen, um zu gehen oder eine Tasse hochzunehmen. Beobachten wir kleine Kinder, dann sehen wir, wie schwierig es eigentlich ist, diese komplexen Bewegungsabläufe zu lernen und unsere Glieder richtig miteinander zu koordinieren. Das Erlernen motorischer Bewegungsabläufe ist vermutlich die fundamentals-

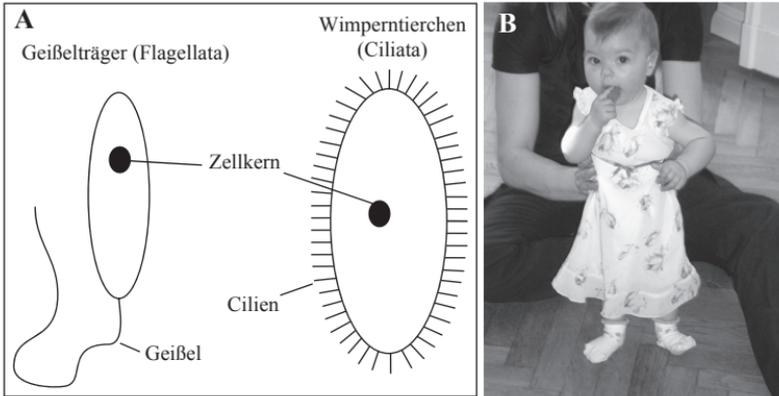


Abb. 2.19 Bewegung ist für fast alle Tiere elementar. In A) werden schematisch zwei verschiedene Einzeller gezeigt, die sich unter anderem bereits aktiv von einer Lichtquelle wegbewegen können, während B) die komplexen Lernprozesse kleiner Kinder für später so selbstverständliche Bewegungen wie das Gehen veranschaulicht.

te Lernform. Selbst kleinste Lebensformen wie einige Einzeller können sich mit Hilfe von Geißeln oder Wimpern aktiv durch das Wasser bewegen (siehe Abb. 2.19). Auch wenn wir diesen Tieren keine wirkliche Lernfähigkeit zuschreiben, so zeigen sie doch, dass sie sich aktiv von einer Lichtquelle wegbewegen können oder bei der Nahrungssuche auf ihren Wimpern am Grund entlangwandern können.

Das **prozedurale Gedächtnis** umfasst zum einen alle Bewegungsabläufe, die wir so oft wiederholt haben, dass sie automatisch ablaufen. Das Paradebeispiel ist das Autofahren. Überlegen wir mal eben, was genau wir machen, wenn wir beim Fahren den Gang wechseln? Die Standardantwort auf diese Frage ist, dass wir natürlich zuerst die Kupplung treten müssen. Das ist auch richtig, aber zuvor müssen wir mit dem rechten Fuß vom Gas gehen. Dieser Vorgang ist aber so automatisiert und läuft fehlerfrei ab, dass wir ihn einfach vergessen. Dagegen passiert es schon einmal, dass wir die Kupplung nicht richtig durchgetreten haben, und das unschöne Motorengeräusch bestraft unsere Fahrlässigkeit sofort.

Oft ist es bei solch stark automatisierten Bewegungsabläufen so, dass wir gerade dann eher Fehler machen, wenn wir uns auf sie konzentrieren. Jemand, der viel am Computer sitzt, wird mit der Zeit ein eigenes Zehn-Finger-Tippssystem entwickeln. Das funktioniert so lange gut, bis wir uns aus irgendeinem Grund wieder darauf konzentrieren, welcher Finger eigentlich welche Taste tippt. Prompt stellen sich Fehler ein, wir schreiben langsamer und sind kurzfristig verunsichert. Zum anderen zählen zum prozeduralen Gedächtnis auch geistige Fertigkeiten, wie Lesen, Rechnen oder Schreiben, die ebenfalls durch Wiederholungen trainiert werden und dann unbewusst ablaufen. Ein gutes Beispiel hierfür ist das Spiegelschriftlesen. Zu Beginn können wir nur langsam und bewusst die einzelnen Buchstaben zu Silben und Wörtern zusammensetzen. Doch mit der Zeit und Übung werden wir immer besser, bis wir über den Prozess nicht mehr nachdenken und das Wort gespiegelt einfach lesen können. Auch hierbei lässt sich der eigentliche Vorgang nicht wirklich beschreiben. Alle Bewegungen und Fertigkeiten, von ganz einfachen bis hin zu sehr komplizierten, können mit der Zeit automatisiert werden und machen in ihrer Summe das prozedurale Gedächtnissystem aus.

Die Wiederholung macht's

Eine weitere Form des unbewussten Gedächtnisses stellt das sogenannte **Priming**, auch Bahnung genannt, dar. Priming umschreibt die Fähigkeit, dass wir Dinge schneller und besser wiedererkennen können, wenn wir sie zuvor unbewusst wahrgenommen haben. Am ehesten wird dieser Vorgang verständlich, wenn wir Werbesendungen betrachten. Gerade in den letzten Jahren hat die Werbeindustrie wieder häufiger auf das Bahnungsprinzip zurückgegriffen. Das Ganze funktioniert folgendermaßen: Zuerst sehen wir einen längeren Werbefilm, in dem ein Auto durch die Wildnis fährt. Es folgen Werbungen für andere Produkte, dann sehen wir wieder in einem kurzen Spot

das Auto, wie es durch eine belebte Stadt fährt. Erst bei einem dritten Werbefilm taucht der Name der Automarke sowie des Autotyps auf. Durch diese Wiederholungen wird eine tiefere unbewusste Verarbeitung der dargebotenen Informationen erreicht, die wiederum eine schnellere Wiedererkennung des Reizes verursacht. Im Falle des Werbefilms soll dies dazu führen, dass wir dieses Auto anderen vorziehen. Diese Art der Vermarktung ist auch sehr erfolgreich, vertrauen wir doch unbewusst eher Markenartikeln und bevorzugen diese beim Einkaufen vor unbekanntem (Freundt, 2006).

