

# Lernen und Erinnern

Die Welt wird das, was wir hier sagen, wenig beachten und sich nicht lang daran erinnern...

Abraham Lincoln

- 9.1 Metaphern in der Erforschung des Gedächtnisses – 255**
  - 9.1.1 Grundlegende Konzepte und Definitionen zum Gedächtnis – 255
  - 9.1.2 Definition von Gedächtnis – 257
  - 9.1.3 Frühe Gedächtnisforschung – 258
  
- 9.2 Drei-Komponenten-Modell des Gedächtnisses – 259**
  - 9.2.1 Sensorisches Gedächtnis – 260
  - 9.2.2 Kurzzeit- (oder Arbeits-)Gedächtnis – 261
  - 9.2.3 Langzeitgedächtnis – 265
  - 9.2.4 Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis im Vergleich – 267
  
- 9.3 Verschiedene Formen des Langzeitgedächtnisses – 268**
  - 9.3.1 Explizites (deklaratives) und implizites (nicht deklaratives) Gedächtnis – 268
  - 9.3.2 Zwei Formen des deklarativen Gedächtnisses – 269
  - 9.3.3 Modelle des deklarativen Langzeitgedächtnisses – 271
  
- 9.4 Physiologie des Gedächtnisses – 272**
  - 9.4.1 Engramm – 272
  - 9.4.2 Untersuchungen am Gehirn der Ratte und an Planaria – 273
  - 9.4.3 Bildgebende Verfahren, EKPs und EKFs – 274
  - 9.4.4 Konnektionistische Betrachtungsweise – 275
  
- 9.5 Vergessen – 275**
  - 9.5.1 Verletzungen des Gehirns – 275
  - 9.5.2 Theorie des Spurenerfalls (Fading-Theorie) – 275
  - 9.5.3 Verzerrungstheorie (Distortions-Theorie) – 276
  - 9.5.4 Verdrängungstheorie – 276
  - 9.5.5 Interferenz-Theorie – 277
  - 9.5.6 Versagen beim Abruf von Hinweisreizen – 277
  
- 9.6 Implikationen für den Unterricht: Gedächtnis- und Erinnerungshilfen – 278**
  - 9.6.1 Rehearsal (Wiederholung) – 278
  - 9.6.2 Elaboration – 278
  - 9.6.3 Organisation – 278
  - 9.6.4 Systeme zur Verbesserung des Erinnerns – 279



Die alte Dame sagte, dass wir heute die Felswand hinaufklettern würden, dass meine Höhenangst keine Rolle spiele, dass sie mir zeigen würde, wohin ich jeden Fuß, jede Hand setzen müsse, dass sie mich führen würde wie eine Mutter ihr Kind. Sie überhörte meine Proteste und sagte, dass sie das neunte Kapitel nur auf dem Gipfel der Klippe, hoch über dem Land, erzählen würde.

Wir gingen in der Morgendämmerung los, bevor die Sonne die Luft erwärmt hatte. Der Kater lag zusammengerollt an der besonnten Seite der größten Birke und beobachtete uns, während wir uns langsam die glatte Felswand hocharbeiteten. Innerhalb von Minuten waren meine Hände nass von Schweiß, meine Muskeln verkrampft vor Angst: Die alte Dame sagte, ich solle aufpassen, genau das tun, was sie tat, ich solle meine Hände und





Füße an die Stellen setzen, die ihre Hände und Füße mir zeigten, und auf das Seil vertrauen, das uns wie eine Nabelschnur verband. Sie erklärte, dass Vertrauen ein Gedanke sei, eine Schlussfolgerung. Sie sagte, ich müsse nur daran glauben und es sei mein.

Aber ich konnte meine Angst nicht unterdrücken, und als ich etwa auf Höhe der jüngsten Birke angelangt war, konnte ich nicht weiterklettern und die alte Dame ließ mich auf den Boden herab und ließ das Seil hinunterfallen, nutzlos, wie eine tote Schlange zu meinen Füßen. Als ich mich umdrehte, um mich zur Erholung an die Birke zu lehnen, war der Kater verschwunden, und als ich wieder zu der alten Dame hinauf sah, wie sie kletterte, entdeckte ich den Kater, der ganz oben auf sie wartete, obwohl es gar nicht möglich war, dass er so schnell dort hinaufgelangen konnte.

Die alte Dame kletterte geschmeidig, wie ein haarloser Affe, machte kaum eine Pause, bis sie schließlich oben bei dem Kater stand. Zu meinem Erstaunen bedeutete sie mir, dass ich ihre Worte nun aufzeichnen solle, und dann begann sie, die Worte des neunten Kapitels sehr laut zu rufen, also ob es ihr Spaß mache, dass sie das tun musste.

### In diesem Kapitel...

Hier kommt das, was sie aus dieser großen Höhe herunterrief, während ich im frühen Morgen zuhörte, zu weit entfernt, um Fragen zu stellen.

Mein Körper weiß, wie man klettert, rief sie, und erklärte, dass vieles von ihrem Wissen über das Klettern auf einer Art von Gedächtnis beruhe, das man nicht leicht in Worte fassen könne. Deshalb kann ich Ihnen nicht **sagen**, wie man klettert oder wie man Fahrrad fährt. Sie erklärte, dass das Gedächtnis für solche Handlungen **implizit** sei, es könne nicht einfach **explizit** gemacht werden. Sie sagte, dass sie im Gegensatz dazu ganz einfach erklären könne, wie man die Quadratwurzel einer vierstelligen Zahl ziehe.

Dieses Kapitel befasst sich mit dem menschlichen Gedächtnis, sagte sie. Es betrachtet die Unterschiede zwischen impliziten und expliziten Erinnerungen. Es erkundet die erstaunliche Leistungsfähigkeit des menschlichen Gedächtnisses, es zeigt aber auch seine Mängel und Grenzen auf. Wie Johnson erklärte: »Wenn wir im Zeugenstand stehen, können wir vor Gott schwören, die Wahrheit zu sagen, die ganze Wahrheit und nichts als die Wahrheit. Aber das Äußerste, was wir wirklich tun können, ist das auszulesen, was von unseren Erinnerungen übrig ist, die unvermeidlich durch die Zeit verändert wurden« (1992, S. 233).

### Lernziele

Sagen Sie Ihren Lesern, sprach die alte Dame, dass sie verstehen werden, was all dies bedeutet, wenn sie dieses Kapitel gelesen und die Inhalte gelernt haben – vorausgesetzt, sie erinnern sich daran. Und wenn ihr Gedächtnis ihnen gute Dienste leistet, werden sie in der Lage sein, die folgenden Themen selbst wiederzugeben:

- Sensorisches, Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis
- Zwei Arten von Langzeitgedächtnis
- Ereigniskorrelierte Aktivität im Gehirn
- Theorien zum Vergessen.

Außerdem werden sie einen neuen Trick gelernt haben, wie man alte Leute beeindrucken kann.

## 9.1 Metaphern in der Erforschung des Gedächtnisses

Wie ich schon mehrfach angemerkt habe, rief die alte Dame von ihrem hohen Aussichtspunkt herunter, ist Kognitionspsychologie eine Psychologie der Metaphern. Sie bemüht sich, die enorme Komplexität menschlicher Kognition nicht so sehr zu verstehen, indem sie ihre genauen Mechanismen erforscht und ihre Strukturen und Funktionen darstellt, sondern vielmehr indem sie die beeindruckendsten und nützlichsten Metaphern benutzt, um sie zu beschreiben. Am Ende wird der Wert einer Metapher aber weitgehend danach beurteilt, wie gut sie die Fakten wiedergibt. Daher basiert die Suche nach einer Metapher auf Forschungsergebnissen. Wenn die Psychologie ihren Fakten nicht trauen kann, wie dann ihren Metaphern?

Man kann getrost wiederholen, dass Metaphern für kognitive Themen wie das Gedächtnis keine bewegenden literarischen Redewendungen sind. Sie sind nichts als Modelle – oft einfache Modelle. Sie sagen nicht: »Aufmerksamkeit ist eine Jungfrau mit Blumen in der Nase« oder »Gedächtnis ist ein alter Elefant« oder »Motivation ist ein Engel mit grünem Haar«. Die Metaphern der Kognitionspsychologie sind stattdessen prosaische Metaphern. Sie sagen lediglich, dass Menschen sich verhalten, »als ob«, und sie beschreiben dieses »als ob«. Das, erklären Oswick, Keenoy und Grant (2002), sind die bequemen Ähnlichkeits-Metaphern. Sie elaborieren und erklären, indem sie auf Ähnlichkeiten verweisen.

Über die Jahre hinweg wurde eine große Anzahl verschiedener Metaphern zur Beschreibung des Gedächtnisses benutzt – vielleicht ein Beleg dafür, was für ein schwieriges Konzept es ist und wie unsicher Psychologen sich ihrer Modelle waren. Der Index von Draaismas *Metaphors of Memory* (2000) listet bspw. etwa 43 verschiedene Metaphern für das Gedächtnis auf. Verschiedene Denker haben uns versichert, das Gedächtnis sei wie eine Abtei mit vielen Räumen. Oder vielleicht gleicht es eher einem Buch mit vielen Seiten, einem Inhaltsverzeichnis und einem Index. Vielleicht ist es aber auch wie eine Bibliothek, ein Spiegel, ein Webstuhl, ein Palast, eine Kamera, eine Geldbörse, eine Schatztruhe, ein Gewölbe, ein Weinkeller... und so weiter und so fort (S. 240). In jüngerer Zeit hat natürlich die Compu-

ter-Metapher zunehmend an Popularität gewonnen. Schließlich verfügen Computer über Speicher- und Abrufsysteme, zwei grundlegende Merkmale von Gedächtnis. Aber wie wir in diesem Kapitel sehen werden, wird die Computermetapher, ebenso wie all unsere gebräuchlichen Metaphern, dem Reichtum und der Komplexität des menschlichen Gedächtnisses nicht wirklich gerecht.

### 9.1.1 Grundlegende Konzepte und Definitionen zum Gedächtnis

Aufmerksamkeit, Gedächtnis und Lernen sind untrennbar miteinander verbunden. Lernen ist eine Veränderung des Verhaltens als Resultat von Erfahrung, Gedächtnis ist die Auswirkung von Erfahrung, und beide werden durch Aufmerksamkeit vereinfacht. Anders ausgedrückt: Es gibt keinen Beleg für Lernen, wenn nicht etwas im Gedächtnis geschehen ist; ebenso impliziert etwas, das im Gedächtnis geschieht, Lernen. Die Untersuchung des Gedächtnisses ist eigentlich eine andere Art, das Lernen zu untersuchen.

Dennoch gibt es unter Psychologen keine einheitliche Meinung darüber, was Gedächtnis ist und wie man es erforschen sollte. In der Geschichte der Psychologie haben sich die Metaphern und Modelle für das Gedächtnis oft verändert, und sie verändern sich weiter – ebenso wie die Methoden, mit denen das Gedächtnis untersucht wird.

#### Frühe Untersuchungen zu Menschen mit außergewöhnlichem Gedächtnis

Wie Draaisma (2000) berichtet, war Leonard Euler nicht nur ein Wunderkind, sondern auch ein Mathematikgenie. Er hatte anscheinend die gesamte *Ilias* auswendig gelernt und konnte sie bis zum Tage seines Todes fehlerfrei rezitieren. Man sagt, dass er eines Nachts, als er nicht schlafen konnte, die ersten sechs Potenzen für die Zahlen 0 bis 99 ausrechnete und eine mentale Tabelle von mehr als 600 Zahlen generierte, die er noch Wochen später gezielt abrufen konnte. Er schien sich an alles erinnern zu können, was er je gehört oder gelesen hatte, sodass die Blindheit, an der er in seinen letzten 15 Lebensjahren litt, seine Arbeit kaum beeinträchtigte. In der Mitte seines Arbeitszimmers stand ein großer, mit

6	6	8	0
5	4	3	2
1	6	8	4
7	9	3	5
4	2	3	7
3	8	9	1
1	0	0	2
3	4	5	1
2	7	6	8
1	9	2	6
2	9	6	7
5	5	2	0
X	0	1	X

■ **Abb. 9.1.** Der von Luria beschriebene S. prägte sich diese Tabelle innerhalb von 3 Minuten vollständig ein und konnte danach aus dem Gedächtnis jede beliebige Anordnung von Zahlen abrufen, einschließlich der 12 vierstelligen Zahlen in den Reihen, alle vierstelligen Diagonalen in der Matrix oder die vier vertikalen Spalten. Außerdem konnte er die gesamte Matrix in eine einzige 50stellige Zahl umwandeln und diese vortragen, für dieses Kunststück benötigte er 1½ min. Aus »The Mind of a Mnemonist: A Little Book About a Vast Memory«, von A.R. Luria, S. 17. Copyright © 1968 by Basic Books. Nachdruck mit Genehmigung des Autors

einer Tafel bedeckter Tisch, um den er herumwanderte und auf den er Formeln und Ideen aufzeichnete, die dann von seinen Schülern, zu denen auch seine Söhne und Enkel gehörten, organisiert, niedergeschrieben und ihm vorgelesen wurden. Das Ergebnis war, dass er während der 15 Jahre seiner Blindheit 335 wissenschaftliche Artikel veröffentlichte, meist in Mathematik und angewandter Naturwissenschaft.

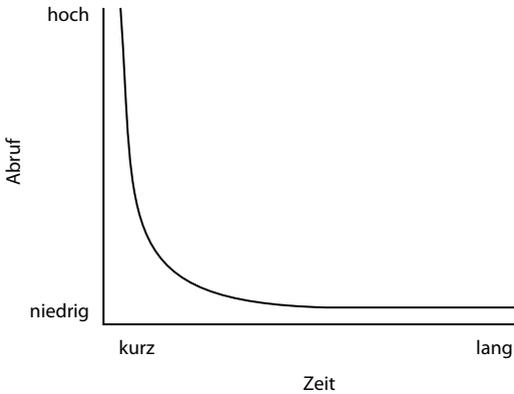
Allerdings sind nicht alle Menschen mit außergewöhnlichem Gedächtnis so gut angepasst und so produktiv. Manche ungewöhnlichen Gedächtnisleistungen können trivial und nutzlos sein. Es gibt bspw. sogenannte Idiot Savants – geistig retardierte Menschen, die aber ein bemerkenswertes und sehr spezifisches Talent besitzen, wie ein Mann, der sich beim Vorbeifahren eines Güterzuges alle Seriennummern der Wagen merken konnte.

Dann ist da noch der gut dokumentierte Fall eines Mannes, der von Luria (1968) beschrieben

wurde und der uns nur als S. bekannt ist. S. war eigentlich ein normaler Mann, der als Musiker oder als Journalist nicht sonderlich erfolgreich gewesen war, der aber ein erstaunliches Gedächtnis besaß. Bei einer Gelegenheit präsentierte Luria S. die in ■ Abb. 9.1 gezeigte Matrix mit 50 Zahlen. Nachdem er die Tabelle 3 Minuten lang angesehen hatte, reproduzierte S. alle Zahlen fehlerfrei innerhalb von 40 Sekunden. Auf Aufforderung rezitierte er jede der vierstelligen Zahlen in den 12 Zeilen und die zweistellige Zahl in der letzten Zeile – abermals ohne Fehler und innerhalb von 50 Sekunden. Eine absolut bemerkenswerte Eigenschaft seines Gedächtnisses war weniger, dass er sich diese Tabellen so schnell einprägen konnte, sondern dass er sie zu jedem beliebigen späteren Zeitpunkt fehlerlos abrufen konnte. Sogar Wortlisten, die er 16 Jahre zuvor gelernt hatte, konnte er fehlerfrei wiedergeben, ohne dass er zwischenzeitlich auch nur einmal aufgefordert worden war, sich daran zu erinnern.

Wenn er nach mehreren Monaten oder Jahren aufgefordert wurde, sich an etwas zu erinnern, war der einzige Unterschied, dass er einige Minuten benötigte, um die Erinnerung »wiederzubeleben«. Er saß dann normalerweise mit geschlossenen Augen da, berichtet Luria, und kommentierte vielleicht so: »Jaja... das war eine Serie, die Sie mir einmal gezeigt haben, als wir in Ihrem Apartment waren... Sie saßen am Tisch und ich im Schaukelstuhl... Sie trugen einen grauen Anzug und sahen mich etwa so an... Nun, ich sehe, dass sie sagten...« (1968, S. 12).

