

## **1. Einleitung und Stand der Forschung**

### **1.1 Wahrnehmung**

Die Verarbeitung und Wahrnehmung von Sinnesreizen ist das Bindeglied zwischen der Außen-Welt und dem jeweiligen Individuum. Nur wenn das Individuum die Umwelt mit seinen Sinnen erfasst und wahrnimmt, kann es sich gezielt in dieser Umwelt bewegen bzw. auf diese einwirken. Somit ist die Verarbeitung und Wahrnehmung auch die Grundvoraussetzung für jegliches Lernen, für das Sammeln von Erfahrungen und für den Aufbau und das Erlernen von Sprache. Jede Beeinträchtigung der zentralen Verarbeitung und Wahrnehmung kann zu Beeinträchtigungen in der Entwicklung führen (Ptok und Ptok, 1996).

#### **1.1.1 Auditive Wahrnehmung**

Die auditive Wahrnehmung ist eine wichtige Grundlage für das erfolgreiche Erlernen von Sprache, Lesen und Schreiben.

Dabei ist Hören nicht nur für die Sprachwahrnehmung von Bedeutung, sondern darüber hinaus für die gesamte individuelle Entwicklung (Diller, 2001).

Die Leistungsfähigkeit des Gehörs liegt vor allem in einem hohen Zeit- und Frequenzauflösungsvermögen und einer hoch entwickelten Mustererkennung, insbesondere für Sprache. Im Gegensatz zum Auge hat das Ohr nicht die Möglichkeit mehrfach wahrzunehmen. Das gesprochene Wort ist ein schnelles singuläres Ereignis.

Akustische Elemente müssen z.B. voneinander unterschieden, aus anderen gleichzeitig stattfindenden Schallereignissen herausgefiltert, der entsprechenden Schallquelle zugeordnet und im Raum lokalisiert werden können.

Das Hörsystem besteht aus einem peripheren und einem zentralen Anteil.

Das periphere Gehör wird in folgende Teile untergliedert (Böhme, 1988): äußeres Ohr, Mittelohr, Innenohr und Pars cochlearis des Nervus vestibulocochlearis.

An der Eintrittsstelle des N. vestibulocochlearis in den Hirnstamm geht der periphere Anteil in den zentralen Teil über.

Das zentrale Gehör wird in folgende Teile untergliedert: zentrale Hörbahn, subkortikale und kortikale Hörzentren.

Über die Haarzellen der Cochlea werden die Nervenfasern des Nervus vestibulocochlearis erregt. Die dem Gehirn zulaufenden Fasern des Hörnervs enden im vorderen und hinteren Cochleariskern (Nucleus cochlearis dorsalis und ventralis) des Hirnstamms. Von dort zieht eine weitere Nervenbahn gekreuzt und

ungekreuzt zu einem weiteren Kerngebiet, den oberen Oliven beider Seiten (Mrowinski & Scholz 2002). An der oberen Olive treffen erstmals Informationen aus beiden Ohren ein. Von dort aus gehen die Fasern über die lateralen Schleifenkerne, den Colliculus inferior und den mittleren Kniehöcker zur primären Hörrinde in den Gyrus temporalis transversus des oberen Temporallappens, der sog. Heschl-Windung.

Je zentraler die Verarbeitungsebene liegt, desto komplexer ist die Verarbeitung der akustischen Signale. Neurone höherer Schaltebenen, schon ab dem Ncl. cochlearis dorsalis, sind beispielsweise durch reine Töne nicht mehr erregbar. Es finden erste Schritte zur Mustererkennung statt, z.B. Erkennen von Anfang/Ende des Signals oder von Frequenzübergängen. Bestimmte Neuronentypen reagieren also bereits innerhalb der Reizfortleitung über die zentrale Hörbahn individuell auf bestimmte Merkmale des Schallreizes, wie Frequenz und Intensität (Schmidt und Thews, 1995).

Die Analyse komplexer Schallereignisse vollzieht sich jedoch letztlich im auditorischen Kortex.

An die primäre Hörrinde, welche für die integrations- und interpretationsfreie Bewusstwerdung der akustischen Impulse aus dem Innenohr (Wahrnehmung tiefer, mittlerer und hoher Frequenzbereiche) verantwortlich ist, schließen sich im Schläfenlappen Bereiche an, die als akustischer Assoziationskortex bezeichnet werden.

Die sekundären und tertiären Rindenfelder des Kortex sind modalitätsspezifisch, d.h. auf die Verarbeitung auditiver Stimuli spezialisiert. Hier erfahren die akustischen Impulse der primären Hörrinde eine interpretative und integrative Verarbeitung. Die Laute werden als Wörter, Melodien, Geräusche erkannt. Das setzt voraus, dass sich durch Lernprozesse im Laufe der Entwicklung in diesem Areal anatomische Schaltkreise gebildet haben, die ein erinnerndes Zuordnen des Gehörten zu (ehemals gelernten und jetzt bekannten) Worten oder Klängen ermöglichen (Trepel, 1995).

Die sekundären Felder stehen in enger Verbindung mit tieferen Regionen der postzentralen und prämotorischen Felder, welche für die Sprachproduktion zuständig sind. Als entscheidend für das Sprachverständnis wird das meist im Temporallappen der linken Hemisphäre befindliche Wernicke-Zentrum angesehen, das zu den sekundären akustischen Rindenfeldern zählt.

Im Rahmen der kortikalen Weiterverarbeitung werden die auditiven Informationen mit kognitiven, emotionalen und sprachlichen Inhalten verknüpft (McAdams und Bigand, 1993).

Erkennen besteht darin, ein Objekt mit der im Gedächtnis vorhandenen Erfahrung über Objekte abzugleichen. Wahrnehmung beruht also nicht nur auf einer Verarbeitung, die stets nur in der Richtung vom Reiz zur mentalen Repräsentation (*bottom-up*) fortschreitet. Gleichzeitig greifen Prozesse ein, die in umgekehrter Richtung von höheren kognitiven Funktionen (hauptsächlich Gedächtnisprozessen) zu niedrigeren (*top-down*) fortschreiten, die damit sozusagen die Erfahrungen in Kontakt mit den Reizinformationen bringen (Stoffer, 2002).

### 1.1.2 **Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS)**

Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen (AVWS) treten auf, wenn die zentrale Weiterleitung und Verarbeitung auditiver Informationen beeinträchtigt ist.

Die Zuweisung von Patienten mit der Verdachtsdiagnose einer AVWS nimmt in den letzten Jahren deutlich zu. Der Verdacht wird meist bei Schulkindern in den ersten Schulklassen geäußert. Eingeschränktes Sprachverstehen unter Störschallbedingungen (v. a. Schulklassenlärm), Einschränkungen der Aufmerksamkeitsspanne, Lese-Rechtschreibprobleme, Sprachentwicklungsstörungen, Leistungsverweigerung und Schulversagen können Auslöser für die Vorstellung beim Arzt sein (Hess, 2001).