Vertrautes erkennen

Es gibt wie bei vielen Dingen auch bei unserem Gedächtnis eine Zwischenform zwischen unbewusst wahrgenommenen und verarbeiteten Informationen und bewusstem Gedächtnis. Wir nehmen immer mehr wahr als uns bewusst ist, und vieles von dem erleichtert es uns später, etwas Neues oder etwas undeutlich Wahrgenommenes richtig zuzuordnen. Das **perzeptuelle Gedächtnis** wurde erst vor einigen Jahren als ein weiteres Gedächtnissystem eingeführt und ist daher bis heute noch nicht sehr detailliert untersucht worden. Es wird bereits zu den bewussten Gedächtnissystemen gezählt. Einige Beispiele zu seiner Verdeutlichung: Wir schalten das Radio mitten in einem Lied ein und erkennen schon nach wenigen Worten den Sänger. Bei einem Spaziergang sehen wir in der Ferne ein Tier und wissen, obwohl wir nur einen schemenhaften Umriss sehen, dass es sich um ein Reh handelt. Auch hier veranschaulichen Kleinkinder die Entwicklung des perzeptuellen Gedächtnisses auf wunderbare Weise. Ein Kind hat gelernt, dass ein Vogel, der auf dem Wasser schwimmt, Ente genannt wird. Sieht dieses Kind dann später einen Schwan, wird es freudig auch diesen „Ente“ nennen. Das perzeptuelle Gedächtnis basiert demnach auf unseren Erfahrungen, durch die wir Perzepte ausbilden.

Wir bilden ein Perzept für Enten oder auch für die Stimme von Elvis Presley. Allerdings ist es wichtig, dass wir auf der Ebene des perzeptuellen Gedächtnisses noch nicht in der Lage sind, diese Zuordnung oder Wiedererkennung tatsächlich in Worte zu fassen. Wir sind uns zwar bewusst, dass wir das Objekt, die Stimme, das Tier kennen, die Benennung erfolgt aber erst unter Zugriff auf das nächste Gedächtnissystem. Dadurch wirkt das perzeptuelle Gedächtnis wie eine Verbindungsstation zwischen dem unbewussten Gedächtnis und den bewussten Wissenssystemen.

Weltwissen

Das Wahrzeichen Berlins ist das Brandenburger Tor, Athen ist die Hauptstadt Griechenlands, und $e = mc^2$ lautet die berühmte Formel Albert Einsteins. Dies sind Beispiele für trockenes Faktenwissen, über das wir in nicht fassbaren Mengen in unserem Gedächtnis verfügen. Unser Schulwissen, Allgemeinwissen, Fakten – kurz: alles, woran wir uns ohne einen spezifischen episodischen Zusammenhang erinnern können, wird hierzu gezählt. Wir bezeichnen dieses Faktenwissen auch als **semantisches Gedächtnis**, weil es sehr eng mit unserer sprachlichen Entwicklung verknüpft ist. Wir lernen die meisten Dinge über unsere Sprache. Indem wir über etwas reden, es erklären, wird es anderen, aber auch uns selbst meist deutlicher und verständlicher. Wenn wir unsere Gedanken aufschreiben, werden sie uns bewusster. Das semantische Gedächtnis benötigt für die beim Menschen ausgeprägte Größe eine Sprache, um sich zu entwickeln.

Doch neues Wissen wird nicht einfach so gelernt. Das meiste, was wir lernen, wird in ein schon vorhandenes Wissensnetz eingebettet. Dies erleichtert uns zum einen das Lernen, zum anderen können wir später die Informationen auch leichter wieder

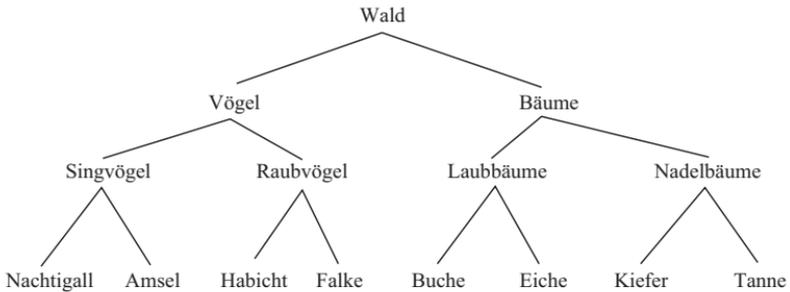


Abb. 2.20 Ein stark vereinfachtes Beispiel für ein Wissensnetz, das durch den Begriff „Wald“ miteinander verknüpft ist.

abrufen. Unsere semantischen Netzwerke können äußerst komplex werden und lassen sich nur ausschnittsweise erfassen und darstellen (siehe Abb. 2.20).

Im Laufe unseres Lebens bilden wir sehr große semantische Netze aus, die untereinander oft verbunden sind. Diese Netze beschränken sich nicht nur auf die semantischen Gedächtnisinhalte, sondern sie verbinden diese auch mit dem fünften Gedächtnissystem, dem **episodischen Gedächtnis**. Dies führt zu teilweise sehr seltsam anmutenden Gesprächen, da es immer wieder Eckinformationen gibt, die uns im Laufe eines Gespräches von einer Thematik zur nächsten führen. Dadurch kann es schon einmal passieren, dass eine Unterhaltung über die Funktionsweise eines Automotors über Motorsport hin zur Übertragung des letzten Rennens und zu den Ereignissen an diesem Tag führt. Die Vorstellung der semantischen Netze stammt aus der Entwicklung von Computerprogrammen, die die Funktionsweise unseres Gehirns und damit unseres Gedächtnisses imitieren sollen. Große Plattformen im Internet, wie beispielsweise Wikipedia, funktionieren nach einem sehr ähnlichen Prinzip: Ein Suchwort führt uns zum nächsten und nächsten, bis wir bei einem völlig anderen Thema ankommen.

Unsere Biographie

Das höchste und entwicklungsgeschichtlich jüngste Gedächtnissystem ist das **episodische Gedächtnis**. Immer, wenn wir uns an selbsterlebte Episoden erinnern, greifen wir auf dieses System zurück. Es handelt sich hierbei um informationsreiche, meist stark untereinander verknüpfte Erinnerungen. Es sind Gespräche über Vergangenes, die von einer Geschichte zur nächsten und weiter zur übernächsten führen. Die episodischen Erinnerungen sind sehr eng mit unseren Gefühlen verbunden, sowohl bei ihrer Einspeicherung als auch bei ihrem Abruf. Erinnern wir uns an Ereignisse von früher, sind wir sogar in der Lage, die Gefühle von damals zum heutigen Zeitpunkt nachzuempfinden. Das **episodisch-autobiographische Gedächtnis** ist nur dem Menschen eigen. Es entsteht aus einer Verbindung zwischen **subjektiver Zeit**, **autonoetischem Bewusstsein** und dem **sich erfahrenden Selbst**. Das Ganze hört sich hier viel komplizierter an, als es ist.

