

## 1.2 Aufmerksamkeit

*Frank Goldhammer,  
Helfried Moosbrugger*

### 1.2.1 Einleitung

Mit der Feststellung, dass »Everyone knows what attention is« (S. 403) beginnt im Jahr 1890 William James seine Begriffsbestimmung von Aufmerksamkeit. Tatsächlich ist die heutige Aufmerksamkeitspsychologie weit davon entfernt, eine Definition von Aufmerksamkeit mit diesem Gültigkeitsanspruch anbieten zu können.

Wissenschaftsgeschichtlich betrachtet entwickelte die Psychologie der Aufmerksamkeit eine Vielzahl von Modellvorstellungen und Theorien, welche aus den unterschiedlichen Paradigmen der introspektiven Psychologie, der experimentellen allgemeinen Psychologie, der (klinischen) Neuropsychologie sowie der differentiellen Psychologie resultieren. Überdauernd sind die zentralen Fragen, etwa nach der frühen oder späten Selektion oder nach der begrenzten Kapazität; eine sich kontinuierlich entwickelnde Forschungstradition, in der die moderne Aufmerksamkeitsforschung Bezug auf frühere Forschungsansätze nimmt, kann nach Neumann (1996) jedoch nicht konstatiert werden. Van der Heijden (2004) spricht von zwei Psychologien der Aufmerksamkeit, der introspektiven Aufmerksamkeitspsychologie um 1900 und der »modernen« Aufmerksamkeitspsychologie ab den 1950er Jahren, die auf dem Informationsverarbeitungsansatz basiert.

Die introspektive Psychologie der Aufmerksamkeit und die moderne Aufmerksamkeitspsychologie unterscheiden sich grundsätzlich bezüglich der Annahmen darüber, welche Methoden und Daten zur Beantwortung jeweils relevanter Fragen zu verwenden sind. Die frühe Aufmerksamkeitspsychologie hatte die Charakterisierung der Zustände und Inhalte des Geistes mittels Introspektion zum Ziel und griff dabei häufig auf alltagspsychologische Begriffe (z. B. Selbst, Wille, Bewusstsein) zurück. Innerhalb der introspektiven Psychologie schloss sich James (1890) nicht dem dominierenden Sensualismus an, welcher Sinnesempfindungen als psychologischen Forschungsgegenstand implizierte; er war statt des-

sen der Auffassung, dass es sich bei den Inhalten des Bewusstseins um Objekte handelt. Entsprechend definierte James (1890) Aufmerksamkeit unter Verwendung des Objektbegriffs als aktiven und kapazitätsbegrenzten Prozess, der der Informationsselektion dient: »It is the taking possession by the mind, in clear and vivid form, of one out of what seem several simultaneously possible objects or trains of thought« (S. 403 f.). Die seit Beginn der 1950er Jahre entwickelten modernen Aufmerksamkeitsmodelle stehen in der Tradition des Informationsverarbeitungsansatzes, einem kognitiven Konzept, das von England ausgehend nach dem 2. Weltkrieg zunehmend an Bedeutung gewann und den Behaviorismus als leitendes Forschungsparadigma ablöste. Im Informationsverarbeitungsansatz werden mentale Phänomene in Begriffen verschiedener Subsysteme beschrieben, welche der Bildung von Repräsentationen, deren Speicherung und Übertragung dienen. Die Beschreibung dieser angenommenen mentalen Strukturen und Prozesse stellt das vorrangige Forschungsziel dar und wird auf der Basis intersubjektiv registrierbarer und quantifizierbarer Verhaltensdaten (z. B. Reaktionszeit, Genauigkeit) vorgenommen.

Gemäß Neumann (1996) lässt sich die moderne Aufmerksamkeitsforschung in vier sich teilweise überlappende Phasen gliedern, welche in spezifischer Weise die Begriffe Selektion und Kapazität aufeinander beziehen. Broadbents (1958) Filtermodell dominierte die 1. Phase. Kapazität bezieht sich auf die Kapazität eines Übertragungskanals und Selektion dient als Schutzmechanismus zur Verringerung des Informationsflusses. Die 2. Phase ist durch das Konzept der unspezifischen Kapazität gekennzeichnet (Kahneman 1973), wobei Kapazität als begrenzte Ressource (»Vorrat«) verstanden wurde, die durch Selektionsprozesse verteilt wird. In der 3. Phase tritt an die Stelle eines unspezifischen Energievorrats die Idee multipler, spezifischer Ressourcen (Wickens 1980; Navon u. Gopher 1979). Von Interesse waren die Differenzierbarkeit von Ressourcen und ihre Erfassung; die selektive Zuweisung dieser Ressourcen wurde weniger stark thematisiert. Die 4. Phase rückt wieder – wie bereits z. B. Broadbents Modell in der ersten Phase – die Selektions- sowie die Integrationsfunktion von Aufmerksamkeit in den Mittelpunkt des Forschungsinteresses (Treisman 1988; Allport 1989; Neumann 1992).

Lund (2001) systematisiert die theoretischen Entwicklungen in der Aufmerksamkeitspsychologie anhand der Unterscheidung von fokussierter Aufmerksamkeit und geteilter Aufmerksamkeit. Die frühen Modelle von Broadbent (1958), Treisman (1964) und Deutsch und Deutsch (1963) thematisieren den Bereich fokussierter (selektiver) Aufmerksamkeit, d. h. die Fähigkeit, eine bestimmte Information einem großen Informationsangebot zu entnehmen und unter Nichtbeachtung von Distraktoren mit Priorität zu verarbeiten. Die späteren Modelle von Kahneman (1973), Norman und Bobrow (1975), Wickens (1980), Allport (1980, 1993), Navon und Gopher (1979) beziehen sich dagegen auf geteilte Aufmerksamkeit, d. h. die Fähigkeit, Aufmerksamkeitsressourcen auf mehrere zeitgleiche Aufgabenanforderungen zu verteilen. Im Folgenden werden einflussreiche Aufmerksamkeitsmodelle zum Selektions- und Kapazitätsaspekt von Aufmerksamkeit vorgestellt, die in der Tradition des Informationsverarbeitungsansatzes entwickelt wurden (► Kap. 1.2.2). Danach wird exemplarisch auf mehrere Metaphern, welche den verschiedenen Aufmerksamkeitskonzepten zugrunde liegen, und die damit verbundenen epistemologischen und forschungsprogrammatischen Konsequenzen eingegangen (► Kap. 1.2.3). Der anschließende Abschnitt 1.2.4 ist der Mehrdimensionalität des Konzeptes Aufmerksamkeit gewidmet. Dazu werden differenzierte Aufmerksamkeitskomponenten präsentiert, die in verschiedenen Aufmerksamkeitsmodellen postuliert werden. Der Konzentrationsbegriff wird dabei in den Erklärungsrahmen der vorgestellten Modelle integriert (► Kap. 1.2.5).

### 1.2.2 Aufmerksamkeitsmodelle zum Selektions- und Kapazitätsaspekt

In diesem Abschnitt werden zunächst Modellvorstellungen zur Aufmerksamkeit beschrieben, die im Wesentlichen den Selektionsaspekt (Modelle der frühen/späten Selektion) oder den Kapazitätsaspekt von Aufmerksamkeit (Modelle unspezifischer/spezifischer Kapazität) fokussieren. In ► Kap. 1.2.4 folgen aktuelle Ansätze, in denen die Mehrdimensionalität von Aufmerksamkeit betont wird, indem neben dem Selektions- (vgl. selektive bzw. fokussierte Aufmerksamkeit) und Kapazitätsaspekt (vgl. geteilte

Aufmerksamkeit) noch weitere Aufmerksamkeitskomponenten unterschieden werden.

**Modelle der frühen Selektion.** Zu den Modellen früher Selektion zählen das sehr einflussreiche Filtermodell von Broadbent (1958) sowie das Attenuator-Modell von Treisman (1964). Wegbereiter dieser Modellvorstellungen und damit Ausgangspunkt der modernen Phase der Aufmerksamkeitsforschung war die experimentelle Untersuchung des Cocktail-Party-Phänomens.

#### Cocktail-Party-Phänomen

Das Cocktail-Party-Phänomen umfasst zwei aufmerksamspsychologisch relevante Aspekte. Zum einen bezieht es sich als alltagsnahes Beispiel selektiver Aufmerksamkeit darauf, dass eine Person auch bei hohem Geräuschpegel in der Lage ist, sich mit einer anderen zu unterhalten. Bis auf die Stimme des Gesprächspartners werden alle anderen Schallquellen (z. B. Stimmen, Musik, Geräusche) von der sich unterhaltenden Person ausgeblendet («cocktail party problem», Cherry 1953). Zum anderen bezieht sich das Cocktail-Party-Phänomen auf die Beobachtung, dass die sich unterhaltende Person bei Nennung ihres Namens in akustischer Reichweite (z. B. in einem anderen Gespräch) mit hoher Wahrscheinlichkeit die Aufmerksamkeit weg von der eigenen Unterhaltung auf das benachbarte Gespräch lenken wird. Dieser Aspekt des Cocktail-Party-Phänomens, der von Moray (1959) experimentell bestätigt wurde, wird als »cocktail party effect« bezeichnet.

Zur experimentellen Untersuchung des »cocktail party problem« wurde von Cherry (1953) das Paradigma des dichotischen Hörens angewandt. Über Kopfhörer werden einer Person an beiden Ohren gleichzeitig unterschiedliche Nachrichten präsentiert. In der Regel soll eine der beiden Nachrichten während der Präsentation »beschattet«, d. h. beachtet und laut nachgesprochen werden (»shadowing«). Den Teilnehmern fällt es in der Regel leicht, diese Nachricht zu verstehen und Fragen über den Inhalt zu beantworten, dagegen haben sie kein Wissen über

den Bedeutungsgehalt der anderen Nachricht. Lediglich die Veränderung bestimmter physikalischer Eigenschaften im unbeachteten Kanal, wie z. B. Höhe, Wechsel zwischen Stimme und Ton, werden registriert. Diese Ergebnisse führten zu der Schlussfolgerung, dass Informationen auf verschiedenen Stufen verarbeitet werden und dass auf einer frühen Stufe, wenn die physikalischen Eigenschaften analysiert werden, mehrere Nachrichten auf einmal verarbeitet werden können. Auf einer späteren Stufe, wenn die Bedeutung der Nachricht, d. h. ihr semantischer Gehalt, analysiert wird, kann dagegen nur eine Nachricht zu einem Zeitpunkt verarbeitet werden (Lund 2001).