Kinder mit AVWS sind unsicher über das, was sie hören, und können, bei normalem peripherem Hörvermögen, Schwierigkeiten haben, mündlichen Anweisungen zu folgen, und schnelle oder undeutliche Sprache zu verstehen (Jerger und Musiek, 2000).

Als eine Konsequenz der primären auditiven Schwierigkeiten können Kinder mit AVWS sekundäre Einschränkungen der Sprache, des Lesens, des Schreibens sowie der Aufmerksamkeit haben (Musiek et al. 1990).

Die Symptome können durch eine Änderung der akustischen Umgebung und höhere akademische Anforderungen in den ersten Schuljahren offensichtlich werden (Bamiou et al. 2001).

Störungen in der auditiven Wahrnehmung werden als mitbedingend für Lese-/Rechtschreibschwäche angenommen (Katz und Wilde, 1985).

Die Prävalenz auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen beträgt bei Kindern im Schulalter nach Chermak und Musiek (1997) 2 – 3 %. Dabei ist das männliche Geschlecht doppelt so häufig betroffen wie das weibliche (Hesse et al. 1998).

Trotz der Häufigkeit des Problems gibt es systematische Annäherungen zur Diagnosestellung erst in den letzten 30 Jahren; die Betonung hat gewechselt von der Identifikation der Läsion, welche die Erkrankung verursacht, zu der Identifikation der eingeschränkten individuellen Fähigkeiten und ihrer angemessenen Behebung (Chermak und Musiek, 1997).

AVWS sind bezüglich Ursache, Symptomatik und Folgen außerordentlich vielfältig. Es wird davon ausgegangen, dass ihnen eine Beeinträchtigung der afferenten und/oder efferenten Anteile der Hörbahnen einschließlich der zugehörigen Assoziationszentren zugrunde liegen (Gross et al. 2001).

Die möglichen Ursachen für zentral-auditive Verarbeitungsstörungen können in medizinische Faktoren und Umwelteinflüsse unterteilt werden.

Bei den medizinischen Faktoren werden sowohl Hirnreifungsverzögerungen (Wirth, 1983) als auch frühkindliche Hirnschädigungen (Huber, 1978) diskutiert; eine Reihe von Autoren (u.a. Sak und Ruben 1981; Übersicht: Gravel und Wallace 1998) sehen länger anhaltende Schalleitungsstörungen während der sensiblen Phasen der Hörbahnreifung im Säuglings- und Kleinkindalter als bedeutsame Risikofaktoren für spätere auditive Verarbeitungsstörungen und Lese-Rechtschreibstörungen im Grundschulalter an. Moore et al. (1999) fanden in ihrer Untersuchung an Frettchen, dass ein vorübergehender einseitiger Hörverlust die binaurale Hörfähigkeit längerfristig beeinträchtigt.

Hinsichtlich der Umwelteinflüsse geht Wirth (1983) beispielsweise von einem fehlerhaften Lernangebot in der frühkindlichen Entwicklung aus, wodurch es zu einer verminderten Vernetzung des Zentralnervensystems kommt.

Ogleich die Ursachen nicht immer erkannt und noch seltener behoben werden können, ist es durch gezielte therapeutische Interventionen möglich, die auditive Verarbeitung so zu fördern, dass mögliche negative Folgen, wie z.B. eine Lese-Rechtschreibschwäche, vermindert werden können (Lauer, 1999).

AVWS können isoliert, in Kombination mit anderen Störungen (u. a. Aufmerksamkeitsstörungen, Lernstörungen, Spracherwerbsstörungen, Einschränkungen der allgemeinen Intelligenz) oder als Symptom solcher Störungen vorliegen. Die Differenzierung vorgenannter Störungsbilder erscheint theoretisch möglich, im Einzelfall kann es jedoch sehr schwierig sein, diagnostisch eine klare Abgrenzung vorzunehmen (Nickisch et al. 2001, Ptok et al. 2000, Schow et al. 2000).

Die American Speech-Language-Hearing-Association (ASHA 1996) hat in einem Konsensus-Statement die auditive Verarbeitung und Wahrnehmung (AVW), im amerikanischen als Central Auditory Processing (CAP) bezeichnet, durch folgende Teilaspekte beschrieben:

- Lokalisation und Lateralisation
- Diskrimination
- Mustererkennung
- Zeitliche Aspekte der auditiven Auflösung, Verdeckung, Integration und Ordnung
- Wahrnehmung konkurrierender und verdeckender Laute

In Deutschland hat innerhalb der Phoniatrie und Pädaudiologie eine Arbeitsgruppe ebenfalls ein entsprechendes Konsensus-Statement vorgelegt, das die zur AVW gehörenden Leistungen in ähnlicher Form auflistet (Ptok et al. 2000):

- auditive Aufmerksamkeit
- Speicherung und Sequenzierung
- Lokalisation
- Diskrimination
- Figur-Hintergrundunterscheidung
- Analyse, Synthese und Ergänzung auditiver Informationen

Die verschiedenen Beschreibungen und Erklärungsmodelle auditiver Verarbeitungs- und Wahrnehmungsprozesse erfordern die funktionale Erfassung dieser Faktoren, die im Einzelnen folgendermaßen aussehen (Gross et al. 2001):

- auditive Aufmerksamkeit, d.h., die Fähigkeit, die selektive Aufmerksamkeit für auditive Stimuli kurzfristig oder langfristig zu lenken,
- Speicherung, d.h., die Fähigkeit zur kurzfristigen Speicherung und Reproduktion auditiver Stimuli (gelegentlich auch als auditive Merkspanne oder sprachauditives Kurzzeitgedächtnis bezeichnet),
- Sequenzierung, d.h., die Fähigkeit, akustische Stimuli in der vorgegebenen Reihenfolge zu reproduzieren,
- Lokalisation, d.h., die Fähigkeit, die Richtung und Entfernung einer Schallquelle korrekt zu bestimmen,
- Diskrimination, d.h., die Fähigkeit, auditive Stimuli richtig voneinander zu unterscheiden, auf segmentaler und suprasegmentaler sprachlicher Ebene, z.B. die korrekte Unterscheidung von Minimalpaaren (/d/ versus /g/, /t/ versus /k/, /b/ versus /w/) und auf außersprachlicher Ebene die Unterscheidung von Tonhöhe, Lautstärke und Dauer,
- Figur-Hintergrundunterscheidung (gelegentlich auch als Selektion bezeichnet), d.h., die Fähigkeit, bedeutungstragende akustische Informationen von Neben- und Hintergrundgeräuschen effektiv zu trennen und zu verarbeiten,
- Analyse, d.h., die Fähigkeit, akustische Elemente (z.B. Laute, Silben oder Wörter) aus größeren Einheiten (Silben, Wörter, Sätze) heraus zu erkennen,
- Synthese, d.h., die Fähigkeit, Wörter korrekt aus Silben und Einzellauten zusammen zu setzen,
- Ergänzung, d.h., die Fähigkeit, akustisch fragmentarische Äußerungen (z.B. Wort- oder Satzfragmente) zu sinnvollen Äußerungen zu ergänzen.