In einem früheren Abschnitt wurde bereits auf das Phänomen Zeit eingegangen. Der Ausspruch „Zeit ist relativ“ ist uns allen bekannt. Zeit an sich, die objektive Zeit, können wir an jeder Uhr und auf jedem Kalender ablesen. Sie scheint unveränderlich zu sein (auf spezifische Fragen der Physik wollen wir hier nicht eingehen). Wir erleben Zeit aber nicht objektiv. Im Allgemeinen wird mit subjektiver Zeit die Verzerrung der Zeitwahrnehmung umschrieben, wie wir sie in den Minuten vor einer Prüfung (länger) oder an einem schönen Abend mit Freunden (kürzer) erfahren. Auch kennen wir das Phänomen, dass ein Jahr für ein Kind eine halbe Ewigkeit sein kann, während es für uns Erwachsene sehr schnell vergeht. Hier wird **subjektive Zeit** als die zeitliche Wahrnehmung eines Menschen in einer Situation mit Bezug auf die Dauer und die Aufeinanderfolge von Ereignissen verstanden (Richelle, 1996). Tulving geht noch einen Schritt weiter und beschreibt mit subjektiver Zeit die individuelle Zeitlinie sowohl in die Vergangenheit als auch in die Zukunft hinein betrachtet (Tulving, 2002). Unsere persön-

liche Zeitlinie ermöglicht es uns, dass wir im Geiste sowohl in die Vergangenheit als auch in die Zukunft reisen können. Das Erinnern an vergangene Ereignisse mag etwas sein, das wir auch noch in eingeschränktem Maße einigen Tieren zutrauen können (beispielsweise Lernen aus Erfahrung). Die mentale Reise in die Zukunft, dass wir uns nicht nur die kommenden Stunden, sondern auch unser Leben in fünf oder zehn Jahren vorstellen und planen können, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Fähigkeit, die dem Menschen vorbehalten ist. Die subjektive Zeit befähigt uns, uns selber auf mentale Zeitreisen zu schicken, und zwar nach Belieben in die eigene Vergangenheit oder auch in die vorgestellte eigene Zukunft (Markowitsch, 2007).

Das **autonoetische Bewusstsein** bezieht sich auf die weiter oben eingeführte Unterteilung von Gedächtnisinhalten nach noetischen (bewussten) und anoetischen (unbewussten) Anteilen. Das autonoetische Bewusstsein umschreibt die Fähigkeit, sich anhand der subjektiven Zeit seiner eigenen Lebensspanne bewusst zu sein (Wheeler, Stuss & Tulving, 1997; Markowitsch, 2003a). So gelingt es uns zum Beispiel, uns die Situation unserer Fahrprüfung in Erinnerung zu rufen. Wie angespannt wir waren, wie sich unser Fahrlehrer und der Prüfer verhalten haben und unsere Erleichterung und unser Stolz, als wir es zum Schluss geschafft und den ersehnten Führerschein bekommen haben. Es wird heute davon ausgegangen, dass auch diese Fähigkeit allein dem Menschen vorbehalten ist.

Das **sich erfahrende Selbst** ist die dritte wichtige Voraussetzung für das episodisch-autobiographische Gedächtnis. Wir sind in der Lage, unsere eigene Person in der Vergangenheit und in der Zukunft sozusagen von außen zu betrachten und zu analysieren. Nur durch die Ausbildung von persönlichen Erinnerungen sind wir in der Lage, eine individuelle Persönlichkeit zu entwickeln. Es ist unsere Vergangenheit, die uns formt und die uns von anderen Menschen unterscheidet. Dadurch sind beispielsweise selbst eineiige Zwillinge, die ja genetisch betrachtet Klone sind, in ihrer Persönlichkeit verschieden und entwickeln unterschiedliche Vorlieben und Lebensträume. Das sich

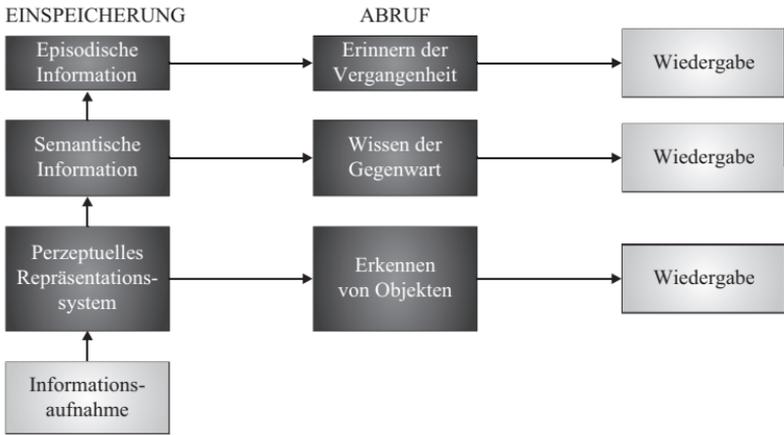


Abb. 2.21 Darstellung des SPI-Modells nach Tulving (1995). Informationen eines Ereignisses werden hierarchisch zuerst in grober und dann in immer feinerer Auflösung eingespeichert. Der Abruf aus den einzelnen Systemen kann hierbei losgelöst von den anderen erfolgen.

erfahrende Selbst verbindet die einzelnen Erfahrungen unseres Lebens über die subjektive Zeit hinweg zu unserer individuellen Lebensgeschichte (Markowitsch, 2005).

Hierarchische Verarbeitung

Die einzelnen Gedächtnisspeicher haben sich in unserer Entwicklung nacheinander gebildet, mit dem episodisch-autobiographischen Gedächtnis als bisherigem Höhepunkt. Unsere noetischen Gedächtnissysteme – perzeptuell, semantisch und episodisch-autobiographisch – bauen bei der Einspeicherung eines neuen Ereignisses aufeinander auf. Verdeutlicht wird dieser hierarchische Aufbau anhand des SPI-Modells, das von Endel Tulving entwickelt wurde (1995). SPI steht hierbei für eine **serielle** Einspeicherung, eine **parallele** Abspeicherung und einen **unabhängigen** (= *independent*) Abruf einer erlebten Situation (siehe Abb. 2.21).

