



# Gedächtnis und Wissenserwerb

*Christof Zoelch, Valérie-Danielle Berner und Joachim Thomas*

- 2.1 Einleitung – 24**
- 2.2 Begriffsbestimmung Gedächtnis – 24**
- 2.3 Komponenten des menschlichen Gedächtnisses – 25**
  - 2.3.1 Einspeichermodelle – 25
  - 2.3.2 Mehrspeichermodelle – 26
  - 2.3.3 Sensorisches Gedächtnis – 27
  - 2.3.4 Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis – 27
  - 2.3.5 Langzeitgedächtnis – 30
  - 2.3.6 Formen der Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis – 31
- 2.4 Modellannahmen zu Erinnerungs- und Vergessensprozessen – 36**
  - 2.4.1 Abruf vs. „Wiedererinnern“ – 36
  - 2.4.2 Vergessen – 38
  - 2.4.3 Vergessen als Zerfall von Gedächtnisspuren vs. Konsolidierung im zentralen Nervensystem – 39
  - 2.4.4 Vergessen durch Interferenz – 40
  - 2.4.5 Vergessen durch Abruf von Wissensinhalten – 40
- 2.5 Theoretische Perspektiven zum Wissenserwerb – 42**
- 2.6 Formen und Bedingungen von Wissenserwerb – 44**
  - 2.6.1 Wissenserwerb durch Texte – 44
  - 2.6.2 Wissenserwerb durch Zuhören – 45
  - 2.6.3 Wissenserwerb durch Schreiben – 46
  - 2.6.4 Wissenserwerb durch Beispiele und Modelle – 47
  - 2.6.5 Wissenserwerb durch Aufgabenlösen – 47
- Verständnisfragen – 49**
- Literatur – 50**

## 2.1 Einleitung

In nahezu allen Bildungskontexten geht es darum, möglichst viel und effektiv zu lernen, sich Wissen anzueignen. In diesem Kapitel wird das Lernen als Wissenserwerb und seine Rolle im Schulkontext dargestellt. Ob es sich konkret um das Erinnern eines historischen Ereignisses anhand einer Jahreszahl („Welches bedeutsame Ereignis der deutschen Geschichte fand am 3. Oktober 1990 statt?“), das Abrufen eines Rechenergebnisses des kleinen Einmaleins („Wie viel ergibt  $7 \times 8$ ?“) oder dem Wiedererinnern der Wortbedeutung von Vokabeln zum Übersetzen eines lateinischen Textes handelt: Im Kontext des schulischen Lernens spielt das Gedächtnis eine fundamentale Rolle. Wie wird Lernstoff im Gedächtnis gespeichert, in welchem Format wird er dort niedergelegt? Dazu werden zunächst Modellannahmen zum Aufbau und zur Funktion des menschlichen Gedächtnisses erläutert. Je nach theoretischem Verständnis des menschlichen Gedächtnisses werden unterschiedliche „Gedächtnisse“ nach ihrer Funktion (z. B. Art der zu speichernden Information, Kapazität und/oder Dauer der Speicherung von Information) und dem Format des gespeicherten Wissens differenziert. Warum kann einmal gelernter Stoff gar nicht, lediglich teilweise oder nur fehlerhaft abgerufen werden? Zur Erklärung des Vergessens beim schulischen Lernen werden unterschiedliche gedächtnispsychologische Theorien dargestellt und hinsichtlich ihrer Tragweite für schulische Vergessensphänomene beurteilt. Wie kann man als Lehrender Lernende dabei unterstützen, Wissen mit Hilfe von Lernprozessen aufzubauen, langfristig zu speichern und flexibel abzurufen und anwenden zu können? Zu Beantwortung dieser Frage werden unterschiedliche Möglichkeiten des Wissenserwerbs dargestellt und anhand verschiedener Wissensarten und Lernformen unterschieden. Darauf aufbauend werden Möglichkeiten dargestellt, im schulischen Lernkontext gezielt Bedingungen herzustellen, die den Wissenserwerb optimal fördern können und die flexible Nutzung von Wissensstrukturen begünstigen.

## 2.2 Begriffsbestimmung Gedächtnis

„Ein Leben ohne Gedächtnis wäre kein Leben ... Unser Gedächtnis ist unser Zusammenhalt, unser Grund, unser Handeln, unser Gefühl. Ohne Gedächtnis sind wir nichts“ – so eindrucksvoll äußerte sich Luis Buñuel in seinen Memoiren „Mein letzter Seufzer“ (1983, S. 2) zur menschlichen Fähigkeit der Erinnerung. Neben der offensichtlichen Bedeutsamkeit des Gedächtnisses für alle Arten schulischen Lernens, können wir uns tatsächlich nur über unser Gedächtnis an vergangene Ereignisse und Wissen erinnern, Gegenwartiges sinnvoll wahrnehmen und verstehen, zielgerichtet handeln als auch Zukünftiges planen. Ohne Gedächtnis besäßen wir z. B. auch keine Vorstellung über die eigene Identität (► Kap. 16) oder wären hilflos gefangen in der Gegenwart (vgl. dazu die Falldarstellung „Der verlorene Seemann“ in Sacks 1988), da über die Sinneswahrnehmung neu aufgenomme-

ne Information nicht in bereits Bekanntes und Unbekanntes differenziert werden kann. Das Lernen neuer Inhalte sowie das Verknüpfen mit bereits vorhandenem Wissen wäre ebenso wenig möglich, wie das Ausführen komplexer motorischer Fertigkeiten wie das Spielen eines Musikinstruments, das Wiedererkennen ehemaliger Mitschülerinnen und Mitschüler nach vielen Jahren oder die Auswahl und der Einsatz geeigneter Lehrmethoden im Unterricht. Auch wenn die geschilderten Phänomene keineswegs die komplette Bandbreite der alltäglichen Anforderungen an unser Gedächtnis wiedergeben, wird deutlich, wie fundamental und vielschichtig die Funktionen des menschlichen Gedächtnisses sind. In der kognitionspsychologischen Sichtweise wird das Gedächtnis anhand seiner unterschiedlichen Funktionen (z. B. langfristiges vs. kurzfristiges Speichern) und der Art der gespeicherten Inhalte (z. B. das Gedächtnis für persönliche biografische Informationen oder das Gedächtnis für Faktenwissen) differenziert.

Nach Zimbardo, Gerrig und Graf (2008) lässt sich das Gedächtnis definieren als „mentale Fähigkeit, Information aufzunehmen, zu speichern und wieder abzurufen“ (S. 232). Das Abspeichern und Wiedererinnern von Information kann dabei bewusst und durch aktive Anstrengung passieren, was auch als intentionales Lernen bezeichnet wird. Als inzidentelles Lernen hingegen wird die quasi beiläufig – ohne eine gezielte Absicht – vorgenommene Aufnahme und/oder der Abruf von Informationen bezeichnet. Entgegen der in der kognitiven Psychologie gelegentlich bemühten Computermetapher – z. B. die vereinfachende Sichtweise des Langzeitgedächtnisses als Festplatte oder des Arbeitsgedächtnisses als Arbeitsspeicher – wird das Gedächtnis nicht als statischer, passiver Wissensspeicher aufgefasst, sondern als ein aktives, dynamisches Informationsverarbeitungssystem. Das bedeutet, dass sich die Strukturen und die Verarbeitungsprozesse dieses Systems mit der fortwährenden Aufnahme, Speicherung und dem Abruf verändern (Lefrançois 2015).