Problematisch sind die unzureichenden Erfassungsmöglichkeiten dieser zentralen Komponenten, die in erster Linie auf subjektive Testverfahren beschränkt sind.

Die Mehrzahl der vor allem im englischsprachigen Raum vorhandenen Tests ist sprachgebunden und deshalb auf ein deutschsprachiges Kollektiv nicht anwendbar. Hinzu kommt, dass auch nicht wenige dieser Tests aufgrund fehlender Standardisierung eine zweifelhafte Validität aufweisen. Häufig liegen nur Vergleichswerte vor, die an kleinen Kollektiven ohne geeignetes Matching bezüglich Alter, Intelligenz und den sehr wichtigen Rahmenbedingungen erhoben wurden (Gross et al. 2001).

Bei der Erfassung von zentralen Verarbeitungs- und Wahrnehmungsprozessen, besonders in der klinischen Praxis in Hinblick auf Ausschluss einer Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS), sind subjektive audiologische sowie psychometrische Untersuchungsverfahren von Bedeutung.

Diese müssen sich auf die einzelnen Komponenten der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung beziehen. Bestehen bei einzelnen Faktoren Defizite, so geht man von einer AVWS aus.

Problematisch ist, dass es bislang keine eindeutigen Aussagen gibt, ob für die Feststellung einer AVWS nur bei einer Leistung Defizite bestehen müssen oder ob mehrere auditive Leistungen betroffen sein müssen, und welches Ausmaß die Defizite bzw. Abweichungen haben müssen, um diagnostisch relevant zu sein.

Im ASHA Statement heißt es: „A central auditory processing disorder is an observed deficiency in one or more of the listed behaviors“ (ASHA, 1996). Auch im deutschen Konsensus-Papier ist nur sehr allgemein formuliert: „Eine auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung liegt vor, wenn zentrale Prozesse des Hörens gestört sind“ (Ptok et al. 2000).

In der neueren angloamerikanischen Forschungsliteratur kam es zu einer Umbenennung. Durch die Streichung des Begriffs „central“ ist nicht mehr die Annahme impliziert, es sei eine exakte Zuordnung der einzelnen funktionalen Leistungen – in den überwiegend subjektiven Testverfahren – zu morphologischen Strukturen des zentralen Nervensystems möglich (Jerger und Musiek, 2000). Der neue Begriff „Auditory Processing Disorder“ (APD) entspricht dem deutschen Terminus „AVWS“ noch besser.

Ungeachtet der neuen Definition bleibt das Problem, Testverfahren zu entwickeln, die in ihrer Sensitivität und Spezifität zufrieden stellend sind, um Kinder mit Störungen in der auditiven Modalität zu identifizieren.

Eines der größten Probleme der Diagnostik mit subjektiven Testverfahren liegt darin, dass bei der modalitätsspezifischen Überprüfung vieler auditiver Leistungen gleichzeitig modalitätsunspezifische

Faktoren wie Motivation, Aufmerksamkeit, Konzentration, Lernen oder Gedächtnisleistungen miteingefasst werden und testmethodisch nur schwer abgrenzbar sind (Hess, 2001).

Die Informationsverarbeitung wird in allen Bereichen von der Aufmerksamkeit beeinflusst, so dass diese Teilfunktion als Basis für alle anderen Funktionen gesehen werden kann. Um Reize wahrnehmen und klassifizieren zu können, ist es außerdem notwendig, diese zu speichern und zu sequenzieren, um die verschiedenen Verarbeitungsschritte überhaupt durchführen zu können (Lauer, 1999).

Folglich sollte die Aufmerksamkeitsleistung in einem speziellen Testverfahren kontrolliert werden, da Einschränkungen in diesem Bereich die AVWS-Diagnostik verfälschen können.

Cacace und McFarland (1998) kritisieren, dass häufig lediglich unimodal getestet wird, und die Sensitivität der Spezifität des Defizits vorgezogen werde.

Um eine verbesserte Spezifität bei der Diagnosestellung auditiver Verarbeitungsstörungen zu erreichen, fordern McFarland und Cacace (1995) die Feststellung der Modalitätsspezifität der beobachteten Defizite. Im Fall von AVWS sollte das Defizit also primär erscheinen, wenn die Person mit akustischen Informationen zu tun hat und nicht, wenn ähnliche Informationen in einer anderen sensorischen Modalität (z.B. visuell, taktil, olfaktorisch) präsentiert werden.

Dieser Zugang erfordert, dass relevante Vergleiche von ähnlichen Aufgaben in mindestens zwei verschiedenen sensorischen Modalitäten gemacht werden (McFarland und Cacace, 1995; Bedi et al. 1994; Shapiro und Herod, 1994).

Obwohl das Aufzeigen der Modalitäts-Spezifität von sensorischen Verarbeitungsdefiziten sowohl notwendig als auch ausreichend scheint, um eine angemessene Diagnose zu stellen, testen die Untersucher von Auditory Processing Disorders in der Mehrzahl der Fälle nur in der auditiven Modalität (ASHA, 1992).

Es ist daher nicht überraschend, dass derzeitige Test-Paradigmen zur Identifikation von APD einen hohen Anteil von Falsch-Positiven produzieren kann (Stach, 1992).

Wird als Ursache einer Störung der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung eine Störung eines nicht auditorisch-spezifischen kognitiven Prozesses nachgewiesen, muss man von einer „symptomatischen“, d.h. nicht spezifisch auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung im Sinne einer Funktionsbeeinträchtigung ausgehen. Liegt z.B. eine generelle Aufmerksamkeitsstörung und damit auch eine Störung der Aufmerksamkeitszuwendung zu akustischen Signalen bei sonst regelrechter auditiver Verarbeitung und Wahrnehmung vor, ist von einer solchen symptomatischen AVWS auszugehen.

Die Diagnosestellung und Subtypisierung erfolgt einerseits durch den Nachweis gestörter Prozesse der auditiven Verarbeitung und Wahrnehmung, andererseits durch den Ausschluss allgemeiner kognitiver oder genereller perceptiver Dysfunktionen.