In diesem Modell werden die Prozesse, die der Gedächtnisbildung zugrunde liegen, mit den uns bewussten Inhalten verknüpft. Es zeigt sehr schön, dass ein und dasselbe Erlebnis in den drei verschiedenen Gedächtnissystemen verarbeitet wird und dabei die Informationsdichte immer weiter zunimmt. Ein gutes Beispiel ist hierfür ein Lied. Auf der Ebene des perzeptuellen Repräsentationssystems verarbeiten wir die Melodie und Rhythmik des Liedes und die Stimme des Sängers. Darauf folgt, dass wir den Namen des Sängers erfahren – Jimmy Somerville mit „Bronski Beat“ –, den Titel des Liedes, aus welchem Jahr das Lied stammt und wovon der Text handelt. Der für uns aber oft wichtigste Teil einer erlebten Situation beinhaltet die episodische Information. Während wir das Lied hören, fahren wir gerade mit einem Auto entlang der französischen Riviera. Wir sind innerlich entspannt und gelöst, genießen den Ausblick aufs Meer und freuen uns auf die drei Wochen Ferien, die vor uns liegen. Dieser ganz persönliche Cocktail an Eindrücken, Gefühlen und unseren eigenen früheren Erfahrungen mischt sich zu einer neuen Erinnerung zusammen, die später abgerufen werden kann.

Nicht alle Informationen, die wir wahrnehmen, laufen zwangsläufig durch alle diese drei Ebenen hindurch. Es gibt vieles, das wir nur auf der reinen Perzeptebene verstehen. Auch können wir wissen, dass Rom die Hauptstadt Italiens ist und Nairobi die Kenias, aber episodische Erinnerungen haben wir nur an Rom, wo wir einmal einen Urlaub verbracht haben. Das Wissen über Kenia und Nairobi ist rein semantischer Natur.

Dynamische Erinnerungen

In diesem letzten Abschnitt zum Thema normales Gedächtnis werden die Punkte der letzten Seiten ein wenig zusammengefasst und uns noch einmal vor Augen geführt, wie das Gehirn es schafft, diese verschiedenen Aspekte unseres Gedächtnisses zu verbinden. Es ist erstaunlich, wenn wir bedenken, dass

alles, was in unserem Gehirn abläuft, auf prinzipiell einfache Verbindungen zwischen Nervenzellen zurückzuführen ist. Doch dieses schlichte Prinzip erlaubt es uns, lang vergangene Erfahrungen wieder zu erleben, jeden Tag Neues zu lernen, neue Kenntnisse zu erwerben und sogar uns die Zukunft vorzustellen und zu planen. Dafür musste unser Gehirn im Laufe seiner Entwicklung eine gewisse Flexibilität erwerben. Wir sind nicht einmalig darin, dass wir uns an neue Situationen und Begebenheiten anpassen können. Selbst eine Spinne kann den Verlust von einem oder auch mehreren Beinen überleben und trotzdem weiterhin Beute machen und weiterleben. Dafür benötigen Spinnen kein komplexes, hochentwickeltes Gehirn, ihnen reicht eine Ansammlung von einigen tausenden Nervenzellen. Aber Spinnen leben auch kürzer, und sie planen nicht die nächsten 50 Jahre ihres Lebens. Nur der Mensch hat es geschafft, sich an die verschiedensten Lebensräume unseres Planeten anzupassen und ist inzwischen sogar dabei, sich den Weltraum als weitere Perspektive zu erschließen. Für diese Anpassungsfähigkeit benötigen wir ein hohes Maß an Vorstellungskraft, Flexibilität und den Willen, schwierige Situationen meistern zu wollen. All das wäre mit einem Gehirn, das irgendwann fertig mit seiner Entwicklung ist, nicht möglich. So wie sich unser Körper neuen Anforderungen anpassen kann, gelingt dies auch unserem Gehirn. Es kann sich auf neue Gegebenheiten einstellen, was für uns wiederum bedeutet, dass wir uns auch an neue Situationen gewöhnen können. Wir erwerben täglich neue Informationen, verändern unser Gedächtnis dadurch ständig, und unser Gehirn als Basis unseres Gedächtnisses kann damit wunderbar umgehen.

Daher wird in diesem Abschnitt auf vier Aspekte etwas genauer eingegangen. Zuerst wird der immer noch sehr verbreitete Vergleich zwischen der Arbeitsweise unseres Gehirns und der Arbeitsweise eines Computers betrachtet. Hier interessiert vor allem die Frage, ob ein Computer genauso dynamisch sein kann wie unser Gehirn beziehungsweise unsere Erinnerungen es sind. Daran schließt sich automatisch die Überlegung an,

wie unser Gehirn die Dynamik unseres Gedächtnisses bewältigen kann, wenn es doch nur aus Nervenzellen gleicher Bauart besteht. Durch die dynamische Weiterentwicklung verändern sich unsere Erinnerungen auch im Hinblick auf unsere Lebensspanne. Daher werden zum Ende dieses Kapitels noch dieser Aspekt sowie der Einfluss von Emotionen auf Erinnerungen diskutiert.

Gehirn und Computer – Wie ähnlich sind sie?

Wie genau unser Gehirn funktioniert, fasziniert die Menschen seit jeher. Dabei orientierten sich die Vorstellungen immer an den jeweils aktuellen technischen Errungenschaften. So sprach Sigmund Freud von einem „psychischen Apparat“ und Konrad Lorenz, einer der bekanntesten Verhaltensforscher, verglich das Instinktverhalten mit einem Dampfkesselmodell. Die aus dem amerikanischen Raum kommenden Behavioristen verglichen das Gehirn schließlich mit einer selbständig arbeitenden Telefonschaltzentrale. Es war daher sehr naheliegend, nachdem die ersten Computer auf den Markt kamen, einen Vergleich zwischen dieser Maschine und dem Gehirn anzustellen. Beide verarbeiten Informationen und speichern diese für einen späteren Abruf. Es gibt sowohl in einem Computer als auch in unserem Gehirn einen Arbeitsspeicher, der für aktuelle Arbeitsprozesse zuständig ist. Aus diesen Ähnlichkeiten haben sich verschiedene Computer-Gehirn-Analogien entwickelt. Eine der bekannteren Analogien ist die der Modularität, die unter anderem auf Arbeiten von Jerry A. Fodor zurückgeht (1983). Basierend auf dem aus einzelnen Modulen aufgebauten Computer formulierte Fodor die Annahme, dass es auch in unserem Gehirn einzelne Module gibt. Jedes Modul sollte unabhängig von anderen Gehirnbereichen arbeiten, wenig oder gar nicht mit anderen interagieren und nicht unserer bewussten Kontrolle unterstehen. Fodor lag mit seiner Annahme nah an den Vorstellungen über das Gehirn, die bereits von dem Psychiater

Korbinian Brodmann (1868–1918), dem Namensgeber der auch heute noch verwendeten Brodmann-Areale, vertreten wurden. Brodmann veröffentlichte zu Beginn des letzten Jahrhunderts eine Hirnkarte, die die funktionelle Aufteilung unseres Gehirns zeigt (siehe Abb. 2.22).