Ausgehend von Cherrys und eigenen Befunden schlug Broadbent (1958) das Filtermodell vor, das Ideen der Informationstheorie enthält und in Experimenten der angewandten Psychologie empirisch verankert ist. In der Untersuchung der Arbeitsbedingungen von Fluglotsen wurden Versuchspersonen gleichzeitig unterschiedliche Fragen gestellt, die anhand visueller Informationen zu beantworten waren. Es zeigte sich, dass die zeitliche Überlappung der Fragen die Leistung beeinträchtigt und dass dieser Störeffekt abnimmt, wenn die Versuchsperson weiß, dass eine der Fragen unwichtig ist. Broadbent leitete aus diesen Befunden ab, dass die Interferenz durch einen kapazitätsbegrenzten zentralen Übertragungskanal bedingt ist, der nur eine begrenzte Informationsmenge aufnehmen kann. Der Filter stellt einen Engpass dar, der nur die relevante, semantisch weiterzuverarbeitende Information passieren lässt und so den kapazitätsbegrenzten Kanal vor Überlastung schützt. Die Selektion relevanter Information erfolgt dabei auf der Basis einfacher sensorischer Merkmale, wie »Tonhöhe, Ort und andere vergleichbare Merkmale« (Broadbent 1958, S. 42). Informationen werden also bereits auf einer frühen Verarbeitungsstufe aufgrund physikalischer Merkmale selektiert, weshalb Broadbents Modell als Modell der frühen Selektion bezeichnet wird. Die Identifikation und Kategorisierung von Reizen erfolgt erst später, jenseits des Filters. Zwar konnten mit Broadbents Filtermodell Befunde zum dichotischen Hören erklärt werden, wie z. B. dass zu einem Zeitpunkt nur eine von mehreren dargebotenen Nachrichten beachtet und semantisch verarbeitet werden kann. Der Cocktail-Party-Effekt, der die semantische Verarbeitung auch

unbeachteter Information impliziert, entzieht sich jedoch einer Erklärung durch das Filtermodell.

Auch andere experimentelle Befunde waren nicht mit dem Filtermodell vereinbar (z. B. Gray u. Wedderburn 1960). Treismans (1964) Abschwächungsmodell (»attenuator model«) teilt wesentliche Grundannahmen des Filtermodells von Broadbent. Der wesentliche Unterschied ihres Ansatzes besteht in der Funktion des Filters, der unbeachtete Informationen nicht gänzlich blockiert, sondern lediglich dämpft. Die für die semantische Analyse bestimmte Information passiert den Filter in voller Stärke, wohingegen die übrige Information nur in abgeschwächter Form erhalten bleibt. Eine semantische Analyse der gedämpften Information ist dann möglich, wenn sie wichtig oder sehr bedeutsam ist. Zur Analyse und dem Erkennen von Wörtern werden nach Treisman lexikalische Einheiten (»word units«) aktiviert, welche je nach Relevanz unterschiedliche Aktivierungsschwellen aufweisen. Wichtige Wörter, die nur gedämpft den Filter passieren, können also unter der Voraussetzung niedriger Schwellenwerte der zugehörigen lexikalischen Einheiten einer semantischen Analyse zugeführt werden. Treismans Modell stellt ein weiteres Modell der frühen Selektion dar, da bereits auf einer frühen Verarbeitungsstufe eine Informationsauswahl vorgenommen wird. Lund (2001) macht auf theoretische Schwierigkeiten des Modells aufmerksam.

In Experimenten zum dichotischen Hören zeigte sich, dass die gedämpfte Information offenbar stärker semantisch analysiert wurde als es das Modell erwarten ließ. Bilinguale Versuchsteilnehmer überwachten eine Nachricht in Englisch an einem Ohr, bemerkten jedoch auch oft, wenn die gleiche Nachricht am anderen Ohr in Französisch dargeboten wurde. Das Erkennen der Identität zweier Nachrichten, die in verschiedenen Sprachen dargeboten wurden, lässt darauf schließen, dass beide Nachrichten semantisch analysiert wurden. Unklar ist außerdem, wie am Filter, d. h. in der frühen Verarbeitungsphase, darüber entschieden werden kann, welche Informationen gedämpft werden und welche nicht.

**Modelle der späten Selektion.** Das Modell von Deutsch und Deutsch (1963) geht von einer späten Selektion aus, d. h. der Engpass, der den Informationsfluss begrenzt, ist auf einer späteren Stufe der

Informationsverarbeitung lokalisiert als im Abschwächungsmodell. Alle eingehenden Informationen werden in gleicher Weise analysiert, also unselektiv und ohne Kapazitätsbegrenzung erkannt und kategorisiert. Im Gegensatz zum Filtermodell von Broadbent erfolgt die Selektion nicht auf der Basis physikalischer Merkmale, sondern bezüglich semantischer Eigenschaften. Kapazitätsbegrenzte selektive Verarbeitung erfolgt erst beim Eingang von Informationen ins Bewusstsein, ins Gedächtnis oder in Output-Prozesse (vgl. Pashler 1998). Die Fähigkeit, nur auf eine Nachricht effizient reagieren zu können, ist also nicht durch perzeptive Begrenzung bedingt (vgl. z. B. Filtermodell), sondern durch die Einschränkung, nur auf eine von mehreren Nachrichten eine Reaktion initiieren zu können. Für Output-Prozesse wird diejenige Information selektiert, welche am wichtigsten oder bedeutsamsten ist, wobei die Bedeutsamkeit der Information von Erwartungen und dem aktuellen Handlungskontext abhängt. Ein Erklärungsproblem des Modells besteht darin, dass in Aufgaben zum dichotischen Hören die unbeachtete Information meist nicht erinnert werden kann, obwohl dies eine semantische Analyse nahelegen würden (Lund 2001). Ein Erklärungsansatz geht davon aus, dass Informationen lediglich im Kurzzeitspeicher abgelegt sind und daher wieder schnell vergessen werden. Darüber hinaus kritisiert Solso (1979), dass das Modell unökonomisch ist insofern alle Informationen einer Bedeutungsanalyse unterzogen werden, obwohl nur ein kleiner Teil davon erlebens- und verhaltensrelevant ist.

### Frühe vs. späte Selektion

Die Debatte um die Lokalisierung des Filters konnte nicht eindeutig beendet werden. Befunde von Johnston und Heinz (1978) deuten darauf hin, dass abhängig von der sensorischen Diskriminierbarkeit der zu beachtenden und nicht zu beachtenden Nachricht eine frühe (bei guter Diskriminierbarkeit) oder eine späte (bei schlechter Diskriminierbarkeit) Selektion erfolgt. Die Ergebnisse können nicht mit einem einzigen Filter erklärt werden, sondern lassen auf ein flexibles Verarbeitungssystem mit Filtern auf verschiedenen Stufen schließen.

**Modelle unspezifischer Kapazität.** Zu den Modellen unspezifischer Kapazität zählen die Modelle von Kahneman (1973) und Norman und Bobrow (1975). Das Modell der zentralen Kapazität von Kahneman (1973) nimmt an, dass eine begrenzte, unspezifische Verarbeitungskapazität zur Verfügung steht, die durch einen zentralen Prozessor auf die jeweils Aufmerksamkeit erfordernden Aktivitäten verteilt werden kann. Im Gegensatz zu den bisherigen Ein-Kanal-Modellen der Aufmerksamkeit ist in diesem Modell das Konzept der parallelen Verarbeitung verankert. Die verfügbare Kapazität des Informationsverarbeitungssystems variiert mit dem Grad aktueller physiologischer Aktivierung (»arousal«).

Die mentale Anstrengung (»effort«), die für eine Aufgabe aufgebracht werden muss, hängt von deren Schwierigkeit und dem individuellen Geübtheitsgrad ab. Die Zuteilung der Kapazität auf die verschiedenen Tätigkeiten wird von den aktuellen Intentionen der Person, ihren biologisch oder durch Lernerfahrung bedingten Dispositionen und den Aufgabenanforderungen gesteuert. Kahneman nahm an, dass die bei Doppelaufgaben im Falle des Überschreitens der Kapazitätsgrenze auftretende Interferenz lediglich von den Aufgabenanforderungen abhängt (unspezifische Interferenz). Zahlreiche empirische Befunde haben jedoch gezeigt, dass die Beeinträchtigung der Aufgabenleistung nicht nur von der Schwierigkeit, sondern auch von der strukturellen Ähnlichkeit der Aufgaben determiniert ist (spezifische Interferenz).

Ähnlich wie Kahneman postulieren auch Norman u. Bobrow (1975), dass Aufmerksamkeit kapazitätsbegrenzt ist und zentral kontrolliert wird. Sie schlagen ein Modell über die Bedingungen der Aufmerksamkeitsleistung vor, in dem sie zwischen kapazitätsbegrenzten (»resource-limited«) und datenbegrenzten (»data-limited«) Prozessen unterscheiden. Wenn die Aufgabenleistung durch die Zuweisung weiterer Ressourcen gesteigert werden kann, wird sie als »resource-limited« bezeichnet. Wenn eine Aufgabe dagegen durch Ressourcenzuweisung nicht besser gelöst wird, da nur eine unzureichende Informationsqualität vorliegt, ist die Aufgabenleistung »data-limited«. Formalisiert werden diese beiden Aspekte in der Leistungs-Ressourcen-Funktion, die zunächst einen positiven Zusammenhang zwischen Ressourceneinsatz und Leistung an-

gibt (»resource-limited performance«) und dann zu einer Waagrechten hin abflacht (»data-limited performance«), was bedeutet, dass eine weitere Ressourcenzuweisung keinen Effekt mehr hat. Leistungen in Aufgaben zum dichotischen Hören können auf diese Weise im Nachhinein erklärt werden.

Ein Ergebnis von Cherry (1953) bestand darin, dass die unbeachtete verbale Nachricht nicht erinnert, das Einspielen eines Tones am gleichen Ohr aber bemerkt wurde. Nach Norman und Bobrows Modell ist das Bemerkens eines Tones »data-limited«, d. h. es beansprucht kaum Ressourcen, dagegen erfordert die Nachrichtenanalyse Ressourcen, die aber aufgrund der zu beachtenden Nachricht am anderen Ohr nicht zur Verfügung stehen. Lund (2001) kritisiert, dass der theoretische Ansatz von Norman und Bobrow keine klaren Vorhersagen erlaubt und sich somit einer Falsifikation entzieht.

**Modelle spezifischer Kapazität.** Allports (1980) Modell der Aufmerksamkeitsmodule sowie die Modelle multipler Ressourcen von Navon und Gopher (1979) und Wickens (1980, 1984) stellen wichtige Modelle spezifischer Kapazität dar. Im Gegensatz zu den Modellen unspezifischer Kapazität geht Allport (1980, 1993) davon aus, dass Aufmerksamkeit durch eine Reihe spezialisierter Verarbeitungsmodule geleistet wird. Jedes dieser Module dient der Realisierung einer bestimmten Fertigkeit oder Fähigkeit, d. h. dass z. B. mit der Verarbeitung auditorischer Information ein anderes Modul befasst ist als mit der Verarbeitung visueller Information. Jedes der Module ist kapazitätsbegrenzt, so dass es bei der gleichzeitigen Bearbeitung von ähnlichen Aufgaben, die dieselben Ressourcen beanspruchen, zu einem Wettbewerb um diese Ressourcen und folglich zu wechselseitiger Interferenz kommt. Das Modell von Allport eignet sich zur Erklärung von Ähnlichkeitseffekten in Doppelaufgaben. Personen, die an einem Ohr eine Nachricht beachten sollten, waren nicht in der Lage, eine am anderen Ohr dargebotene Wortliste zu lernen. Sie konnten jedoch eine entsprechende anhand von Bildern präsentierte Liste erlernen, da nach Allports Modell in diesem Fall nicht das auditorische, sondern das visuelle Modul beansprucht wird.