Objektive Untersuchungsmethoden der AVW:

Ereigniskorrelierte Potentiale (EKP) und insbesondere deren Teilkomponente, die Mismatch Negativity (MMN), scheinen vielversprechende Instrumente zur Objektivierung von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen zu sein. Näätänen et al. beschrieben 1978 erstmalig eine Komponente der kortikalen Potentiale, die dann auftritt, wenn in einer sonst homogenen Sequenz von auditorischen Standardreizen ein Stimulus angeboten wird, der sich in mindestens einem Stimulusattribut (Frequenz, Dauer, Lokalisation im Raum, Lautstärke, temporale oder spectrotemporale Struktur) vom Standard unterscheidet („Deviant“). Die MMN ist vom Grad der Diskrimination des Devianten abhängig und tritt unabhängig davon auf, ob dem Reiz Aufmerksamkeit geschenkt wird oder nicht. Der Einsatz der MMN zur Objektivierung von auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen erscheint daher besonders viel versprechend.

Da dieses Untersuchungsverfahren relativ langwierig und technisch aufwendig ist und sowohl von dem Kind als auch von dem Versuchsleiter ein gewisses Maß an Geduld erfordert und auch die Auswertung eines auffälligen Resultates noch mit methodischen und interpretatorischen Schwierigkeiten behaftet ist, ist eine Eingrenzung des zu objektivierenden Aspektes der AVW mittels subjektiver Tests notwendig.

Die „Consensus Conference on the Diagnosis of Auditory Processing Disorders in School-Aged Children“ im Jahr 2000 definiert eine auditive Verarbeitungsstörung als ein Defizit in der Informationsverarbeitung, welches spezifisch für die auditive Modalität ist. Es kann assoziiert sein mit Schwierigkeiten beim Zuhören, Sprachverstehen, Sprachentwicklung und Lernen. In seiner puren Form ist es ein Defizit in der Verarbeitung von auditivem Input (Jeger und Musiek, 2000).

Die Consensus Conference beschreibt drei erschwerende Faktoren der Diagnosestellung von APD:

Erstens: Andere kindliche Störungen können ähnliches Verhalten zeigen. Z.B. ADHD, Sprachstörungen, Lesestörung, Lernstörung, Autismus, intellektuelle Minderbegabung.

Zweitens: Einige der verwendeten audiologischen Verfahren können Kinder mit APD differentialdiagnostisch nicht von Kindern mit zusätzlichen Problemen unterscheiden.

Drittens: Wenn man Kinder mit Verdacht auf APD untersucht, ist es wahrscheinlich, auf andere Prozesse und Funktionen zu treffen, welche die Interpretation der Testergebnisse erschweren. Beispiele sind Motivationsmangel, Mangel an anhaltender Aufmerksamkeit, Mangel an Kooperation usw. Es ist wichtig, dass solche Faktoren nicht zur Fehldiagnose eines auditiven Problems führen.

Wegen dieser Schwierigkeiten erfordert die Differentialdiagnose von APD eine systematische Datenerhebung, welche ausreicht, um ein spezifisch-auditives Wahrnehmungsdefizit zu identifizieren. Um zu zeigen, dass eine Verarbeitungsstörung nur die auditive Modalität betrifft, ist es wünschenswert, Leistungen in analogen auditiven und visuellen Aufgaben zu vergleichen (Jerger und Musiek, 2000).

Keith und Pensak (1991) betonen das Konzept des spezifisch auditiven Aufmerksamkeitsdefizits bei der Definition von APD. Laut McFarland und Cacace (1995) und Cacace und McFarland (1998) wurde die Frage der Modalitätsspezifität noch nicht ausreichend geklärt, so dass ein modalitätsspezifisches Modell von Aufmerksamkeits-Defiziten noch nicht überzeugend in der Literatur beschrieben worden sei.

Ein Aufmerksamkeits-Defizit kann als ein Teil von APD angesehen werden, wenn es sich als modalitätsspezifisch herausstellt. Wenn aber ein Aufmerksamkeits-Defizit genereller (supramodal) ist, dann ist die Klassifizierung als APD unangemessen (McFarland und Cacace, 1995).

## **1.2 Aufmerksamkeit**

„Aufmerksamkeit“ ist der selektive Anteil der Wahrnehmungsprozesse (Treisman, 1969).

Sie beinhaltet Prozesse, welche die Auswahl steuern und die Prioritäten für die unterschiedlichen mentalen oder externen Ereignisse festlegen (Oades und Röpcke, 2000).

Aufmerksamkeit wurde beschrieben, als das am schwierigsten einzuordnende und zu quantifizierende kognitive Konstrukt (Williams und Boll, 1997).

Der Begriff Aufmerksamkeit umfasst Aufnahme oder Fokussierung von Aufmerksamkeit auf einen Stimulus, das Aufrechterhalten dieser Aufmerksamkeit (oder Vigilanz), die Unterdrückung von Antworten auf irrelevante Stimuli (oder selektive Aufmerksamkeit), und die Verlagerung der Aufmerksamkeit, wenn andere Stimuli relevant werden (Denckla, 1996; Mirsky et al. 1991).

Der Prozess der Stimuli-Auswahl von einer extrem komplexen, sich ständig ändernden multisensorischen Umgebung wird nicht nur von den physikalischen Charakteristika der Stimuli selbst festgelegt, sondern auch von den individuellen Interessen, Motiven und kognitiven Strategien der Person, welche diese Stimuli wahrnimmt (Vierecke, 2002).

Da Aufmerksamkeit in den Selektions-Prozess involviert ist, spielt sie eine wichtige Rolle bei der Herstellung von flexiblem, angepasstem Verhalten. Die Verteilung der Aufmerksamkeit ist entscheidend für das Lernen und die Entwicklung. Die wichtigen Aspekte der Umgebung zu identifizieren und zu beachten, ist für den Erwerb neuer Fertigkeiten essentiell.

Die Stimuli-Auswahl für die weitere Verarbeitung hat auch Auswirkungen darauf, welche Information im Gedächtnis gespeichert wird und auf das Ausmaß der Details, welche mit besonderen Gedächtnisspuren verbunden werden (Gomes et al. 2000).

Unsere Fähigkeit, eine Teilmenge aus dem Reichtum an Informationen zu wählen, die unser sensorisches System erreichen, ist für die meisten Aktivitäten entscheidend. Das menschliche Gehirn hat nicht ausreichende Kapazität, um eine bewusste Verarbeitung von allen Informationen zu erlauben, die simultan auf die verschiedenen Sinne einwirken. Daher wird nur ein Teil der ankommenden Informationen bewusst verarbeitet (Escera et al. 2000).