Das Gedächtnis der meisten Menschen ist nicht so phänomenal, wie die aus den ersten Experimenten zum Gedächtnisabruf stammenden »Gedächtniskurven« eindrucksvoll illustrieren (die meisten dieser Experimente wurden vom Pionier der Gedächtnisforschung, Ebbinghaus (1885/1964), durchgeführt). In ■ Abb. 9.2 ist eine idealisierte Zusammenfassung dieser Kurven dargestellt. Das Auffallendste an diesen Kurven ist: Menschen neigen dazu, das Meiste, was sie lernen, unmittelbar nach dem Lernen wieder zu vergessen. In den ursprünglichen Experimenten von Ebbinghaus wurden Probanden gebeten, eine Liste sinnloser Silben zu lernen – bedeutungslose Kombinationen von Buchstaben wie kiv, gur oder lev. Obwohl diese Probanden sofort nach dem Lernen alle Silben erfolgreich abrufen konnten, hatten sie innerhalb von 20 Minuten nor-



■ **Abb. 9.2.** Eine idealisierte Gedächtniskurve, nach Ebbinghaus (1885/1964)

malerweise mehr als 40% vergessen, innerhalb einer Stunde mehr als die Hälfte. Gleichzeitig standen jedoch die 20 oder 30% sinnloser Silben, an die sich die Probanden einen halben Tag erinnert hatten, auch nach einem Monat noch zum Abruf verfügbar. Daher gilt: Obwohl das Meiste, was Menschen lernen (zumindest insoweit es bedeutungslose Dinge betrifft) sehr schnell vergessen wird, wird einiges an Information doch über lange Zeiträume behalten. Diese Eigenschaften des menschlichen Gedächtnisses werden von den meisten aktuellen Theorien zu Lernen und Vergessen wiedergespiegelt.

### 9.1.2 Definition von Gedächtnis

In der Alltagssprache bezieht sich der Begriff Gedächtnis auf die Verfügbarkeit von Information und impliziert, dass man imstande ist, vorher erworbene Fertigkeiten oder Informationen abzurufen. Es setzt ganz klar Lernen voraus; das heißt Gedächtnis erfordert Veränderung. Die Computemetapher besagt, dass Erinnern bedeutet, einen Abruf aus dem Speicher vornehmen zu können.

Laut Hintzman (1990) ist es nicht überraschend, dass das intuitive Verständnis von Gedächtnis fordert, eine Erinnerung, die das Verhalten beeinflussen soll, müsse abrufbar sein.

Dies ist aber nicht richtig. Es gibt zahlreiche Beispiele für ein Phänomen, das manchmal als **implizites Gedächtnis** (oder **unbewusstes Gedächtnis**) bezeichnet wird (wie auch Freud überzeugend argu-

mentierte). Früheres Lernen, an das man sich nicht bewusst erinnern kann, kann dennoch späteres Verhalten beeinflussen – z. B. wenn jemand eine lange nicht gebrauchte und scheinbar vergessene Sprache neu lernt. Ebenso wissen Amnestiker alle möglichen Dinge, können sich aber nicht daran erinnern, sie gelernt zu haben.

Goldblum (2001) unterscheidet zwei verschiedene Gedächtnisarten. Einerseits ist da das allgemeine Wissen: Dinge die man relativ dauerhaft weiß, wie den eigenen Namen, die Telefonnummer, die Namen der Planeten, ein Gedicht, das man in der Schule gelernt hat, wo man den letzten Urlaub verbracht hat. Andererseits gibt es eine Vielzahl von temporären Dingen, die man weiß – was man z. B. heute zum Frühstück gegessen hat, wohin man zum Essen gehen will, was man tun will, nachdem man dieses Kapitel zu Ende gelesen hat. Wie Goldblum schreibt, eignen sich konnektionistische Modelle, die auf der Annahme basieren, dass die Wiederholung von Erfahrungen zu Veränderungen in der Wahrscheinlichkeit führen, mit der Neurone sich gegenseitig aktivieren, zur Erklärung von dauerhaften Erinnerungen. Aber diese Modelle machen keine Aussagen zu temporären Erinnerungen. Wie wir in Kürze sehen werden, berücksichtigen aktuelle Gedächtnismodelle verschiedene Arten von Gedächtnis wie auch verschiedene Arten, Erinnerungen zu speichern sowie verschiedene Speicherorte.

#### Erinnern und Wissen

Erinnern, sagt Tulving (1989), ist nicht dasselbe wie Wissen. Er erklärt, dass Bäume mit ihren Jahresringen genau wie Musikaufnahmen und Karteien ein Gedächtnis besitzen, in gewissem Sinne etwas wissen. Aber sie erinnern sich an nichts.

Um diese Konzepte zu erklären, schlägt Tulving (2002) vor, dass Psychologen zwei unterschiedliche Aspekte des Gedächtnisses beachten sollen: Speicherung und Abruf. Bäume und Karteien verfügen über einen Speicher für bestimmte Dinge; Menschen verfügen über Speicher und Abruf. Um etwas abrufen zu können, muss Speichern vorausgegangen sein, weil Dinge, die nicht gelernt wurden, nicht abgerufen werden können. Dennoch kann nicht alles, was gespeichert wurde, auch abgerufen werden. Und es gibt inzwischen Belege dafür, dass an Speicherung

und Abruf unterschiedliche Teile des Gehirns beteiligt sind (D'Esposito & Postle, 2002).

Aktuelle Gedächtnismetaphern benennen drei verschiedene Arten der Speicherung: sensorische Speicherung, Kurzzeit- und Langzeit-Speicherung. Sie benennen auch mindestens zwei verschiedene Arten des Abrufs aus dem Speicher: episodisch und semantisch. Später in diesem Kapitel werden diese Begriffe erklärt und illustriert.

### Vergessen

Wenn die Medaille des Lernens zwei Seiten hat, ist Gedächtnis die eine, Vergessen die andere. Wie Gedächtnis bezieht sich auch Vergessen sowohl auf Speicherung als auch auf Abruf. Daher kann Vergessen, das einen Gedächtnisverlust impliziert, entweder auf eine Unfähigkeit des Abrufs zurückzuführen sein oder auf eine tatsächliche Veränderung oder den Verlust physiologischer Effekte von Erfahrung. Möglicherweise ist auch beides daran beteiligt.

## 9.1.3 Frühe Gedächtnisforschung

Man kann sagen, dass ein Mensch sich erinnert, wenn Verhalten oder Reaktionen vorausgegangenes Lernen reflektieren, unabhängig davon, ob dieser Mensch sich bewusst an das Lernen selbst erinnern kann. Wenn Ralph Schlangen aus dem Wege geht, weil er mit drei Jahren ein furchteinflößendes Erlebnis mit einer Schlange hatte, ist es korrekt zu sagen, dass diese frühe Erfahrung sein Verhalten verändert hat – das bedeutet, er hat etwas über Schlangen gelernt **und erinnert** sich daran. Dass er sich nicht mehr bewusst an dieses Erlebnis erinnern kann, widerspricht dieser Tatsache nicht. Die meisten frühen Untersuchungen zum Gedächtnis befassten sich jedoch mit bewusstem Abruf. Am häufigsten betrachteten sie die Fähigkeit oder Unfähigkeit von Menschen, Information wiederzugeben, die ihnen zuvor präsentiert wurde.

Derartige Untersuchungen können zu unklaren Resultaten führen, wenn die Probanden in der Vergangenheit bereits ähnliche Dinge gelernt haben. Dieses Problem kann man umgehen, indem man Material verwendet, das für alle Probanden vollständig neu ist. Ebbinghaus (1885/1964) löste das Problem, indem er mehr als 600 sinnlose Silben erfand.

Eine Reihe von Jahren lang saß er regelmäßig an seinem Schreibtisch und prägte sich Listen dieser sinnlosen Silben ein, um danach seinen Abruf zu testen. Die in einem Schaubild dargestellten Resultate dieser Experimente, mit Ebbinghaus als dem einzigen Probanden, lieferten die ersten Gedächtniskurven. Wie bereits angemerkt (und in **Abb. 9.2** dargestellt), zeigen diese Kurven, dass der größte Teil des vergessenen Materials sehr schnell verloren geht. Gleichzeitig ist es wahrscheinlich, dass etwas, was für einen längeren Zeitraum (z. B. 10 Tage) behalten wird, auch nach deutlich längerer Zeit nicht vergessen wird (z. B. 40 Tage).

Die darauf folgende frühe Gedächtnisforschung benutzte diese sinnlosen Silben weiterhin sehr häufig in den verschiedensten experimentellen Situationen. Manchmal wurden diese Silben mit anderen Silben zu Paaren zusammengestellt – oder bedeutungsvolle Wörter wurden mit anderen Wörtern zu Paaren kombiniert – und die Probanden mussten lernen, was zusammengehörte. Dies wird als **Paarassoziations-Lernen** bezeichnet. In anderen Studien wurden Probanden aufgefordert, Sequenzen von Stimuli zu lernen (dies wird als **serielles Lernen** bezeichnet).

In zahlreichen Studien lernten die Probanden zwei verschiedene Gruppen von Material und mussten dann die eine oder andere abrufen, wobei man überprüfte, ob beim Abruf Interferenzen auftraten. Dies traf häufig zu. Wenn früher Gelerntes mit dem Abruf von später Gelerntem interferiert, spricht man von proaktiver Interferenz (wobei sich proaktiv auf eine Vorwärtsbewegung in der Zeit bezieht).

Wenn später Gelerntes den Abruf von früher Gelerntem reduziert, spricht man von retroaktiver Interferenz (**Tab. 9.1** und **9.2**). Wenn man eine Sprache wie Französisch halbwegs lernt und später versucht, eine verwandte Sprache, wie Spanisch, zu lernen, stellt man wahrscheinlich fest, dass man sich an französische Wörter erinnert, wenn man nach den neu gelernten spanischen Wörtern sucht. Dies ist ein Beispiel für **proaktive** Interferenz. Wenn man Spanisch später beherrscht, fällt es einem möglicherweise schwer, sich an einige der französischen Wörter zu erinnern, die man zuvor kannte. Das ist ein Beispiel für **retroaktive** Interferenz.

■ **Tab. 9.1.** Test von retroaktiver Interferenz

	Experimentalgruppe (A)	Kontrollgruppe (B)
Zeitlicher Ablauf	1. Lerne X	1. Lerne X
	2. Lerne Y	2. tue etwas völlig anderes
	3. Abruf von X	3. Abruf von X

Anmerkung: Niedrigere Werte in Gruppe A verglichen mit Gruppe B verweisen auf das Ausmaß, in dem das Lernen von Y den Abruf von X stört.

■ **Tab. 9.2.** Test von proaktiver Interferenz

	Experimentalgruppe (A)	Kontrollgruppe (B)
Zeitlicher Ablauf	1. Lerne X	1. tue etwas völlig anderes
	2. Lerne Y	2. Lerne Y
	3. Abruf von Y	3. Abruf von Y

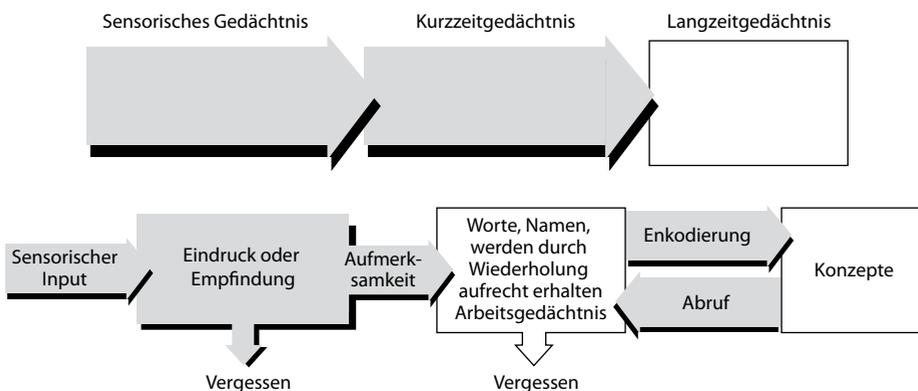
Anmerkung: Niedrigere Werte in Gruppe A verglichen mit Gruppe B verweisen auf das Ausmaß, in dem X mit Y interferiert.

## 9.2 Drei-Komponenten-Modell des Gedächtnisses

Einen wichtigen Beitrag der frühen Gedächtnisforschung, neben den vielen Einzelbefunden, stellen verschiedene, eng miteinander verwandte Modelle zum Erinnern beim Menschen dar. Das bekannteste stammt von Atkinson & Shiffrin (1968) und wird manchmal als **modales Modell** (Baddeley, 1997) be-

zeichnet. Es trifft eine wichtige Unterscheidung zwischen Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis und einer dritten Komponente, die als sensorisches Gedächtnis (oder sensorisches Register) bezeichnet wird. Das modale Modell ist in ■ Abb. 9.3. zusammengefasst.

Man muss dabei bedenken, dass dieses Modell, wie die meisten psychologischen Modelle, eine Metapher ist. Als solche sagt es wahrscheinlich ebenso-



■ **Abb. 9.3.** Die drei Komponenten des Gedächtnisses im Modell von Atkinson und Shiffrin. Die sensorische Information gelangt zunächst ins sensorische Gedächtnis. Von dort aus kann sie ins Kurzzeitgedächtnis (auch als Arbeitsgedächtnis bezeichnet) gelangen, wo sie so lange bspw. als Name, Wort oder Bild verfügbar ist, wie sie wiederholt (beachtet) wird. Anteile des Materials im Kurzzeitgedächtnis können

dann in Form von Konzepten (Ideen) für Langzeitspeicherung kodiert werden, wo es, falls notwendig, für einen Abruf ins Kurzzeitgedächtnis zur Verfügung steht. Wichtig ist, dass diese drei Gedächtniskomponenten nicht drei unterschiedliche Orte im Gehirn oder anderen Teilen des Nervensystems beschreiben, sondern die Art und Weise, wie wir Gedächtnis untersuchen

Das Cocktailparty-Phänomen



viel über die Art und Weise, wie Psychologen das Gedächtnis erforschen und darüber sprechen, wie über das Gedächtnis selbst. Kurz gesagt, gibt es keine bestimmte »Box« oder andere Struktur im menschlichen Gehirn, die dem Kurzzeitgedächtnis, und keine andere, die dem Langzeitgedächtnis entspricht. Es handelt sich nicht um physische Strukturen, sondern um Abstraktionen.<sup>1</sup>

### 9.2.1 Sensorisches Gedächtnis

Sensorisches Gedächtnis ist ein Begriff für die unmittelbaren, unbewussten Wirkungen von Stimuli. Es lässt sich in den **Cocktailparty-Experimenten** illustrieren, die ihren Namen aus der Untersuchung von Situationen bekommen haben, welche gesellschaftlichen Anlässen ähneln, in deren Gedränge viele Ge-

spräche gleichzeitig stattfinden. Das Cocktailparty-Phänomen beschreibt die Fähigkeit von Individuen, ihre eigenen Gespräche fortzuführen, während sie die anderen simultan ablaufenden Gespräche scheinbar nicht zur Kenntnis nehmen. Wenn aber jemand anderes im Raum ein interessantes Thema anspricht, kann ihre Aufmerksamkeit sofort umschalten.

Dieses Phänomen zeigt, dass auch sensorische Eindrücke, denen das Individuum keine Aufmerksamkeit schenkt, offenbar zumindest eine kurzzeitige Wirkung haben.

Cherry (1953) war einer der ersten, der dieses Cocktailparty-Problem erforschte. In einer Studie setzte er seinen Probanden Kopfhörer auf und gab ihnen beiden Ohren unterschiedliche Nachrichten zu hören. Unter diesen Umständen schienen die Probanden fähig zu sein, absichtlich auf den einen oder den anderen Kanal zu achten.

<sup>1</sup> Sehen Sie, was ich mit Metaphern meine, rief die alte Dame vom Felshang herunter, wobei sie ihre Arme weit ausbreitete, als wolle sie eine Predigt beginnen – oder als wolle sie in die Luft springen und zu mir herabgleiten oder -tauchen. Aber nichts davon hatte sie vor. Sehen Sie, fragte sie rhetorisch, dass dieses Gedächtnismodell ein weiteres Beispiel dafür ist, wie selektiv Menschen vorgehen, wenn sie zu erklären versuchen, was in der »Black Box« ist und wie sie von der gerade aktuellen Metapher geleitet werden? Im Fall des

Gedächtnisses waren die Erklärungen lange Zeit durch eine Metapher geformt, die den menschlichen Geist als eine Art von Karteisystem ansah, das Informationen in logisch geordnete Karteien sortierte – von denen viele später verloren gingen. Eine andere Metapher sah den menschlichen Geist als eine Art Filmkamera, die kontinuierlich alles aufzeichnet, was sie erlebt. Eine aktuelle Metapher stellt das menschliche Gedächtnis als ein Informationsverarbeitungssystem dar, dessen Speicher durch die Art der Verarbeitung bestimmt wird.