Navon und Gopher (1979) schlagen ein Modell multipler Ressourcen vor, das ähnlich Allports mo-

dularem Ansatz verschiedene mentale Ressourcen unterscheidet. Sie definieren dazu das Ressourcenkonzept unter Verwendung ökonomischer Begriffe und nehmen an, dass analog der Begrenzung des wirtschaftlichen Outputs eines Landes durch die verfügbaren Ressourcen (Arbeitskräfte, Energie, Rohstoffe etc.) die Leistung der Informationsverarbeitung von spezifischen kognitiven Ressourcen abhängt. Ist eine solche Ressource, etwa bei der Bearbeitung zweier ähnlicher Aufgaben, nicht ausreichend verfügbar, kommt es zu spezifischer Interferenz. Navon und Gophers Modell unterscheidet sich von Allports Konzeption dadurch, dass bei Mangel einer spezifischen Ressource die Ausführung der Aufgabe durch die Beanspruchung einer anderen Ressource unterstützt werden kann, was im Vergleich zur spezifischen Ressource jedoch eine weitaus geringere Verarbeitungseffizienz bedeutet.

Ein wesentliches Problem sowohl des Modells von Allport als auch desjenigen von Navon und Gopher besteht darin, dass die Anzahl und die Art der verschiedenen Module unspezifiziert bleiben. Eine Falsifikation des Modells ist kaum möglich, da je nach Befundlage in Doppelaufgaben die Existenz gleichzeitig beanspruchter Module (bei Interferenzeffekten) oder die Verarbeitung durch unterschiedliche Module (beim Ausbleiben von Interferenzeffekten) angenommen werden kann. Zur Bewältigung einer Anforderungssituation bedarf es meist verschiedener Module bzw. Ressourcen zur gleichen Zeit. Die Modelle bieten keine Erklärung für derart komplexe Verarbeitungsprozesse, d. h. wie die verschiedenen Module bzw. Ressourcen koordiniert werden. Da Modelle unspezifischer Kapazität (z. B. Kahneman 1973) die bei Doppelaufgaben auftretende Interferenz, die nicht von der Schwierigkeit, sondern von der Struktur der beiden Aufgaben abhängt, nicht erklären konnten, unterscheidet.

Wickens (1980, 1984) differenzierte diesbezüglich zwei Arten von Effekten, vor deren Hintergrund sein einflussreiches Modell strukturspezifischer Ressourcen entstand. »Strukturwechseleffekte« beziehen sich darauf, dass das Ausmaß der Doppelaufgaben-Interferenz unabhängig von der Aufgabenschwierigkeit lediglich infolge eines Strukturwechsels verändert werden kann (d. h. bspw., dass die Interferenz bei unterschiedlichen Aufgabenmodalitäten geringer ist, als wenn die Modalitäten gleich oder

ähnlich sind). »Schwierigkeitsunempfindlichkeit« liegt dann vor, wenn die Änderung der Schwierigkeit einer Aufgabe die Leistung in der anderen Aufgabe nicht beeinflusst.

Wickens Modell unterscheidet zur Charakterisierung eines Verarbeitungsprozesses drei Aspekte mit jeweils unterschiedlichen Ausprägungen: Verarbeitungsphase (Enkodierung, zentrale Verarbeitung, Reaktion), Modalität (visuell, akustisch) und Eingabe-/Ausgabecode (räumlich, verbal). Es wird angenommen, dass gleichzeitig durchgeführte Aufgaben umso mehr interferieren, je mehr gleiche Ausprägungen in den drei Verarbeitungsaspekten sie aufweisen, d. h. je stärker eine spezifische Ressource mehrfach beansprucht wird.

Wickens Modell ist nicht in der Lage, der Vielzahl empirischer Interferenzmustern gerecht zu werden (vgl. Neumann 1996). Für Aufgaben mit jeweils unterschiedlichen Ausprägungen in den drei Verarbeitungsaspekten wird nämlich keine Interferenz vorhergesagt, was empirisch jedoch nicht haltbar ist. Der Versuch, mit verschiedenen Modellvarianten (hierarchisches Modell, Modell gemeinsamer Merkmale) die differenzierte Ergebnislage erschöpfend zu erklären, gelang ebenfalls nur unzureichend (vgl. Neumann 1996).

### Unspezifische vs. spezifische Kapazität

Lund (2001) resümiert, dass weder die Modelle unspezifischer Kapazität noch die Modelle multipler bzw. spezifischer Kapazität geteilte Aufmerksamkeit vollständig erklären können. Unspezifische Kapazitätsmodelle sind nicht in der Lage, Ähnlichkeitseffekte (bzw. Strukturwechseleffekte) bei Doppeltätigkeiten zu erklären. Ein zentrales Problem der Modelle spezifischer Kapazität besteht darin, dass ungeklärt bleibt, wie die einzelnen Aufmerksamkeitsressourcen zusammenwirken. Neumann (1992) weist auf die Probleme bei der Operationalisierung von Ressourcen hin, da die Verwendung von Leistungsmaßen in ein zirkuläres Verfahren mündet. Die unabhängige Variable Ressource, mittels derer die Leistung vorhergesagt werden soll, wäre in der abhängigen Variablen Leistung



selbst begründet. Wollte man der Vielfalt empirischer Interferenzmuster umfassend Rechnung tragen, so würde dies die Annahme immer weiterer Ressourcen erfordern. Die Gefahr besteht, dass die Differenziertheit der angenommenen Ressourcen sich von einer bloßen Wiedergabe des empirischen Sachverhalts nicht mehr unterscheiden würde (vgl. Neumann 1992). Lund beschreibt Baddeleys (1986) Arbeitsgedächtnismodell als Synthese aus den Modellen spezifischer und unspezifischer Kapazität, wobei die jeweiligen Besonderheiten integriert werden. Das Arbeitsgedächtnismodell beinhaltet einen zentralen, kapazitätsbegrenzten Prozessor (zentrale Exekutive) mit zwei modalitätsspezifischen Verarbeitungssystemen (phonologische Schleife, visuell-räumlicher Notizblock), die ebenfalls kapazitätsbegrenzt sind.

### 1.2.3 Metaphern der Aufmerksamkeit

Den vorgestellten Aufmerksamkeitsmodellen liegen unterschiedliche Metaphern zur Konzeptualisierung von Aufmerksamkeit zugrunde. Wie Fernandez-Duque und Johnson (1999) zeigen, hat die Wahl der Metapher einen grundlegenden Einfluss auf die Bildung von Forschungsparadigmen und die Entwicklung des jeweiligen Forschungsprogramms.

Die »Filter«-Metapher wurde im Rahmen des Informationsverarbeitungsansatzes von Broadbent (1958) vertreten. Aufmerksamkeit wird nicht als Ressource, sondern als Struktur (Filter) aufgefasst, die auf den Informationsfluss einwirkt. Aus der Verwendung der »Filter«-Metapher folgte nach Fernandez-Duque und Johnson, dass geteilte Aufmerksamkeit wegen der Annahme eines einzigen zentralen Übertragungskanal nicht konzeptualisiert wurde. Kontroversen entstanden um die Lokalisierung des Filters (früh vs. spät), das Ausmaß der Filterung (vollständig vs. teilweise) sowie der Wirkungsweise des Filters (Hemmung vs. Verstärkung).

Die »Spotlight«-Metapher eignete sich im Gegensatz zur »Filter«-Metapher, die sich für die auditive Aufmerksamkeitsforschung als sehr ergiebig erwies, vor allem für die Konzeptbildung im Bereich

### Metapher

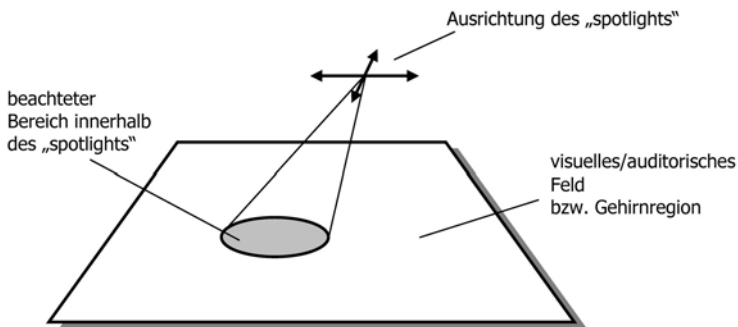
Unter einer Metapher versteht man die konzeptuelle Zuordnung von Entitäten, Eigenschaften, Relationen, Inferenzmustern und Strukturen einer Quell-Domäne zu einer anderen Domäne. Eine Metapher definiert (bzw. konstituiert) ein bestimmtes theoretisches Konzept, insoweit sie festlegt, welche Phänomene als relevant angesehen werden und welche Fragen von Bedeutung sind. Metaphern beeinflussen zudem, welche Hypothesen formuliert, wie Untersuchungen und Experimente konzipiert und in welcher Form die gesammelten Daten am Ende analysiert und interpretiert werden (Fernandez-Duque u. Johnson 1999). Liegt einer Metapher als Quell-Domäne zum Beispiel der Scheinwerfer bzw. Lichtkegel (»spotlight«) zugrunde, der das Sehen von Objekten innerhalb eines angestrahlten Bereichs erleichtert, wohingegen Objekte außerhalb des Lichtkegels nicht erkannt werden, so bedeutet dies, dass die Eigenschaften des Scheinwerfers auf die Domäne der Aufmerksamkeit abgebildet werden.

visueller Aufmerksamkeit. Nach Fernandez-Duque und Johnson liegt der Grund darin, dass mit der »Spotlight«-Metapher Aspekte der visuellen Wahrnehmung zur Konzeptualisierung mentaler Operationen eingesetzt werden, d. h. dass Aufmerksamkeit als Scheinwerfer begriffen wird, von dem ein be-

stimmter Bereich angestrahlt wird, welcher somit im Fokus der Aufmerksamkeit steht (■ Abb. 1.3). Die wissenschaftliche Debatte beinhaltet die Frage nach der Anzahl der »spotlights« bzw. der Aufmerksamkeitsenteilung, sowie der Kontrolle, Bewegung, Größe und Homogenität des Aufmerksamkeitsfokus.