Auch heute werden die sogenannten Brodmann-Areale für eine einheitliche Zuordnung gefundener Aktivierungen genutzt, um die Ergebnisse verschiedener Studien miteinander vergleichen zu können. Die Abbildung erweckt allerdings den Eindruck, dass alle Funktionen in unserem Gehirn einer festen strukturellen Zuordnung unterliegen. Und dennoch gibt es gravierende Unterschiede zwischen einem Computer und unserem Gehirn in Arbeitsweise und Aufbau. Einer der wichtigsten Punkte ist die Art der Informationsverarbeitung. Ein klassischer Computer verarbeitet diese seriell. Dies führt dazu, dass ein Computer uns im Schach besiegen und schneller als wir alle möglichen Zahlenkombinationen eines sechsstelligen Codes durchlaufen kann. Probleme, deren Lösung rein auf einer Abfolge einzelner Schritte basieren, werden von einem Computer sehr viel zügiger gelöst als von uns. Dafür scheitern die meisten Computer immer noch daran, einen Hund von einer Katze zu unterscheiden. Im Gegensatz zu einem Computer verarbeitet das Gehirn Informationen parallel. Das erlaubt uns, die verschiedenen Aspekte eines Objektes oder Lebewesens gleichzeitig zu analysieren und mit früherem Wissen zu vergleichen und zuzuordnen. Wir haben kein Problem zu erkennen, dass eine hohe, schlanke, rote Tasse mit weißen Punkten denselben Zweck erfüllt wie eine bauchige, blaue. Für einen Computer ist eine solche Zuordnung sehr viel schwieriger, da er erst jeden einzelnen Aspekt der zwei Tassen miteinander abgleichen muss. Das neuronale Netz des Gehirns wird inzwischen in der Informatik als Modell für lernfähige parallel verarbeitende Computer genutzt, denen auch bereits Fähigkeiten wie Gesichter erkennen einprogrammiert werden können. Trotzdem

geht auch diesen Computern bisher die Fähigkeit ab, über die Funktion von Tassen nachzudenken und diese in Sprache zu kommunizieren.

Des Weiteren gibt es einen gewaltigen Unterschied, was den Energieverbrauch und auch die Speicherkapazität dieser beiden Systeme angeht. Unser Gehirn macht nur zwei Prozent unseres Körpergewichts aus und verbraucht gut 20 Prozent unserer Gesamtenergie. Und dennoch benötigt das Gehirn für seine Arbeit nur eine Leistung von ungefähr 15 bis 20 Watt, dies entspricht einer kleinen Glühbirne! Damit stellt unser Gehirn ein wahres Energiesparwunder dar. Ein Computer würde mit so wenig Energie noch nicht einmal starten und das System hochfahren können. Zumindest bisher hat unser Gehirn auch immer noch eine sehr viel größere Speicherkapazität als ein einfacher Computer. Dies wird heutzutage etwas relativiert durch die Vernetzung vieler Computer miteinander, wodurch mit dem Internet ein riesiger Wissensspeicher entstanden ist, der täglich weiter wächst. Allerdings speichert unser Gehirn ja nicht nur das für uns bewusst abrufbare Faktenwissen, sondern auch eine nicht fassbare Menge an Bewegungswissen, Informationen zur Wiedererkennung und vor allem unsere Autobiographie. Daher lassen sich die beiden Systeme in diesem Punkt noch schlechter miteinander vergleichen als im Hinblick auf die zuvor genannten Aspekte.

Insgesamt war und ist der Vergleich zwischen Computer und Gehirn sehr förderlich für beide Forschungsrichtungen. So wird heute beispielsweise verstärkt an Computern gearbeitet, die die Funktionsweise des Gehirns nachahmen. Durch den Nachbau von Nervenzellen mit ihrer prinzipiellen Arbeitsweise und ihrer Verschaltung untereinander sollte es uns wiederum gelingen, sowohl die Funktionen eines gesunden Gehirns besser zu verstehen als auch Funktionsausfälle aufgrund von Krankheiten oder Verletzungen.

Unser Gehirn organisiert sich selbst

Der Prozess, der ständig im Hintergrund in unserem Kopf abläuft, wird **Selbstorganisation** genannt. Der Begriff der Selbstorganisation wird in verschiedenen Forschungsbereichen verwendet und soll daher hier kurz definiert werden. Es handelt sich hierbei um den Prozess, wenn sich innerhalb eines offenen Systems ohne Einfluss von außen ein neues, stabiles und effizientes Muster oder auch eine Veränderung eines bereits vorhandenen Musters entwickelt. Die Entstehung des Musters beruht auf nicht geradlinig ablaufenden Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Bestandteilen des Systems (Kelso, 1995). Natürliche Beispiele für selbstorganisierende Systeme sind die Bildung von Wassertropfen, Eiskristallen oder auch soziale Gruppen, die ohne Einwirkung von außen eine interne Struktur ausbilden.

Für unser Gehirn bedeutet dies, dass es keine übergeordnete Region gibt, die die anderen Bereiche überwacht und ihnen Funktionen zuordnet. Es gibt sozusagen kein Management in unserem Gehirn, sondern nur viele fleißige Arbeiter. Durch einfache Rückkopplungsvorgänge werden Funktionen kontrolliert und Ausfälle bis zu einem gewissen Grad wieder behoben. Besonders anschaulich lässt sich dies an den Gehirnarealen zeigen, die für unsere Motorik und Sensorik zuständig sind.