In einer Abwandlung dieser Untersuchung ließ Broadbent (1952) seine Probanden alles wiederholen, was sie auf dem einen Ohr hörten, während sie es hörten – ein als »Shadowing« (Beschatten) bezeichneter Prozess. Mit diesem Ansatz entdeckte Broadbent, dass die Probanden sich nicht daran erinnern können, was sie auf dem anderen Ohr gehört haben. Als die Sprache, in der die Informationen auf das nichtbeachtete Ohr gegeben wurden, von Englisch auf Deutsch umgestellt wurde, bemerkten die Probanden dies nicht einmal. Moray (1959) stellte fest, dass Probanden sich sogar bei 35maliger Wiederholung eines Wortes nicht erinnern konnten, es gehört zu haben. Wenn aber der Name des Probanden nur ein einziges Mal genannt wurde, reichte dies oft aus, um eine Verlagerung der Aufmerksamkeit zu bewirken. Wood und Cowan (1995a, 1995b) replizierten diese Befunde später. Sie stellten weiter fest, dass Probanden, die ihren Namen auf dem nicht beachteten Kanal hörten, diesen Kanal einige Zeit danach weiter zu überwachen schienen. Moray fand auch heraus, dass wenn der Versuchsleiter das Band stoppte, Probanden abrufen konnten, was sie unmittelbar zuvor auf dem nichtbeachteten Ohr gehört hatten (obwohl die Wahrscheinlichkeit eines korrekten Abrufs mit längeren Zeitabständen stark abfiel). Offenbar haben sensorische Ereignisse kurzzeitige Wirkungen, auch wenn man ihnen keine Aufmerksamkeit schenkt. Diese Wirkungen definieren das, was wir sensorisches Gedächtnis nennen.

Sensorisches Gedächtnis zeigt sich auch in den Untersuchungen von Sperling (1963), in denen er mit einem Tachistoskop (einem Instrument, mit dem Stimuli blitzartig für Bruchteile einer Sekunde dargeboten werden können), auf einem Bildschirm drei Reihen von jeweils vier Buchstaben darbot. Unmittelbar nach der Darbietung hörten die Probanden einen von drei Tönen, der ihnen signalisierte, welche der drei Reihen sie abrufen sollten. Unter diesen Randbedingungen konnten sich die meisten Probanden fast immer an alle vier Buchstaben der betreffenden Reihe erinnern (die Genauigkeit des Abrufs lag bei über 90%). Wenn die Probanden aber aufgefordert wurden, sich an alle 12 Buchstaben zu erinnern, so schafften sie es im Durchschnitt nur auf 4,5. Je länger der zeitliche Abstand zwischen Darbietung der Buchstaben und der Frage danach war, desto weniger konnten sich die Probanden erinnern. Dieses Experiment illustriert sehr deutlich, dass eine

begrenzte Anzahl von Stimuli für eine sehr kurze Zeit nach der Präsentation abrufbar bleibt, auch wenn sie nicht beachtet werden. Diese Art des sensorischen Gedächtnisses gleicht gewissermaßen einem Echo – so sehr, dass Neisser (1976) es als echosches (für auditorische Stimuli) oder ikonisches (für visuelle Stimuli) Gedächtnis bezeichnete.

### 9.2.2 Kurzzeit-(oderArbeits-)Gedächtnis

Eine andere Annäherung an das sensorische Gedächtnis ist der Hinweis darauf, dass es der bewussten Aufmerksamkeit vorausgeht, mit anderen Worten: Es ist etwas, das ohne Bewusstsein des Betreffenden auftritt. Wenn der Betreffende auf einen Stimulus achtet (sich dessen bewusst wird), gelangt dieser Stimulus in das Kurzzeitgedächtnis (KZG).

Sensorisches Gedächtnis ist ein Phänomen, das nur Millisekunden dauert, Kurzzeitgedächtnis ist dagegen ein Phänomen, das Sekunden dauert – nicht Stunden, nicht einmal Minuten.

Insbesondere bezieht sich Kurzzeitgedächtnis auf Bewusstsein und Abrufmöglichkeit für Informationen, die nicht mehr verfügbar sein werden, sobald der Betreffende aufhört, sie zu wiederholen.

Goldblum (2001) nennt Kurzzeitgedächtnis **temporäres Gedächtnis**. Das Kurzzeitgedächtnis ermöglicht es Sekretärin Olga, eine Nummer in einem Telefonbuch zu finden und sie zu wählen, ohne nach dem Wählen der ersten Zahl die zweite, nach dem Wählen der zweiten Zahl die dritte usw. nachschauen zu müssen. Dass sie die Telefonnummer vergisst, nachdem sie sie gewählt hat und sie daher erneut nachschauen muss, wenn sie noch einmal wählen muss, sind ebenfalls Merkmale des Kurzzeitgedächtnisses. Langzeitgedächtnis (LZG) wäre beteiligt, wenn Olga vermutet, dass sie die Nummer wiederholt wählen wird und daher versucht, sie sich »einzuprägen«, es wäre auch beteiligt, wenn die Symmetrie und Poesie dieser Nummer ihr auffallen würden, sodass sie am nächsten Tag feststellen würde, dass sie sich noch daran erinnert.

#### Eine klassische Untersuchung zum Kurzzeitgedächtnis

Eine der gebräuchlichsten frühen Techniken zur Untersuchung des Kurzzeitgedächtnis wurde von Peter-

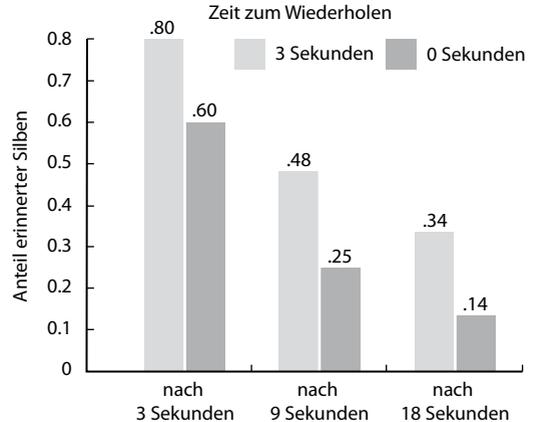
son und Peterson (1959) entwickelt: Hier wird Probanden eine einzige sinnlose Silbe präsentiert und sie werden gebeten, sie später wieder abzurufen. Der unmittelbare Abruf ist normalerweise nahe bei 100% (Fehler beruhen hauptsächlich darauf, dass die Silbe nicht richtig verstanden wird). Größere Zeitabstände zwischen der Darbietung des Wortes und seinem Abruf führen zu höheren Fehlerraten, deren Ausmaß von den zwischenzeitlich ablaufenden Aktivitäten des Probanden abhängt. Wenn Probanden währenddessen nichts tun und wissen, dass sie die Silbe später abrufen sollen, wiederholen sie sie normalerweise, um sicherzustellen, dass sie sich daran erinnern. Wenn die Probanden unmittelbar nach der Darbietung der sinnlosen Silbe aber irgendeine andere Aktivität ausführen sollen (z. B. im Takt eines Metronoms rückwärts zählen), wird die Erinnerung gestört. In der Studie von Peterson und Peterson (1959) bspw. erinnerten sich die Probanden in 80% der Fälle an die Silbe, wenn sie 3 Sekunden Zeit hatten, sie zu wiederholen, aber nur in 60% der Fälle, wenn sie dazu keine Gelegenheit hatten.

18 Sekunden nach der Darbietung des Stimulus erinnerten sich die Probanden immer noch in 33% der Fälle, wenn sie 3 Sekunden lang Gelegenheit hatten, die Silbe zu wiederholen, aber nur in 14% der Fälle, wenn sie dazu keine Gelegenheit hatten (Abb. 9.4).

### Begrenzte Kapazität

Kurzzeitgedächtnis bedeutet aktuelle Verfügbarkeit einer kleinen Anzahl von Items – eine Verfügbarkeit, die bereits innerhalb von Sekunden nachlässt und normalerweise innerhalb von 20 Sekunden (ohne Wiederholung) verschwunden ist. Kurzzeitgedächtnis ermöglicht Lesern, die Worte, die sie gerade lesen (oder schreiben), lange genug im Gedächtnis zu behalten, um den Sinn des Ganzen zu verstehen. Anders ausgedrückt: Kurzzeitgedächtnis ist das, was zu einem gegebenen Zeitpunkt bewusst ist. Wie Baddeley (2002) erklärt, ist es eine Art von »Notizblock« für das Denken. Aus diesem Grund wird Kurzzeitgedächtnis oft als **Arbeitsgedächtnis** bezeichnet.

Aus seinen Untersuchungen zum Kurzzeitgedächtnis schloss Miller (1956), dass die durchschnittliche Kurzzeitgedächtnis-Kapazität eines Erwachsenen bei etwa sieben, plus oder minus zwei, Items



■ **Abb. 9.4.** Anteil sinnloser Silben, an die sich die Probanden in der Untersuchung von Peterson und Peterson korrekt erinnerten, in Abhängigkeit von Wiederholung und Zeitabstand zwischen Darbietung und Abruf. Probanden in der Gruppe, die 0 Sekunden Zeit hatte, die Silbe zu wiederholen, mussten unmittelbar nach der Darbietung der Silbe beginnen, von einer dreistelligen Zahl rückwärts zu zählen. Die Probanden der anderen Gruppe hatten vor Beginn der Zähl-aufgabe 3 Sekunden Pause. Aus »Short-term Retention of Individual Verbal Items« von L.R. Peterson und M.J. Peterson, 1959, *Journal of Experimental Psychology*, 58, S. 197

liegt. Miller zufolge gibt es etwa sieben Speicherplätze im Kurzzeitgedächtnis – plus oder minus zwei. Wenn diese gefüllt sind, ist kein Platz für weiteres, bis ein oder zwei Speicherplätze wieder geleert sind, was in Anbetracht der Eigenschaften des Kurzzeitgedächtnisses innerhalb von Sekunden geschieht.

### Chunking (Gruppierung)

Die begrenzte Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses stellt für die meisten Menschen kein großes Problem dar, sagt Miller (1956), weil die Items, die die Speicherplätze füllen, keine Einzelinformationen (bspw. eine Zahl oder ein Buchstabe) sein müssen. Stattdessen können sie aus mehreren Items zusammengesetzt sein – eine Gruppierung (chunking) von Items sozusagen. Daher können die Speicherplätze des Kurzzeitgedächtnis mit sieben Buchstaben oder mit sieben Wörtern gefüllt werden. Die sieben Wörter stellen Gruppen von Informationen dar, die weit ökonomischer (und wahrscheinlich bedeutsamer) sind als sieben unzusammenhängende Buchstaben. Miller erklärt Chunking, indem er es analog zu einer Geldbörse mit Wechselgeld dar-

stellt, die nur sieben Geldstücke aufnehmen kann (das ist die Gedächtnismetapher »Wechselgeldbörse«). Wenn sieben Pennies in der Börse sind, ist sie voll, sie könnte aber auch sieben Vierteldollar oder sieben Dollar (oder sieben Tausenddollarscheine) aufnehmen.

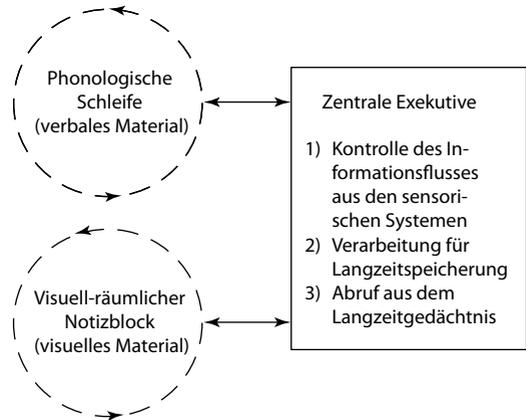
### Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell

Wie funktioniert also Arbeitsgedächtnis? Zur Erinnerung: **Arbeitsgedächtnis** ist nur ein anderes Etikett für **Kurzzeitgedächtnis**. Baddeley und Hitch (1974) stellen ein sehr interessantes, wenn auch etwas kompliziertes Modell vor. Zunächst, so erklären sie, wird eine Art von Kontrollprozess oder -system benötigt, das den gesamten Prozess überwacht. Sie nennen dieses System die zentrale Exekutive. Zweitens legt unser Wissen über die Funktionsweise des Kurzzeitgedächtnis nahe, dass es mindestens zwei andere Systeme geben muss, die aufgrund ihrer Beziehung zu der zentralen Exekutive als untergeordnete Systeme bezeichnet werden. Diese beiden untergeordneten Systeme sind die phonologische Schleife und der visuell-räumliche Notizblock (Abb. 9.5).

Die wichtigsten Funktionen der zentralen Exekutive sind, (1) den Informationsfluss aus dem sensorischen Speicher zu regulieren (also Information der bewussten Aufmerksamkeit zugänglich zu machen), (2) Information für längerfristige Speicherung zu verarbeiten und (3) Information aus dem Langzeitspeicher abzurufen (Baddeley, 1997).

Die Hauptfunktionen der untergeordneten Systeme bestehen darin, Information aufrechtzuerhalten, damit sie für das Arbeitsgedächtnis verfügbar bleiben. Die phonologische Schleife hält verbale Informationen wie Worte oder Zahlen aufrecht und spielt eine wichtige Rolle beim Lernen neuer Wörter. In ähnlicher Weise verarbeitet der visuell-räumliche Notizblock hauptsächlich visuelles oder räumliches Material (Gathercole & Baddeley, 1993).

Dieses Modell legt nahe, dass im Arbeitsgedächtnis zwei unterschiedliche und unabhängige Verarbeitungsmodi existieren. Untersuchungen mit einem von Baddeley und Kollegen entwickelten Doppelaufgabenparadigma liefern dafür experimentelle Unterstützung. Dabei werden Probanden bspw. aufgefordert, eine visuell präsentierte Wortliste zu lernen (eine Aufgabe für die zentrale Exekutive), während



Untergeordnete Systeme

■ **Abb. 9.5.** Darstellung des Arbeitsgedächtnismodells von Baddeley und Hitch. Die zentrale Exekutive kontrolliert den Informationsfluss aus dem sensorischen Speicher, verarbeitet ihn, falls notwendig, und sorgt für den Abruf aus dem Langzeitspeicher. Die untergeordneten Systeme halten das sensorische Material für den Zugriff durch die zentrale Exekutive vorübergehend verfügbar

sie eine Sequenz von sechs oder weniger Zahlen behalten sollen (eine Aufgabe für ein untergeordnetes System). Man sollte erwarten, dass zwischen diesen Aufgaben starke Interferenzen auftreten. Aber normalerweise gibt es dabei nur geringfügige Interferenzen – nach Ansicht von Baddeley (1997) ein deutlicher Hinweis darauf, dass die zentrale Exekutive und die untergeordneten Systeme unterschiedliche Prozesse darstellen.

Zusätzliche Hinweise darauf, dass auch die untergeordneten Systeme auf verschiedenen Prozessen beruhen, stammen aus Untersuchungen, die die Hirnaktivität überwachen, während Probanden Gedächtnisaufgaben durchführen. Diese Untersuchungen verweisen darauf, dass separate Gehirnregionen an den unterschiedlichen Aspekten von Arbeitsgedächtnis beteiligt sind (bspw. Henson, 2001).

Bezogen auf das modale Modell, wie es in ■ **Abb. 9.3** dargestellt ist, repräsentiert Baddeleys Modell die Inhalte von sensorischem Gedächtnis und von Arbeitsgedächtnis. Das Baddeley-Modell besagt im Grunde, dass die untergeordneten Systeme die Wirkungen sensorischer Stimulation aufrecht erhalten (in einer Art von Schleife, wenn man so will), damit die zentrale Exekutive auf sie zugreifen kann.

Wichtig in diesem Modell ist außerdem, dass eine wesentliche Funktion der zentralen Exekutive im Transfer von Material ins Langzeitgedächtnis sowie auch im Abruf aus dem Langzeitgedächtnis besteht. Diese Themen werden in einem späteren Abschnitt zum Langzeitgedächtnis diskutiert.

### Verarbeitungsebenen

Unterschiedliche Theorien erklären, weshalb das Kurzzeitgedächtnis auf wenige Items begrenzt ist und weshalb es zu Vergessen kommt. Die Zerfallstheorie (Decay Theory) besagt, dass Gedächtnisspuren im Laufe der Zeit schnell zerfallen (wenn sie nicht kontinuierlich wiederholt werden). Die Verschiebungstheorie (Displacement Theory) – im Grunde eine Analogie zu Miller (1956) – sagt aus, dass nur eine begrenzte Anzahl von Speicherplätzen im Kurzzeitgedächtnis vorhanden ist, sodass neu eintreffende Information alte Information daraus verschiebt. Die Interferenztheorie, die der Verschiebungstheorie stark ähnelt, besagt, dass vorausgegangenes Lernen (und nicht später eintreffende Informationen) in gewisser Weise mit dem Kurzzeitgedächtnis interferiert.