Die »Spotlight-in-the-brain«-Metapher stellt eine Uminterpretation der »Spotlight«-Metapher dar. Diese Neuformulierung ging einher mit der Erfassung des neuronalen Substrats mentaler Prozesse durch die Anwendung bildgebender Verfahren, wie PET (»Positron Emission Tomography«) und fMRI (»functional Magnetic Resonance Imaging«). Während vor allem die Aufmerksamkeitskonzepte des Informationsverarbeitungsansatzes der funktionalen Beschreibung mentaler Aktivitäten dienten und der Aufmerksamkeitscheinwerfer auf Objekte im visuellen oder auditorischen Feld gerichtet war, wurde nun unter Beachtung der neuronalen Korrelate von Aufmerksamkeit ein innerer neuronaler Scheinwerfer angenommen, der auf Hirnregionen und neuronale Verbindungen gerichtet ist.

Im Rahmen der »Attention-as-vision«-Metapher wird Aufmerksamkeit als emergente Eigenschaft des visuellen Systems aufgefasst. Dem Aufmerksamkeitsfokus ist die Fovea (Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut) zugeordnet, dem Aufmerksamkeitswechsel die Sakkaden (Blickzielbewegungen). Aufgrund dieser Metapher ist die Annahme der Teilung von Aufmerksamkeit nicht möglich, da Menschen nur eine Fovea besitzen. Die »Attention-as-vision«-Metapher ist die Basis für das prä-motori-



■ **Abb. 1.3.** Veranschaulichung der »Spotlight«-Metapher bzw. der »Spotlight-in-the-brain«-Metapher. Der Scheinwerfer der Aufmerksamkeit wird über das visuelle/auditorische Feld (»Spotlight«-Metapher) bzw. über Gehirnregionen

(»Spotlight-in-the-brain«-Metapher) gelenkt. Repräsentationen innerhalb des Scheinwerfers können Zugang ins Bewusstsein erlangen und werden beachtet.

sche Aufmerksamkeitsmodell, das annimmt, dass die der räumlichen Aufmerksamkeit zugrundeliegenden Mechanismen und die Mechanismen der Steuerung der Sakkaden im Grunde die gleichen sind. Dagegen postulieren supramodale Aufmerksamkeitsmodelle (z. B. basierend auf der »Spotlight«-Metapher) ein separates Steuersystem, das Aufmerksamkeit auf unterschiedliche sensorische Modalitäten richten kann.

Fernandez-Duque und Johnson (1999, 2002) machen deutlich, dass Modelle der Aufmerksamkeit durch die zu Grunde liegenden Metaphern konzeptuell strukturiert werden. Dies gilt in spezifischer Weise auch für den Selektivitätsaspekt von Aufmerksamkeit, welcher in vielen Modellen als zentrales Charakteristikum von Aufmerksamkeit enthalten ist und sich auf die priorisierte Verarbeitung von bestimmten Stimuli gegenüber anderen bezieht. Die zentrale Frage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist die nach der Instanz, die den selektiven Prozess realisiert. Fernandez-Duque und Johnson postulieren, dass die Antwort von der Wahl der Metapher abhängt und zur Unterscheidung von unterschiedlichen Modellen der Aufmerksamkeit führt.

- In den »top-down« orientierten »Cause«-Modellen wird dem Konzept Aufmerksamkeit eine ursächliche Wirkung bei der Modulation des Informationsverarbeitungsprozesses im perceptiven und kognitiven Bereich zugeschrieben. Beispiel hierfür sind Modelle, die durch die »Filter«-, »Spotlight«- und die »Limited-resource«-Metapher konstituiert werden. Bei zahlreichen »Cause«-Modellen ist die zentrale Steuerung, die etwa für die Ausrichtung des Spotlights oder die Ressourcenzuweisung sorgt, nicht ausreichend geklärt, so dass sich das Problem eines »homunkulusähnlichen Kontrollmechanismus« ergibt (Fernandez-Duque u. Johnson 2002).
- In den »bottom-up« orientierten »Effect«-Modellen wird dieses Problem vermieden, indem sie nicht von kausalen Aufmerksamkeitsmechanismen ausgehen, sondern Aufmerksamkeit als eine Begleiterscheinung (Epiphänomen) von Operationen verschiedener sensorischer und kognitiver Systeme konzeptualisieren. Die zugehörige »Competition«-Metapher beinhaltet, dass Aufmerksamkeit als Epiphänomen auftritt, wenn verschiedene Stimulusrepräsentationen (neuro-

nale Einheiten) um Verarbeitungsressourcen (Aktivation) konkurrieren. Wenn eine Einheit gewinnt, indem die Aktivierungsschwelle durch wechselseitige Inhibition überschritten wird, dann drückt sich das phänomenal als Aufmerksamkeit aus.

Ein grundlegendes Problem der »Effect«-Modelle ergibt sich aus der mangelnden Thematisierung von kausalen top-down Steuerungsmechanismen. Dies hat zur Folge, dass nicht erklärt werden kann, wie weniger hervorstechende Stimuli durchaus mit Priorität verarbeitet werden können. *Hybrid-Modelle* (»biased competition model«, Desimone u. Duncan 1995) integrieren daher Aspekte der »Cause«- und »Effect«-Modelle, indem sowohl top-down Einflüssen als auch dem bottom-up Wettbewerb Rechnung getragen wird.

#### 1.2.4 Mehrdimensionale Modelle der Aufmerksamkeit

Viele Autoren vertreten die Auffassung, dass Aufmerksamkeit kein eindimensionales Konzept darstellt, sondern auf eine Vielzahl empirischer Sachverhalte bezogen werden muss (z. B. Neumann 1992; Cohen 1993; van Zomeren u. Brouwer 1994; Coull 1998; Mirsky et al. 1999; Sturm u. Zimmermann 2000). In Ergänzung zur selektiven bzw. fokussierten (vgl. Modelle früher und später Selektion) sowie geteilten Aufmerksamkeit (vgl. Kapazitätsmodelle) werden deshalb mehrdimensionale Aufmerksamkeitsmodelle dargestellt, in denen aus unterschiedlichen psychologischen Perspektiven weitere Aufmerksamkeitskomponenten definiert werden.

Neben Aufmerksamkeitskomponenten aus der neuropsychologischen Perspektive, die im Mehrkomponentenmodell von Posner und Boies (1971) ihren Ausgangspunkt hatten, werden in diesem Abschnitt auch Aufmerksamkeitskomponenten aus der handlungsorientierten Sicht nach Neumann (1996) sowie aus Sicht der Funktionen des Arbeitsgedächtnisses, insbesondere der zentralen Exekutive vorgestellt.



## Aufmerksamkeitskomponenten aus neuro-psychologischer Perspektive

Posner und Boies (1971) haben in ihrem frühen Mehrkomponentenmodell der Aufmerksamkeit zwischen den Komponenten Alertness und Selektivität unterschieden, darüber hinaus beschreiben Posner und Rafal (1987) Vigilanz und räumliche Aufmerksamkeit (Aufmerksamkeitsorientierung) als weitere »senses of attention«. Dieses Mehrkomponentenmodell der Aufmerksamkeit bildete die Grundlage für ein erweitertes Modell von van Zomeren und Brouwer (1994), das auf einer übergeordneten konzeptuellen Ebene zwischen dem Intensitäts- und dem Selektivitätsaspekt von Aufmerksamkeit unterscheidet.

Das mehrdimensionale Aufmerksamkeitsmodell von Sturm und Zimmermann (2000), das eine Erweiterung der Taxonomie von van Zomeren und Brouwer (1994) darstellt, systematisiert wichtige neuropsychologische Aufmerksamkeitskonzepte und ordnet ihnen funktionale neuronale Netzwerke zu. In ihrem Modell umfasst der Intensitätsaspekt von Aufmerksamkeit die Aufmerksamkeitsaktivierung (»alertness«) und die Daueraufmerksamkeit. Der Selektivitätsaspekt setzt sich aus selektiver oder fokussierter Aufmerksamkeit, der räumlichen Aufmerksamkeit, dem Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus und der geteilten Aufmerksamkeit zusammen. Zunächst wird auf die funktionelle Beschreibung dieser Aufmerksamkeitskomponenten und anschließend auch auf deren Neuroanatomie und -physiologie eingegangen.

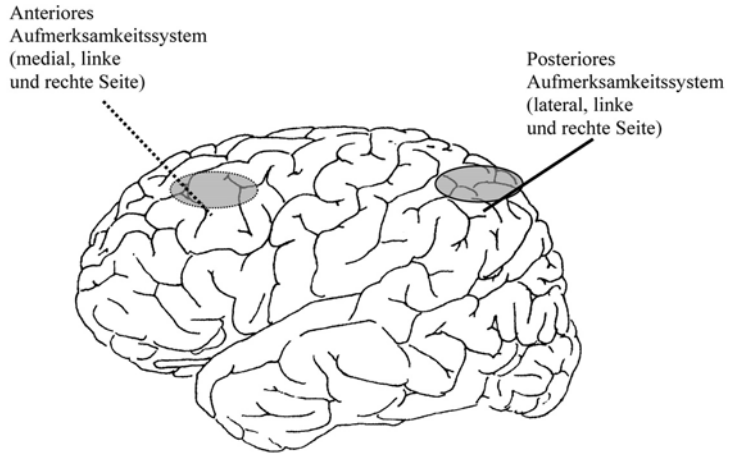
- »Alertness« bezieht sich auf die Regulation der physischen und psychischen Reaktionsbereitschaft bzw. Wachheit. Zwei Typen von Alertness werden unterschieden (vgl. Posner u. Rafal 1987): tonisches Arousal spiegelt den allgemeinen Zustand der Wachheit wieder, der z. B. circadianen Schwankungen unterliegt; unter phasischem Arousal versteht man dagegen die Fähigkeit, die Reaktionsbereitschaft in Erwartung eines Reizes kurzfristig steigern zu können.
- *Daueraufmerksamkeit* und *Vigilanz* ermöglichen die Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit unter Einsatz mentaler Anstrengung (»mental effort«). Posner und Rafal nehmen an, dass diese Aufmerksamkeitskomponente einer bewussten, willentlichen Kontrolle unterliegt. Nach Sturm

und Zimmermann (2000) bezieht sich Vigilanz auf die Aufrechterhaltung selektiver Aufmerksamkeit unter monotonen Bedingungen und einer niedrigen Frequenz kritischer Reize. Das Konzept der Daueraufmerksamkeit wird dagegen allgemeiner gefasst, da es auch kognitiv anspruchsvollere Belastungen über eine längere Dauer einschließt. Coull (1998) differenziert Daueraufmerksamkeit und Vigilanz dagegen nach der Dauer der Anforderung. Daueraufmerksamkeit betrifft die Aufrechterhaltung in einem Zeitrahmen von Sekunden bis zu Minuten, Vigilanz von Minuten bis zu Stunden.