Dieses Basis-Schema von Broadbents (1958) Originaltheorie (die Annahme eines Großkapazitätssystems für die initiale Verarbeitung und ein darauf folgendes limitiertes Kapazitäts-System für eine aufgabenbezogene Bewertung und Entscheidungsfindung) erscheint auch in gegenwärtigen Theorien von menschlicher Aufmerksamkeit (Cowan, 1995; Näätänen, 1992). Versionen dieses Grundmodells unterscheiden sich in dem Ausmaß des initialen Überblicks (frühe versus späte Selektions-Theorien) (Treisman, 1988; Duncan, 1984) sowie auch in der Methode der Selektion.

Im Prinzip wird der Eingang von Informationen in das limitierte Kapazitätssystem von zwei Prozessen kontrolliert: aktive Selektion (fokussierte Aufmerksamkeit) und Durchbruch von nicht Beachtetem (passive Aufmerksamkeit). Ohne eine gute Balance zwischen diesen beiden Prozessen kann sich der Organismus in vielen Situationen nicht adäquat verhalten. Zum einen sind Reaktionen auf wichtige Ereignisse, welche außerhalb des Aufmerksamkeits-Fokus auftreten, notwendig. Andererseits darf die Ablenkbarkeit nicht zu groß sein, um effektiv zielgerichtet handeln zu können (Escera et al. 2000).

Wir unterscheiden automatisierte (nichtbewusste) und kontrollierte Aufmerksamkeit. Bewusstes Erleben tritt nur bei kontrollierter Aufmerksamkeit auf, bei der das limitierte Kapazitätskontrollsystem aktiv ist.

Die von einem Sinnesorgan aufgenommene Information wird beim wachen Menschen zuerst für einige Millisekunden in einem sensorischen Speicher gehalten (sensorisches Gedächtnis). Dort wird eine *Mustererkennung* (Erkennen der wesentlichen Merkmale) und ein *Vergleichs-* und *Bewertungsprozess* durchgeführt, bei dem geprüft wird, ob das ankommende Reizmuster mit den im *Langzeitgedächtnis* gespeicherten Informationen desselben Sinneskanals übereinstimmt. Passt der ankommende Reiz in ein gespeichertes Reiz-Reaktionsmuster, z.B. bei geübten (*überlernten*) Aufgaben wie Autofahren, erfolgt die Reaktion auf den Reiz „automatisch“, d.h. ohne Bewusstsein, und andere Reaktionssysteme können gleichzeitig ohne gegenseitige Behinderung (*Interferenz*) funktionieren (geteilte Aufmerksamkeit). Diese vorbewusste Informationsverarbeitung ist im Alltag die weitaus überwiegende Form der Reaktion mit der Umwelt.

Treten statt vertrauter *neue, komplexe* und *nicht eindeutige Reizsituationen* auf, kommt es zu einer gezielten (kontrollierten, selektiven) Zuwendung der Aufmerksamkeit auf die neue Reizsituation. Diese Aufmerksamkeitszuwendung wird gleichzeitig oder mit geringer Verzögerung bewusst.

Die Aufgaben der kontrollierten Aufmerksamkeit bestehen: 1. im Setzen von Prioritäten zwischen konkurrierenden und kooperierenden Zielen in einer Zielhierarchie zur Kontrolle von Handlungen, 2. im Aufgeben (*disengagement*) alter oder irrelevanter Ziele, 3. in der Selektion von sensorischen Informationsquellen zur Kontrolle der Handlungsparameter (*sensorische und motorische Selektion*) und 4. in der selektiven Präparation und Mobilisierung von Effektoren (*tuning*) (Schmidt und Thews, 1995).

Die Gesamtheit aller an der Steuerung kontrollierter (bewusster) Aufmerksamkeit beteiligten Hirnstrukturen wird als limitiertes Kapazitätskontrollsystem (LCCS) bezeichnet. Wesentliche Anteile dieses ausgedehnten Netzwerkes sind der retikuläre Thalamus, Teile der Basalganglien und der präfrontale und parietale Neokortex (Riccio et al. 2002; Schmidt und Thews, 1995). Es hat seinen Namen von der Beobachtung, dass seine Verarbeitungskapazität begrenzt ist, d.h. unsere bewusste Aufmerksamkeit immer nur einer oder wenigen Reizsituationen zugewandt sein kann.

### **1.2.1 Komponenten der Aufmerksamkeit**

Gomes et al. (2000) beschreiben vier Komponenten von Aufmerksamkeit: Arousal (Wachheit), Orientierung, selektive Aufmerksamkeit und anhaltende Aufmerksamkeit (Vigilanz). Diese vier Komponenten der Aufmerksamkeit sind in den meisten Modellen zur Aufmerksamkeit wichtig (Cowan, 1995; Mirsky, 1996; Posner und Petersen, 1990). Forscher haben diskutiert, ob die anhaltende Aufmerksamkeit (Vigilanz) als laufende selektive Aufmerksamkeit (Cooly und Morris, 1990) oder als ein eigener Aufmerksamkeits-Prozess (McKay et al. 1994) angesehen werden soll.

Besonders die Prozesse, welche für die Auswahl bestimmter Stimuli für die Weiterverarbeitung verantwortlich sind, sind für das Lernen und die Entwicklung wichtig.

Es gibt Hinweise auf eine Entwicklung während der frühen Kindheit bei manchen Komponenten der Aufmerksamkeit. Spätere entwicklungsbedingte Verbesserungen scheinen in erster Linie auf höhere kognitive Prozesse, wie Motivation, Strategie-Entwicklung und Regulation von Aufmerksamkeit zurückzuführen zu sein (Gomes et al. 2000).

Arousal (Wachheit).

Arousal bezieht sich auf die physiologische Bereitschaft, Stimuli wahrzunehmen und zu verarbeiten. Der Zustand des Arousals kann von tiefem Schlaf bis zu extremer Unruhe oder Erregung reichen. Neben dem

Grad der Ermüdung wird die Wachheit auch von anderen Faktoren beeinflusst, wie dem emotionalen und kognitiven Zustand, körperlichem Befinden und der Verarbeitung von externen Stimuli.

Eine gewisse Wachheit ist klar notwendig zur Informations-Verarbeitung, wobei der optimale Level von Aufgabe zu Aufgabe variiert. Niedrigere und höhere Level der Wachheit, als die als optimal angesehenen, führen zu einer weniger effizienten Stimulus-Verarbeitung (Tokioka et al. 1995).

Es herrscht Übereinstimmung darüber, dass alle Komponenten der Aufmerksamkeit unter dem Einfluss der allgemeinen Wachheit stehen (Cohen, 1993).

Orientierung.

Orientierung bezieht sich auf physiologische Reaktionen und Verhaltensänderungen, welche mit der Wahrnehmung eines neuen Stimulus verbunden sind (Sokolov, 1963). Orientierung macht das Individuum wachsam für die Präsenz von potentiell wichtigen Stimuli in der Umgebung.

Selektive Aufmerksamkeit.