Craik und Lockhart (1972) vertreten die Auffassung, dass die Ursache von Informationsverlust aus dem Kurzzeitgedächtnis in den Verarbeitungsebenen liegt. Sie meinen, dass der Hauptunterschied zwischen Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis in der Art der Inputverarbeitung besteht. Ein einfacher Stimulus wie ein Wort kann bspw. in Bezug auf sein physikalisches Aussehen verarbeitet werden – eine sehr niedrige, die sogenannte orthografische Verarbeitungsebene. Alternativ kann ein Wort aber auch im Hinblick auf seinen Klang verarbeitet werden (ein etwas tieferes, das sogenannte phonologische Verarbeitungsniveau). Oder es kann in Bezug auf seine Bedeutung verarbeitet werden (semantische Verarbeitung – die tiefste Verarbeitungsebene). Craik (1977) entwickelte Experimente, in denen Probanden Wortanalyseaufgaben durchführten, bei denen sie Wörter auf verschiedenen Ebenen verarbeiten sollten – wobei sie aber nicht wussten, dass sie sich später an die Wörter erinnern sollten. Sie wurden bspw. gefragt, ob ein Wort in Großbuchstaben geschrieben war (niedrigste Verarbeitung: orthografisch), ob es sich auf ein anderes Wort reimte (mittlere Verarbeitungsebene: phonologisch) oder ob es

dasselbe bedeutete wie ein anderes Wort (tiefste Verarbeitungsebene: semantisch). Nicht überraschend war, dass bei tieferer Verarbeitung der Anteil der Wörter anstieg, an den sich die Probanden später erinnerten.

Laut Craik kommt es im sensorischen Register nicht zu Verarbeitung. Auf der Ebene des Kurzzeitgedächtnisses kommt es zu einer »flachen« Verarbeitung. Stimuli werden hauptsächlich aufgrund einer Wahrnehmungsanalyse erkannt. Bei tieferer Verarbeitung (z. B. Analyse, Organisation, Erkennung der Bedeutung) wird Material ins Langzeitgedächtnis transferiert und geht daher nicht unmittelbar verloren. Das Vergessen aus dem Kurzzeitgedächtnis resultiert also aus unangemessener Verarbeitung (Cermak & Craik, 1979).

Die Überblicksarbeit von Nairne (2002) zu Untersuchungen, die sich mit Vergessen aus dem Kurzzeitgedächtnis befasst haben, zeigt die potenzielle Gültigkeit und Nützlichkeit von Craiks Erklärung über die Verarbeitungsebenen auf. Laut Nairne sind weder Zerfall der Gedächtnisspur noch mangelnde Wiederholung sehr gute Erklärungen für die häufigsten Fälle von Vergessen aus dem Kurzzeitgedächtnis. Vergessen ist stattdessen häufig auf fehlerhafte Abrufhinweise oder auf das Fehlen solcher Hinweise überhaupt zurückzuführen. Wenn eine Information wiederholt oder verarbeitet wird, erstellt der Lernende bestimmte Hinweise, die für den späteren Abruf verwendet werden können. Wenn diese Hinweisreize ermöglichen, dass der Abruf auch nach mehr als ein paar Sekunden möglich ist, wird angenommen, dass das Material für eine Speicherung im Langzeitgedächtnis enkodiert worden ist. Wahrscheinlich haben sich deshalb die meisten Forscher nur wenig mit Vergessen aus dem Kurzzeitgedächtnis befasst, vermutet Groeger (1997). Schließlich besteht die Funktion des Kurzzeitgedächtnisses einfach darin, Informationen so lange aufrechtzuerhalten wie nötig, um sie dann zu verwerfen. Wenn Menschen nicht auf diese Art funktionieren würden, dann würde ihr Langzeitgedächtnis wahrscheinlich mit aller Art nutzloser Information vollgepackt, sodass der Abruf aus dem Langzeitgedächtnis schwieriger wäre.

Informationsverlust aus dem Kurzzeitgedächtnis wird dann zu einem signifikanten Problem, wenn Krankheiten, Verletzungen oder Alterungsprozesse

das Kurzzeitgedächtnis so stark beeinträchtigen, dass die spätere Verarbeitung leidet. Das geschieht im Grunde dann, wenn Menschen vergessen, was sie sagen wollten, nachdem sie damit begonnen haben. Oder was sie als Nächstes schreiben wollten...

### 9.2.3 Langzeitgedächtnis

Vor den 50er Jahren befasste sich der größte Teil der Gedächtnisforschung nicht mit den kurzlebigen und instabilen Erinnerungen des Kurzzeitgedächtnisses, sondern mit den stabileren, und – per definitionem – langlebigeren Erinnerungen des Langzeitgedächtnisses. Den Nutzen einer Unterscheidung zwischen LZG und KZG erkannten Psychologen erst Mitte der 50er Jahre.

Zwei weitere Veränderungen in der Gedächtnisforschung waren: (a) Statt sinnloser Silben und Wortpaare wurde nun bedeutungsvolles Material verwendet und (b) statt Gedächtnisspannen und Interferenzeffekte zu messen, verlagerte sich der Schwerpunkt auf die Untersuchung von Modellen zu Langzeitspeicherung und Abruf.

Alles, woran ein Mensch sich erinnern kann und was nicht gerade erst passiert ist, gehört zum Langzeitgedächtnis. Daher befinden sich alle Erinnerungen an Schulunterricht, Sprachkenntnisse und das gesamte stabile Weltwissen im Langzeitgedächtnis. Vier besonders wichtige Merkmale des Langzeitgedächtnisses werden im Folgenden illustriert.

#### 1. Langzeitgedächtnis ist äußerst stabil

An vieles von dem, woran Sie sich heute und morgen erinnern, werden Sie sich auch in der nächsten Woche und vielleicht sogar im nächsten Jahr erinnern. Gesichter und andere Wahrnehmungsmuster, die Sie heute erkennen, werden Sie auch morgen erkennen. Und die allgemeinen Informationen, die Sie aus Ihrer Schulzeit behalten haben, werden Sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch noch im nächsten Monat wissen (Jenkins, Burton & Ellis, 2002; Magnussen, Greenlee, Aslaksen & Kildebo, 2003). Tatsächlich sind manche Erinnerungen, z. B. solche, die mit Geruch zu tun haben, erstaunlich haltbar über die Zeit. Wie Annett (1996) anmerkt, wird der Geruchssinn erst in jüngerer Zeit systematisch und intensiv erforscht. Vor

Mitte der 70er Jahre befassten sich aktuelle kognitive Gedächtnismodelle hauptsächlich mit visueller und verbaler Information. Seitdem ist jedoch die Zahl der Forschungsarbeiten zum olfaktorischen Gedächtnis dramatisch angestiegen. Diese Forschung zeigt, dass das Gedächtnis für Gerüche einzigartig, vom Gedächtnis für verbale oder visuelle Informationen unabhängig und durch Interferenzen nicht störfähig ist. In einer sehr interessanten Studie füllten Goldman und Seamon (1992) 14 Gerüche auf Flaschen ab, von denen die Hälfte mit der Kindheit assoziiert war (bspw. Späne angespitzter Farbstifte, Play-Doh, Fingerfarbe, Schaumseife), die andere Hälfte teilweise oder gänzlich mit Erwachsensein (Schokolade, Popcorn, Seifenspäne, Zigarettentabak). Erwachsene erkannten über 90% der kürzlich wahrgenommenen Gerüche und mehr als drei Viertel der manchmal sehr lange zurückliegend wahrgenommenen Gerüche (Abb. 9.6). »Eine signifikante Erinnerung für Assoziationen zwischen Namen und Gerüchen bleibt sogar über sehr lange Abrufintervalle erhalten«, folgern Goldman und Seamon, »viel länger als alle anderen, die bisher getestet wurden« (1992, S. 562).

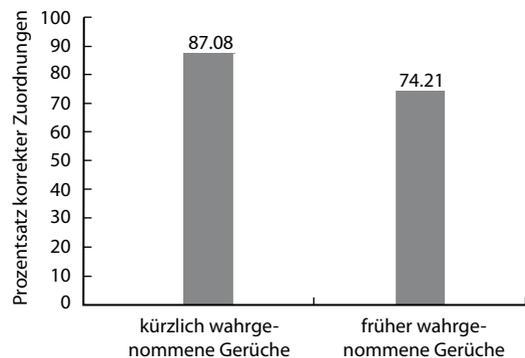


Abb. 9.6. Genauigkeit der Erinnerung an kürzlich und länger zurückliegend wahrgenommene Gerüche. In dieser Untersuchung ordneten 30 17-22jährige Studenten in mindestens zwei von drei Fällen Gerüche korrekt bestimmten Namen zu. Aus »Very Long-Term Memory for Odors: Retention of Odor-Name Associations« von W.P. Goldman und J.G. Seamon, 1992. *American Journal of Psychology*, 105, S. 549-563 (Abbildung 1, S. 553). © 1992 Board of Trustees of the University of Illinois. Nachdruck mit Genehmigung der University of Illinois Press

## 2. Langzeitgedächtnis ist generativ

»Gedächtnis«, schreiben Schacter, Norman und Koutstaal, »ist keine buchstäbliche Reproduktion der Vergangenheit, sondern stattdessen abhängig von Konstruktionsprozessen, die wiederum für Fehler, Verzerrungen und Illusionen anfällig sind« (1998, S. 290). Vorgefasste Meinungen und Ansichten darüber, was zusammengehört, sogenannte **Schemata** oder **Skripte**, beeinflussen das Gedächtnis grundlegend. Diese Schemata können Menschen dazu bringen, sich an Dinge zu erinnern, die niemals geschehen sind – mit anderen Worten: Erinnerungen zu **generieren** anstatt zu **reproduzieren**. Johnson, Bransford und Solomon zeigten Probanden bspw. diese Textpassage (1973, S. 203):

John versuchte, das Vogelhaus zu reparieren. Er schlug den Nagel ein, als sein Vater herauskam, um ihm zuzuschauen und bei der Arbeit zu helfen.

Später wurden den Probanden die oben gezeigten beiden Sätze gezeigt, zusammen mit verschiedenen anderen, z. B. dem folgenden:

John benutzte den Hammer, um das Vogelhaus zu reparieren, als sein Vater herauskam, um ihm zuzuschauen und bei der Arbeit zu helfen.

Die meisten Probanden waren überzeugt, diesen Satz gesehen zu haben und nicht die beiden Sätze, die sie tatsächlich gesehen hatten. Warum? Weil die Probanden, obwohl das Wort Hammer in keinem der beiden ersten Sätze erwähnt worden war, sich an die Idee des Satzes klar erinnerten und auf Grundlage ihres Wissens, dass man Hämmer dazu verwendet, um Nägel einzuschlagen, das Wort in ihren

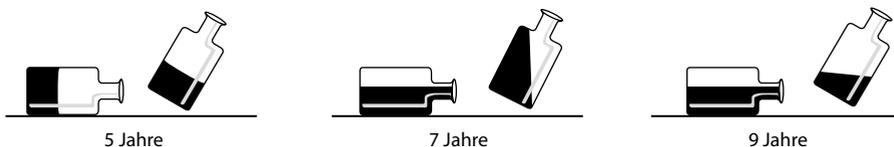
Erinnerungen **generierten**, sagen Johnson und Kollegen.

Die generative (oder konstruktive) Tendenz des Gedächtnisses hat besonders wichtige Implikationen für Rechtssysteme, die sich stark auf Zeugenaussagen stützen. Untersuchungen von Loftus, Feldman und Dashiell (1995) zeigen bspw., dass sich Zeugen unter einer Vielzahl von Randbedingungen an die Ereignisse wahrscheinlich nur ungenau erinnern oder sich sogar an Ereignisse erinnern, die gar nicht stattgefunden haben.

## 3. Verständnis beeinflusst das Langzeitgedächtnis

Menschen erinnern sich oft an eine Bedeutung – eine zentrale Idee. Wir erinnern uns nicht so sehr an Einzelheiten als vielmehr an das **Wesentliche**, erklären Koriart, Goldsmith und Pansky (2000). Wenn Len z. B. eine Geschichte hört und sie dann nacherzählt, erinnert er sich normalerweise an den allgemeinen Ablauf – die Situation und die Pointe. Wenn er die Geschichte nacherzählt, erinnert er sich nicht an jeden einzelnen Satz, an jede Pause und die Gesten des ursprünglichen Erzählers. Stattdessen generiert er seine eigene Geschichte, basierend auf seinem Verständnis der gehörten Geschichte.

Die Beziehung zwischen Verständnis und Langzeitgedächtnis wird mit einer Untersuchung von Piaget und Inhelder (1956) illustriert, in der kleine Kinder Linien zeichnen, die die Wasserlinie in geneigten Gefäßen anzeigen sollten. Obwohl alle Kinder Flüssigkeiten in geneigten Gläsern oder Flaschen gesehen haben, geht aus ihren Reproduktionen hervor, dass sie sich nicht wirklich daran erinnern, wie dies aussieht (gezeigt in **Abb. 9.7**). Erst nachdem Kinder verstehen, dass der Wasserspiegel horizontal bleibt, erinnern sie sich korrekt.



**Abb. 9.7.** Von Kindern eingezeichnete Wasserspiegel. Man beachte, dass die Kinder nicht zeichnen, was sie gesehen haben und woran sie sich erinnern. Sie zeichnen den Wasser-

spiegel erst dann richtig ein, wenn sie verstanden haben, dass der Wasserspiegel horizontal verläuft

#### 4. An manche Dinge kann sich der Mensch leichter erinnern.

Wie wir gerade gesehen haben, wird bedeutungsvolles Material leichter und über längere Zeiträume in der Erinnerung behalten als weniger bedeutungsvolles Material. Das Gedächtnis für Gerüche scheint ebenfalls sehr dauerhaft zu sein. Und wie Wynn und Logie (1998) aus ihren Befragungen von 63 Erwachsenen über tatsächliche Ereignisse in deren Leben schlossen, sind persönliche Erinnerungen an reale Alltagserlebnisse bemerkenswert genau und verändern sich über die Zeit auch wenig.

An besonders bemerkenswerte, wichtige oder emotionale Ereignisse kann man sich auch oft klarer und länger erinnern als an banalere Ereignisse. Solche Ereignisse lösen manchmal sogenannte Flashbulb Memories (Blitzlichterinnerungen) aus. Flashbulb Memories sind außerordentlich lebhaftere Erinnerungen an das erste Gewahrwerden einer besonders emotionalen Information. Solche Erinnerungen, erklärt Cohen (1996), enthalten normalerweise einen sehr genauen Abruf der unmittelbaren Umstände, in denen man diese Nachricht erstmals vernahm, was man da gerade tat, wie man es erfuhr, was man dabei fühlte, was als nächstes geschah, usw. Flashbulb Memories sind manchmal Massenphänomene – wie beim Attentat auf Präsident Kennedy in den Vereinigten Staaten oder dem Tod von Prinzessin Diana in Europa. Sie können aber auch persönlicher sein, z. B. wenn man er-

fährt, dass man viel Geld in einer Lotterie gewonnen hat.

### 9.2.4 Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis im Vergleich

Das Kurzzeitgedächtnis ist ein aktives Gedächtnis, sagt Wickelgren: Es enthält, woran »man gegenwärtig denkt« (1981, S 46). Daher entspricht das Kurzzeitgedächtnis der Aufmerksamkeitsspanne, und der wichtigste Unterschied zwischen Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis ist nicht, dass das eine nur Sekunden anhält und das andere über lange Zeiträume, sondern vielmehr, dass das eine unmittelbar bewusst ist und das andere nicht.

Zu weiteren Unterschieden zwischen Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis (zusammengefasst in ■ Tab. 9.3) gehört auch, dass das Kurzzeitgedächtnis als ein aktiv laufender Prozess leicht durch äußere oder innere Ereignisse stöbar ist. Im Gegensatz dazu ist das Langzeitgedächtnis eher passiv und weniger störanfällig. Außerdem ist, wie wir gesehen haben, das Kurzzeitgedächtnis in seiner Kapazität wesentlich begrenzter, da es im Kern synonym zu aktiver Aufmerksamkeit oder unmittelbarem Bewusstsein ist.