- Die *räumliche Aufmerksamkeit* ermöglicht die verdeckte Verschiebung der Aufmerksamkeit. Im Gegensatz zur offenen Aufmerksamkeitsverschiebung, die von Augenbewegungen begleitet ist, erfolgt diese Art der Ausrichtung der Aufmerksamkeit ausschließlich mental. Taucht ein Stimulus im Fokus der verschobenen Aufmerksamkeit auf, ist die Reaktionszeit im Vergleich zu anderen räumlichen Positionen reduziert (Posner u. Rafal 1987).
- *Selektive bzw. fokussierte Aufmerksamkeit* bezieht sich auf die bevorzugte Verarbeitung eines bestimmten Stimulus, während weitere Stimuli (Distraktoren) ignoriert werden.
- Der *Aufmerksamkeitswechsel* erlaubt den schnellen Wechsel zwischen verschiedenen Aufgabenanforderungen (Schemata, »task-sets«), der z. B. dann gefragt ist, wenn sich in einer Selektionsaufgabe die Zielreizklasse ändert. »Task switching« erfordert als kognitiven Kontrollprozess die Rekonfiguration des »task-sets« im Hinblick auf die kommende, neue Aufgabe und beansprucht daher im Vergleich zur Bedingung ohne wechselnde Anforderungen einen höheren Zeitaufwand für die Bearbeitung einer Aufgabe (»switching costs«, z. B. Rogers u. Monsell 1995).
- *Geteilte Aufmerksamkeit* bezieht sich auf die Aufteilung von Aufmerksamkeitsressourcen zwischen mehreren konkurrierenden Stimuli bzw. verschiedenen Aufgabenanforderungen zur gleichen Zeit.

Das neuropsychologische Aufmerksamkeitsmodell von Posner und Petersen (1990) unterscheidet zwei Aufmerksamkeitsssysteme des menschlichen Gehirns

■ **Abb. 1.4.** Lokalisierung des anterioren und des posterioren Aufmerksamkeitsystems nach Posner u. Petersen (1990). Das posteriore Aufmerksamkeitsystem ist mit der Ausrichtung der Aufmerksamkeit assoziiert, das anteriore Aufmerksamkeitsystem mit der Targetdetektion



und drei Aufmerksamkeitsfunktionen. Das *posteriore Aufmerksamkeitsystem* dient der Realisierung der Aufmerksamkeitsfunktion zur Ausrichtung der Aufmerksamkeit (»orienting«; vgl. räumliche Aufmerksamkeit) und ist mit dem posterioren Parietallappen, dem superioren Colliculus und dem thalamischen Pulvinarkern assoziiert (■ Abb. 1.4). Das andere, *anteriore Aufmerksamkeitsystem* steht in Zusammenhang mit der Aufmerksamkeitsfunktion Targetdetektion (vgl. fokussierte Aufmerksamkeit) und basiert auf Aktivitäten im anterioren Gyrus cinguli. Von der Aufmerksamkeitsfunktion Alertness wird angenommen, dass sie das posteriore und das anteriore Aufmerksamkeitsystem beeinflusst. Physiologische Grundlage dafür bilden norepinephrine Bahnen, die vom Locus coeruleus ausgehen und vor allem in die rechte Hemisphäre ziehen. Die mit den Aufmerksamkeitsystemen assoziierten Gehirnareale werden als Quelle (»source«) der Aufmerksamkeitsmodulation bzw. der Aufmerksamkeitsfunktionen angesehen und sind von solchen zu unterscheiden, in denen die durch Aufmerksamkeit modulierte Informationsverarbeitung (»sites«) erfolgt.

Bezugnehmend auf Posner und Petersen (1990) unterscheiden Fan et al. (2002) die Funktionen »alertness«, Aufmerksamkeitsausrichtung und exekutive Kontrolle. Die Funktion exekutive Kontrolle dient der Lösung von Konflikten zwischen Reaktionen, wie z. B. im *Stroop-Test*, und ist mit der Aktivierung des anterioren Cingulum und des lateralen präfrontalen Kortex verbunden. Fan et al. (2003) konnten für die exekutive Kontrolle der Aufmerk-

samkeit zeigen, dass Differenzen in dopaminergen Genen mit interindividuellen Differenzen in der Gehirnaktivität des Aufmerksamkeitsnetzwerkes »exekutive Kontrolle« sowie mit der Leistungsfähigkeit dieses Aufmerksamkeitsnetzwerkes auf der Verhaltensebene in Zusammenhang stehen.

Coull (1998) trägt eine Reihe von Befunden aus den Bereichen Elektrophysiologie, funktionelle Bildgebung und Psychopharmakologie zusammen, die Aufschluss über neurale Korrelate von Aufmerksamkeit und »arousal« geben. *Ereigniskorrelierte Potenziale* (insbesondere die positiven/negativen elektrokortikalen Potenziale N100/P100, P300, P400) werden durch Aufmerksamkeit moduliert. Bei dichotischen Höraufgaben zur auditorischen selektiven Aufmerksamkeit zeigt sich beispielsweise, dass die selektive Überwachung von Tönen auf nur einer Seite zu einer größeren Amplitude der N100 auf der beachteten gegenüber der unbeachteten Seite führt. Die Modulation der frühen Potenziale (N100/P100) durch selektive Aufmerksamkeit wertet Coull als Beleg für Modelle früher Selektion.

Mit Hinweis auf PET- und fMRI-Studien lokalisiert Coull (1998) primäre Quellen der Aufmerksamkeitsmodulation. Die verdeckte Aufmerksamkeitsorientierung (räumliche Aufmerksamkeit) ist mit Aktivierung des rechten superior-posterioren Parietalkortex assoziiert. Diese Aktivierung tritt auch bei seriellen Suchprozessen zur Integration der Merkmale eines Objektes zu einer Einheit (»Binding«-Problem) auf, was darauf schließen lässt, dass räumliche Aufmerksamkeit dazu wesentlich bei-

trägt. Wie zahlreiche Studien unter Verwendung des Stroop-Tests zeigen, ist selektive Aufmerksamkeit von einer Aktivierung des anterioren Cingulums begleitet. Allerdings ist die Befundlage inkonsistent, was nach Coull durch die Konfundiertheit der Testaufgaben mit weiteren Anforderungen bedingt ist. Als weitere Primärquellen räumlicher selektiver Aufmerksamkeit nennt Coull den rechten superioren Frontalkortex, den lateralen orbito-frontalen Kortex wie auch den Thalamus und das Striatum.

Bei Präsentation von Ziel- und Nichtzielreizen nicht in räumlicher, sondern in serieller Form, ist nach Coull eine Aktivierung des rechten dorso-lateral-präfrontalen Kortex und des anterioren Cingulums im Vergleich zu einer nicht-selektiven Vergleichsaufgabe zu beobachten. Für Aufgaben, die geteilte Aufmerksamkeit erfordern, wird von erhöhten Aktivitäten im anterioren Cingulum und im rechten präfrontalen Kortex berichtet. Soll die Aufmerksamkeit auf zwei im linken und rechten Gesichtsfeld platzierte Objekte verteilt werden, so zeigt sich in einer von Coull berichteten Studie, dass sich die richtungsspezifische Aktivierung im frontalen und okzipitalen Kortex im Vergleich zur Ausrichtung nur auf ein Objekt verringert, was als Kosten geteilter gegenüber ungeteilter Aufmerksamkeit interpretiert wird. Bezüglich Daueraufmerksamkeit wird ein amodales System im Frontal- und Parietallappen der rechten Hemisphäre angenommen, das bei andauernder Aufmerksamkeit aktiviert ist. Der Thalamus wird mit dem Einfluss des Arousallevels auf Daueraufmerksamkeit in Verbindung gebracht. Sowohl die kortikale wie auch die thalamische Aktivität nehmen mit zunehmender Dauer der Aufgabe ab.

Das Arousalssystem lokalisiert Coull im retikulären Aktivierungssystem. Die von Coull berichteten *psychopharmakologischen Studien* belegen den Effekt verschiedener Neurotransmitter auf Aufmerksamkeit und Arousal. Das noradrenerge und cholinerge System beeinflussen »low level«-Aspekte von Aufmerksamkeit, wie z. B. die räumliche Aufmerksamkeit, wohingegen das dopaminerge System mit komplexeren exekutiven Funktionen von Aufmerksamkeit in Zusammenhang gesehen wird, wie z. B. Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus.

### Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungs-orientierter Perspektive

Früheren Aufmerksamkeitsmodellen lag die Annahme zugrunde, dass Selektion eine funktionelle Konsequenz zentraler Kapazitätsbegrenzung darstellt (vgl. Broadbent 1958; Kahneman 1973; Wickens 1980). Neumann (1992, 1996) postuliert dagegen, dass durch Selektion nicht determiniert wird, welche Stimuli perzeptiv analysiert werden, sondern welche Stimuli Einfluss in weiteren Prozessen, wie z. B. in der Verhaltenskontrolle, haben. Die Standardauffassung über den Zusammenhang begrenzter Kapazität und Selektion ist somit in Neumanns (1996) Modell umgekehrt, d. h. Selektion ist das Basisphänomen und eine begrenzte Kapazität ist die funktionelle Konsequenz.

Nach Neumann rufen Mechanismen zur Bewältigung von grundlegenden Koordinations- und Steuerungsproblemen Selektion hervor. Auch ein Organismus, der über eine unbegrenzte Verarbeitungskapazität verfügen würde, müsste zu einem Zeitpunkt zwischen Handlungsalternativen und entsprechenden Reizen zur Handlungssteuerung auswählen (Neumann 1996). Galt Interferenz in Filter- und Kapazitätsmodellen als unmittelbare Folge knapper Ressourcen, so wird in Neumanns Modell Interferenz als ein wichtiger Mechanismus angesehen, der bei der Handlungssteuerung die Unterdrückung von alternativen Handlungen leistet sowie von Reizen, welche keinen Zugang zum Effektorsystem erhalten sollen.

Das Aufmerksamkeitsmodell von Neumann (1992) hat seinen Ausgang in der Analyse von zwei handlungsbezogenen Koordinierungs- und Steuerungsproblemen: Das Problem der Effektorrekrutierung besteht darin, dass ein bestimmter Effektor grundsätzlich für unterschiedliche Handlungen eingesetzt werden kann, allerdings zu einem bestimmten Zeitpunkt nur für genau eine Handlung verwendet werden darf, da es ansonsten zu einem Verhaltenschaos käme. Das Problem der Parameterspezifikation bezieht sich darauf, dass eine Handlung auf unterschiedliche Weisen ausführbar ist, jedoch nur eine Art der Ausführung zu einem bestimmten Zeitpunkt realisiert werden kann.