Das Einspeichern und Erinnern eines selbsterlebten Ereignisses wie z. B. des ersten Schultages ist nach heutiger Sichtweise keineswegs in Analogie zum Aufnehmen und Wiedergeben einer (objektiven) Filmsequenz zu betrachten. Schon beim Einspeichern wird neu Erlebtes mit bereits Bekanntem abgeglichen, bewertet und möglicherweise mit unterschiedlichem emotionalen Gehalt versehen. Beim Wiedererinnern werden Gedächtnisinhalte nicht erschöpfend und analog zum eigentlichen Ereignis abgerufen, sondern meist aus einer Vielzahl einzelner Erinnerungsfragmente rekonstruiert und entsprechend der individuellen Vorerfahrung „ergänzt“. Aktuelle Emotionen, Einstellungen oder Vorurteile können dabei das Wiedererinnern ebenso verzerren wie zwischenzeitlich gemachte Erfahrungen. Dies erklärt im Ansatz auch, warum es im Rückblick auf manche biografischen Erlebnisse zu einer Art Schönfärbung der Erinnerungen kommen kann. Erinnerungsverzerrungen stellen ein alltägliches Phänomen dar und werden gerade dann deutlich, wenn mehrere unterschiedliche Beobachter den gleichen Sachverhalt wiedererinnern sollen – etwa bei Aussagen von Augenzeugen.

Das gemeinsame Moment von Gedächtnis und Lernen bezieht sich auf die Wirkungen von in der Vergangenheit gemachten Erfahrungen auf das gegenwärtige Verhalten. Auch wenn in der Literatur mancherorts die beiden Begriffe wenig trennscharf behandelt werden, soll Lernen thematisiert werden als Erfahrungen, die zu Veränderungen im Verhaltenspotenzial – also dem tatsächlichen wie dem möglichen Verhalten – führen. Hingegen werden unter dem Thema Gedächtnis die Bewahrung und Reproduktion der vollzogenen Änderungen im Verhaltenspotenzial behandelt werden (vgl. Hoffmann & Engelkamp 2017).

**Gedächtnis** – Das Gedächtnis kann als ein aktives, dynamisches und veränderbares Informationsverarbeitungssystem angesehen werden, das Informationen aufnimmt, speichert und abrufen (Zimbardo et al. 2008). Die folgenden drei Prozesse des menschlichen Gedächtnisses werden unterschieden: Enkodierung, Speicherung und Abrufen.

**Enkodierung** – Mit Enkodierung wird ein Prozess bezeichnet, durch den Informationen (z. B. Sinnesreize) so transformiert werden, dass sie von einem System (z. B. dem menschlichen Gedächtnis) aufgenommen und verarbeitet (z. B. verändert und gespeichert) werden können.

**Speicherung** – Die Speicherung bezeichnet das mehr oder weniger dauerhafte Halten von Information (z. B. eine Telefonnummer) in einem System (z. B. einem Kurzzeit- oder Langzeitspeicher) um sie entweder aktuell oder zu einem späteren Zeitpunkt abzurufen oder weiter zu verarbeiten (oder längerfristig zu halten).

**Abrufen** – Unter Abrufen versteht man das (erneute) Verfügbarmachen von gespeicherter Information (z. B. Wiedererinnern einer Telefonnummer) um diese auszugeben (z. B. einer anderen Person mitteilen) oder innerhalb eines Systems weiterzuverarbeiten (z. B. Telefonnummer mit einer Person verknüpfen).

Zur Differenzierung unterschiedlicher „Gedächtnisse“ wird in der kognitiven Psychologie einerseits nach der Art der zu speichernden und wiederabzurufenden Information (z. B. semantisches, episodisches oder prozedurales Gedächtnis) unterschieden und andererseits nach Gesichtspunkten wie der Speicherdauer und -kapazität sowie der Funktion im zeitlichen Verlauf der Informationsverarbeitung (Sensorisches Gedächtnis, Arbeits- und Langzeitgedächtnis).

## 2.3 Komponenten des menschlichen Gedächtnisses

Der Beginn der empirischen Gedächtnisforschung geht auf die Arbeiten von Hermann Ebbinghaus (1885/1992) zurück, der die Funktionsweise des menschlichen Gedächtnisses experimentell mittels dem Einprägen von Listen sog. „sinnloser“ Silben untersucht hat. Damit wollte er den Einfluss individuell unterschiedlicher Vorerfahrungen auf die Erinnerungsleistung minimieren, wie er bei sinnhaftem Material auftreten kann. Neben der Bedeutung mehrfacher Lerndurchgänge für den Erwerb relativ sinnarmer Silbenreihen thematisiert er das Vergessen von Gelerntem über die Zeit. Dabei fiel ihm auf, dass das Vergessen von gelernten Silben unmittelbar nach Abschluss der Lernphase zunächst sehr stark war und mit zunehmend verstreichender Zeitdauer immer geringer wurde. Auch stellte er fest, dass für das erneute

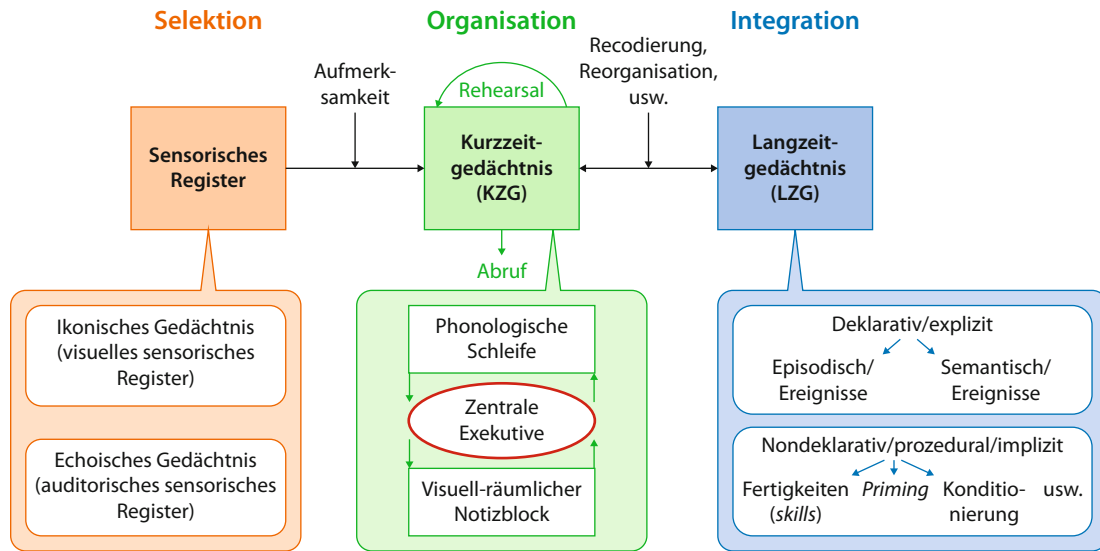
Lernen bereits vergessener Information weniger Zeit benötigt wurde. Beide Befunde wurden vielfach repliziert und haben bis heute Gültigkeit. Mit der sogenannten „kognitiven Wende“ in den 1960er Jahren wurde vor allem auf die Art und den zeitlichen Ablauf der Informationsverarbeitung fokussiert. Dies führte zunächst zum Postulat unterschiedlich funktionierender Speichersysteme (► Definitionen). Zunächst lag der Fokus auf sogenannten Mehrspeichermodellen, bei den von separaten Speichern je nach Behaltensdauer ausgegangen wird. In derartigen Modellen wird nach der Speicherdauer zwischen einem sensorischen Gedächtnis (Speicherdauer: Bruchteile einer Sekunde), einem kurzzeitigen Arbeitsgedächtnis (Speicherdauer: wenige Sekunden) und einem Langzeitgedächtnis (unbegrenzte Speicherdauer) unterschieden. In sogenannte Einspeichermodellen wird ein Speicher postuliert, der über verschiedene Speicher- und Verarbeitungsprozesse unterschiedlich genutzt wird.

### 2.3.1 Einspeichermodelle

Einspeichermodelle sind historisch gesehen jünger und erlangen in der gegenwärtigen kognitiven Psychologie zunehmend an Bedeutung. In ihnen wird die Grundannahme vertreten, dass es außer einem Langzeitgedächtnis keine separaten Speicher gibt. Zwei grundlegend unterschiedliche Ansätze dieser Art sind die ACT-R-Theorie und das Prozessmodell der Verarbeitungstiefe.