Abbildung 2.23 gibt einen groben Überblick über die Funktionszuordnung der Motorik im Gehirn. So lässt sich auf der Hirnkarte erkennen, dass es für die rechte Körperhälfte einen Bereich in der linken Hirnhälfte gibt, der die Bewegung unserer Glieder steuert sowie ein direkt daneben liegendes Areal, das die gefühlten Wahrnehmungen verarbeitet. Ebenso gibt es in der rechten Hirnhälfte Areale, die diese Funktionen für die linke Körperhälfte übernehmen. Zuerst fällt schon hier auf, dass unser Körper nicht proportional zu der tatsächlichen Fläche im Gehirn repräsentiert wird. So sind beispielsweise unser Gesicht und unsere Hände in sehr großen Hirnbereichen lokalisiert, während



Abb. 2.23 Motorischer Homunculus („Menschlein“). Der Schnitt liegt horizontal, und wir schauen sozusagen von hinten auf den Kopf.

der Rücken nur einen verhältnismäßig kleinen Bereich einnimmt. Zurückzuführen ist das auf die notwendige Feinmotorik und der damit einhergehenden sensibleren Wahrnehmung dieser Körperregionen. Doch diese Zuordnung ist nicht statisch fixiert. Wird beispielsweise einem erwachsenen Affen der Mittelfinger amputiert, so wird der Bereich im Gehirn, der bisher für die Verarbeitung der Wahrnehmungen dieses Fingers zuständig war, langsam, aber sicher für die Verarbeitung der sensorischen Informationen von Zeige- und Ringfinger verwendet (Fox, 1984). Interessante Veränderungen lassen sich auch bei professionellen Musikern finden. Regelmäßiges Üben führt bei ihnen zu einer Veränderung der Repräsentation der Bewegungen im Gehirn (u. a. Münte, Altenmüller & Jäncke, 2002). Die betreffenden Gehirnbereiche werden durch die Wiederholungen größer, was sich in besseren und flüssigeren Bewegungsabläufen zeigt. Insofern bleibt unser Gehirn unser ganzes Leben lang flexibel und passt sich neuen Anforderungen an. Dieser Vorgang wird auch als Plastizität oder Formbarkeit unseres Gehirns bezeichnet (Moucha & Kilgard, 2006).

Gedächtnis im Laufe unseres Lebens

Unser Gehirn bleibt also unser ganzes Leben lang formbar. Das ist für uns sehr beruhigend, da es auch bedeutet, dass unser Gedächtnis immer weiter wachsen kann und wir durch neue Informationen immer wieder zu neuen Gedanken und Rückschlüssen kommen können. Es sind unsere Erinnerungen und unsere Erfahrungen, die uns formen und zu dem machen, was wir sind. Verlieren wir unsere Erinnerungen, unsere persönliche Biographie, und seien es auch nur einige Jahre, führt dies auch zu einer Veränderung unserer Persönlichkeit. Stellen wir uns vor, wir wären von unserem Partner hintergangen worden. Würden wir uns in einer neuen Beziehung anders verhalten, wenn wir diese Erfahrung nie gemacht hätten?

Jede neue Erinnerung lässt unsere Persönlichkeit reifen und verändert uns mit jedem neuen Tag, mit jedem neuen Erlebnis, das wir machen. Auch ändert sich unsere Fähigkeit, diese Erinnerungen wieder abzurufen, im Laufe unseres Lebens. Wir können grob zwischen fünf Lebensphasen unterscheiden: unsere frühe Kindheit bis ungefähr zum dritten Lebensjahr, die Kindheit, die Teenagerzeit, die mittleren Jahrzehnte und das Alter.

An unsere ganz frühe Kindheit können wir uns heute als Erwachsene leider nicht mehr erinnern. Diese Erinnerungslücke an die ersten drei Jahre unseres Lebens wird daher auch als **frühkindliche Amnesie** bezeichnet. Dabei ist es genau diese Zeit in unserem Leben, in der wir vieles zum ersten Mal erleben und lernen. Studien konnten auch zeigen, dass Kinder in diesem Alter sich an Ereignisse, die einige Tage oder sogar Wochen zurückliegen, erinnern können (Bauer & Saeger Wewerka, 1995). Dennoch sind uns als Erwachsene diese Erinnerungen fremd. Zum größten Teil liegt dies wohl daran, dass sich unser Gehirn in diesen frühen Jahren noch erheblich weiterentwickelt und umstrukturiert. Bei unserer Geburt sind unsere Nervenzellen bereits sehr stark untereinander vernetzt. Bis zum Ende des dritten Lebensjahres steigt die Dichte der Vernetzung an. Danach dünnt sich das Netz wieder aus (Pruning-Effekt), um dann für

unser restliches Leben relativ stabil zu bleiben. Es bleiben somit diejenigen komplexen Verbindungen übrig, die wir regelmäßig nutzen. Unsere erlebnisreichste Zeit liegt in der zweiten und dritten Lebensdekade. Sie umschließt unsere Schulzeit, unsere Studien- beziehungsweise Ausbildungszeit sowie oftmals die Familiengründung. Die Geschichten aus diesen Jahren erzählen wir lebendig und mitreißend. Diese an Erinnerungen reiche Zeit wird auch als *reminiscence bump* – Erinnerungshöcker – bezeichnet (Rubin, Rahhal & Poon, 1998). Die Jahrzehnte danach, wenn wir arbeiten gehen und in einem gewissen Rhythmus unser Leben leben, zeichnen sich meist nur durch einzelne wichtige Episoden aus. Das Leben verläuft in diesen Jahren meist ruhiger, und es sind die großen Ereignisse, an die wir uns später gut erinnern können, wie beispielsweise Hochzeiten, die Geburt des eigenen Kindes, Todesfälle, Umzug von einer Stadt in eine andere und ähnlich einschneidende Erlebnisse. Im hohen Alter kommt es dann vor, dass wir uns mit einem Mal an Sachen erinnern können, die Jahrzehnte lang buchstäblich wie verschüttet waren (siehe Abb. 2.24).

Unser Gehirn und damit einhergehend auch unser Gedächtnis verändern sich demnach ständig im Laufe unseres Lebens. Es gibt hier zwei Regeln oder besser gesagt Gesetzmäßigkeiten, die diese Veränderungen ansatzweise erklären: die **Ekphorie** und das **Ribot'sche Gesetz**.