Zur Bewältigung dieser Koordinierungs- und Steuerungsprobleme postuliert Neumann (1992, 1996) fünf Aufmerksamkeitskomponenten, die aller-

dings nicht als vollständig voneinander abgrenzbar anzusehen sind:

- Die Komponente *Verhaltenshemmung* dient der Lösung des Problems der Effektorrekrutierung, d. h. welche Handlung ausgeführt werden soll. Von mehreren konkurrierenden Handlungstendenzen hemmt eine der Handlungstendenzen die anderen derart, dass sie sich durchsetzen kann und Zugriff auf das Effektorsystem erhält. Daraus folgt auch, dass die eine Handlung wieder gehemmt wird, sobald sich eine andere Handlungstendenz durchsetzt. Auf diese Weise wird ein Organismus davon abgehalten, mehrere unterschiedliche Handlungen auszuführen, die physikalisch inkompatibel sind. Neumann (1992) interpretiert die verlängerte Reaktionszeit auf den Sondierreiz im Sondierreiz-Paradigma (Posner u. Boies 1971) als das Ergebnis aktiver Hemmungsprozesse, die die laufende Handlung schützen. Neuere experimentelle Befunde (Matthes 2001) scheinen diese Erklärungsmöglichkeit zu stützen.
- Die Komponente *Regulation des psychophysiologischen Erregungsniveaus* dient dazu, ein Gleichgewicht herzustellen zwischen dem Schutz laufender Handlungen gegen Unterbrechung durch neue Reize und der Notwendigkeit, auf neue Reize zu reagieren. Dieser Intensitätskomponente von Aufmerksamkeit liegt die Theorie von Pribram und McGuinness (1975) zur Orientierungsreaktion zugrunde, wonach »arousal« mit der phasischen physiologischen Reaktion auf Input (Orientierungsreaktion) zusammenhängt, Aktivierung (»activation«) mit der tonischen physiologischen Reaktionsbereitschaft und Anstrengung (»effort«) mit der zentralen Verarbeitung und der Regulation von »arousal« und Aktivierung. Das kognitiv-energetische Modell von Sanders (1983) ordnet die energetischen Mechanismen »arousal«, Aktivierung und Anstrengung den Stufen der Informationsverarbeitung zu.
- Die Komponente *Informationsselektion* dient nach Neumann zur Handlungssteuerung. Im visuellen Bereich stellt z. B. die räumliche Aufmerksamkeit einen wichtigen Mechanismus dar, um Handlungskontrolle zu erreichen. Die Informationsselektion dient der Bewältigung des Problems der Parameterspezifikation, d. h. offene

Parameter eines Effektorsystems werden durch selektierte Information spezifiziert, die zur Handlungsausführung erforderlich ist. Neumann (1992) gibt das »Cueing«-Paradigma (Posner u. Rafal 1987) als empirischen Sachverhalt an, in dem sich die Informationsselektion manifestiert.

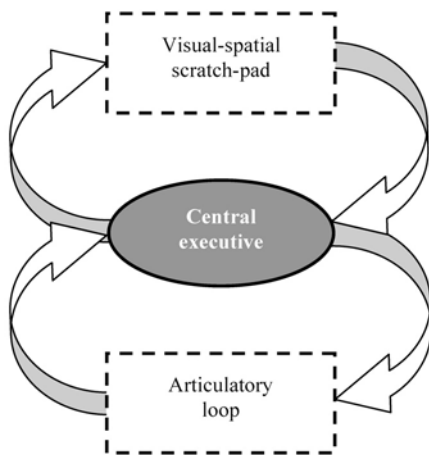
- Die Komponente *Handlungsplanung* ermöglicht die Erstellung eines Handlungsplanes, der gleichzeitig ablaufende Handlungen koordiniert. Verfügbare Fertigkeiten können auf diese Weise zu einer (neuen) Sequenz kombiniert werden (Neumann 1992). Empirische Evidenzen für gemeinsam auftretende Planungsmechanismen bei Doppeltätigkeiten werden in den »Gleichzeitigkeitskosten« gesehen. Das »Concurrence-cost«-Paradigma nach Noble et al. (1981) zeigt, dass alleine das Hinzufügen einer zweiten Aufgabe, die ohne Zeitdruck nach Abschluss der ersten Aufgabe zu bearbeiten ist, eine verlängerte Reaktionszeit in der ersten Aufgabe bewirkt. Die Vorbereitung auf die Ausführung der zweiten Aufgabe verbraucht offenbar gemeinsame Ressourcen.
- Die Komponente *fertigkeitsbedingte Interferenz* dient wie die Informationsselektion der Parameterspezifikation. Diese spezifische Art der Hemmung verhindert, dass Parameter einer Fertigkeit zur gleichen Zeit unterschiedlich spezifiziert werden. Das bedeutet, dass dieselbe Fertigkeit zur gleichen Zeit nicht für verschiedene Handlungen eingesetzt werden kann (Neumann 1996), wodurch ein Verhaltenschaos vermieden wird. Nach dieser Interpretation tritt Interferenz in Doppelaufgaben auf, wenn beide Aufgaben die Spezifikation der Parameter derselben Fertigkeit erfordern. Diese Begrenzung kann durch Übung reduziert werden, da infolge der Übung separate Fertigkeiten für die Bearbeitung solcher Aufgaben ausgebildet werden. Das »Outcome-conflict«-Paradigma von Navon u. Miller (1987) stellt nach Neumann ein Beispiel für fertigkeitsbedingte Interferenz dar.

### Aufmerksamkeitskomponenten aus der Perspektive des Arbeitsgedächtnisses

In den Modellvorstellungen zum Arbeitsgedächtnis wird zur Beschreibung exekutiver Kontrollfunktio-

nen häufig auf das Aufmerksamkeitskonzept zurückgegriffen (vgl. Miyake u. Shah 1999). Das bedeutet, dass in verschiedenen Arbeitsgedächtnismodellen basale kognitive Operationen angenommen werden, welche z. T. konzeptuelle Überschneidungen mit bereits vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten aufweisen.

Ausgangspunkt dieser theoretischen Entwicklung war die Arbeit von Baddeley und Hitch (1974; Baddeley 1986), welche die Einheit des Kurzzeitgedächtnisses in Frage stellte. Das resultierende 3-Komponentenmodell (■ Abb. 1.5) stellt einen einflussreichen Ansatz dar, das Arbeitsgedächtnis in drei Teilsysteme zu gliedern. Demnach besteht das Arbeitsgedächtnis aus zwei »Slave«-Systemen (Kurzzeitspeichern), nämlich der phonologischen Schleife (»articulatory loop«) und dem visuell-räumlichen Notizblock (»visual-spatial scratch-pad«), sowie der zentralen Exekutive (»central executive«), die mit kontrollierter Verarbeitung und Aufmerksamkeitsfunktionen assoziiert ist. Baddeley sieht in der zent-



■ **Abb. 1.5.** Schematische Darstellung des Arbeitsgedächtnissmodells von Baddeley (1986, in Anlehnung an Baddeley u. Logie 1999). Der visuell-räumliche Notizblock und die phonologische Schleife repräsentieren spezialisierte, domänenspezifische Kurzzeitspeicher und ermöglichen durch »Rehearsal«-Prozesse die temporäre Aufrechterhaltung von Informationen im Arbeitsgedächtnis. Die zentrale Exekutive dient der Regulation und Kontrolle des Arbeitsgedächtnissystems und erfüllt verschiedene exekutive Funktionen, wie z. B. die Koordination der beiden Kurzzeitspeicher. Die zentrale Exekutive ist involviert in kontrollierte Informationsverarbeitung und erfüllt verschiedene Aufmerksamkeitsfunktionen (z. B. Aufmerksamkeitswechsel).

ralen Exekutive das funktionale Analogon zum supervisorischen Aufmerksamkeitsystem (»supervisory attentional system«) im schemabasierten Modellansatz von Shallice (1982), welcher postuliert, dass die meisten Handlungen durch Schemata kontrolliert werden. Konflikte zwischen inkompatiblen Schemata werden automatisch durch Hemmungs- bzw. Aktivierungsprozesse vermieden oder durch das supervisorische Aufmerksamkeitsystem geregelt. Das supervisorische Aufmerksamkeitsystem ermöglicht die gezielte Beeinflussung der Aktivierung von Schemata und wird vor allem in Situationen aktiv, die nicht auf der Basis von Routinehandlungen bewältigt werden können bzw. ein hohes Maß an kognitiver Kontrolle erfordern. Von den Aufmerksamkeitskomponenten aus neuropsychologischer Perspektive stehen besonders der Aufmerksamkeitswechsel und die geteilte Aufmerksamkeit in deutlichem Zusammenhang mit den Kontrollfunktionen des supervisorischen Aufmerksamkeitsystems.

Auch Cowan (1988, 1995) stellt ein Informationsverarbeitungsmodell vor, in dem Aufmerksamkeit einen zentralen Aspekt des Arbeitsgedächtnisses darstellt. Er postuliert ein singuläres Speichersystem, das Elemente mit unterschiedlichen Aktivierungsniveaus enthält. Das Langzeitgedächtnis besteht aus Elementen in einem relativ inaktiven Zustand. Elemente mit höherer Aktivierung, die außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus liegen, aber in der Lage sind, laufende Prozesse zu beeinflussen, werden als Kurzzeitgedächtnis konzeptualisiert. Das Arbeitsgedächtnis besteht aus einer Reihe von Elementen des Kurzzeitspeichers, die durch die zentrale Exekutive in einem hyperaktivierten Zustand gehalten werden und sich somit im Fokus der Aufmerksamkeit befinden. Die Auffassung Cowans (1995), dass sich das Arbeitsgedächtnis aus einer Speicher- und einer Aufmerksamkeitskomponente (zentrale Exekutive) zusammensetzt, wurde von Engle et al. (1999) empirisch untermauert. Mittels Strukturgleichungsmodellen konnten sie zwei korrelierte latente Konstrukte spezifizieren, die das Arbeitsgedächtnis und das Kurzzeitgedächtnis repräsentieren. Engle et al. nehmen an, dass der spezifische Varianzanteil der Variablen Arbeitsgedächtnis, der nicht durch Gemeinsamkeiten mit der Variablen Kurzzeitgedächtnis erklärbar ist (Residualvarianz), durch die zentrale Exekutive (bzw. »controlled attention«) determiniert

ist. Gestützt wird diese Argumentation durch eine signifikante Korrelation zwischen dem Arbeitsgedächtnis-Residuum (aufgefasst als »controlled attention«) und fluider Intelligenz. Schweizer et al. (2005) konnten in ergänzender Weise zeigen, dass Aufmerksamkeitskomponenten, welche die Verarbeitungsstufen »higher mental processing, executive/control processing« repräsentieren im Gegensatz zu solchen, welche die Stufe »perceptive processing« abbilden, einen signifikanten Beitrag zur Erklärung von Intelligenz leisten.

Miyake et al. (2000) unterscheiden drei wesentliche Funktionen der zentralen Exekutive, die klar voneinander abgrenzbar sind und nur mäßig untereinander korrelieren.