Selektive Aufmerksamkeit ist der Prozess, durch den sich das Individuum auf einen bestimmten Stimulus oder Stimulus-Fluss fokussiert, um die Information besser zu verarbeiten, während andere, potentiell ablenkende Stimuli, ignoriert werden. Viele Modelle zur selektiven Aufmerksamkeit nehmen an, dass die Menge an Informationen, auf die man sich in einem spezifischen Moment konzentrieren kann, limitiert ist.

Erwachsene und Kinder von 6 bis 8 Jahren (Greenberg et al. 1970) können einen Ton auf einem niedrigeren Intensitäts-Level wahrnehmen, wenn er eine erwartete Frequenz hat, als wenn er eine unerwartete Frequenz hat, was vermuten lässt, dass die Versuchspersonen die Information nutzen, um selektiv auf spezifische Stimuli zu hören.

Viele Situationen erfordern, dass wir in einer Umgebung, welche konkurrierende Signale beinhaltet, auf einen bestimmten Stimulus achten. Diese Fähigkeit, relevante Informationen aus einer geräuschvollen Umgebung herauszuhören, wird auch als „*cocktail party effect*“ bezeichnet (Giard et al. 2000). Kinder sollten z.B. auch der Lehrer-Stimme zuhören, wenn andere Kinder draußen spielen. Die Fähigkeit, selektiv manche auditive Information zu beachten, und dabei irrelevante zu ignorieren, wurde untersucht. Generell weisen diese Studien eine Altersabhängigkeit dahingehend auf, dass ältere Kinder besser abschneiden und weniger Fehler machen als jüngere Kinder (Cooly und Morris, 1990; Plude et al. 1994).

Der Prozess der selektiven Beachtung während der Anwesenheit von ablenkenden Stimuli erfordert die Fähigkeit zur Differenzierung der beiden Stimuli-Flüsse und zur Auswahl der relevanten Stimuli. Die Verarbeitung der irrelevanten Stimuli muss unterbunden und die gezielte Aufmerksamkeit auf den gewollten Informations-Fluss muss über die Zeit aufrechterhalten werden.

Selektive Aufmerksamkeit ist im deutschen Sprachraum eng mit dem Begriff der „Konzentrationsfähigkeit“ verknüpft (Sturm, 1989). Als Konzentration wird in der Psychologie die kurzzeitige, mehrere Minuten dauernde, aktive und willentliche Ausrichtung und Einengung der Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Gegenstand oder eine eng umgrenzte Tätigkeit verstanden. Konzentration bedarf der Energie, Spannung und Vitalität. Die Fähigkeit der Konzentration steigt mit der Übung. Der Konzentration förderlich ist eine ruhige Atmosphäre mit wenig Außenreizen. Sie wird beeinträchtigt von Desinteresse, Reizüberflutung und Ermüdung sowie durch körperliche Defekte und seelische Mängel. Die Konzentrationsleistung ist zudem in hohem Maße abhängig von der Motivation (Sturm, 1989; Vierecke, 2002).

Anhaltende Aufmerksamkeit.

Anhaltende Aufmerksamkeit (Vigilanz) bezieht sich auf Prozesse, welche die Beibehaltung der Aufmerksamkeit über eine längere Zeitspanne beinhalten (Klorman et al. 1991).

Nach Davis und Parasuraman (1982) integriert Vigilanz mindestens drei unterschiedliche Dimensionen der Aufmerksamkeit. A) Wachsamkeit – ein Zustand des Organismus, der die Bereitschaft des ZNS für die Stimulus-Aufnahme festlegt. B) Selektion – die Wahrnehmung des Organismus, dass sich Stimuli voneinander unterscheiden. C) Anstrengung – welche in die Aufgabe investiert wird.

Verschiedene Elemente des Aufmerksamkeits-Prozesses können unterschieden werden:

1. Das *Encodierungs-Element*: Das Arbeitsgedächtnis, um mit der Information arbeiten zu können.
2. Das *Fokus-Element*: Die Kapazität, sich in der Anwesenheit von ablenkenden Stimuli auf eine Aufgabe zu konzentrieren.
3. Das *Shift-Element*: Die Kapazität, den Aufmerksamkeitsfokus von einem Aspekt eines komplexen Stimulus auf einen anderen zu verlagern.
4. Das *Sustain-Element*: Die Kapazität, einen Aufmerksamkeits-Fokus für eine längere Zeitdauer aufrecht zu erhalten.
5. Das *Stabilisierungs-Element*: Die Konsistenz oder Stabilität, mit der eine Person auf einen festgelegten Ziel-Reiz reagiert.

Das Sustain- und das Stabilisierungs-Element können durch die Testleistung im Verlauf der Zeit und die Varianz der Antwortzeiten bei richtig erkannten Zielsequenzen mit *Continuous Performance Tests* erfasst werden (Mirsky und Duncan, 2001).

### 1.2.2 **Auditive (modalitätsspezifische) Aufmerksamkeit**

Auditive Aufmerksamkeit umfasst die Fähigkeit, sich auditiven Stimuli zuzuwenden und diese bewusst wahrzunehmen.

Trotz der Wichtigkeit der auditiven Aufmerksamkeit für den Spracherwerb, wurde in der Aufmerksamkeitsforschung meist die visuelle Aufmerksamkeit untersucht (Gomes et al. 2000).

Obwohl manche Aspekte der Aufmerksamkeits-Prozesse wahrscheinlich in der auditiven und der visuellen Modalität gleich sind, könnte die bevorzugte Verarbeitung von manchen Stimuli gegenüber anderen von der Modalität abhängen. Zum Beispiel könnten die Mechanismen, welche für die Bevorzugung von Gesichtern bei Säuglingen verantwortlich sind qualitativ unterschiedlich sein von den Mechanismen, welche für die Bevorzugung von pulsierenden gegenüber kontinuierlichen auditiven Stimuli verantwortlich sind (Kagan, 1970 sowie Berg und Berg, 1979: aus Gomes et al. 2000).

Die Mechanismen, welche für diese frühen Bevorzugungen verantwortlich sind, sind wahrscheinlich eng mit spezifischen sensorischen Systemen verbunden. Die Informationen der unterschiedlichen Sinnesmodalitäten haben unterschiedliche physikalische Eigenschaften.

Information im auditiven Kanal ist in erster Linie zeitlich sequenziert und von kurzer Dauer (McFarland und Cacace, 1995), im Gegensatz dazu ist die visuelle Information reicher an räumlicher Organisation und häufig für eine längere Dauer stabil (Van der Heijden, 1992). In der Konsequenz kann nicht von dem Wissen über visuelle Aufmerksamkeits-Mechanismen auf die auditive Aufmerksamkeit geschlossen werden (Gomes et al. 2000).

Auch Posner (1987) hat einige modalitätsspezifische und einige generelle Aufmerksamkeitsprozesse vorgeschlagen.