Schließlich erfolgt der Abruf aus dem Kurzzeitgedächtnis auch unmittelbar und automatisch – eine kaum überraschende Tatsache, da das Abgerufene entweder unmittelbar im Bewusstsein oder nicht verfügbar ist. Der Abruf aus dem Langzeitgedächtnis

■ Tab. 9.3. Drei Gedächtnisebenen

	Sensorisch	Kurzzeit	Langzeit
Alternative Bezeichnungen	Echoisches oder ikonisches Gedächtnis	Primäres oder Arbeitsgedächtnis	Sekundäres Gedächtnis
Dauer	Unter 1 Sekunde	Temporär, unter 20 Sekunden	Dauerhaft, unbegrenzt
Stabilität	Vorübergehend	Leicht stöbar	Nicht leicht stöbar
Kapazität	Begrenzt	Begrenzt (7 +/- 2 Items)	Unbegrenzt
Allgemeine Merkmale	Augenblicklicher, unbewusster Eindruck, eine vorübergehende Empfindung oder Assoziation	Worauf wir unsere Aufmerksamkeit ausrichten; unmittelbares Bewusstsein; aktiv; durch Wiederholung aufrechtzuerhalten	All unser Wissen; passiv; Resultat von Enkodierung, Speicherung und Abruf von Information

Aus **Psychology for Teaching**, 10. Auflage, von G.R. Lefrançois, S. 175. Copyright © by Wadsworth, Inc. Nachdruck mit Genehmigung von Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA.

kann weit zögerlicher verlaufen, eine Suche erfordern und Verzerrungen des ursprünglich Gelernten enthalten.

### 9.3 Verschiedene Formen des Langzeitgedächtnisses

Eine wichtige Einsicht aus der Gedächtnisforschung ist die allmähliche Erkenntnis, dass Langzeitgedächtnis nicht einheitlich ist, sondern aus verschiedenen Komponenten besteht. Zahlreiche Forscher und Theoretiker haben verschiedene Etiketten als Metaphern für diese Komponenten vorgeschlagen. Zu den nützlichsten und am häufigsten erforschten gehören das **implizite** und das **explizite** Gedächtnis (Davis, 2001).

#### 9.3.1 Explizites (deklaratives) und implizites (nicht deklaratives) Gedächtnis

Wie wir bereits gesehen haben, kann Wissen entweder explizit oder implizit sein. Als der Tausendfüßler gefragt wurde, wie er es schafft, auf seinen vielen Beinen so elegant zu laufen, woher er immer weiß, welches er als nächstes bewegen muss, stellte er erstaunt fest, dass er über dieses Problem nie wirklich nachgedacht hatte. Daher versuchte er darüber nachzudenken, wie er lief, und das arme Ding war am Ende hoffnungslos verwirrt und völlig verknottet, nur weil es versuchte bewusst so zu laufen, wie es das immer getan hatte.

Erinnerungen von Menschen daran, wie man geht, wie man sich auf einem Fahrrad aufrecht hält, wie man einen Home Run schlägt oder wie man beim Eislauf einen dreifachen Lutz macht, sind implizite Erinnerungen – auch als **nichtdeklarative** Erinnerungen bezeichnet, weil sie nicht einfach abgerufen und in Worte gefasst werden können (also nicht »deklariert« werden können).

Im Gegensatz dazu sind die Erinnerungen an Namen und Adressen von Menschen, ihre Telefonnummern und den Namen ihres Hundes explizite Erinnerungen – auch als **deklarativ** bezeichnet, weil sie in Worte gefasst werden können (sie können »deklariert« werden). Andere Beispiele sind Erinnerun-

gen an den letzten Geburtstag oder was man letztes Jahr zu Weihnachten getan hat.

»Die wesentliche Unterscheidung«, sagen Squire, Knowlton und Musen, »ist die zwischen bewusstem Gedächtnis für Fakten und Ereignisse und verschiedenen Formen nichtbewussten Gedächtnisses« (1993, S. 457). Eine Methode, sich den Unterschied zwischen explizitem und implizitem Gedächtnis klarzumachen, bezieht sich auf den Unterschied zwischen **Wissen** und **Erinnern**, sagen Rovee-Collier, Hayne und Colombo (2001). An explizite Erinnerungen kann sich der Mensch erinnern; d. h. er kann sie ins Bewusstsein rufen (explizit machen). Im Gegensatz dazu können implizite Erinnerungen, obwohl sie Dinge enthalten, die man weiß (bspw. Fahrradfahren) nicht **erinnert** und verbalisiert werden. Das bedeutet, sie können nicht explizit gemacht werden.

#### Physiologische Belege

Am Beispiel von Amnestikern, die häufig intensiv von Psychologen untersucht wurden, kann man den Unterschied zwischen implizitem und explizitem Gedächtnis besonders deutlich illustrieren. Viele Amnestiker haben große Teile ihres deklarativen (expliziten) Gedächtnisses verloren, sie haben oft vergessen, wer sie sind, wo sie zur Schule gingen, welchen Beruf sie hatten, wer ihre Ehepartner, Kinder, Eltern und Freunde sind usw. Dennoch verfügen sie noch über viele implizite Erinnerungen bezüglich motorischer Fertigkeiten und anderer Dinge.

Wie Keane et al. (1997) demonstrierten, zeigen Amnestiker in einfachen Gedächtnisexperimenten gute Leistungen beim impliziten Gedächtnis, während ihr Abruf expliziten Lernens gestört ist, was nicht überraschend ist. Ebenso schneiden Alzheimer-Patienten (eine Krankheit, die mit schweren Gedächtniseinbußen verbunden ist) relativ gut in Tests des impliziten Gedächtnis ab, obwohl sie schwere Beeinträchtigungen in Aufgaben zum expliziten Gedächtnis zeigen (Monti, Gabrieli, Wilson, Beckett, Grinnell et al., 1997). Wie Hintzman (1990) berichtet, können Amnestiker interessanterweise klassisch konditioniert werden. Dieser Befund ist ein Beleg für implizites oder nichtdeklaratives Gedächtnis. In diesen Fällen können sie sich jedoch meistens nicht an den Konditionierungsvorgang selbst erinnern,

was auf die Schwäche des deklarativen Gedächtnisses verweist.

Wie wir später in diesem Kapitel sehen werden, liefern Untersuchungen der Hirnaktivität gesunder Probanden, genau wie Untersuchungen von Menschen mit Hirnschäden, überzeugende Belege dafür, dass an implizitem und explizitem Gedächtnis unterschiedliche Teile des Gehirns beteiligt sind (bspw. Broadbent, Clark, Zola & Squire, 2002).

### 9.3.2 Zwei Formen des deklarativen Gedächtnisses

Untersuchungen an Amnestikern verweisen auch auf eine wichtige Unterscheidung zwischen zwei Formen des deklarativen Gedächtnisses. Da ist z. B. der Fall K.C., ein Mann, der mit 30 Jahren mit seinem Motorrad aus einer Kurve getragen wurde und einen schweren Gehirnschaden mit einer dauerhaften Amnesie davontrug (Tulving, Schacter, McLachlan & Moscovitch, 1988). K.C. ist nicht imstande, sich irgendetwas, das er in der Vergangenheit jemals getan, gesehen oder gefühlt hat, bewusst ins Gedächtnis zu rufen. Er kann sich nicht daran erinnern, je etwas erlebt oder getan zu haben. Tulving schreibt: »K.C. weiß, dass seine Familie ein Sommerhaus besitzt, er weiß wo es liegt, er kann den Ort auf einer Karte von Ontario zeigen, und er weiß, dass er dort Sommer und Wochenenden verbracht hat. Aber er erinnert sich an keine Gelegenheit, zu der er in dem Haus war und an kein einzelnes Ereignis, das dort stattgefunden hat« (1989, S. 363). K.C. erinnert sich an alle möglichen politischen, geographischen und musikalischen Dinge. Er kann sich so gut erinnern, dass seine gemessene Intelligenz im Normalbereich liegt, und wenn man mit ihm redet, bemerkt man vielleicht nicht einmal, dass etwas nicht stimmt. Aber er erinnert sich an keine einzige persönliche Episode seines Lebens.

#### Semantisches und episodisches Gedächtnis

Es gibt mindestens zwei unterschiedliche Formen von deklarativem Langzeitgedächtnis, behauptet Tulving (1989, 2002). Einerseits ist da das stabile Weltwissen, z. B. abstraktes Wissen, Wissen zum Verständnis und zur Verwendung von Sprache, Wissen über Prinzipien, Gesetze und Fakten, Wis-

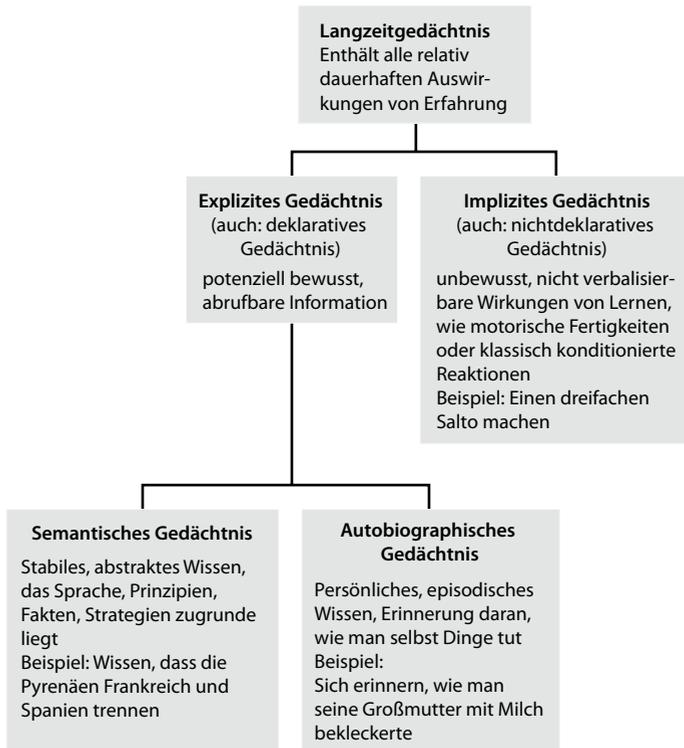
sen über Strategien und Heuristiken. Dies sind Beispiele für semantisches Gedächtnis. Die Belege zeigen, dass das semantische Gedächtnis bei K.C. erhalten ist.

Andererseits ist da Wissen, das aus persönlichen Erinnerungen an Ereignisse besteht, die das Individuum erlebt hat. Hierbei handelt es sich nicht um abstrakte Erinnerungen (wie bspw. Regeln und Prinzipien), sondern um spezifische, an eine Zeit und einen Ort gebundene Erinnerungen. Es sind autobiographische Erinnerungen, an denen immer eine Person an einem Ort zu einer bestimmten Zeit beteiligt ist. Diese Erinnerungen, die durch K.C.s Amnesie zerstört wurden, werden als episodisches Gedächtnis bezeichnet.

Tulving argumentiert, dass diese beiden Formen von Gedächtnis sich ausreichend unterscheiden, um ihre separate Behandlung zu rechtfertigen. Er nimmt an, dass sich die Art der Speicherung in den beiden Gedächtnisformen deutlich unterscheiden könne, ebenso wie die Art, wie erinnert und wie vergessen wird. Das episodische Gedächtnis scheint bspw. weitaus anfälliger für Verzerrungen oder Vergessen zu sein als das semantische: Menschen tun sich beträchtlich schwerer, sich daran zu erinnern, was sie vor drei Tagen zum Frühstück gegessen haben als sich an ein Gedicht oder einen Namen zu erinnern, den sie in der Grundschule lernten.

Laut Tulving (1989) ist das episodische Gedächtnis vom semantischen Gedächtnis abhängig. Wenn Georgina sich an das Erlebnis des morgendlichen Frühstücks erinnert, kann sie sich auch an eine Vielzahl abstrakter Dinge erinnern, die mit dem Essen, mit Frühstück, mit Küchen oder Restaurants zusammenhängen. Im Gegensatz dazu scheint das semantische Gedächtnis auch unabhängig oder sogar in Abwesenheit von episodischem Gedächtnis arbeiten zu können. Daher kann K.C. wissen, wie man Schach spielt – und wissen, dass er weiß, wie man Schach spielt – ohne eine Erinnerung daran zu haben, jemals eine Partie Schach gespielt zu haben. In Tulvings Worten: »Es ist einem Individuum möglich, Fakten zu wissen, ohne sich zu erinnern, sie gelernt zu haben, es ist aber nicht möglich, sich an etwas zu erinnern, ohne zu wissen, was es ist, woran man sich erinnert« (1989, S. 365).

Tulving (2002) erklärt, dass episodisches Gedächtnis eng mit einem subjektiven Zeitempfinden



■ **Abb. 9.8.** Ein Modell des Gedächtnisses. Forscher beschreiben verschiedene Aspekte des Gedächtnisses, die sich in Bezug auf das beteiligte Material und die Art, wie das Material gelernt und abgerufen wird, unterscheiden. Unter-

suchungen zu Gedächtnisstörungen bei Amnestikern sowie bildgebende Untersuchungen des Gehirns liefern Hinweise darauf, dass unterschiedliche Teile des Gehirns an den verschiedenen Formen des Gedächtnisses beteiligt sind

verbunden ist.<sup>2</sup> Wenn Menschen sich an besondere Episoden ihres Lebens erinnern, erinnern sie sich auch an eine bestimmte Zeit und an einen Ort. K.C., dessen episodisches Gedächtnis bei seinem Unfall verlorengegangen ist, hat auch jeden Sinn für persönliche Zeit verloren. Obwohl er das Konzept Zeit verstand und darüber so gut wie jeder Gesunde diskutieren konnte, hatte er kein Empfinden für subjektive Zeit. In Tulvings Worten: »Die Beeinträchtigung betrifft nicht nur die Vergangenheit, sie erstreckt sich auch in die Zukunft. Auf die Frage des Untersuchers kann er (K.C.) nicht sagen, was er später am Tage tun wird, oder am Tag danach oder zu irgendeinem Zeitpunkt seines weiteren Lebens. Er kann sich seine Zukunft genauso wenig vorstellen, wie er sich an seine Vergangenheit erinnern kann« (2000, S. 14).

Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Formen des Langzeitgedächtnisses werden in  Abbildung 9.8 dargestellt.

### 9.3.3 Modelle des deklarativen Langzeitgedächtnisses

Eine frühe Metapher für das Langzeitgedächtnis stellt den Geist als eine Art Filmkamera dar (komplett ausgestattet mit Audio, Video, Geruch, Tastsinn, Geschmack usw., Koffka, 1935). Dieses Modell sieht Gedächtnis als eine vollständige, sequenzielle Aufzeichnung von Erfahrungen, aus denen Menschen die isolierten Stücke von Information abrufen, die im Laufe der Zeit noch verfügbar sind.

Hierbei handelt es sich um ein nichtassoziatives Gedächtnismodell.

Nahezu ohne Ausnahme sind zeitgenössische Modelle des Langzeitgedächtnisses assoziativ. Das bedeutet, sie gründen auf der Annahme, dass alle Informationen im Gedächtnis in vielfältiger Weise assoziiert sind. Wenn man also im Gedächtnis nach einer Information »sucht«, erzeugt man nicht zufällig eine lange Sequenz unzusammenhängender Reaktionen, sondern man nähert sich der gesuchten Information über ein Netzwerk zusammenhängender Informationen.<sup>3</sup>

Assoziationalistische Modelle des Langzeitgedächtnisses sind im Kern kognitive Modelle. Es ist nicht überraschend, dass sie häufig eine Vielzahl abstrakter Konzepte verwenden, wie Bruners **Kategorien** und **Kodiersysteme**, Piagets **Schemata**, Hebbs **Zellverbände** oder **Phasensequenzen** oder andere Abstraktionen wie **Knoten** (s. bspw. Wickelgreen, 1981). Aber **Knoten**, **Kategorie**, **Schema**, **Zellverband** und verwandte Begriffe sind einfach nur Metaphern. Sie beschreiben keine tatsächlichen Strukturen. Sie sind Metaphern für das, was im »Geist« repräsentiert werden kann. Ihr einziges definierendes Attribut besteht darin, dass sie repräsentieren.

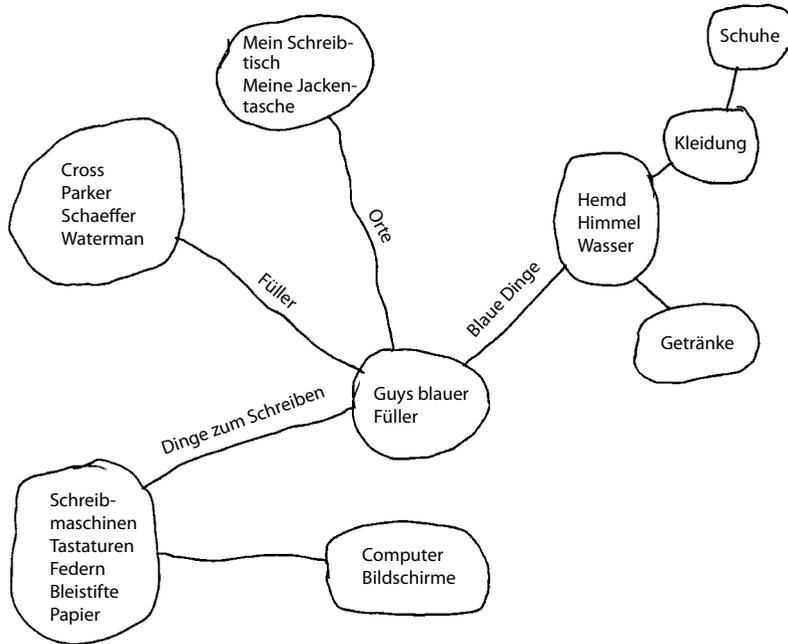
Ein Knotenmodell (node model) mentaler Repräsentation sagt bspw. nur aus, dass Menschen Wissen durch Repräsentationen (Knoten genannt, obwohl sie auch irgendeinen anderen Namen haben könnten) abbilden, die auf vielfältige, kaum verstandene Weise miteinander in Beziehung stehen. In  Abb. 9.9 wird eine mögliche Darstellung eines kleinen Ausschnittes eines Knotenmodells gezeigt.