- Die Funktion »*shifting*« bezieht sich auf den Wechsel zwischen verschiedenen Aufgaben, Operationen oder mentalen Erwartungszuständen.
- Die Funktion »*updating*« umfasst das Überwachen und Kodieren eintreffender Information hinsichtlich Aufgabenrelevanz und die Überarbeitung der im Arbeitsgedächtnis gespeicherten Inhalte in Form des Ersetzens von alter, nicht mehr relevanter durch neue, relevante Information.
- Die Funktion »*inhibition*« bezieht sich auf die gegebenenfalls erforderliche Hemmung dominanter, automatischer oder vorherrschender Reaktionsweisen (z. B. im *Stroop-Test*).

Oberauer et al. (2003) analysieren die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sowohl unter inhalts- wie auch unter funktionsbezogenen Aspekten. Bezüglich der inhaltsbezogenen Aspekte wird analog zu Baddeleys domänenspezifischen »Slave«-Systemen ein Arbeitsgedächtnis für visuell-räumliches Material sowie für sprachliches und numerisches Material angenommen. Bezüglich der funktionalen Aspekte werden drei kognitive Funktionen des Arbeitsgedächtnisses unterschieden.

- Die Funktion »*storage and processing*« bezieht sich im Speicheraspekt auf das Behalten eben präsentierter neuer Information und im Verarbeitungsaspekt auf die Transformation von Information oder die Ableitung neuer Information.
- Die Funktion »*supervision*« dient der Überwachung laufender kognitiver Prozesse und Handlungen, der selektiven Aktivierung relevanter Repräsentationen und Prozeduren und der

Hemmung von solchen, die irrelevant oder störend sind.

- Die Funktion »*coordination*« dient dem Aufbau neuer Relationen zwischen Elementen und der Integration dieser Relationen in Strukturen.

Während »*supervision*« und »*coordination*« als Aufmerksamkeitsfunktionen des Arbeitsgedächtnisses anzusehen sind, kommt »*storage and processing*« auch eine Speicherfunktion zu. Empirisch konnten Oberauer et al. zeigen, dass das Arbeitsgedächtnis als das Zusammenwirken der drei zusammenhängenden kognitiven Funktionen aufgefasst werden kann, für eine Unterscheidung zwischen verbal-numerischem und räumlichem Arbeitsgedächtnis gibt es dagegen kaum Evidenzen.

Bei einem Vergleich der drei kognitiven Funktionen des Arbeitsgedächtnisses von Oberauer et al. mit der funktionalen Struktur der zentralen Exekutive von Miyake et al. lassen sich Übereinstimmungen wie auch Unterschiede feststellen. »*Supervision*« und »*shifting*« weisen starke konzeptuelle Überschneidungen auf, was sich auch an den übereinstimmenden Operationalisierungen (jeweils »*Task-set-switching*«-Aufgaben) zeigt. Im Hinblick auf die vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten aus neuropsychologischer Perspektive kann ebenfalls eine weitgehende Entsprechung mit der Komponente Aufmerksamkeitswechsel festgestellt werden. Sowohl die »*updating*«- als auch die »*Storage and processing*«-Funktion gehen über die bloße Aufrechterhaltung von Information im Arbeitsgedächtnis hinaus, insofern »*updating*« die aktive Manipulation von Arbeitsgedächtnisinhalten beinhaltet und »*storage and processing*« durch gleichzeitige Transformationsprozesse gekennzeichnet sind. Die Funktionen »*coordination*« und »*inhibition*« stellen vergleichsweise spezifische Konzepte dar. Zu beachten ist, dass die jeweiligen Funktionen sowohl bei Oberauer et al. als auch bei Miyake et al. teilweise miteinander korreliert sind.

### 1.2.5 Beziehung von Konzentration zu Aufmerksamkeit

Der Begriff »Konzentration« stellt insofern eine Besonderheit der deutschsprachigen Psychologie dar,

als in der angloamerikanischen Literatur neben »attention« ein Begriff »concentration« nicht gebräuchlich ist. Entscheidender als Differenzen im begrifflichen Gebrauch ist die Frage, ob Konzentration konzeptuell von Aufmerksamkeit abgegrenzt werden muss, oder ob Konzentration in den Erklärungsrahmen der Aufmerksamkeitskomponenten eingegliedert werden kann.

Zunächst ist festzustellen, dass z. T. sehr unterschiedliche Definitionen von Konzentration existieren, wobei die Verschiedenheit insbesondere durch die Art der angenommenen Beziehung zwischen Konzentration und Aufmerksamkeit zustande kommt.

- Auf der einen Seite finden sich Definitionen, die Konzentration von vornherein als eine besondere Form der Aufmerksamkeit auffassen; so wird Konzentration beispielsweise als »... zuchtvolle Organisation und Ausrichtung der Aufmerksamkeit durch das ... Ich auf das Erfassen oder Gestalten von Sinn- und Wertgehalten« (Mierke 1957, S. 22) verstanden, »... als besondere Intensitätsform der Aufmerksamkeit ...« (Rapp 1982, S. 24) oder auch als »... eine spezifische Art von Aufmerksamkeit, eine Steigerungsform, die sich im wesentlichen durch Willkürlichkeit und stärkere Fokussierung ... auszeichnet« (Brickenkamp u. Karl 1986, S. 195).
- Auf der anderen Seite finden sich Definitionen, die Konzentration als ein von Aufmerksamkeit verschiedenes Konzept ansehen. Schmidt-Atzert et al. (2004) beispielsweise beziehen Aufmerksamkeit nur auf das Wahrnehmen, mit Konzentration kennzeichnen sie hingegen eine bestimmte Art des Arbeitens, die sie als kognitive Anstrengung, d. h. als einen energetischen Aspekt der Informationsverarbeitung beschreiben. Dieser »cognitive effort« (Schmidt-Atzert et al. 2004) ermöglicht schnelles und genaues Arbeiten auch unter solchen Bedingungen, die das Erbringen kognitiver Leistungen normalerweise erschweren. In gleicher Weise beziehen auch Westhoff und Hagemeister (2005) die Konzentration auf das Arbeiten, Aufmerksamkeit hingegen auf das Wahrnehmen. Die Kennzeichen einer konzentrierten Tätigkeit bestehen nach Auffassung der Autoren in der Selektion von relevanter Information unter Ausblendung von

Irrelevantem sowie in der Auswahl, Energetisierung, Koordination und Kontrolle von Aktionsmustern. Ähnlich der Ladungskapazität und dem Ladungszustand bei Akkus treten auch im konzentrierten Handeln inter- und intraindividuelle Unterschiede auf.

Bei genauerer Hinsicht lässt sich nicht nur die erste, sondern auch die zweite Gruppe von Konzentrationsbegriffen in den konzeptuellen Rahmen von Aufmerksamkeit integrieren. Die von Westhoff und Hagemeister (2005) der Konzentration zugeschriebene Kontroll- und Koordinierungsfunktion konvergiert nämlich mit dem Konzept des supervisoriellen Aufmerksamkeitssystems von Shallice (1982; ► Kap. 1.2.4) und der mittels Akkumetapher beschriebene energetische Aspekt von Konzentration findet sich im Konzept der Daueraufmerksamkeit (s. Sturm u. Zimmermann 2000) wieder, das die Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit über längere Zeitspannen beschreibt. In gleicher Weise lässt sich auch der Konzentrationsbegriff von Schmidt-Atzert et al. (2004), der die Aufrechterhaltung schnellen und genauen Arbeitens durch »cognitive effort« beinhaltet, substanziell auf das Konzept der Daueraufmerksamkeit zurückführen. Im Sinne dieser Auffassung wird bereits bei Posner und Rafal (1987) die Aufmerksamkeitskomponente Vigilanz mit »mental effort« charakterisiert. Gestützt auf eine große empirische Studie verzichten Goldhammer et al. (2004, submitted; s. auch Moosbrugger et al. 2005) auf ein eigenständiges Konzentrationskonzept und integrieren den Konzentrationsbegriff in das nomologische Netzwerk der mehrdimensionalen Komponenten-auffassung von Aufmerksamkeit.

Insgesamt erweisen sich jene Aufmerksamkeitskomponenten für Konzentration als besonders konstitutiv, bei denen nicht die Perzeption im Vordergrund steht, sondern solche Informationsverarbeitungsaspekte, die durch vergleichsweise hohe Kontrollanforderungen gekennzeichnet sind. Unter Verwendung einschlägiger psychodiagnostischer Operationalisierungen (s. auch Moosbrugger u. Goldhammer 2005, ► auch Kap. 2.2.4) konnte im Speziellen gezeigt werden, dass bezüglich der Aufmerksamkeitskomponenten aus neuropsychologischer Perspektive hohe Konzentration mit hohen Ausprägungen in »geteilter Aufmerksamkeit« und

»Aufmerksamkeitswechsel« (► oben, ► Kap. 1.2.4) einhergeht. Hinsichtlich der handlungsorientierten Aufmerksamkeitskomponenten nach Neumann lässt sich Konzentrationsfähigkeit substantiell auf »Fertigkeitsbedingte Interferenz« und »Verhaltenshemmung« zurückführen. Zudem konnte für die arbeitsgedächtnisbasierte Aufmerksamkeitskomponente »Supervisorisches Aufmerksamkeitssystem« ein bedeutsamer Effekt auf die Konzentrationsfähigkeit nachgewiesen werden. Somit weisen die Testaufgaben zur Erfassung von »Konzentration« im Wesentlichen Anforderungen an kontrollierende Aufmerksamkeitskomponenten auf.

### Konzentration

Im Rahmen mehrdimensionaler Aufmerksamkeitsmodelle ist Konzentration hinsichtlich des Informationsverarbeitungsaspektes auf die Kontroll- und Koordinierungsfunktion des supervisorischen Aufmerksamkeitssystems (»supervisory attentional system«, Shallice 1982) rückführbar und hinsichtlich des energetischen Aspektes ihrer Aufrechterhaltung auf das Konzept der Daueraufmerksamkeit (»sustained attention«). Hohe Konzentration besteht demnach im erfolgreichen Zusammenwirken jener Aufmerksamkeitskomponenten, die unter Einsatz willentlicher Anstrengung eine andauernde Selektion, Koordination und Kontrolle von Handlungsschemata leisten. Die individuelle Ausprägung der Konzentration wird erfasst in Kennwerten für die Quantität (Leistung), die Qualität (Genauigkeit) und die Homogenität (Gleichmäßigkeit, ► Kap. 2.1.3).