Bedi et al. (1994) fanden heraus, dass Ablenkbarkeit modalitätsspezifisch sein könnte. In ihrer Studie war Ablenkbarkeit von visuellen Stimuli mit einem CPT und mit Lehrer-Beurteilungen des Verhaltens, aber nicht mit kognitiven oder akademischen Leistungen assoziiert. Im Gegensatz dazu war die auditive Ablenkbarkeit mit kognitiven Fähigkeiten und der Lese-Leistung aber nicht mit der CPT-Leistung (eines visuellen CPTs) oder der Lehrer-Bewertung assoziiert.

Duncan et al. (1997) untersuchten 22 Patienten mit Epilepsie und 9 gesunde Kinder. Sie leiteten ERPs ab, während die Kinder auditive und visuelle CPTs absolvierten. Die schlechtere Leistung der Patienten zeigte sich auch in veränderten ERP-Kurven. Da sich die ERP-Kurven während des auditiven CPTs weniger stark änderten als während des visuellen CPTs, gehen die Autoren davon aus, dass diese

Ergebnisse die Hypothese von zwei separaten Aufmerksamkeits-Systemen (auditiv und visuell) unterstützen.

Es gibt auch mehrere Hinweise dafür, dass es anatomisch unterschiedliche und sensorisch spezifische Gedächtnis-Systeme gibt (Columbo et al. 1990; Mishkin et al. 1983).

Mc Farland et al. haben verschiedene Personen mit Temporallappen-Läsionen untersucht und beobachteten die folgenden möglichen Resultate: spezifisch-auditive Defizite, spezifisch-visuelle Defizite und Defizite, die keine modalitätsspezifische Natur haben (z.B. polysensorisch oder supramodal). Auditiv-spezifische Defizite sind also möglich, sie können aber nicht in jedem Fall unterstellt werden (McFarland und Cacace, 1995).

Schwierigkeiten in der auditiven Aufmerksamkeit könnten in Beziehung stehen zu Schwierigkeiten in der lexikalischen Entwicklung und im Spracherwerb sowie auch zu anderen Aspekten der auditiven Informations-Verarbeitung. Laut Gomes et al. (2000) ist es möglich, dass Defizite in der auditiven Verarbeitung, wie man sie bei manchen Kindern mit Sprachentwicklungsstörungen und Autismus sieht, mit Defiziten in der auditiven Aufmerksamkeit in Beziehung stehen.

Störungen der auditiven Aufmerksamkeit wurden als Teil von AVWS angesehen (Katz und Wilde, 1985; Keith und Pensak, 1991; Ptok et al. 2000).

Analoge Aufgaben mit visuellen und auditiven Stimuli erlauben eine Feststellung des Ausmaßes, in welchem die Ergebnisse spezifisch für die Benutzung von auditiven Stimuli sind (McFarland und Cacace, 1995).

### **1.2.3 Eingeschränkte Aufmerksamkeit**

Der Begriff Unaufmerksamkeit umschreibt die mangelnde Aufmerksamkeitsorientierung und Zielgerichtetheit des Verhaltens.

Aufmerksamkeitsstörungen gehören zu den häufigsten Verhaltensstörungen im Grundschulalter. Die Prävalenzrate von Kindern, die als aufmerksamkeitsgestört charakterisiert werden, schwankt in den verschiedenen epidemiologischen Untersuchungen zwischen 3 und 10%. Diese Zahlen sind abhängig von den zugrunde liegenden Kriterien.

Allgemeine Aufmerksamkeitsschwierigkeiten und Konzentrationsprobleme werden im Grundschulalter bei 10 bis 40% der Schüler wesentlich häufiger beschrieben (Ministerium f. Arbeit, Gesundheit und Soziales, NRW 1988).

Einschätzungen aufgrund von Lehrerbefragungen und Elternauskünften weisen höhere Prozentwerte auf als Untersuchungen, die auf klinischen Fremdurteilen und nachträglichen Überprüfungen (Testuntersuchungen, Interviews) beruhen (Lauth und Schlottke, 1997).

Aufmerksamkeitseinschränkungen sind ein verbreitetes Symptom bei zahlreichen neuropsychiatrischen Störungen (Mirsky und Duncan, 2001).

Steht die Aufmerksamkeits-Einschränkung im Zentrum der Störung, so gibt es dafür in den Internationalen Klassifikationssystemen festgeschriebene Definitionen.

In der *Internationalen Klassifikation psychischer Störungen* (ICD-10) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) wird die „Einfache Aktivitäts- und Aufmerksamkeitsstörung (F90.0)“, den hyperkinetischen Störungen zugeordnet, aufgeführt.

Das *Diagnostische und Statistische Manual Psychischer Störungen* (DSM-IV) der American Psychiatric Association führt die Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung auf. Es werden drei Subtypen unterschieden: der vorwiegend unaufmerksame Typus, der vorwiegend hyperaktiv-impulsive Typus und der Mischtypus.

Die Diagnosekriterien sind in beiden Klassifikationssystemen weitgehend identisch. Allerdings nimmt die ICD-10 eine Dreiteilung zwischen den Kriterien zur Erfassung von Unaufmerksamkeit, Überaktivität und Impulsivität vor und fordert, dass in allen drei Bereichen Auffälligkeiten vorliegen müssen. Dahingegen weist das DSM-IV Hyperaktivität und Impulsivität als unabhängige Merkmale aus.

Sowohl die ICD-10 als auch das DSM-IV fordern, dass die Störung situationsübergreifend ausgeprägt sein sollte, also sowohl in der Schule als auch in der Familie oder bei der Beobachtung im klinischen Kontext beobachtbar ist.

#### Eingeschränkte Aufmerksamkeit bei der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHD):

Die Prävalenz der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung bei Schulkindern wird auf 3-5% (DSM IV, 1994) geschätzt. Die Störung tritt bei Jungen häufiger auf als bei Mädchen. Das Verhältnis reicht von 4:1 bis 9:1 je nach Befragungsbereich (z.B. Allgemeinbevölkerung oder Kliniken) (DSM-IV).

Bei der ADHD handelt es sich um die häufigste neurobehaviorale Störung des Kindesalters (Bauchner, 2000; Shaywitz et al. 1997).

Die Störung ist charakterisiert durch deutliche Unaufmerksamkeit und Mangel an Ausdauer bei Aufgabenstellungen sowie situationsunabhängige und zeitstabile Verhaltenscharakteristika.

Die Kinder haben beispielsweise Schwierigkeiten, Einzelheiten zu beachten und können nur kurze Zeit bei einer Sache verweilen. Sie verlieren rasch das Interesse an den Dingen, mit denen sie augenblicklich beschäftigt sind und wenden sich schnell neuen, vermeintlich interessanteren Dingen zu.