Die ACT-R-Theorie (*Adaptive Control of Thought*) von Anderson (Anderson & Funke 2013) sieht anstelle der sensorischen Speicher unterschiedliche Enkodierungs- und Verarbeitungsprozesse auf initialer Ebene vor. Anstatt eines separaten Arbeitsgedächtnisses werden kurzzeitige Speicher- und Verarbeitungsprozesse als aktivierter Teil des Langzeitgedächtnisses angenommen. Dazu propagiert Anderson automatische und kontrollierte Prozesse bei der Kodierung, Speicherung und Verarbeitung von Information. Kontrollierte Prozesse erfordern weitreichende Aufmerksamkeitsressourcen und verlaufen seriell, also nacheinander. Demgegenüber sind automatische Prozesse parallel, unbewusst und mit geringen oder keinen nennenswerten Aufmerksamkeitsressourcen verbunden. Ebenso wie bei anderen Einspeichermodellen wird der Unterschied zwischen aktivierter und nicht-aktivierter Information innerhalb eines einheitlichen Langzeitgedächtnisses thematisiert. Die aktivierte Information ist direkt verfügbar (wie in einem kurzzeitigen Gedächtnis), die nicht aktivierte Information muss im Gedächtnis erst aktiviert werden (vergleichbar mit dem Abrufen aus einem Langzeitgedächtnis). Sowohl beim Einprägen als auch beim Erinnern können derartige Aktivierungsprozesse automatisch oder kontrolliert ablaufen.

Craik und Lockhart (1972) vertreten ein Prozessmodell der Verarbeitungstiefe. Gedächtnisleistungen spielen sich in einem einheitlichen Gedächtnis ab und sind das Ergebnis von verschiedenen Graden der Informationsverarbeitung. Wird beispielsweise ein gelesenes Wort memoriert, kann



■ **Abb. 2.1** Das Gedächtnismodell nach Atkinson und Shiffrin (1968)

dies unterschiedliche Stufen der Verarbeitung durchlaufen. Je nachdem wie „tief“ diese Verarbeitung abläuft, wird die Information besser behalten. Zunächst wird auf der ersten Verarbeitungsstufe das Wort strukturell verarbeitet, d. h. Oberflächenmerkmale wie die Form werden analysiert und gespeichert. Auf der zweiten Verarbeitungsstufe erfolgt eine phonologische Analyse und Kodierung. Auf der dritten Verarbeitungsstufe schließlich erfolgt eine semantische Kodierung und ermöglicht im weiteren Sinn die Bildung von Sinnzusammenhängen. In späteren Studien wurde nachgewiesen, dass auch das Ausmaß der weitergehenden Verarbeitung – auch *Elaboration* genannt – auf den jeweiligen Verarbeitungsebenen zur Speichergüte beiträgt. Ferner ist nicht die bloße Verarbeitungszeit („mehr Verarbeitungszeit – bessere Speicherung?“) sondern tatsächlich die Tiefe der Verarbeitung für die Behaltensgüte wesentlich (vgl. Craik & Tulving 1975). Damit weisen Craik und Lockhart (1972; 2008) gegenüber Mehrspeichermodellen den Aspekten des Bedeutungsgehalts einen größeren Stellenwert bei Lernprozessen zu. An der Theorie der Verarbeitungstiefe wurde jedoch auch Kritik geübt: Die Theorie erlaube keine Vorhersagen, inwiefern unterschiedliche Lern- oder Gedächtnisanforderungen zu unterschiedlicher Verarbeitungstiefe führen. Ferner erlaube die Theorie keine eindeutigen Aussagen, welchen Unterschied es hinsichtlich der Verarbeitungstiefe macht, ob z. B. ein Wort akustisch oder visuell dargeboten wird (vgl. Hoffmann & Engelkamp 2017). Wenngleich das Modell von Craik und Lockhart kritisch diskutiert wird, hat das Prinzip der Verarbeitungstiefe bis heute in viele kognitionspsychologischen Ansätze Eingang gefunden.

Bezugnehmend auf das schulische Lernen kann festgehalten werden: Wissenserwerb basiert in den Einspeichermodellen auf Aktivierung von Information im Gedächtnis und auf der Modifikation durch kognitive Prozesse, z. B. durch Verknüpfung zwischen neuen und bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten.

## 2.3.2 Mehrspeichermodelle

Eines der bekanntesten Mehrspeichermodelle stammt von Atkinson und Shiffrin (1968; ■ Abb. 2.1). Es beruht auf der Annahme von drei miteinander interagierenden Speichersystemen: dem sensorischen Speicher (sensorisches Gedächtnis, Ultrakurzzeitgedächtnis; ► Abschn. 2.3.3), dem kurzzeitigen Speicher (Kurzzeitgedächtnis; ► Abschn. 2.3.4) und dem langzeitigen Speicher (Langzeitgedächtnis; ► Abschn. 2.3.5). Beim sensorischen Speicher wird eine neu eingehende Information sehr kurz – für den Bruchteil einer Sekunde – aufgenommen und gefiltert. Informationen, die nicht weiterverarbeitet werden, „zerfallen“, wohingegen Informationen, die für die Weiterverarbeitung ausgewählt wurden, an ein Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnis weitergeleitet werden. Die Bezeichnung „Kurzzeitspeicher“ meint, dass es hier um eine bloße Speicherung von Information geht, wohingegen der Begriff „Arbeitsgedächtnis“ mit der Speicherung und Verarbeitung von Information assoziiert ist. Wird Information im Arbeitsgedächtnis nicht nur kurzzeitig gespeichert, sondern auch verarbeitet, so kann dies sowohl über den Abgleich mit neu eingehender Information als auch mit bereits im Langzeitgedächtnis abgespeicherten Inhalten passieren. Damit kommt dem Arbeitsgedächtnis eine Funktion als Schnittstelle zu. Um Informationen länger in einem Kurzzeit- oder Arbeitsspeicher zu halten, können kurzzeitige Gedächtnisstrategien zur Wiederauffrischung angewandt werden (► Abschn. 2.3.4). Information kann aber durch Wiederholung vom kurzzeitigen oder Arbeitsspeicher in den langzeitigen Speicher übertragen werden. An dem Mehrspeichermodell wurde weitreichende Kritik geäußert, die sich zum einen um die Notwendigkeit eines eigenen sensorischen Speichers dreht und zum anderen um die unklare Beschreibung der Funktionen des kurzzeitigen und langzeitigen Speichers. Ferner wurde kritisiert, dass das Zusammenwirken der einzelnen Speicher in dem Modell nur oberflächlich benannt wurde. Trotzdem wird dem

ursprünglichen Modell von Atkinson und Shiffrin ein hohe heuristischer Wert für die nachfolgende Forschung zugesprochen (vgl. Hoffmann & Engelkamp 2017).

Um schulisches Lernen im Rahmen der Mehrspeichermodelle aufgreifen zu können, soll im Folgenden auf die einzelnen Speicher und die damit verbundenen Prozesse – basierend auf der Struktur des Modells von Atkinson und Shiffrin – eingegangen werden.

### 2.3.3 Sensorisches Gedächtnis

Wird neue Informationen über die Sinnesorgane aufgenommen, so durchläuft diese zunächst das sensorische Gedächtnis. In einigen Darstellungen wird dies auch sensorisches Register, Ultrakurzzeitgedächtnis oder Ultrakurzzeitspeicher genannt. Atkinson und Shiffrin (1968) postulierten, dass es separate, parallel arbeitende sensorische Gedächtnisse für jede Sinnesmodalität gibt. So ist das ikonische Gedächtnis für die Verarbeitung visueller Information und das echoische Gedächtnis für Verarbeitung eingehender auditiver Information zuständig (Neisser 1976). Sensorische Gedächtnissysteme für andere Sinnesmodalitäten werden bislang lediglich angenommen, in der Literatur existieren bisher aber weder systematische theoretische Ausarbeitungen noch empirische Studien, die etwa ein haptisches (Fühlen), ein gustatorisches (Schmecken) oder ein olfaktorisches (Riechen) sensorisches Gedächtnis konzeptualisieren und belegen könnten.