## Literatur

- Allport, D. A. (1980). Attention and performance. In: G. Claxton (ed) *Cognitive psychology: New directions*, 112-153. London: Routledge & Kegan Paul.
- Allport, D. A. (1989). Visual attention. In: M. I. Posner (ed) *Foundations of cognitive science*, 631-682. Cambridge, MA: MIT Press.
- Allport, D. A. (1993). Attention and control. Have we been asking the wrong questions? A critical review of twenty-five years. In: D. E. Meyer & S. M. Kornblum (eds) *Attention and performance XIV* (183-218). London: MIT Press.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In: G. H. Bower (ed.) *The psychology of learning and motivation*, Vol. 8, 47-90. New York, NY: Academic Press.
- Baddeley, A. D. & Logie, R. H. (1999). Working memory: The Multiple-Component Model. In: A. Miyake & P. Shah (eds) *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, 28-61. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brickenkamp, R. & Karl, G. (1986). Geräte zur Messung von Aufmerksamkeit, Konzentration und Vigilanz. In: R. Brickenkamp (Hrsg.), *Handbuch apparativer Verfahren in der Psychologie*, 195-211. Göttingen: Hogrefe.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York, NY: Pergamon Press.
- Cherry, E. C. (1953). Some experiments on the recognition of speech, with one and with two ears. *Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 975-979.
- Cohen, R. A. (1993). *The neuropsychology of attention*. New York, NY: Plenum Press.
- Coull, J. T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: Insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology*, 55, 343-361.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information-processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. Oxford: Oxford University Press.
- Deutsch, J. A. & Deutsch, D. (1963). Attention: some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review of Neuroscience*, 18, 193-222.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E. & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-311.
- Fan, J., Fossella, J. A., Sommer, T., Wu, Y. & Posner, M. I. (2003). Mapping the genetic variation of executive attention onto brain activity. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100, 7406-7411.
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A. & Posner, M. I. (2002). Testing the efficiency and independence of attentional networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347.
- Fernandez-Duque, D. & Johnson, M. L. (1999). Attention metaphors: How metaphors guide the cognitive psychology of attention. *Cognitive Science*, 23, 83-116.
- Fernandez-Duque, D. & Johnson, M. L. (2002). Cause and effect theories of attention: The role of conceptual metaphors. *Review of General Psychology*, 6, 153-165.
- Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2004). Konzentration aus der Perspektive mehrdimensionaler Aufmerksamkeit. Vortrag auf dem 44. Kongress der Deutschen



- Gesellschaft für Psychologie, Göttingen. In: T. Rammsayer, S. Grabianovski & S. Troche (Hrsg.) 44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie. Abstracts [Abstract, 253-254]. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2005). *Commonalities and differences between components of attention and individual differences approaches* (submitted).
- Gray, J. A. & Wedderburn, A. A. I. (1960). Grouping strategies with simultaneous stimuli. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 180-184.
- Van der Heijden, A. H. C. (2004). *Attention in vision: Perception, communication and action*. Hove: Psychology Press.
- James, W. (1890). *Principles of psychology*. New York, NY: Holt.
- Johnston, W. A. & Heinz, S. P. (1978). Flexibility and capacity demands of attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 107, 420-435.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Engle Wood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Lund, N. (2001). *Attention and pattern recognition*. Hove: Routledge.
- Mattes, S. (2001). Reaktionskraft in Sondierreiz-Aufgaben: Kapazitätseinschränkung, Hemmung oder Flaschenhals?. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie*, 8, 201-206.
- Mierke, K. (1957). *Konzentrationsfähigkeit und Konzentrationschwäche*. Bern: Huber.
- Mirsky, A. F., Pascualvaca, D. M., Duncan, C. C. & French, L. M. (1999). A model of attention and its relation to ADHD. *Mental Retardation and Developmental Disabilities*, 5, 169-176.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howarter, A. & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex «frontal lobe» tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Miyake, A. & Shah, P. (eds) (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. (2005). Aufmerksamkeits- und Konzentrationsdiagnostik. In: K. Schweizer (Hrsg.) *Leistung und Leistungsdiagnostik*. Heidelberg: Springer.
- Moosbrugger, H., Goldhammer, G. & Schweizer, K. (2005). Latent factors underlying individual differences on attention measures: Perceptive attention and executive control. *European Journal of Psychological Assessment* (in press)
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, XII, 242-248.
- Navon, D. & Gopher, D. (1979). On the economy of the human processing system. *Psychological Review*, 86, 214-255.
- Navon, D. & Miller, J. (1987). Role of outcome conflict in dual-task interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 435-448.
- Neumann, O. (1992). Theorien der Aufmerksamkeit: Von Metaphern zu Mechanismen. *Psychologische Rundschau*, 43, 83-101.
- Neumann, O. (1996). Theories of attention. In: O. Neumann & A. F. Sanders (eds) *Handbook of perception and action*, 389-446. San Diego, CA: Academic Press.
- Noble, M. E., Sanders, A. F. & Trumbo, D. A. (1981). Concurrence costs in double stimulation tasks. *Acta Psychologica*, 49, 141-158.
- Norman, D. A. & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7, 44-64.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O. & Wittmann, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, 31, 167-193.
- Pashler, H. E. (1998). *The psychology of attention*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Posner, M. I. & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78, 391-408.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 25-41.
- Posner, M. I. & Rafal, R. D. (1987). Cognitive theories of attention and the rehabilitation of attentional deficits. In: R. J. Meier, A. C. Benton & L. Diller (eds) *Neuropsychological rehabilitation*, 182-201. Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Pribram, K. H. & McGuinness, D. (1975). Arousal, activation, and effort in the control of attention. *Psychological Review*, 82, 116-149.
- Rapp, G. (1982). *Aufmerksamkeit und Konzentration*. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt.
- Rogers, R. D. & Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 207-231.
- Sanders, A. F. (1983). Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica*, 53, 61-97.
- Schmidt-Atzert, L., Büttner, G., & Bühner, M. (2004). Theoretische Aspekte von Aufmerksamkeits-/Konzentrationsdiagnostik. In: L. Schmidt-Atzert & G. Büttner (Hrsg.) *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit, Tests und Trends Bd. 3*, 3-22. Göttingen: Hogrefe.
- Schweizer, K., Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. The structure of the relationship between attention and intelligence. *Intelligence* (in press).
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. In: D. E. Broadbent & L. Weiskrantz (eds) *The neuropsychology of cognitive function*, 199-209. London: The Royal Society.
- Solso, R. L. (1979). *Cognitive psychology*. New York, NY: Harcourt Brace Jovanovich.
- Sturm, W. & Zimmermann, P. (2000). Aufmerksamkeitsstörungen. In: W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Hrsg.) *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie*, 345-365. Lisse: Swets & Zeitlinger.
- Treisman, A. M. (1964). Verbal cues, language and meaning in selective attention. *American Journal of Psychology*, 77, 206-19.
- Treisman, A. M. (1988). Features and objects: The fourteenth Bartlett memorial lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 40A, 201-237.
- Westhoff, K. & Hagemeyer, C. (2005). *Konzentrationsdiagnostik*. Lengerich: Pabst.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In: R. S. Nickerson (ed) *Attention and performance VIII*, 239-257. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. In: R. Parasuraman & D. R. Davies (eds) *Varieties of attention*, 63-102. New York, NY: Academic Press.
- Van Zomeren, A. H. & Brouwer, W. H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York, NY: Oxford University Press.

## 1.3 Gedächtnis

*Iris-Katharina Penner, Ester Reijnen,  
Klaus Opwis*

### 1.3.1 Einführung

Was wäre der Mensch ohne sein Gedächtnis? Ein Leben ohne Gedächtnis ist praktisch unvorstellbar. Die Fähigkeit des Menschen, Informationen und Wissen über sich und seine Umwelt zu erwerben, zu behalten und wieder abzurufen ist grundlegend für unser gesamtes Verhalten und Erleben. Das Gedächtnis leistet die Bereitstellung täglich benötigter Kenntnisse. Es holt die Vergangenheit in die Gegenwart und verleiht dieser so Bedeutung. Erst dadurch wird die sinnvolle Gestaltung unseres Lebensalltags möglich, ebenso wie auch eine Ausrichtung auf die Zukunft. Ohne diese zentrale kognitive Fähigkeit fehlte der Bezug zur eigenen Geschichte und zur Welt. Das Gedächtnis bildet die Grundlage der persönlichen Identität eines Menschen und seiner Fähigkeit, seine Umwelt zu verstehen und angemessen in ihr zu handeln. Die fundamentale Bedeutung der Fähigkeit zum bewussten Erinnern wird in dramatischer Weise deutlich bei Personen, die eben diese Fähigkeit verloren haben, sei es als Folge von Hirnverletzungen oder von Krankheiten und an einer Amnesie leiden.

Schon vor mehr als 100 Jahren wurde der Stellenwert des Gedächtnisses in einem Vortrag vor der Wiener Akademie der Wissenschaft 1870 eindrücklich vom Sinnesphysiologen Ewald Hering (1834-1918) umschrieben (zit. nach Markowitsch 1996):

Wir besitzen ein Gedächtnis solange wir leben. Unsere Ideen und Vorstellungen sind das Ergebnis der Tätigkeit unseres Gedächtnisses. Das Gedächtnis ist die Grundlage unserer alltäglichen Wahrnehmungen, unserer Gedanken und Handlungen. Das

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

Der Alltagssprachliche Begriff Gedächtnis bezieht sich auf eine große Spannbreite unterschiedlicher Leistungen, die drei zeitlich aufeinanderfolgende Phasen beinhalten: Das *Einprägen*, das *Behalten* und das *Erinnern* von Information. Man kann sagen, dass die grundlegende Funktion des Gedächtnisses darin besteht, aus Wahrnehmungs-, Denk- und Lernvorgängen resultierende Information aufzunehmen, zu speichern und für eine spätere Nutzung zur Verfügung zu halten. *Einprägen*, gelegentlich wird auch der Begriff der *Enkodierung* verwendet, bezeichnet die Phase und die damit einhergehenden Prozesse der Aufnahme von Information in das Gedächtnis. *Behalten* bezeichnet einen hypothetischen Zustand, nämlich die Speicherung und die Verfügbarkeit von Information über einen längeren Zeitraum hinweg, mit der Möglichkeit der Wiedergabe und Nutzung für bestimmte Ziele. *Erinnern* oder *Abruf* betrifft die Wiedergabe von gespeicherten Inhalten, die zu einem früheren Zeitpunkt erfahren, eingepreßt oder gelernt wurden. Der verwandte Begriff des Wiedererkennens bezeichnet die Identifikation eines konkret vorgegebenen Sachverhalts als bekannt bzw. unbekannt.

Gedächtnisinhalte werden nicht ausschließlich *intentional*, also durch willentlich beabsichtigte Prozesse erworben, sondern auch *inzidentuell*, also unbeabsichtigt im Verlauf der aktiven Auseinandersetzung eines Menschen mit seiner Umgebung. Der größte Teil alltäglicher Äußerungen, Leistungen, Gewohnheiten und sensomotorischer Aktivitäten wird ohne bewussten und beabsichtigten Zugriff auf im Gedächtnis gespeicherte Informationen erbracht, aber er setzt nichtsdestotrotz einen umfangreichen, durch vielfältige Erfahrungen und Lernprozesse ausgebildeten Gedächtnisbesitz voraus.

Eine zweite grundlegende Bedeutung, die mit dem Begriff Gedächtnis Alltagssprachlich assoziiert wird, bezieht sich im engeren Sinne auf die zeitliche Dauer des Behaltens von Information. Manche Informationen behalten wir nur für wenige Sekunden