Die Nützlichkeit eines Knotenmodells für das menschliche Gedächtnis liegt darin, dass es die assoziationalistischen Merkmale des Gedächtnisses her-

<sup>2</sup> Ihre intelligenteren Leser könnten hier eine kleine Abschweifung wünschen, sagte die alte Dame, unterbrach ihren Vortrag und wies mich an, den Rekorder auszuschalten. Sie möchten sich vielleicht etwas Zeit nehmen, um über Zeit nachzudenken. Vielleicht sollten sie Stephen Hawkings *A Brief History of Time* (1996; dtsh. *Eine kurze Geschichte der Zeit*) lesen. Aber vielleicht wäre das zu schwierig. Besser wäre es vielleicht, wenn sie über die von Tulving (2002) vorgeschlagene Möglichkeit nachdenken, dass kein nichtmenschliches Tier jemals fähig ist, über subjektive Zeit nachzudenken. Weil episodische Erinnerungen die Form einer »mentalen Reise durch die subjektive Zeit« haben, sind sie von einer bestimmten Art von Bewusstsein (**autonoetisch** genannt) begleitet, über das Tiere vermutlich nicht verfügen. Harpaz schreibt unter Bezugnahme auf diesen Vorschlag »Das ist schrecklich dumm. Bis ein Tier genug Intelligenz besitzt, um Bewusstsein zu haben, kann es

per definitionem kein episodisches Gedächtnis besitzen. Sogar wenn es das tut, muss es noch intelligent genug sein, mit uns darüber zu diskutieren, damit wir das erfahren« (2003).

<sup>3</sup> Die alte Dame sagte, vielleicht sollte sie als Nebenbemerkung für die scharfsinnigen Leser darauf hinweisen, dass das Assoziationskonzept für die meisten früheren, behavioristischen Theorien, die in den ersten Kapiteln dieses Berichtes beschrieben wurden, fundamental sei. Sie erklärte, dass viele dieser Theorien sich bspw. damit beschäftigten, wie Assoziationen zwischen Stimulus und Reaktionen durch Wiederholung und Belohnung beeinflusst werden. Sie sagte, dass Assoziationen auch im Bereich der Kognitionspsychologie sehr wichtig seien. Aber Kognitionstheoretiker befassten sich mehr mit den Assoziationen zwischen Ideen (Konzepten) und wie diese durch Bedeutung beeinflusst würden. Dann fuhr sie fort, aus ihren Notizen vorzulesen.



■ **Abb. 9.9.** Ein Modell einer Metapher. Die Knotentheorie nimmt an, dass wir Abstraktionen (Bedeutungen, Assoziationen, Kerninhalte) erinnern und nicht Einzelheiten. Daher ist »Guys blauer Füller« hier als ein Knoten beschrieben, einge-

betet in ein komplexes Netzwerk von Abstraktionen (bspw. »blaue Dinge«), von denen jede auch in Verbindung mit vielen anderen Knoten steht, die hier nicht gezeigt sind

vorhebt. Man beachte weiterhin, dass Modelle des LZG im Grunde Informationsverarbeitungs-Modelle sind. Als solche haben sie viel über die an Gedächtnis beteiligten Prozesse mitzuteilen (wie Aufmerksamkeit, Wiederholung, Organisation). Es ist daher nicht überraschend, dass die meisten Kognitionstheoretiker Lernen und Gedächtnis nicht mehr als separate Themen behandeln.

## 9.4 Physiologie des Gedächtnisses

Lernen und Erinnern bewirken gewisse Veränderungen im Gehirn, wie wir in ► Kap. 5 gesehen haben. Für ein Verständnis von Lernen und Gedächtnis wäre Wissen über die genaue Art und den Ort dieser Veränderungen nützlich.

### 9.4.1 Engramm

Die ersten Gedächtnisforscher dachten, dass es sinnvoll wäre, wenn für jede erinnerte Erfahrung eine

spezifische und dauerhafte Spur im Gedächtnis zurückbliebe. Der Trick ist, diese Spur zu finden, die manchmal als Engramm bezeichnet wird. Wie Wolfgram und Goldstein (1987) sagen, ist die physikalische Basis des Gedächtnisses vielleicht weniger eine Spur (oder ein Engramm) als vielmehr ein Code – dessen Geheimnisse die wahre Natur des Erinnerns enthüllen würden. Auf der Suche nach diesem Code oder dieser Spur sind einige faszinierende Untersuchungen entstanden.

#### Lashleys Ratten

Karl Lashley (1924) war davon überzeugt, dass Erfahrungen spezifische **Engramme** im Gehirn hinterlassen, und er war fest entschlossen, sie zu finden. Wie wir in ► Kap. 5 sahen, trainierte Lashley Ratten darin, sich in einem Labyrinth zurechtzufinden. Sobald eine Ratte das Labyrinth gut kannte, entfernte er systematisch winzig kleine Teile ihres Gehirns und fertigte genaue Aufzeichnungen über die entfernten Teile an. Dann setzte er die Ratte wieder in das Labyrinth. Er war sicher, dass er schließlich genau das richtige Teilchen herausschneiden würde,

woraufhin die Ratte sich nicht mehr werde erinnern können wie man sich im Labyrinth zurechtfindet.

Aber das funktionierte nicht. Egal welchen Teil des Gehirns Lashley entfernte – solange er die Tiere dabei nicht tötete oder die Operation zu körperlichen Einschränkungen führte – die Ratten liefen weiterhin durch das Labyrinth (wenn auch immer langsamer). Er war schließlich zu der Schlussfolgerung gezwungen, dass Erinnerungen über das Gehirn verteilt sind und sich nicht nur an einer Stelle befinden.

Nach Lashleys Tod führte einer seiner engen Mitarbeiter, R. Thompson, die Suche nach dem Engramm weiter. Er schlussfolgerte ebenfalls, dass Erinnerungen an vielen Stellen im Gehirn lokalisiert sein können (Thorne, 1995). Spätere Untersuchungen zeigten aber, dass diese Forscher der Wahrheit vielleicht näher waren, als viele ihrer Zeitgenossen glaubten. Poldrack und Poldrack (2003) fassen bspw. Forschungsergebnisse zusammen, die zeigen, dass während des Lernens multiple Gedächtnissysteme oft zeitgleich aktiv sind. Sie nehmen an, dass in manchen Fällen ein **Wettbewerb** zwischen diesen Systemen besteht, sodass die Schädigung eines Systems das Lernen tatsächlich verbessert.

### Penfields Patienten

Der Gehirnchirurg Wilder Penfield (1969) glaubte, einen Weg gefunden zu haben, menschliche Erinnerungen aufzuspüren und zu lokalisieren, als er im Verlauf von Gehirnoperationen die Gehirne einiger seiner Patienten stimulierte, während diese bei vollem Bewusstsein waren. Geringe Stimulationen, über winzige Elektroden vermittelt, schienen sehr lebhaft und detaillierte Erinnerungen an zurück-

liegende Erlebnisse auszulösen. Eine sorgfältigere Überprüfung ergab jedoch später, dass diese Erinnerungen nicht sehr verlässlich waren: Ein Patient, der detailliert einen Besuch in einem Holzlager beschrieb, war in Wirklichkeit niemals dort gewesen. Squire (1987) nimmt an, dass Penfields Patienten wahrscheinlich fantasierten, Erinnerungen konstruierten oder sogar halluzinierten.

### 9.4.2 Untersuchungen am Gehirn der Ratte und an Planaria

Eine Untersuchungsreihe an den Gehirnen von Ratten (Krech, Rosenzweig & Bennett, 1960, 1962, 1966) schien zu demonstrieren, dass Lernen spezifische, messbare chemische Veränderungen in den Rattenhirnen bewirkt. Die gefundenen Veränderungen erwiesen sich allerdings als sehr global und wenig informativ. Außerdem konnten diese Untersuchungen kaum je repliziert werden und werden allgemein als ungünstig angesehen (Johnson, 1992).

Auch McConnell (1962, 1976) berichtet über Untersuchungen, die zu zeigen schienen, dass die Konditionierung von Planaria (Plattwürmern), sich in Reaktion auf ein Licht zusammenzurollen, bei diesen dauerhafte chemische Veränderungen auslöste, die man auf andere Planaria übertragen konnte, indem man die konditionierten Würmer zerhackte und an untrainierte Würmer verführte. Anderen Forschern gelang es aber nicht, diese Resultate zu replizieren, und McConnell wurde später beschuldigt, die Bedeutung seiner Planariastudien »übertrieben« zu haben und ein »Popularizer« zu sein (s. bspw. McKeachie, 1997; Rilling, 1996).<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Wissen Sie eigentlich irgendetwas über die Heisenberg'sche Unschärferelation, rief die alte Dame mir aus heiterem Himmel zu. Aber bevor ich auch nur über die Antwort nachdenken konnte, hatte sie bereits mit ihrer Erklärung begonnen: Wie die Heisenberg'sche Unschärferelation aus der Quantenmechanik abgeleitet ist und dass sie besagt, dass für keinen Zustand eines beliebigen Systems jemals alle dynamischen Variablen gleichzeitig und genau gemessen werden können. Dann sagte sie für eine lange Zeit nichts mehr, beobachtete nur den Steinadler, der auf einer wirbelnden Masse aufsteigender Luft schwebte; und ich dachte schon, ich hätte den wesentlichen Punkt nicht begriffen, als sie wieder zu reden begann. Sie erklärte, dass diese Planaria-Studien gute Beispiele für die Notwendigkeit von Replikation in den Hu-

manwissenschaften seien. Sie sagte, dass es einfach zu viele Variablen gäbe, die Humanwissenschaftler in ihren Untersuchungen noch nicht kontrollieren können. Sie sagte, Wissenschaftler hätten immer noch nicht gelernt, wie sie mit den konfundierenden Effekten ihrer eigenen Untersuchungsverfahren umgehen sollten, obwohl sie inzwischen immerhin anerkennen würden, dass diese Effekte existierten. Und das, sagte sie, dieses Phänomen, das ist die Heisenberg'sche Unschärferelation. Diese bedeute, kurzgefasst, dass Forscher fast immer einen beachtlichen, aber nicht immer beachteten Effekt auf ihre eigenen Untersuchungen hätten. – Ich wollte protestieren, sagen, dass das gar nicht so klar sei, sie um eine nochmalige Erklärung bitten, aber sie wandte sich schon wieder ihren Notizen zu.

### 9.4.3 Bildgebende Verfahren, EKPs und EKFs

Obwohl die exakte Physiologie des Gedächtnisses immer noch nicht entdeckt ist, wiesen frühe Studien an Amnestikern und an Hirngeschädigten darauf hin, dass an verschiedenen Gedächtnisarten unterschiedliche Hirnregionen beteiligt sind. Jüngere Studien konnten sich die neuen bildgebenden Verfahren zunutze machen, die es Forschern ermöglichen, neurologische Funktionen an normalen Patienten zu untersuchen und nicht nur an solchen, die an Hirnverletzungen oder Amnesie leiden. Wie wir in ► Kap. 5 sahen, entdeckt das **EEG (Elektroenzephalogramm)** neurologische Aktivität, indem tatsächliche elektrische Entladungen, die neuronale Aktivität im Gehirn begleiten, überwacht und gemessen werden. Die **Positronemissionstomographie (PET)** entdeckt Veränderungen im Blutfluss, die mit neuronaler Aktivität in Zusammenhang stehen, indem die Verteilung radioaktiver Partikel, die in den Blutstrom injiziert werden, gemessen wird. Und **funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT)** ist sensitiv für äußerst geringfügige Veränderungen in den Magnetfeldern, die das Oxygenierungsniveau des Blutes widerspiegeln.

#### Ereigniskorrelierte Potenziale und Felder

Wenn EEG-Ableitungen durchgeführt werden, während ein Mensch (oder ein Tier) einem spezifischen Stimulus ausgesetzt wird, kann man dabei elektrische Aktivität im Gehirn entdecken, die in unmittelbarem Zusammenhang zu diesem Stimulus steht. Diese Aktivität wird als ereigniskorreliertes Potenzial (EKP) bezeichnet. Verwandt mit EKPs sind ereigniskorrelierte Felder (EKFs), die Veränderungen im Magnetfeld messen, welche aus dem Fluss elektrischer Ströme zwischen Nervenzellen resultieren. Diese Veränderungen können in einem Magnetenzephalogramm (MEG) aufgezeichnet werden, wobei das Magnetfeld am Schädel gemessen wird, obwohl dieses Feld nur ein Milliardstel der Stärke des Erdmagnetfeldes besitzt (Roth, Ford, Pfefferbaum & Elbert, 1995).

EKPs und EKFs gehören heute zu den am häufigsten untersuchten Variablen bei der Untersuchung von Lernen und Gedächtnis, aber auch bei Untersuchungen von Lernschwierigkeiten und mentalen

Störungen. In vielen dieser Studien werden bspw. auditorische Stimuli wie Wörter oder Töne verwendet. Normalerweise zeigen diese Untersuchungen, dass EKPs auf verbales Material in **beiden** Hemisphären auftreten, aber stärker und lokalisierter im linken Temporallappen (bspw. Gottselig et al., 2004).

EKP- und EKF-Untersuchungen haben wiederholt Anomalien bei verschiedenen geistigen Störungen, z. B. bei Schizophrenie, gefunden (bspw. Guillem et al., 2003). Der übliche Befund ist eine **verringerte** EKP-Amplitude bei Schizophrenen. Eine verringerte EKP-Amplitude wurde auch bei gestörter Persönlichkeitsentwicklung und bei Lernstörungen gefunden (Greenham, Stelmack & van der Vlugt, 2003).

Forschungsarbeiten, die einige dieser neuen Techniken verwenden, zeigen, dass Verletzungen bestimmter Hirnregionen (insbesondere Bereiche des Temporallappens) mit Verlust des deklarativen LZG zusammenhängen (Mayes, 2000). Im Gegensatz dazu scheint das nichtdeklarative Gedächtnis mit anderen Strukturen des Gehirns, wie dem Neokortex, der Amygdala und dem Zerebellum, in Verbindung zu stehen. Tulving folgert (1989) aus seinen Untersuchungen an K.C. ebenfalls, dass episodisches Gedächtnis auf intakte Frontallappen angewiesen ist, semantisches deklaratives Gedächtnis jedoch nicht. Die emotionalen Aspekte des Gedächtnisses scheinen eng mit der Amygdala verbunden zu sein (Rolls, 2000). Man beachte jedoch: Der Großteil der Belege zeigt, dass menschliches Lernen – und daher auch Gedächtnis – selten nur mit einem Ort im Gehirn assoziiert ist. Sogar so einfache Lernvorgänge wie klassische Konditionierung des Lidschlagreflexes bedingen Aktivität und Veränderungen in verschiedenen Gehirnstrukturen (Kress & Daum, 2003).

Broadbent und Kollegen (2002) stellen fest, dass viele Details der Physiologie und Neuroanatomie von Lernen weiterhin unbekannt sind. Die neuen bildgebenden Verfahren, die die Untersuchung normaler Gehirne ermöglichen, haben jedoch bereits sehr viel zum Verständnis sowohl normaler wie anomaler Gedächtnisfunktionen beigetragen. Wahrscheinlich werden die Metaphern mit zunehmendem Wissensstand genauer. Mit der Zeit könnte die Psychologie sogar weg von der Metapher hin zu einer genaueren Beschreibung gelangen.

### 9.4.4 Konnektionistische Betrachtungsweise

---

Die gegenwärtige kognitive Metapher für das Gedächtnis bezieht sich weniger auf die gröbere Physiologie von Gehirnstrukturen als vielmehr auf die Neuroanatomie und die Organisation von Neuronen. Diese Sichtweise sieht Lernen und Gedächtnis – wie in ► Kap. 8 ausgeführt – als durch Veränderungen auf der Ebene des Neurons bedingt. Diese Veränderungen spiegeln sich im Arrangement der Assoziationen zwischen Neuronen (mit anderen Worten: in neuronalen Netzwerken). Eine solche Betrachtungsweise erinnert in vielfacher Hinsicht stark an Donald Hebb's Aussagen zur Bahnung der Leitfähigkeit zwischen Neuronen durch wiederholtes Feuern. Wie wir gesehen haben, gibt es inzwischen Belege für eine biochemische Basis von Hebb's Theorie – Belege dafür, dass in den Rezeptoren von Neuronen chemische Veränderungen auftreten, wodurch die folgende neuronale Übertragung gebahnt wird. Aber Psychologen wissen immer noch nicht genau, was geschieht, wenn Menschen lernen und sich erinnern. Wissen sie mehr über das Vergessen?