Die Anforderungen an einen sensorischen Speicher sind immens: Es müssen äußerst schnell ungeheure Informationsmengen bewältigt werden. So wird geschätzt, dass diese Informationsmenge im visuellen System in etwa einer Größenordnung von  $10^9$  bis  $10^{11}$  Bits pro Sekunde entspricht (ein Bit stellt die kleinstmögliche Informationseinheit „Binary Digit“ dar; zum Vergleich: Eine vollgeschriebene Seite dieses Buches enthält in etwa  $10^4$  Bits). Die Information ist aber nur für eine äußerst kurze Zeit verfügbar. Man geht davon aus, dass eine im ikonischen Gedächtnis angekommene Information nur etwa 0,5 bis 1 Sekunde aufrechterhalten werden kann und dann „zerfällt“ (vgl. Sperling 1960). Die Haltedauer für akustische Information im echoischen Speicher wird mit etwa 2 Sekunden angegeben, wenn auch die Angaben uneinheitlich zwischen 0,5 und mehreren Sekunden Dauer schwanken (vgl. Baddeley, Eysenck & Anderson 2015).

Die sehr kurze Haltedauer und quasi unbegrenzte Kapazität der sensorischen Speicher erklärt sich über ihre Funktion im Informationsverarbeitungsprozess: Aus der großen Informationsfülle muss die relevante Information ausgewählt und in den Kurzzeitspeicher bzw. das Arbeitsgedächtnis weitergeleitet werden. Die Aufgaben der sensorischen Speicher reichen vom groben Erkennen von Merkmalen wie Form und Farbe bis hin zu komplexen Mustererkennungsprozessen. Letztere kann in einem Erfassen von semantischer Information, also die den Inhalt betreffenden Aspekte wie z. B. Buchstaben- oder Wortbedeutung liegen. Es erfolgt aber keine Bewertung oder bewusste inhaltliche Reizverarbeitung,

dazu wird die zur Weiterverarbeitung ausgewählte Information in das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis übertragen.

Experimentelle Studien führten zu diesen Annahmen aus, dass es im Bereich des ikonischen Gedächtnisses wahrscheinlich zwei grundlegende Prozesse geben dürfte: eine eigentliche sensorische Phase die etwa 150 bis 250 Millisekunden dauert und eine zweite Phase, in der auch höhere z. B. abstrakte Merkmale der aufgenommenen visuellen Information repräsentiert werden und Mustererkennungsprozesse stattfinden.

Das sensorische Register ist also eine Art „Echo“, welches in wenigen Sekunden zerfällt, wenn keine Aufmerksamkeit darauf gerichtet wird (vgl. Lefrançois 2015). Zwischen dem sensorischen Register und dem Kurzzeitgedächtnis wird daher mittlerweile von manchen Forschern eine weitere Funktion angenommen, ein Filter, welcher auch als selektive Aufmerksamkeit bezeichnet wird.

### 2.3.4 Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis

Das Kurzzeitgedächtnis hat eine begrenzte Speicherdauer und -kapazität, Information kann dort für wenige Sekunden gehalten werden. Atkinson und Shiffrin (1968; 1971) weisen in ihrem Mehrspeichermodell dem kurzzeitigen Speicher eine Mittlerrolle zwischen eingehender Information (aus dem sensorischen Speicher) und Abruf aus dem Langzeitgedächtnis zu, sehen die beiden Speicher aber als relativ unabhängig voneinander an. Die zeitliche Limitierung des Speichers beträgt nur wenige Sekunden, d. h., dass Information im Kurzzeitspeicher nach wenigen Sekunden nicht mehr abrufbar ist. Dieser Verfall kann durch das sogenannte *Rehearsal* – der stetigen (inneren) Wiederholung des Materials aufgehalten werden. Z. B. kann eine Telefonnummer stetig wiederholt werden „042738 – 042738 – 042738...“. Informationen bleiben dann länger in diesem Kurzzeitspeicher und können so mit höherer Wahrscheinlichkeit zur dauerhaften Speicherung in das Langzeitgedächtnis überführt werden. Im Kurzzeitgedächtnis wird u. a. verbale, visuelle oder taktile Information weiterverarbeitet. Die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses wurde seit den Arbeiten von Miller (1956) mit  $7 \pm 2$  Informationseinheiten oder *Chunks* angegeben (► Im Fokus). Mittlerweile wird dieser Umfang stark diskutiert und neuere Arbeiten gehen eher von einer geringeren Kapazität von etwa vier Informationseinheiten, aber bedeutsameren Chunkingprozessen aus (vgl. Cowan 2001).

#### Im Fokus: Chunking

Aus einzelnen Informationseinheiten – z. B. Zahlen, Buchstaben oder Tönen – können größere, bedeutungstragende Informationseinheiten zusammengefasst werden. *Chunks* werden im Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnis gebildet, indem auf der Basis von (semantischem) Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis Informationen verdichtet werden.

So könnten beispielsweise aus der zu memorierenden zehnteiligen Buchstabenreihe „i-t-b-m-w-m-f-g-z-b“ die vier *Chunks* „IT – BMW – mfG – z.B.“ werden. Mit zunehmender Übung und/oder Expertise in bestimmten Wissensgebieten steigt auch die Fähigkeit, durch den Prozess des *Chunkings* immer mehr Informationseinheiten zu immer größeren *Chunks* zusammenzufassen (Chase & Simon 1973). Durch Vorwissensunterschiede können auch Unterschiede im *Chunking* bzw. der Gedächtniskapazität (► Abschn. 2.3.5) teilweise erklärt werden. Der Prozess des *Chunkings* wird in der Literatur nicht eindeutig von dem der Gruppierung (*Grouping*) getrennt, manche Autoren sehen die Bedeutungshaltigkeit beim *Chunking* als Unterschied gegenüber der Gruppierung. Bei der Gruppierung können Informationseinheiten z. B. durch zeitliche Aufteilung zusammengefasst werden, ohne dass die erhaltenen Informationseinheiten einen zusätzlichen Bedeutungszuwachs erhalten haben. Z. B. werden aus einer zwölfstelligen Zahlenreihe vier Dreiergruppen gebildet:

715483561937     715 – 483 – 561 – 937 (Gruppierung)

Unbestritten ist, dass mittels *Chunking* die begrenzte Kapazität eines Kurzzeit- oder Arbeitsgedächtnisses besser genutzt werden kann. Für Lernprozesse spielt das *Chunking* damit eine entscheidende Rolle. *Chunking* ist nicht nur auf diskrete Informationen wie Zahlen- oder Buchstabensequenzen begrenzt. Ganze Verhaltenssequenzen, die sich aus einzelnen Teilsequenzen zusammensetzen, können durch *Chunking* besser gelernt werden (Song & Cohen 2014). Dazu ließe sich beispielhaft das Vermitteln der Kür im Geräteturnen aus einzelnen Bewegungssequenzen im Sportunterricht anführen. Mit zunehmenden Fähigkeiten im Turnen können diese Verhaltenssequenzen zu *Chunks* zusammengefasst und besser und schneller erinnert werden.