Der Begriff der **Ekphorie** wurde erstmals von Richard Semon (1859–1918) mit Gedächtnisleistungen in Verbindung gebracht. Aber erst durch die Wiedereinführung durch Endel Tulving erhielt das Phänomen der Ekphorie in der Gedächtnisforschung neue Beachtung (Tulving, 1982, 1983). Tulving definiert die Ekphorie als ein Wechselspiel zwischen einem Abrufreiz und der dadurch ausgelösten Aktivierung von Gedächtnisinhalten und Erinnerungen. Am Schluss des Ekphorieprozesses steht die erfolgreich abgerufene Erinnerung. Die Wechselbeziehung zwischen der aktuellen Situation, aus der der Abrufreiz stammt, und der abgespeicherten Erinnerung kann aber auch erfolglos verlaufen. Dies passiert, wenn beispielsweise der eigene aktu-

Sehr geehrter Herr Professor Markowitsch,
 der SPIEGEL Artikel „Corporal ohne Vergangenheit“ hat mich auf Sie aufmerksam gemacht.

Ich bin eine ehemalige Wirtschaftsjournalistin und nun in meinen alten Tagen damit beschäftigt, persönliche zeitgeschichtliche Erfahrungen in politische Bildungsarbeit einzubringen. Um meine Erinnerungen zu kontrollieren und zu dokumentieren, verbringe ich meine Tage in Archiven und Bibliotheken. In dieser rückwärtsblickenden Lebenssituation ist mir folgendes passiert:

Ich stand, allein im Zimmer, neben meinem Schreibtisch und sah an einem strahlend blauen Sommertag ins Grüne hinaus; durch die geöffnete Balkontür drang das unablässige BrummBrumm der Stadtautobahn an mein Ohr. Und plötzlich waren Sommertag und Autobahngeräusche weg, – ich empfand gedämpfte Innenraumatmosfera, sah mich unter gedämpfter Innenraumbeleuchtung neben einem langen, rundum mit amerikanischen Offizieren besetzten Clubraumtisch stehen, hörte den Offizier an der Kopfseite mich ansprechen. Danach sah ich mich eben diesem Offizier vor dem Clubhaus in sternerer Sommernacht gegenüber stehen, hörte mich etwas fragen, ihn antworten.

Beide Szenen haben sich – wie von meinem Gedächtnis ohne irgendwelchen bewußten Anschlag reproduziert – vor 56 Jahren zugetragen. (Als ich Flüchtlingsmädchen glücklich war, eine Arbeit, bei der es etwas zu essen gab, ergattert zu haben.)

Als ich mich wieder neben meinem Schreibtisch bei Autobahn-Brummbrumm in den Sommertag hinaussehend wahrnahm, hatte ich den Eindruck, so etwas wie eine Zeitreise absolviert zu haben. Mich von meiner Verblüffung über diese Erinnerungseruption erholend, ging mir auf, daß ich die Momente wieder erlebt hatte, in denen meine Reaktion für meinen ganzen weiteren Lebenslauf, den ich dabei bin, für die Zeitgeschichtsforschung zu dokumentieren, die Weiche gestellt hatte.

Sie werden sicher verstehen, daß mich dieses Erinnerungserleben beschäftigt. Ich wäre dankbar, wenn Sie mich wissen lassen würden, unter welchem Stichwort ich in der Fachliteratur solch eine Überlagerung, ja Auslöschung, des akuten Wahrnehmungsvermögens durch Erinnerungsmomente erklärt finden kann.

Für Ihre Mühe danke ich Ihnen im Voraus.
 Hochachtungsvoll

Abb. 2.24 Brief einer Wirtschaftsjournalistin an Herrn Markowitsch.

elle Zustand von dem zum Zeitpunkt der Erinnerungsbildung erheblich abweicht.

Dies erklärt, warum wir heute als Erwachsene unfähig sind, Erlebnisse aus unserer frühen Kindheit abzurufen, warum es neben der obigen Erklärung zur frühkindlichen Amnesie kommt.

Wir haben uns in der Zeit dazwischen zu gravierend verändert, als dass wir uns die damalige Situation wirklich wieder vorstellen könnten. Wir wissen nicht wirklich, wie sich Kleinkinder mit zwei Jahren die Welt vorstellen und was sie tatsächlich wahrnehmen und verstehen. Des Weiteren zeigt sich der Einfluss der ekphorischen Inhalte unserer Erinnerungen bei emotional besetzten Erlebnissen. Wir speichern Erlebnisse, vor allem die, die unsere Person direkt betreffen, zusammen mit der jeweiligen Gefühlslage, in der wir uns zu der Situation befinden, ab. Das führt dazu, dass wir eher an traurige Erfahrungen denken, wenn wir uns sowieso schon in einer niedergeschlagenen Stimmung befinden. Dafür denken wir an erfreuliche Erfahrungen, wenn wir uns ausgeglichen fühlen und eher in einer fröhlichen Stimmung sind. Stimmt die Gemütslage der Abrufsituation mit damals erlebten Erfahrungen überein, fällt uns der Abruf der Erinnerung leichter (Markowitsch et al., 2003) als wenn wir uns in einer traurigen Stimmung befinden und versuchen, eine Information abzurufen, die in einem fröhlichen Zusammenhang abgespeichert wurde.

Das **Ribot'sche Gesetz** wurde – wie der Name schon sagt – von dem französischen Nervenarzt Théodule Ribot (1839–1916) vor über 100 Jahren eingeführt. Er bezieht sich dabei auf das Phänomen, dass Patienten, die unter einer rückwirkenden Amnesie leiden, meistens die zeitlich jüngeren Erinnerungen verloren haben, sich aber an ältere Ereignisse noch immer erinnern können (Ribot, 1881). Auch bei älteren Personen lässt sich dieses Phänomen beobachten. Sie berichten immer und immer wieder von Vorfällen, die sich in ihrer Kindheit und ihren 20er bis 30er Jahren zugetragen haben. Jüngere Erlebnisse werden dagegen sehr viel seltener erzählt. Zum einen wirkt hier ein klassischer Wiederholungseffekt. Eine Geschichte, die wir über die Jahre oder sogar Jahrzehnte immer wieder erzählen, wird dabei auch immer weiter in unserem Gedächtnis gefestigt. Geschehnisse der letzten Zeit können noch gar nicht so oft wiedererzählt worden sein. Zum

anderen sind Erinnerungen aus unseren jüngeren Jahren oft detaillierter und lebhafter gelernt worden. Spätere Erlebnisse sind oft nichts wirklich Neues mehr. Wir haben schon viel erlebt und gleichen die neuen mit den alten Erfahrungen ab. Die neueren Erlebnisse dagegen werden meist oberflächlicher gelernt. Kurz zusammengefasst lässt sich das Ribot'sche Gesetz mit dem englischen Ausspruch „*first in, last out*“ ausdrücken, der sich sinngemäß mit „zuerst gelernt, zuletzt vergessen“ übersetzen lässt.