## 9.5 Vergessen

---

Die übliche Verwendung des Begriffs Vergessen meint die Unfähigkeit, etwas ins unmittelbare Bewusstsein zu rufen. Natürlich beweist Vergessen keinen kompletten Verlust aus dem Gedächtnis, impliziert dies nicht einmal. Viele Dinge werden von Menschen implizit gelernt (wie einen Stein hüpfen zu lassen), aber die zugrundeliegenden Erinnerungen können nicht leicht in Symbole überführt oder bewusst überprüft werden. Auch besteht die Möglichkeit, dass etwas, an das man sich nicht erinnern kann, gar nicht verlorengegangen ist, sondern nur nicht abgerufen werden kann. Vielleicht ist es später abrufbar – wie ein störrischer Name, der einem auf der Zunge liegt – vielleicht auch nicht.

Auf die Frage, warum sich Menschen nicht erinnern können, wurden viele Antworten vorgeschlagen.

### 9.5.1 Verletzungen des Gehirns

---

Hirnverletzungen beeinträchtigen das Gedächtnis wahrscheinlich, weil sie die normalen Gehirnfunktionen stören. Amnesie – ein totaler oder partieller Ausfall des Gedächtnisses – ist eine mögliche Folge einer Hirnverletzung, obwohl sie auch andere Ursachen haben kann, wie Krankheit, emotionale Störung oder Trauma.

Weil manche Gehirnareale mehr als andere an bestimmten Arten von Gedächtnis beteiligt sind, kann eine Hirnverletzung auch zur ausschließlichen Beeinträchtigung des episodischen Gedächtnisses führen – wie im Falle von K.C. Obwohl der Patient nicht in der Lage ist, sich an persönliche Erlebnisse zu erinnern, sind bei ihm allgemeinere Informationen erhalten. In anderen Fällen kann alle alte Information verloren gehen, einschließlich des Wissens um die persönliche Identität.

Eine Form von Amnesie beinhaltet einen vollständigen Gedächtnisausfall für alle Erfahrungen vor der Amnesie, berichtet Brown (2002). Weit verbreiteter jedoch ist eine Form partieller Amnesie, wobei der Gedächtnisverlust vorwiegend die neueren und weniger die älteren Erinnerungen betrifft. Brown nimmt dies als Hinweis, dass Langzeiterinnerungen mit der Zeit stärker vergessensresistent werden.

### 9.5.2 Theorie des Spurenerfalls (Fading-Theorie)

---

Eine Hirnverletzung ist eine ungewöhnliche Ursache für Vergessen, es gibt weitaus verbreitetere Ursachen. Eine Möglichkeit ist bspw., dass Menschen einige Dinge einfach vergessen, weil Zeit vergeht – dass die vom Lernen hinterlassenen Spuren oder Veränderungen mit der Zeit weniger klar erkennbar sind. Belege für diese Fading-Theorie entstammen der Beobachtung, dass Menschen sich an aktuellere Ereignisse oft besser erinnern als an länger zurückliegende. Clara wird sich in diesem Augenblick an die meisten Kleidungsstücke erinnern können, die in ihrem Schrank hängen, aber sie würde nicht so gut abschneiden, wenn sie alles beschreiben sollte, was vor 6 Jahren in ihrem Schrank hing (es sei denn, sie war damals im Gefängnis). Wenn sie aber regelmäßig im Geiste durchgegangen ist, was zu diesem Zeit-

punkt in ihrem Schrank war, würde sie wahrscheinlich viel besser abschneiden. Dinge, die man sich gelegentlich ins Gedächtnis ruft, sind gegenüber dem vermutlich angreifenden Zahn der Zeit weitaus resistenter als niemals abgerufene Dinge. Jeder Abruf ist eine Art Übung und eine Gelegenheit zum Neulernen (Altmann & Gray, 2002).

Huang (1997) berichtet über eine Einzelfallstudie zum Gedächtnisverlust über den Zeitverlauf mit einem 55-jährigen Professor, der sich an die Namen von Studenten in Kursen, die er vor 26,5 Jahren oder vor 6 Monaten unterrichtet hatte, erinnern sollte. Es ist nicht überraschend, dass eine enge Beziehung zwischen der Zeit und der Abrufgenauigkeit bestand, worin sich schnelles frühes Vergessen, gefolgt von langsamerem Vergessen, spiegelte.

Es sollte angemerkt werden, dass Psychologen die Fading- oder Zerfalls-Theorie mehrheitlich nicht für sehr nützlich oder genau halten. Diese Psychologen weisen darauf hin, dass die Zeit an sich nicht stärker Vergessen verursacht, als sie die Erosion von Bergen, das Schmelzen von Gletschern oder das Rosten von Metall verursacht. Andere Dinge, die im Verlauf der Zeit geschehen, verursachen diese Veränderungen. Diese anderen Dinge könnten mit nachlassender Effizienz von Gehirnfunktionen zu tun haben, wie EKP- und EKF-Untersuchungen zeigen. Friedman (2003) geht davon aus, dass insbesondere die Frontallappen stark an altersbedingten Veränderungen in der Lern- und Erinnerungsfähigkeit beteiligt sind.

### 9.5.3 Verzerrungstheorie (Distortions-Theorie)

Bereits beschriebene Untersuchungen zeigen, dass vieles, was aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen wird, verzerrt ist. Die Verzerrungstheorie geht davon aus, dass sich Menschen bei der Suche in ihrem Gedächtnis an Hauptideen und Abstraktionen erinnern, an die Kernaussage der Geschichte, aber nicht an die Details. Später generieren sie die Details, wobei das Original oft verzerrt wird. Zur Erinnerung: In der Untersuchung von Johnson, Bransford und Solomon (1973) waren Probanden überzeugt, einen Satz bereits zu kennen, den sie nie zuvor gesehen hatten, einfach weil er passte.

Wie Loftus (1979) anmerkt, sind Augenzeugen bemerkenswert unzuverlässig und leicht in die Irre zu führen. In einer Untersuchung zeigte sie ihren Probanden einen Film, in dem ein Sportwagen in einen Unfall verwickelt wurde. Danach wurden den Probanden Fragen gestellt, wie sie einem Unfallzeugen wahrscheinlich gestellt werden. Einige wurden gefragt: »Wie schnell fuhr der Sportwagen, als er auf der Landstraße an der Scheune vorbeikam?« Andere wurden einfach gefragt: »Wie schnell fuhr der Sportwagen auf der Landstraße?« An der Straße war keine Scheune zu sehen gewesen. Dennoch war später in ihrer Antwort auf die Frage, ob sie eine Scheune im Film gesehen hatten, etwa ein Fünftel der Probanden, denen die erste Frage gestellt worden war, sicher, sie hätten sie gesehen. Weniger als 3% der zweiten Gruppe glaubten, sie hätten eine Scheune gesehen.

### 9.5.4 Verdrängungstheorie

Eine Vergessenstheorie basiert auf der Freud'schen Annahme, dass Individuen manchmal angstausslösende oder traumatische Erlebnisse verdrängen (also unbewusst vergessen). Dies kann z. B. dann vorkommen, wenn ein Erwachsener Schwierigkeiten hat, sich an kindliche Traumata wie sexuellen Missbrauch zu erinnern. Die meisten hoch traumatischen (äußerst negativen) Erfahrungen werden jedoch nicht vergessen. Eine Studie von Porter und Birt (2001) zeigte sogar, dass 306 erwachsene Teilnehmer traumatische Ereignisse mit etwa der gleichen Genauigkeit und Detailtreue berichten konnten wie sehr positive Erlebnisse.

Weil unbewusste Verdrängung nur bei seltenen, hoch emotionalen und äußerst negativen Erfahrungen auftritt, hat die Verdrängungstheorie als allgemeine Erklärung für Vergessen nur begrenzten Wert. Dennoch zeigen Untersuchungsergebnisse, dass es Probanden zumindest teilweise gelingt, bestimmte Informationen zu vergessen, wenn sie explizit dazu aufgefordert werden (Lehman, McKinley-Pace, Wilson & Slavsky, 1997). Verdrängung bezieht sich jedoch auf nicht beabsichtigtes Vergessen. Bewusstes Vergessen – oder wahrscheinlicher: bewusstes Nicht-Lernen – dürfte sich deutlich von nichtbeabsichtigter Verdrängung unterscheiden.

### 9.5.5 Interferenz-Theorie

Eine gut bekannte Theorie des Vergessens nimmt an, dass neues Lernen mit dem Abruf von bereits Gelerntem (**retroaktive Interferenz**) oder dass bereits Gelerntes mit dem Abruf von neu Gelerntem (**proaktive Interferenz**) interferieren kann. Diese beiden Interferenz-Arten haben sich als konsistentes Phänomen in Untersuchungen zum Langzeitgedächtnis (oft mit sinnlosen Silben) erwiesen. In diesen Untersuchungen führte das Lernen einer zweiten Wortliste, nachdem bereits eine erste gelernt wurde, zu (a) größeren Problemen beim Erinnern der ersten Liste (retroaktive Interferenz) und (b) zu verstärkten Schwierigkeiten beim Lernen der zweiten Liste (proaktive Interferenz). Auch beim Sprachenlernen wurde Interferenz intensiv erforscht. Isurin und McDonald (2001) fanden bspw. signifikante Hinweise auf Interferenzen zwischen der ersten und der zweiten Sprache. Nicht überraschend ist, dass die Interferenzen bei ähnlicheren Wörtern stärker sind und dass sie mit zunehmender Vertrautheit mit der zweiten Sprache nachlassen.

Laut Wixted (2004) werden beim Vergessen aufgrund von Interferenz neue Erfahrungen einfach nicht »konsolidiert« – die neurologischen Veränderungen, die der Erinnerung zugrundeliegen, finden nicht statt. Bis zur Konsolidierung einer Erinnerung ist diese für die interferierenden Auswirkungen gleichzeitig stattfindender geistiger Aktivität und gleichzeitiger Ausbildung anderer Erinnerungen sehr anfällig. Wie Wixted meint, ist dies der Grund dafür, dass Schlaf und sogar manche Drogen das Gedächtnis für kürzlich Gelerntes oft verbessern. Im Endeffekt haben Schlaf und Drogen wie z. B. Alkohol die Wirkung, konkurrierende geistige Aktivität zu minimieren.

Glücklicherweise scheint Interferenz eher in Laborsituationen als im alltäglichen Leben von Menschen aufzutreten. Obwohl Menschen gelegentlich durch Konkurrenz zwischen Dingen, an die sie sich erinnern wollen, verwirrt werden können, scheint doch zu gelten, dass sie weiterhin alle möglichen Dinge lernen können, ohne zunehmend stärker an den Auswirkungen von Interferenz zu leiden.

Die Tatsache, dass die Resultate von Laboruntersuchungen zum Gedächtnis sich nicht immer im wirklichen Leben widerspiegeln, hat zu einer manch-

mal sehr leidenschaftlich geführten Kontroverse zwischen Psychologen geführt. Einige, wie Neisser (1978), argumentieren, dass Laboruntersuchungen keine wesentlichen Resultate erbracht haben, und dass Forscher das Alltagsgedächtnis unter lebensnahen Bedingungen untersuchen sollten. Andere, wie Banaji und Crowder (1989), sagen, dass die Wissenschaft die experimentelle Kontrolle benötigt, um generalisierbare Resultate zu produzieren. Wieder andere, wie Tulving, behaupten, dass die Diskussion überflüssig sei und dass sie die Wissenschaft nicht voran bringen werde: »Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass es nur eine richtige Methode gibt, das Gedächtnis zu untersuchen« (1991, S. 41).

### 9.5.6 Versagen beim Abruf von Hinweisreizen

Wie bereits zu Anfang angemerkt, vergessen Menschen vielleicht nicht wirklich, sondern können sich einfach nur nicht erinnern. Dass etwas nicht erinnert werden kann, ist kein guter Beweis dafür, dass es tatsächlich aus dem Gedächtnis verschwunden ist; es kann auch einfach bedeuten, dass es nicht zugänglich ist. In den Worten von Howe und O'Sullivan (1997) könnte es sich eher um ein Abruf- als um ein Speicherproblem handeln.

Tulving (1974) berücksichtigt diese Möglichkeit in seiner Beschreibung von zwei Formen des Vergessens. Eine Art von Vergessen, erklärt er, beinhaltet lediglich eine Unfähigkeit des Abrufes – ein Versagen beim Abruf von Hinweisreizen. Er nimmt an, dass diese Art des Vergessens auf einen Mangel an angemessenen Hinweisreizen für den Abruf zurückzuführen ist. Viele Forscher (z. B. White, 2002) gehen davon aus, dass dies eine der häufigsten Ursachen für Vergessen ist. Die Schwierigkeit beim Nicht-Erinnern, erklärt er, hängt mit einer Unfähigkeit zusammen, das Item von anderen Möglichkeiten zu unterscheiden – und dies **zum Zeitpunkt des Erinnerns und nicht zum Zeitpunkt des Lernens**.

Eine zweite Art von Vergessen beinhaltet tatsächliche Veränderungen der Gedächtnisspur selbst und wird daher als spurabhängig bezeichnet. Die fünf zuvor beschriebenen Möglichkeiten (Hirnverletzung, Fading, Interferenz, Verzerrung und Repres-

sion) beziehen sich hauptsächlich auf spurabhängiges Vergessen.

Bei deklarativem (bewusstem, explizitem) Material scheint der Abruf bei Vorhandensein bestimmter Hinweisreize einfacher zu sein. Tulving (1989) berichtet bspw., dass die effektivsten Hinweisreize solche sind, die zu dem geforderten Abruftyp passen. In Untersuchungen, in denen Probanden sich an die Bedeutung von Wörtern erinnern sollen, sind Hinweisreize, die die Bedeutung betonen, am besten geeignet. Wenn Probanden aber nach der Schreibweise oder dem Klang von Wörtern gefragt werden, sind Hinweisreize, die die Laute (Phoneme) oder die Buchstaben in den Wörtern betonen, am besten. Andere Hinweisreize und -strategien, mit denen das Gedächtnis signifikant verbessert werden kann, sind verschiedene wohlbekannte Gedächtnisstützen.

## 9.6 Implikationen für den Unterricht: Gedächtnis- und Erinnerungshilfen

Ein wesentliches Ziel des Unterrichts ist es, Langzeiterinnerungen zu schaffen. Und glücklicherweise scheint die allgemeine Ansicht, dass Schüler kurz nach ihren Prüfungen vieles von dem, was sie gelernt haben, wieder zu vergessen beginnen, nicht zuzutreffen. Zwar unterstützen zahlreiche Untersuchungen diese Auffassung, aber es handelt sich bei den meisten dieser Untersuchungen um Laborexperimente, wie Semb und Ellis (1994) betonen. In diesen Untersuchungen wird das Material normalerweise innerhalb einer Sitzung präsentiert und gelernt, die Erinnerung wird zu verschiedenen späteren Zeitpunkten getestet. In Schulen aber haben Schüler meist mehr als eine Gelegenheit zum Lernen. Das Material wird zu verschiedenen Zeiten und auf unterschiedliche Weise präsentiert, wobei oft vielfältige Präsentationsmodi genutzt werden (wie Filme, Computer, Demonstrationen, Bücher usw.). In Sembs und Ellis' Überblicksstudie von 62 Untersuchungen zum Langzeitabruf von Schulwissen fanden sich beeindruckende Belege für signifikante Langzeiterinnerungen. Daher scheint eine der wichtigsten Implikationen von Gedächtnisforschung und -theorie für den Unterricht die augenfällige Erkenntnis zu sein, dass Wiederholungen über die Zeit, mit

einer Vielfalt von Präsentations- und Lernmethoden, weitaus effektiver sein könnte als die einmaligen Prozeduren, wie sie in Laboruntersuchungen zum Lernen üblich sind.

Wichtig ist sicherlich auch, die verschiedenen Strategien zu systematisieren und solche zu verwenden, deren Wirksamkeit für die Verschiebung von Material vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis von der Psychologie bewiesen wurde. Die wichtigsten dieser Strategien – Wiederholung (Rehearsal), Elaboration und Organisation – sind gleichzeitig die wichtigsten kognitiven Prozesse beim Lernen.