Über *Chunking* als Möglichkeit, einzelne Informationseinheiten auf Basis von Information aus dem Langzeitgedächtnis zu größeren Informationseinheiten zusammenfassen, kann der Speicher „effizienter“ genutzt werden. Der Rückgriff auf die semantische Information aus dem Langzeitgedächtnis durch Prozesse im kurzzeitigen Speicher zeigt, dass die Speichersysteme im Mehrspeichermodell, entgegen der ursprünglichen Annahme von Atkinson und Shiffrin, nicht unabhängig voneinander arbeiten. Die Einbindung semantischer Information in kurzzeitige Gedächtnisprozesse zeigt aber noch etwas Anderes: Gerade der für Lernprozesse bedeutsame Rückgriff auf das Langzeitgedächtnis kann auch Interferenzeffekte im Kurzzeitgedächtnis erklären (Abruf bestimmter Gedächtnisinhalte wird durch das Lernen anderer Inhalte erschwert). Dabei wird zwischen retroaktiver (neue Inhalte erschweren den Abruf bestimmter Gedächtnisinhalte) und proaktiver Interferenz differenziert (bestimmte Gedächtnisinhalte erschweren den Abruf neuer Inhalte). Wickens (1973) konnte in einem Experiment zeigen, dass es eine

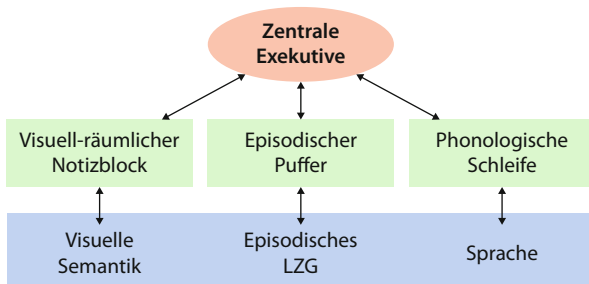
sogenannte proaktive Hemmung (Interferenz) beim Lernen neuer Inhalte im Kurzzeitgedächtnis gibt. Im Rahmen einer proaktiven Hemmung gehen zu lernenden Informationen semantische Störereignisse voraus, z. B. indem zu lernenden Vokabeln aus der gleichen Kategorie einer neu zu lernenden Vokabel vorausgehen (Tiger – Löwe – Gepard – neu: Luchs). Stammen die vorausgehenden Vokabeln aus einer anderen Kategorie als die neue Vokabel (Apfel – Birne – Orange – neu: Luchs) tritt diese Störung nicht vergleichbar auf. Ein Gros der anfänglichen Forschung zum Kurzzeitgedächtnis fokussierte den Bereich verbaler Gedächtnisleistungen, daher werden Prozesse zu diesem Speicher meist anhand von Beispielen und Befunden zu verbalen Gedächtnisleistungen ausgeführt. Dies hat auch dazu geführt, dass der kurzzeitige Speicher nach Atkinson und Shiffrin als eher phonetischer Speicher gesehen wurde und wegen dieser Einseitigkeit kritisiert wurde (vgl. Hoffmann & Engelkamp 2017).

Mit zunehmendem Fokus auf Verarbeitungsprozesse im Kurzzeitspeicher und zahlreichen empirische Befunden wuchs die Kritik am rein passiven Kurzzeitgedächtnis für überwiegend phonologische Informationen, wie Atkinson und Shiffrin es in ihrem Mehrspeichermodell konzipiert hatten. Weder die Rolle semantischer Information (z. B. beim *Chunking*) noch die Art des Zusammenwirkens mit dem Langzeitgedächtnis konnten durch diese frühen Modelle des Kurzzeitgedächtnisses erschöpfend erklärt werden. Daneben erschien es verkürzt anzunehmen, dass allein das Wiederholen von Information (*Rehearsal*) im Kurzzeitspeicher zu einer langfristigen Speicherung führen würde.

#### ■ Modell des Arbeitsgedächtnisses

In der Folge entwickelten Baddeley und Hitch (1974) das Modell eines Arbeitsgedächtnisses (■ Abb. 2.2). Dieses sollte neben einer kurzzeitigen Speicherung von phonologischer und visuell-räumlicher Information vor allem auch diese kurzfristig gehaltene Information manipulieren können. Damit ist beispielsweise gemeint, dass das Arbeitsgedächtnis bei mehrstelligen mentalen Additionsaufgaben nicht nur die Summanden speichert und das Ergebnis aus dem Langzeitgedächtnis abrufen, sondern auch Zwischenergebnisse bereithält und die Auswahl und Durchführung von komplexen Rechenalgorithmen initiiert und überwacht. Damit legen Baddeley und Hitch in ihrem Modell einen Fokus auf komplexe kognitive Aktivitäten, zu denen auch bewusste Denk- und Repräsentationsprozesse gehören. Um derartigen Anforderungen gerecht zu werden unterteilten sie das Modell in zwei modalitätsspezifische Speicherinstanzen – die phonologische Schleife (*phonological loop*) für phonologische Information und den visuell-räumlichen Notizblock (*visuospatial sketchpad*) für visuell-räumliche Information – und eine übergeordnete Kontrollinstanz – die zentrale Exekutive (*central executive*). Die phonologische Schleife und der visuell-räumliche Notizblock beziehen ihre Informationen entweder aus den sensorischen Registern oder durch einen Abruf aus dem Langzeitgedächtnis.

Die phonologische Schleife ist für die Speicherung und kurzzeitige Verarbeitung von phonologischer Information



■ **Abb. 2.2** Arbeitsgedächtnis nach Baddeley und Hitch (Quelle: Baddeley 2000)

zuständig, das heißt, Informationen die in erster Linie unterschiedliche Aspekte wie akustische und bedeutungstragende (semantische) Merkmale der Sprache betreffen. Darüber hinaus werden auch musikbezogene Aspekte wie melodische oder rhythmische Informationen in diesem Subsystem verarbeitet. Auch können phonologische Informationen, die visuell erfasst werden, z. B. beim Lesen eines Wortes oder Erfassen eines in Notschrift dargebotenen Rhythmus, in einen phonologischen Code umgewandelt und in der phonologischen Schleife verarbeitet werden (phonologische Rekodierung). Der visuell-räumliche Notizblock ist für die Speicherung und Verarbeitung von visueller und räumlicher Information zuständig. In diesem Zusammenhang werden unter „visueller Information“ Aspekte wie die Form, Farbe oder Maserung eines Reizes verstanden. Unter „räumlicher Information“ wird die Position eines Reizes im Raum oder in Relation zu anderen Reizen oder die Bewegung eines Reizes verstanden. Baddeley spricht den beiden Subsystemen neben einer reinen Speicherfunktion auch basale Verarbeitungsfunktionen zu, etwa das „Kreisen“ oder Wiederholen (*Rehearsal*) von Informationen, um diese länger im Speicher halten zu können oder in das Langzeitgedächtnis transferieren zu können. Die übergeordnete Kontrollinstanz der zentralen Exekutive war lange Zeit wenig spezifiziert, damit kam ihr in gewisser Weise die Funktion einer Art „Resterampe“ zu: Alle Phänomene, die nicht über die Subsysteme erklärbar waren, wurden der zentralen Exekutive zugesprochen. Baddeley (1986; 1996; 2002) unternahm mehrere Vorstöße, die zentrale Exekutive näher zu erklären: Neben der Kontrolle von Enkodier- und Abrufstrategien, der Fokussierung der Aufmerksamkeit und der Koordination und dem Wechsel zwischen zwei zeitgleich ablaufenden Aufgaben wurde auch die Kommunikation mit dem Langzeitgedächtnis als Prozess der zentralen Exekutive diskutiert. Da gerade die Verbindung zum Langzeitgedächtnis über die zentrale Exekutive nicht plausibel zu erklären war, erweiterte Baddeley (2000) das ursprünglich dreigliedrige Arbeitsgedächtnismodell um eine vierte Instanz, den sogenannten episodischen Puffer. Baddeley hoffte damit komplexe Prozesse wie das Chunking besser erklären zu können, indem er dem episodischen Puffer die Aufgabe der Integration von Information aus den Subsystemen phonologische Schleife und visuell-räumlicher Notizblock zuwies. Zudem hoffte er, so die Einbindung von längerfristig gespeicherter Information näher erklären zu können.

Bezogen auf das Ausführen einer schriftlich dargebotenen Rechenaufgabe im Mathematikunterricht würden die aus den visuellen sensorischen Registern weitergeleiteten Informationen zunächst über den visuell-räumlichen Notizblock aufgenommen und – phonologisch rekodiert – in der phonologischen Schleife zwischengespeichert und aufrechterhalten werden. Der Abruf und die Anwendung der zur Bearbeitung der Aufgabe notwendigen Rechenalgorithmen vollzieht sich nach dem Modell über die zentrale Exekutive. Die Kontrolle und Koordination der Rechenoperationen sowie die Speicherung und Synthese von Zwischen- und Endergebnissen in der phonologischen Schleife wird ebenfalls von der zentralen Exekutive vorgenommen.