Emotionale Färbung von Erinnerungen

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass unsere Emotionen einen direkten Einfluss auf unsere Erinnerungen haben (beispielsweise die Bedeutsamkeit des limbischen Systems für die Gedächtnisbildung im ersten Abschnitt dieses Kapitels). So bleibt uns unser erster Kuss deshalb so deutlich in Erinnerung, weil die begleitenden Gefühle die Einspeicherung vieler kleiner Details dieses wichtigen Moments fördern. Studien, in denen Testpersonen Bilder gezeigt wurden, die jeweils entweder mit einer neutralen oder einer emotionalen Geschichte verbunden waren (Cahill & McGaugh, 1995), bestätigten dies. Die Probanden, die die emotional besetzte Geschichte hörten, konnten sich später besser an die Bilder erinnern als diejenigen, die eine neutrale Geschichte zu den Bildern hörten. Die jeweilige Emotion bewirkt, ob ein Erlebnis grau und traurig oder bunt und fröhlich eingespeichert wird. So wird beispielsweise eine Beerdigung, selbst wenn sie bei bestem Wetter stattfand, in unserer Erinnerung nie in so strahlenden Farben wiedergegeben werden, wie wenn wir an diesem Tag einem fröhlichen Fest beigewohnt hätten. Gerade negativ besetzte Erinnerungen sind oft sehr beständig.

Es ist von der evolutionsbiologischen Seite betrachtet auch äußerst sinnvoll, dass wir Situationen, die uns in Furcht versetzen, langfristig gut erinnern. Nur so können wir in einer ver-

gleichbaren Situation schneller und angemessener reagieren, was für unser persönliches Überleben sehr förderlich sein kann. Wenn wir zum Beispiel einmal ein außer Kontrolle geratenes Feuer erlebt haben, werden wir in Zukunft schon bei kleinen Anzeichen, wie Rauchgeruch, viel sensibler und aufmerksamer reagieren als jemand, dem diese Vorerfahrung fehlt. Die bekanntesten Studien zu der Beständigkeit und schnellen Verarbeitung von Gefahrensituationen wurden von Joseph E. LeDoux durchgeführt (siehe Abb. 2.25).

Allerdings kann sich die emotionale Färbung einer Erinnerung durch wiederholten Abruf und damit einhergehende neuer Einspeicherung auch verändern (Buchanan, 2007). Diese Veränderbarkeit von Erinnerungen wird vor allem in Psychotherapien genutzt. So ist es durchaus möglich,

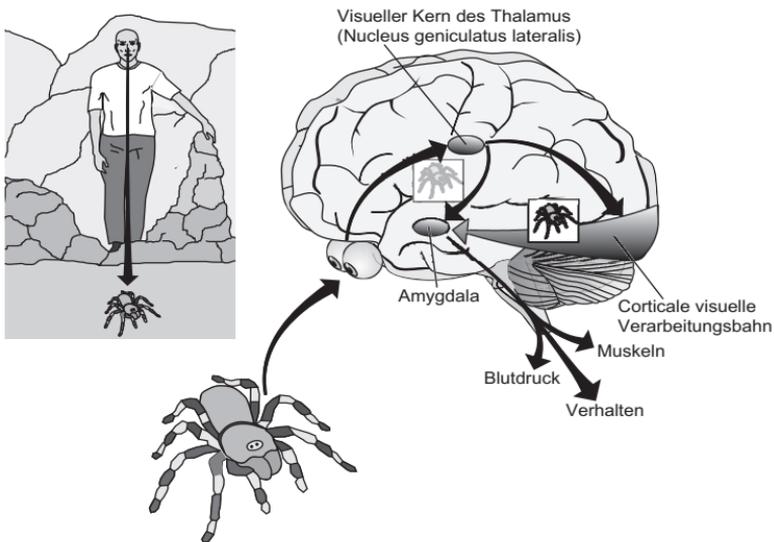


Abb. 2.25 Die Reaktion auf den Anblick eines potentiell gefährlichen Objekts (Spinne). Eine schnelle Furchtreaktion läuft schnell und unbewusst ab, sie führt direkt dazu, dass unser Körper bereit zur Flucht ist. Eine zweite langsamere Reaktion bezieht höher entwickelte Hirnstrukturen mit ein, was zu einer bewussten Verarbeitung der Situation und damit entweder zu einer Weiterführung der Fluchtreaktion oder dem Abbruch derselben führt (verändert nach LeDoux, 1994).

beispielsweise durch Gespräche und das Erlernen von Verhaltensänderungen, Ängste vor bestimmten Tieren oder Situationen abzuschwächen.

Alle hier in diesem Abschnitt genannten Punkte – die Gehirn-Computer-Analogie, die Fähigkeit zur Selbstorganisation, Erinnerungen über unsere Lebensspanne und die Emotionalität unserer Erinnerungen – verdeutlichen den hohen Grad an Anpassungsfähigkeit und Dynamik unseres Gehirns. Unser Gedächtnis entwickelt sich mit jedem Tag weiter, durch jede neue Erfahrung, die wir machen, wirken diese auf frühere Erinnerungen ein. Umgekehrt beeinflussen ältere Erinnerungen auch die Interpretation und die Einspeicherung neuerer Wahrnehmungen und Informationen. Es findet ein komplexes Wechselspiel zwischen Alt und Neu statt, und das meist, ohne dass wir uns dessen wirklich bewusst sind. Wir erinnern uns einfach wieder an Vergangenes und bemerken dabei nicht, dass wir die alte Erinnerung verändern und mit der neuen Situation vielleicht sogar verknüpfen. Doch, wie bei vielem, ist es auch hier so, dass diese Vorgänge evolutionsbiologisch durchaus sinnvoll sind. Wir würden zu viel Energie und Zeit verbrauchen, wenn wir diese Prozesse ständig bewusst überwachen würden, und könnten nicht mehr schnell genug auf neue Gegebenheiten reagieren. Zum Leben und Überleben benötigen wir diese Informationen nicht, was vermutlich auch die Erklärung ist, dass sie uns nicht bewusst werden.