### 9.6.1 Rehearsal (Wiederholung)

Rehearsal bedeutet Wiederholung (ihr Name ist Greta; ihr Name ist Greta; Greta; Greta; Greta...). Wie zuvor beschrieben, ist Rehearsal die wichtigste Methode, um Informationen im Kurzzeitgedächtnis zu erhalten. Es ist auch eine Methode, durch die Information ins Langzeitgedächtnis überführt wird.

### 9.6.2 Elaboration

Elaboration bedeutet, etwas zu erweitern, etwas hinzuzufügen. Elaboration kann beinhalten, dass man das zu lernende Material mit geistigen Bildern assoziiert oder dass man neues Material in Beziehung zu bereits gelerntem Material setzt. Bradshaw und Anderson (1982) baten ihre Probanden sich den Satz »Der dicke Mann las das Schild« einzuprägen. Diejenigen, die den Satz zu »Der dicke Mann las das Schild, das vor dem Betreten des Eises warnte« elaboriert hatten, zeigten bessere Abrufleistungen als diejenigen, die nicht elaboriert hatten.

### 9.6.3 Organisation

Organisation bedeutet, Material in einem System anzuordnen. Chunking – das zu lernende Material in verwandte Gruppen anordnen – ist ein Beispiel für Organisation. Das bewusste Organisieren von Texten mit Titeln und Untertiteln ist ein weiteres Beispiel. Eine grundlegende Annahme der Kognitionspsychologie lautet, dass Menschen eine natür-

liche Tendenz aufweisen, nach Beziehungen zu suchen – Ähnlichkeiten und Unterschiede zu ermitteln (also zu kategorisieren und Konzepte zu erwerben).

### 9.6.4 Systeme zur Verbesserung des Erinnerns

Verschiedene Systeme, die speziell zur Verbesserung von Gedächtnisleistungen entwickelt wurden, basieren auf diesen Strategien; demgemäß betonen diese Strategien Methoden der Organisation und der Elaboration, außerdem Methoden zur Nutzung von Hinweisreizen. Laut Belleza (1996) erfordern viele dieser Strategien beträchtliche Fertigkeiten und Übung. Forschungsergebnisse zeigen, dass sie in einer Vielfalt von Situationen nutzbringend eingesetzt werden können – z. B. bei Schülern mit Lernschwierigkeiten (Bulgren, Schumaker & Deshler, 1994), aber auch bei normalen Schülern (Richardson, 1995).

#### Reime und kleine Merksätze

Zu diesen Gedächtnisstützen (oder mnemonischen Hilfen) gehören Akronyme (Hinweisreize, die aus Buchstaben bestehen) wie NATO oder UNO. Ein anderes Beispiel ist das Akrostichon, dies sind Sätze oder Ausdrücke, in denen der erste Buchstabe jedes Wortes für etwas anderes steht. Das Akrostichon »Mein Vater Erklärt Mir Jeden Sonntag Unsere Neun Planeten« benennt die Namen der Planeten in ihrer Reihenfolge des Abstands von der Sonne (Merkur, Venus, Erde, Mars, usw.). Gedächtnisstützen dieser Art liefern leicht abrufbare Hinweisreize und stellen eine Form von Elaboration und Organisation des Materials dar.

#### Das Loci-System

Komplexere Mnemotechniken verwenden normalerweise visuelle Vorstellungen, die von Menschen weit besser erinnert werden können als die meisten geschriebenen oder gesprochenen Wörter (Kosslyn, Behrmann & Jeannerod, 1995). Als man Probanden 10.000 Bilder jeweils sehr kurz zeigte und danach einige dieser Bilder in Paaren zusammen mit anderen Bildern vorführte, die in der ersten Präsentation nicht enthalten waren, erkannten über 90% die Bilder korrekt (Standing, 1973). Als Bahrlick, Bahrlick und Wittlinger (1975) ihren Probanden aus Jahr-

büchern entnommene Fotos ihrer früheren Klassenkameraden zeigten, erkannten sie nach 2 Monaten etwa 90% und auch 15 Jahre später nicht nennenswert weniger. Die menschliche Fähigkeit zur Erkennung visueller Stimuli ist bemerkenswert.

Mnemonische Systeme, die auf visueller Vorstellung basieren, bieten spezielle Methoden, mittels derer mentale Bilder visuell mit anderen, leicht zu erinnernden Bildern verbunden werden können. Viele dieser Systeme sind sehr alt und dabei sehr wirkungsvoll. Das Loci-System bspw. ist mehr als 2.000 Jahre alt (Hermann, Reybeck & Gruneberg, 2002). Der Lernende muss dabei nur ein starkes visuelles Bild des zu erinnernden Items erstellen und dies in eine vertraute Umgebung, wie einen Raum in einem Haus, platzieren. Das zweite Item wird dann ebenfalls visualisiert, in einen anderen Raum gestellt, das dritte könnte in den Flur gestellt werden, usw. Beim Abruf der Items muss der Proband dann nur im Geiste die Räume des Hauses »durchwandern« und versuchen, all die Items zu visualisieren, die er dort hin gestellt hat. Versuchen Sie es mal mit der Einkaufsliste – es funktioniert.

#### Das phonetische System

Ein Gedächtnissystem, das oft von professionellen Gedächtniskünstlern verwendet wird und mit dem man Großmütter garantiert beeindruckend machen kann, ist das von Higbee (1977) beschriebene phonetische System. Der erste Schritt beim Lernen des phonetischen Systems besteht darin, starke visuelle Assoziationen zwischen Zahlen und Konsonanten zu bilden. Traditionell bedienen sich die Assoziationen des visuellen Erscheinungsbildes der Konsonanten. Daher ist die 1 ein t (weil es einen Abwärtsstrich hat), die 2 könnte ein n sein, die 3 ein m, die 4 ein q usw.

Sobald Sie eine Zahl mit jedem Konsonanten assoziiert haben (Vokale zählen nicht), können sie ein Wort für jede Zahl bilden – sagen wir mal von 1 bis 25. Die Zahl 12 könnte bspw. »tin« sein, die Zahl 21 »nut« [Nuss]. Bilden Sie nun ein starkes visuelles Bild, mit dem sie jedes dieser Worte mit seiner Zahl verbinden. Lernen Sie diese intensiv, üben Sie sie und fordern Sie dann Ihre Großmutter heraus, Ihnen 25 Items zu zeigen oder zu benennen. Während sie diese Items auf einen Zettel schreibt und durchnummeriert, schließen Sie Ihre Augen und verbinden ein

Bild von jedem mit dem entsprechend nummerierten visuellen Bild.

Wenn Ihre Großmutter fertig ist, sind Sie auch bereit: »Soll ich sie vorwärts oder rückwärts aufsa-gen?« Aber sie ist eine verschlagene alte Dame und hegt daher den Verdacht, dass Sie einen Trick kennen, die 25 Items in eine Reihenfolge zu bringen. Da-her versucht sie, Sie hereinzulegen: »Was war das 21.

Item, das ich genannt habe?« Vor Ihrem frisch trainierten inneren Auge sehen Sie Ihre »Nuss«, die Sie mit der Aussage Ihrer Großmutter verknüpft haben: »Das ist der Ofen im alten Haus«, sodass Sie nun die Nuss rotglühend auf dem Ofen liegen sehen. Sie antworten: »Das 21. Item? Nun, das ist der alte Ofen in dem anderen Haus, der, in den Du die Katze eingesperrt hast.« Und Ihre Großmutter ist beeindruckt.

### Zusammenfassung

1. Verschiedene Metaphern wurden als Vergleiche und Beschreibungen des menschlichen Gedächtnisses herangezogen, wobei die Computermetapher besonders populär geworden ist. Einige außergewöhnliche Gedächtniskünstler (wie Euler und Lurias Proband S.) sind zu erstaunlichen Abrufen aus dem Langzeitgedächtnis imstande, aber im Gegensatz zum Computer zeigt das menschliche Gedächtnis schnellen anfänglichen Verlust von Informationen.
2. Gedächtnis wird normalerweise über die Verfügbarkeit von Information definiert (Erinnerung oder Abrufbarkeit); einige Gedächtnis-aspekte sind jedoch nicht bewusst (d. h., sie sind implizit und nicht explizit). Nicht alles, was gespeichert wird, kann auch abgerufen werden. Ebbinghaus, der die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen des Gedächtnisses durchführte, wobei er sinnlose Silben benutzte, war ein Pionier der Gedächtnisforschung.
3. Vergessen bezeichnet die Unfähigkeit, Informationen ins Bewusstsein zu rufen, und kann entweder mit Speicherdefiziten (Verlust von Gedächtnisspuren, möglicherweise aufgrund von Zerfall oder Interferenzen) oder mit Erinnerungsdefiziten (Unfähigkeit, Informationen abzurufen) zusammenhängen. Proaktive (vorwärts gerichtete) oder retroaktive (rückwärts gerichtete) Interferenzen sind oft an Vergessen beteiligt.
4. Das modale Modell des Gedächtnisses beschreibt einen Prozess, der aus Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis besteht. Eine dritte Stufe, manchmal **sensorisches Register** genannt, beschreibt die momentanen Effekte einer Stimulation (und wird manchmal als echoisches oder ikonisches Gedächtnis bezeichnet). Untersuchungen zum Cocktailparty-Effekt illustrieren dieses Phänomen. Darin wird demonstriert, dass auch nicht beachtetes Material für Bruchteile einer Sekunde verfügbar bleibt.
5. Das Kurzzeitgedächtnis (KZG) hält nur Sekunden an (selten länger als 20 Sekunden), es sei denn, es findet kontinuierlich Rehearsal statt (in diesem Fall kann die Information ins Langzeitgedächtnis überführt werden). KZG bezieht sich im Kern auf die aktuelle Verfügbarkeit einer geringen Anzahl von Items (sieben plus/minus zwei) und wird als **aktives** oder **Arbeitsgedächtnis** bezeichnet, um die Ähnlichkeit zu unmittelbarer Aufmerksamkeit oder Bewusstsein hervorzuheben. Seine Kapazität kann durch Chunking – also durch Gruppierung verwandter Items – gesteigert werden.
6. Baddeleys Modell des Kurzzeitgedächtnisses (Arbeitsgedächtnisses) beschreibt zwei Systeme: ein System der exekutiven Kontrolle, das sich mit der Steuerung des Informationsstroms ins und aus dem Arbeitsgedächtnis befasst, und zwei Subsysteme (die phonologische Schleife und der visuell-räumliche Notizblock), die auditorisches oder visuelles Material aufrechterhalten, damit das exekutive System darauf zugreifen kann.
7. Vergessen aus dem KZG kann mit Zerfall (Verlust von Gedächtnisspuren), mit Verdrängung (Ersetzen alten Materials durch neues aufgrund begrenzten Speicherplatzes), mit Interferenzen (vorausgegangenes Lernen interferiert mit neuem Lernen) oder mit den Verarbeitungs-





- ebenen (Modell von Craik und Lockhart) in Zusammenhang stehen.
8. Langzeitgedächtnis (LZG) soll auf einige dauerhafte strukturelle und chemische Veränderungen im Gehirn zurückzuführen sein. Dagegen sind an kurzzeitigem Abruf wahrscheinlich nur temporäre elektrische/chemische Veränderungen beteiligt. Dies entspricht im Kern Hebb's Theorie.
  9. Das Langzeitgedächtnis ist sehr stabil (insbesondere für Bilder und Gerüche), generativ und nicht nur reproduktiv, wird durch Verständnis beeinflusst und ist für einige Items besser als für andere (solche Items, die beeindruckender, bedeutungsvoller oder emotionaler sind, wodurch manchmal **Flashbulb Memories** entstehen).
  10. Ein Vergleich von Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis zeigt, dass KZG ein aktiver, kontinuierlicher Prozess ist, der leicht durch parallele Aktivitäten stöbar und in seiner Kapazität beschränkt ist. Im Gegensatz dazu ist LZG eher passiv, nicht leicht durch laufende Aktivitäten stöbar und grundsätzlich in seiner Kapazität unbegrenzt. Der Abruf aus dem KZG ist entweder unmittelbar oder automatisch oder findet gar nicht statt; der Abruf aus dem LZG kann beträchtlich langsamer sein und mehr Suche erfordern.
  11. Zu den Systemen des Langzeitgedächtnisses gehört das explizite (deklarative) Gedächtnis, das potenziell bewusste, abrufbare Informationen enthält und das implizite (nicht deklarative oder prozedurale) Gedächtnis, das unbewusste, nicht verbalisierbare Effekte von Lernen enthält (wie das Lernen motorischer Fertigkeiten oder klassische Konditionierung). Untersuchungen an Amnestikern und Menschen mit Hirnverletzungen sowie an normalen Gehirnen mittels bildgebender Verfahren wie PET und fMRT zeigen, dass den verschiedenen Gedächtnissystemen unterschiedliche Gehirnregionen zugrundeliegen.
  12. Das deklarative (abrufbare) Gedächtnis besteht aus dem semantischen und dem prozeduralen Gedächtnis. Das semantische Gedächtnis enthält allgemeine, stabile, abstrakte Fakten und Prinzipien (bspw. Sprachen- oder Weltwissen). Das episodische Gedächtnis enthält privates Wissen, das seiner Natur nach zeitbezogen ist und an bestimmte persönliche Ereignisse geknüpft ist (daher autobiographisches Gedächtnis).
  13. Einige frühe Gedächtnismodelle waren nicht-assoziativ (Koffka's Ansicht einer kontinuierlichen Aufzeichnung, wie auf einem Videoband); aktuelle Modelle betonen demgegenüber Assoziationen zwischen den einzelnen Gedächtnisitems und benutzen häufig Schema- oder Knotenmodelle – wobei ein Knoten oder Schema jeweils einfach das ist, wodurch eine Idee repräsentiert wird.
  14. Zu den historischen Episoden bei der Suche nach der Physiologie des Gedächtnisses gehören: Lashley's Läsionen von Rattengehirnen (er fand das Engramm nicht); Penfield's Stimulationen der Gehirne seiner Patienten (ihre Erinnerungen waren möglicherweise eher Phantasien oder Halluzinationen als spezifische Erinnerungen); Untersuchungen der Gehirne von in angereicherter Umgebung aufgewachsenen Ratten (die Veränderungen waren allgemein und ungenau); das Verfüttern und Injizieren von trainierten Plattwürmern an untrainierte Plattwürmer (die Untersuchungen lassen sich kaum replizieren und scheinen – 30 Jahre später – nirgendwohin geführt zu haben); Untersuchungen der Gehirne von Amnestikern (die eine Differenzierung zwischen verschiedenen Systemen des Langzeitgedächtnisses unterstützen und darauf hinweisen, dass an diesen Systemen verschiedene Gehirnregionen beteiligt sind); die Entwicklung konnektionistischer Modelle (die behaupten, dass Erinnerungen in Mustern von Neuronen abgelegt sind und nicht in spezifischen Veränderungen von Einzelneuronen).





15. Die aktuelle Gedächtnisforschung verwendet häufig Aufzeichnungen von Elektroenzephalographen (EEG) und Magnetenzephalographen (MEG). EEG-Aufzeichnungen liefern Echtzeit-Aufzeichnungen über sogenannte **ereigniskorrelierte Potenziale (EKPs)**, Veränderungen im elektrischen Potenzial von Nervenzellen, während diese feuern. MEG-Aufzeichnungen liefern parallele Hinweise auf Veränderungen im Magnetfeld am Schädel während neuronaler Aktivität – diese werden als **ereigniskorrelierte Felder (EKFs)** bezeichnet. EKPs und EKFs treten normalerweise in Reaktion auf spezifische externe Stimulation auf und gestatten Forschern, die genauen beteiligten Gehirnregionen zu identifizieren.
16. Vergessen kann manchmal aus Hirnverletzungen resultieren, manchmal aus einem schlecht beschriebenen Fading-Prozess. Zusätzlich kann Vergessen wahrscheinlich auch aus Verzerrungen resultieren, die auftreten, weil das Erinnerte meist eher abstrakt ist und weil Menschen Erinnerungen eher generieren als rekonstruieren, wenn sie versuchen, sich zu erinnern. Andere Erklärungen für Vergessen sind: die Verdrängungstheorie (unüblich und am ehesten für sehr negativ besetzte emotionale Ereignisse anwendbar), die Interferenz-Theorie (proaktive und retroaktive Interferenz) und Versagen beim Abruf von Hinweisreizen (Fehlen geeigneter Hinweisreize, um Gelerntes abzurufen).
17. Lernen und Erinnern kann oft durch Rehearsal, Elaboration und Organisation verbessert werden. Gedächtnisstrategien sind unter anderem: Reime und ähnliche Strategien sowie spezielle Mnemotechniken (Gedächtnisstützen), die extensiv auf visuelle Vorstellungen setzen (das Loci-System und das phonetische System).