In empirischen Untersuchungen konnten Nachweise für die Bedeutung des Arbeitsgedächtnisses für den Erwerb des Lesens (Gathercole & Baddeley 1993), das Leseverständnis (Hasselhorn & Marx 2000), das Textverstehen (McCallum et al. 2006) sowie für die mentale Addition und Multiplikation (De Rammelaere, Stuyven & Vandierendonck 2001; Seitz & Schumann-Hengsteler 2000) erbracht werden. Mittlerweile werden Arbeitsgedächtnisprozesse zu den wichtigsten (kognitiven) Bedingungsfaktoren sowohl für kurz- und langfristige Lernvorgänge (Kyllonen 1996) als auch im Bereich von Lernstörungen (Swanson 2005) gezählt.

Veränderungen innerhalb der Gedächtnisentwicklung von Kindern wurden in erster Linie auf die Veränderungen von kognitiven Prozesse zurückgeführt, die eng mit der Grad der Funktionalität des Arbeitsgedächtnisses zusammenhängen (Schneider & Pressley 1997). Generell werden die Ursachen dieser entwicklungsbezogenen Veränderungen im Bereich des Gedächtnisses nochmals ausdifferenziert: Entweder kommen diese durch Verbesserungen in der „Hardware“ (Vergrößerung der Gedächtniskapazität und der Verarbeitungsgeschwindigkeit) oder im Bereich der „Software“ (Zunahme und Effizienz des Gebrauchs von Gedächtnisstrategien, Zuwachs und Organisation von Vorwissen, Veränderungen im Metagedächtnis) zustande. Dazu zählen auch die über das Arbeitsgedächtnis ablaufenden kurzzeitigen Gedächtnisstrategien. Als Strategien lassen sich potenziell bewusste, intentionale Aktivitäten begreifen, die zwar im Arbeitsgedächtnis ablaufen, jedoch im Langzeitgedächtnis gespeichert werden. Diese sollen dabei helfen, eine Gedächtnisanforderung besser zu bewältigen, indem sie die vorhandenen Ressourcen effizienter nutzen. Generell werden sogenannte Enkodierstrategien, die vor allem bei der Einspeicherung von Informationen bedeutsam sind, von Abrufstrategien abgegrenzt. Letztere kommen während des Erinnerns von Lernmaterial zum Einsatz und bestehen z. B. im Abruf von Informationen nach Oberbegriffen, dem sogenannten *Clustern*. Zu den Enkodierstrategien zählen beispielsweise das Wiederholen (*Rehearsal*), das Kategorisieren nach semantisch plausiblen Oberbegriffen (Einspeichern von chemischen Elementen aus dem Periodensystem nach Kategorien, z. B. „Edelgase“: Helium, Neon, Radon usw.) und das Elaborieren („Eselsbrücken“ bilden, wie z. B. „Mein Vater erklärt mir jeden Sonntag unseren Nachthimmel“ als Merksatz, um sich die Planeten des Sonnensystems zu merken oder das Einspeichern der b- und #-Tonarten des Quintenzirkels

im Musikunterricht anhand der Sätze „Frische Bananen essen Asiaten deshalb gerne.“ bzw. „Geh, Du alter Esel, hol Fische!“). Die Bedeutung strategischer Prozesse bei der Erklärung entwicklungsbedingter Veränderungen in den kurzzeitigen Gedächtnisleistungen wurde seit den 1980er-Jahren allerdings auch kritisch hinterfragt (vgl. auch Hühnerkopf, Schneider & Hasselhorn 2006).

#### ■ Alternative Arbeitsgedächtnisansätze

Die Frage nach dem Zusammenwirken von kurzzeitigen Speicher- und Verarbeitungsprozessen und langfristig gespeicherter Information hat neben dem Arbeitsgedächtnis-Modell von Baddeley und Hitch zu alternativen Arbeitsgedächtnisansätzen geführt. Einer der bekanntesten ist das Modell von Cowan (2001). Cowan stellt die Bedeutung von Aufmerksamkeitsprozessen für die Speicherung und den Abruf von Information in den Vordergrund und sieht das Arbeitsgedächtnis als einen aktivierten Teil eines Langzeitgedächtnisses. In diesem Zusammenhang bedeutet Aktivierung, dass die Information im Gedächtnissystem ein erhöhtes Erregungsniveau besitzt. Es findet ein Aufmerksamkeitsfokus auf die entsprechend aktivierte Information statt, die somit besser verarbeitet und gespeichert werden kann. Neu eingehende Information kann mit der Aktivierung von langfristig abgelegten Gedächtnisinhalten einhergehen und mit diesen zur weiteren Verarbeitung im Aufmerksamkeitsfokus gehalten werden. Der Aufmerksamkeitsfokus ist kapazitätsbegrenzt und kann etwa drei bis fünf bedeutungshaltige Informationseinheiten enthalten. Das Konzept von Cowan macht auch nochmals deutlich, worin der Unterschied zwischen einem reinen Kurzzeit- und einem Arbeitsgedächtnis besteht: Neben einer Aktivierung und Aufrechterhaltung von langfristig abgelegten Gedächtnisspuren, verfügt das Arbeitsgedächtnis über eine kontrollierte Aufmerksamkeitsfunktion. Erst diese macht das aktive Verarbeiten/Manipulieren von Information möglich und reicht damit über einen passiven Kurzzeitspeicher hinaus. Im Gegensatz zum Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley geht es bei Cowan nicht um Strukturen wie die phonologische Schleife oder den visuell-räumlichen Notizblock, sondern um Prozesse, die einer Gedächtnisleistung zugrunde liegen. Zudem sieht Cowan das Arbeitsgedächtnis als einen eingebundenen Teil des Langzeitgedächtnisses.

Ein anderer alternativer Arbeitsgedächtnisansatz wurde von Case (1985) vorgelegt. In seinem Ansatz werden entwicklungsbedingte Veränderungen der Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses (totale Kapazität) über zwei Grundfunktionen erklärt: Einen Verarbeitungsspeicher (*operating space*), in erster Linie für strategische Prozesse zuständig, und einen Kurzzeitspeicher (*storage space*) mit reiner Speicherfunktion. Trotz gleichbleibender Größe der beiden Speicherfunktion können entwicklungsbedingte Kapazitätswüchse – es kann mehr Information mit zunehmender Entwicklung eines Kindes gespeichert werden – erklärt werden. Dazu nimmt Case Veränderungen im Bereich der beiden Grundfunktionen an: So steigt mit zunehmender Entwicklung die Verarbeitungsgeschwindigkeit und die Effizienz innerhalb der Nutzung strategischer Prozesse im Verarbeitungsspei-

cher. Dies führt dazu, dass weniger Verarbeitungsspeicher für kognitive Prozesse benötigt wird und in der Folge mehr Platz im Kurzzeitspeicher zur Verfügung steht.

### 2.3.5 Langzeitgedächtnis

Unterschiedliche Modelle zum Langzeitgedächtnis teilen die Annahme, dass es sich theoretisch durch eine unbegrenzte Speicherkapazität und Behaltensdauer auszeichnet. Ursprünglich ging man davon aus, dass die Wahrscheinlichkeit, dass neu eingehende Information im Langzeitspeicher abgelegt wird, mit zunehmender Verweildauer im Kurzzeitgedächtnis ansteigt. Dem widersprechen aber Befunde, bei denen Information ohne ein nennenswertes *Rehearsal* oder sonstige Anwendungen von Gedächtnisstrategien in das Langzeitgedächtnis gelangten (vgl. die Darstellung der Bedeutung von Emotionen bei der Speicherung von Gedächtnisinhalten bei McGaugh 2003). Damit erscheint auch der von Atkinson und Shiffrin zwingend vorgeschlagene serielle Informationsverarbeitungsverlauf durch die sensorischen Register über den Kurzzeitspeicher zur dauerhaften Speicherung in das Langzeitgedächtnis fraglich. Heutzutage herrscht die Ansicht vor, dass das Ausmaß der Verarbeitungstiefe einen plausibleren Mechanismus für die dauerhafte Abspeicherung im Langzeitgedächtnis darstellt.

Als allgemein anerkannt gilt die Sichtweise, dass das Langzeitgedächtnis aus unterschiedlichen Teilsystemen besteht (vgl. Squire 1992), nämlich dem deklarativen und nicht-deklarativen Gedächtnis. Im deklarativen Gedächtnis (explizites Gedächtnis) werden episodisch-autobiografische Ereignisse sowie Fakten – in manchen Lehrbüchern auch als „Weltwissen“ bezeichnet – gespeichert. Diese sind verbalisierbar und gehen tendenziell mit bewusster Erinnerung einher. Daher wird das deklarative Gedächtnis auch oft als explizites Gedächtnis bezeichnet. Es wird auf Anregung von Tulving (1972) weiter unterteilt in ein episodisches und ein semantisches Gedächtnis. Dem episodischen Gedächtnis wird die Speicherung von konkreten, autobiografischen Ereignissen zugesprochen, die sich zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort zugetragen haben. Dabei kann es sich um so einschneidende persönliche Erlebnisse wie den ersten Schultag handeln oder alltägliche Information wie das Parken des eignen Autos am Uniparkplatz („Wo habe ich heute Morgen nur mein Auto abgestellt?“). Auch Kontextinformationen, also wann und wo sich etwas zugetragen hat, werden in diesem Zusammenhang gespeichert und dazu genutzt, die Information entsprechend zu organisieren und einzuordnen. Es wird vermutet, dass Informationen in diesem Gedächtnissystem in eher dynamisch-bildhafter Form gespeichert werden. Demgegenüber enthält das semantische Gedächtnis Wissen über allgemeine, weniger kontextabhängige Fakten („Wie heißt die Hauptstadt von Italien?“; „Welche Farbe hat eine reife Avocado?“; „Wie beginnt Beethovens fünfte Sinfonie?“), Wissen zu komplexen Zusammenhängen („Je mehr Zeit verstreicht, desto mehr vergisst man gelernten Stoff“) und Wortbedeutungen



(„Was bedeutet Äquivalenz?“). Allen genannten Beispielen ist gemein, dass sie das Wissen darüber ausdrücken, was einen Sachverhalt ausmacht. Modellannahmen zum deklarativen Gedächtnis definieren Wissenseinheiten als Begriffe und semantische Relationen, die jedoch auch komplexere Konfigurationen bilden können (Schemata, Scripts, Propositionen, mentale Modelle; ► Abschn. 2.3.6). Bis heute wird kontrovers diskutiert, ob das episodische und semantische Gedächtnis separate Gedächtnissysteme darstellen oder zusammen ein einheitliches System bilden, das lediglich anforderungs- und kontextbezogen unterschiedlich arbeitet. Theoretisch wäre so das semantische Gedächtnis als Akkumulation vieler einzelner Episoden vorstellbar und würde jene Merkmale und kategorialen Aspekte repräsentieren, die diesen Episoden gemeinsam sind (vgl. Baddeley 1995).

Unter dem nicht-deklarativen oder impliziten Gedächtnis wird die Fähigkeit zum Erinnern verhaltensbezogener Phänomene zusammengefasst, die sich nicht oder nur unzureichend verbalisieren lassen. Die Gedächtnisinhalte sind in diesem Sinn nicht-deklarativ. Darunter können neben Verhaltensweisen, die über das operante und klassische Konditionieren erworben werden, auch wahrnehmungsbezogene, motorische, aber auch automatisiert ablaufende kognitive Fertigkeiten oder darüber hinaus Phänomene wie das Priming verstanden werden (► Kap. 1). Oftmals genannt werden in diesem Zusammenhang Beispiele mit relativ starkem prozeduralen Charakter, wie das Spielen eines Musikinstruments oder das Fahrradfahren. Daher wird in diesem Zusammenhang auch vom prozeduralen Gedächtnis gesprochen. Es werden also Informationen darüber gespeichert, wie etwas getan wird bzw. zu tun ist. Dazu zählen manche Forscher (Anderson & Funke 2013) aber auch seriell ablaufende Handlungsweisen, wie z. B. die Anwendung komplexer Lösungsalgorithmen bei kognitiven Aufgaben, oder den Einsatz von Suchheuristiken, etwa bei der Beschaffung von Informationen zu einem bestimmten Sachverhalt in einer Bibliothek. Neben dem deklarativen Wissen („In welcher Datenbank kann zu welchem Gegenstand Auskunft gefunden werden?“) kommt nicht-deklaratives, prozedurales Wissen in Form von Suchheuristiken zur Anwendung („Wie sucht man mit Schlagworten?“ oder „Wie verknüpft man in einer Suche mehrere Schlagworte?“ oder „Wie lässt sich eine Suche anhand bestimmter Aspekte und Operationen einschränken?“). Das folgende Beispiel soll zeigen, dass Inhalte des prozeduralen Gedächtnisses unmittelbar nur bedingt durch Inhalte aus dem deklarativen Gedächtnis beeinflussbar sind: Die Kenntnisse von physikalischen Prozessen beim Fußballspielen – etwa der Beeinflussbarkeit der Flugbahn eines Balles durch unterschiedliche Krafteinwirkungen – führt zumindest nicht unmittelbar zur Entwicklung eines besseren Schussverhaltens bei einem Fußballspieler. Nur mit erheblichem Übungs- und Zeitaufwand und durch Ausführung der entsprechenden Verhaltensweisen kann dies allmählich erworben und optimiert werden. Für das Fußballbeispiel würde dies bedeuten, dass physikalisches Wissen nur indirekt, über entsprechend motorisch-prozedurale Trainingsmaßnahmen, in die Schusstechnik eines Fußballspielers integriert werden könnte.

Abseits der klassischen Beispiele zum prozeduralen Wissen, mit starker Ausrichtung an motorisch orientierten Fertigkeiten wie Sport oder dem Spielen eines Musikinstruments, wird die Grenzziehung zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen fließend. Dies gilt vor allem für den Erwerb schulischer Fertigkeiten, wie z. B. mathematischer Kompetenzen im Bereich der Grundrechenarten. Wissen wird hier explizit und verbalisierbar (deklarativ) als Rechenregeln oder -algorithmen vermittelt. Die Fertigkeit, diese Rechenregeln im konkreten Fall anzuwenden, repräsentiert aber prozedurales Wissen. Innerhalb der mathematischen Fertigkeiten existiert für jede Problemstellung deklaratives Wissen, auch wenn dieses anschließend, durch Übung in seiner Anwendung zunehmend automatisiert, in prozedurales Wissen überführt wird. Anderson schildert in seiner ACT-Theorie den Übergang von deklarativem in prozedurales Wissen (vgl. z. B. Anderson & Lebiere 1998) und konstatiert, dass ursprünglich deklaratives Wissen, das in prozedurales Wissen überführt wurde, später nicht mehr explizit abrufbar ist. Dem widersprechen de Jong und Ferguson-Hessler (1996) indem sie auch das verbalisierbare Wissen über einen Lösungsweg als prozedurales Wissen bezeichnen.

### 2.3.6 Formen der Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis

Im Folgenden soll auf unterschiedliche Formen der Wissensrepräsentation eingegangen werden. Dabei handelt es sich um Modellvorstellungen wie dieses Wissen langfristig gespeichert und organisiert wird. Ferner zeigen diese Modelle, welche Anteile des Wissens überhaupt gespeichert und verarbeitet werden und welche Information dann für einen Abruf tatsächlich zur Verfügung steht.

Innerhalb der theoretischen Betrachtung der Wissensrepräsentation werden zwei Einheiten unterschieden: Begriffe und Relationen zwischen Begriffen. Begriffe sind elementare Wissenseinheiten und ermöglichen klassifizierendes Erkennen. Dazu werden kognitive Strukturen gebildet in denen Bedeutungen über einzelne Aspekte der Wirklichkeit abgelegt und organisiert sind. Begriffe werden mit einem Wort oder Symbol bezeichnet, das nicht mit ihrer Bedeutung zu verwechseln ist. Die Bedeutung eines Begriffs entsteht durch Unterscheidung verschiedener Aspekte eines Sachverhalts und über das Erkennen der Relationen zwischen diesen Elementen. Begriffe lassen sich daher z. B. in Netzwerken organisieren und entsprechend ihres Inhalts darstellen. Generell hat sich eine Unterscheidung von zwei Begriffsarten in der Wissenspsychologie etabliert: Eigenschafts- und Erklärungsbegriffe. Eigenschaftsbegriffe sind Kategorien, mit denen sich Objekte und Phänomene der Wirklichkeit anhand bestimmter Merkmale ordnen und kategorisieren lassen (z. B. bestimmte Vogelarten). Eigenschaftsbegriffe werden über das Erkennen relevanter und herausragender Attribute gebildet, die für die meisten Exemplare einer Kategorie charakteristisch sind („Vögel können fliegen.“; „Vögel haben Federn.“).

Dabei können sich die charakteristischen Eigenschaften auf die Funktion eines Gegenstandes („Auto – Fortbewegung“) oder das Erscheinungsbild („Vogel – Federkleid“) beziehen. Es geht also um den Erwerb einer Bezeichnung und das Verstehen seiner Bedeutung. Demgegenüber haben Erklärungs-begriffe die Funktion, Phänomene oder Funktionen von Wissensinhalten zu deuten und/oder zu verstehen.

### ■ Propositionale Repräsentationen

Zur Frage, wie die Bedeutung von Information im (deklarativen) Langzeitgedächtnis gespeichert und repräsentiert werden, hat sich seit den 1970er-Jahren die Darstellung von Propositionen etabliert. Unter einer Proposition wird in der kognitiven Psychologie die kleinste Wissenseinheit verstanden, die eine selbständige Aussage bilden kann. Dieser Begriff ist aus der Linguistik und Logik übernommen worden. Eine Proposition lässt sich logisch als wahr oder falsch beurteilen und am besten an sprachlicher Information erläutern. Auf der Grundlage vorausgegangener Lernerfahrungen haben sich im Gedächtnis zwischen den verschiedenen Elementen Verbindungen (Assoziationen) gebildet, die sich in Form von Aussagen darstellen lassen. Auf Basis dieser Aussagen lassen sich entsprechende Netzwerke bilden (Propositionale Netzwerke; **Abb. 2.3**), in denen logisch zusammenhängende Aussagen gespeichert sind. Folgender Satz lässt sich in zwei einzelne Aussagen aufteilen.

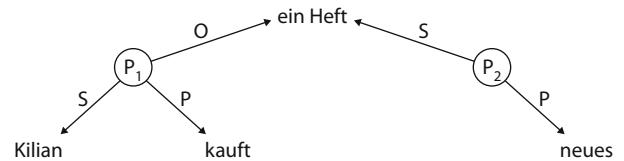
Kilian kauft ein neues Heft.

- Kilian kauft ein Heft.
- Das Heft ist neu.

Wäre einer dieser zwei einfachen Sätze falsch, wäre auch der komplexere Ausgangssatz nicht richtig. Die einfachen Aussagen entsprechen den Propositionen, die dem komplexen Satz zu Grunde liegen und sind damit separate Bedeutungseinheiten. Empirische Studien (z. B. Sachs 1967) ergaben den Nachweis, dass nicht der exakte Wortlaut von Sätzen gespeichert wird, sondern die enthaltenen Propositionen. In der Forschung zu Propositionen hat es sich durchgesetzt, die Relationen in einer Proposition im Hinblick auf ihre bedeutungshaltigen Elemente darzustellen. Diese bestehen aus Argumenten wie einem Subjekt (z. B. Kilian) und einem Objekt (z. B. Heft), die über ein Prädikat (z. B. kauft) in Beziehung gesetzt werden. Man entnimmt einer Proposition also etwas über das Subjekt, das etwas tut oder mit dem etwas geschieht, ebenso etwas über Ziele einer Aktivität, über die Zeitpunkte oder Orte, an denen eine Aktivität stattfindet und die Personen oder Gegenstände mit denen etwas stattfindet. Propositionen lassen sich auf unterschiedliche Weise darstellen, z. B. in grafisch-propositionalen Netzwerkdarstellungen (**Abb. 2.3**) oder in linearen Darstellungen:

- (Heft, Kilian, kaufen)
- (neu, Heft)

Beim Abruf von Informationseinheiten aus dem Gedächtnis müssen Lernende also die Bedeutung entsprechend ihrer Repräsentation im propositionalen Netzwerk abrufen und in Sätzen wiedergeben. Da aber nur der Sinngehalt gespeichert



**Abb. 2.3** Propositionale Netzwerkdarstellung des Satzes „Kilian kauft ein neues Heft“. Die Kreise repräsentieren die Propositionen (P1 und P2) und werden auch als Knoten bezeichnet. Die Pfeile verweisen auf die unterschiedlichen funktionalen Elemente der Propositionen (S = Subjekt, O = Objekt, P = Prädikat)

wurde, variiert die Wiedergabe der propositionalen Information über unterschiedliche Individuen hinweg („Das neue Heft wurde von Kilian gekauft“ oder „Kilian kaufte ein Heft, das neu war“). Entsprechend wird ein Schüler oder eine Schülerin gelernte Information (egal ob gelesen, gehört oder auf anderem Zugangsweg erworben) meist nicht wörtlich wiedergeben, außer es geht um wörtlich auswendig gelernte Sätze. Eine sinngemäße Wiedergabe zeigt also eher eine erfolgreiche Verarbeitung der enthaltenen relationalen Bezüge oder der zugrundeliegenden Konzepte an.

### ■ Semantische Netzwerke

Werden Informationen nach ihrer kategorialen Zugehörigkeit gespeichert und repräsentiert, ist es notwendig, diese Informationen zunächst vom unmittelbaren Wahrnehmungseindruck und von spezifischen Erfahrungen zu abstrahieren. Dazu werden herausragende Merkmale von Objekten einer Kategorie erfasst und im Sinne eines mentalen, prototypischen Vorstellungsbildes „gesammelt“. Z. B. haben Mitglieder der Kategorie „Hase“ lange Ohren, können Haken schlagen, fressen bevorzugt Gras, Kräuter und Mohrrüben, haben hervorstehende Schneidezähne und ein kuscheliges Fell. Worin besteht der Nutzen einer derartigen Repräsentation der Kategorie „Hase“? Anderson und Funke (2013) sieht eine Effizienzsteigerung bei der Repräsentation und Mittelbarkeit von persönlicher Erfahrung („Ich habe den Hasen gestern mit Löwenzahn gefüttert.“ anstatt „Ich habe gestern dieses Tier mit den langen Ohren und den hervorstehenden Schneidezähnen, das ein kuscheliges Fell hat und Haken schlagen kann, mit Blättern einer Pflanze gefüttert, die gelbe Blüten hat und einen milchigen Saft...“). Im Kommunikationsprozess kann eine Person, der vom Füttern eines Hasen berichtet wird, somit gewisse Vorhersagen über das Aussehen, die Charakteristik und das Verhalten des Hasen machen, sofern Vorwissen über die mitgeteilte Erfahrung vorliegt. Ist dies der Fall, wird für die zuhörende Person die mitgeteilte Erfahrung ohne großen Aufwand nachvollziehbar. Semantische Netzwerke stellen somit eine Möglichkeit dar, wie eine derartige Kategorisierung gebildet, dargestellt und zur Interpretation eigener und fremder Erfahrungen genutzt werden kann. Eine Form eines semantischen Netzwerksmodells wurde von Collins und Quillian (1969) vorgeschlagen: In dem von ihnen propagierten Netzwerk werden Informationen über unterschiedliche Kategorien hierarchisch gespeichert (**Abb. 2.4**). Darin sind Oberbegriff-Unterbegriff-Relationen wie z. B. „Ei-

<https://www.springer.com/9783662557532>

Psychologie für den Lehrberuf  
Urhahne, D., Dresel, M., Fischer, F.  
2019, XVI, 636 S. Mit Online-Extras,  
Hardcover ISBN: 978-3-662-55753-2