Die Unfähigkeit, für eine längere Zeit aufmerksam zu sein, hat offensichtliche Auswirkungen auf die soziale und kognitive Entwicklung des Kindes (Keith und Engineer, 1991).

ADHD hat einen langfristigen negativen Effekt auf die akademische Leistung, den beruflichen Erfolg und die sozial-emotionale Entwicklung (National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement on ADHD, 2000; Saile, 1997).

Die Diagnose ADHD wird gewöhnlich anhand von Verhaltens-Beobachtungen, Bewertungen von Lehrern, Elterngespräch und Fragebögen gestellt. Die Diagnose dieser Störung basiert eher auf der Anamnese und dem Symptom-Profil als auf speziellen Tests oder Untersuchungen (Keith, 1994).

Die Diagnose ADHD kann mit gut getesteten diagnostischen Interviews zuverlässig gestellt werden. Trotzdem sind zusätzliche quantifizierbare Daten über die Aufmerksamkeitsfertigkeiten des Kindes wünschenswert (Keith, 1994; Newcorn et al. 2001).

Barkley (1990) bemerkt, dass Vigilanz-Tests zu den brauchbarsten aller objektiven Tests zur Bewertung von ADHD gehören.

Es ist unklar, ob die Zeichen einer ADHD eine bimodale Verteilung in der Bevölkerung repräsentieren oder ein Ende eines Kontinuums von Merkmalen (Levy et al. 1997). Probleme der Diagnosestellung beinhalten die Unterscheidung dieser Störung von anderen Verhaltens-Problemen und die Festlegung einer angemessenen Grenze zwischen der normalen Bevölkerung und Personen mit ADHD (National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement on ADHD, 2000).

Obwohl man davon ausgeht, dass Störungen koexistieren können, ist die Prävalenz von komorbiden Diagnosen bei Kindern mit ADHD signifikant höher als man erwarten würde (Epstein et al. 1991; Weinberg und Emslie 1991) und könnte Probleme bei der Stellung der Differentialdiagnose reflektieren (Riccio et al. 1996).

#### Eingeschränkte Aufmerksamkeit bei der Auditiven Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörung (AVWS):

Bei Kindern, die zur Abklärung einer AVWS vorgestellt werden, beschreiben Eltern und Lehrer häufig Verhaltensauffälligkeiten wie Unaufmerksamkeit, Ablenkbarkeit und Probleme beim Befolgen von

mündlichen Anweisungen, also Verhaltensweisen, die den DSM-IV Kriterien für ADHD gleichen (Chermak et al. 1999; Ebert 1997; Keith, 1994).

Die auditive Aufmerksamkeit (bzw. deren Einschränkung), als Kennzeichen der Abgrenzung zur ADHD zu extrahieren, bezieht sich im Wesentlichen auf den Aspekt, dass bei Kindern mit ADHD die Störung in der intermodalen, supramodalen Verarbeitung liegt, d.h. mehr als eine Sinnesmodalität bezüglich Verarbeitung und Speicherung und vor allem dem „output“ betroffen ist (Chermak et al. 1999).

Bei Kindern mit Störungen in der auditiven Verarbeitung sind die Aufmerksamkeitsprobleme spezifisch auf die Hörverarbeitung ausgerichtet, eine allgemeine Beeinträchtigung der Verhaltenskontrolle sollte nicht gegeben sein (Gross et al. 2001).

### **1.3           Aufmerksamkeitstests**

Ein Test-Format, welches häufig für die Bewertung von Aufmerksamkeit und Impulsivität eingesetzt wird, ist der *Continuous Performance Test (CPT)*.

Continuous Performance Tests erfordern von der Versuchsperson, dass sie einen Knopf drückt, wenn ein Zielreiz (Target-Stimulus) präsentiert wird. Die Tests ermitteln die Reaktionszeit und sowohl Auslassungsfehler (wenn ein Kind nicht auf die Präsentation eines Target-Stimulus reagiert) als auch Aktionsfehler (wenn ein Kind auf einen Nontarget-Stimulus antwortet).

Vigilanz-Aufgaben beinhalten das Aufspüren von selten erscheinenden Signalen eingebettet in den Hintergrund von regelmäßig erscheinenden Stimulus-Ereignissen über einen längeren Zeitraum (Keith, 1994).

Viele Vigilanz-Aufgaben sind Modifikationen des Continuous Performance Tests, welcher von Rosvold et al. (1956) entwickelt wurde.

In der Original-Aufgabe von Rosvold et al. wurden visuell einzelne Buchstaben präsentiert, mit einem Interstimulus-Intervall von 920 ms zwischen den Buchstaben. Die Versuchsperson sollte durch Druck an einem Hebel reagieren, wann immer der Buchstabe X als festgelegtes Target (Zielreiz) erschien. Die Versuchsperson sollte nicht antworten, wenn irgendein anderer Buchstabe präsentiert wurde (*X-Type CPT*).

Rosvold et al. stellten noch eine Variation dieser Aufgabe vor, bei der das Ziel der Buchstabe X war, aber nur, wenn direkt vor dem X der Buchstabe A erschien (*AX-Type CPT*).

Rosvold et al. fanden, dass der X-Typ CPT 84,2 – 89,5 % der untersuchten Personen mit Hirnschäden richtig klassifizierte. Die Gruppenunterschiede zwischen Personen mit Hirnschaden und Kontroll-Personen nahmen mit der zunehmenden Schwierigkeit des AX-Typ CPTs zu.

Seit 1956 wurde der CPT weiterhin mit vielen Variationen der Aufgaben-Komponenten genutzt, um Aufmerksamkeit und Impulsivität zu untersuchen.

Zum Beispiel kann der Target-Stimulus im CPT ein X wie in der Original-Version sein, eine Nummer, eine festgelegte Spielkarte, ein Bild von einem Gegenstand oder einer Person, ein Wort und so weiter.

Die Aufgabe kann der einfachere X-Typ CPT sein, ein AX-Typ CPT oder eine weitere Modifikation des AX-Typs, so dass die Zielsequenz auf sich selbst folgen muss (*XX-Type CPT*) (Fitzpatrick et al. 1992). Weitere Variationen der Aufgabenstellung beinhalten Farbe und Buchstabe als kritische Merkmale (z.B. ein oranges T gefolgt von einem blauen S) (Garfinkel und Klee, 1983) oder zwei Ziffern in einer Zahlenreihe (oder Buchstaben in einer Buchstabenfolge), die sich in aufeinander folgenden Stimuli wiederholen (*Identical Pairs* oder *IP-Type CPT*) (Cornblatt et al. 1989).

Eine weitere Modifikation besteht darin, dass immer reagiert werden soll, außer wenn das Target erscheint (*not X-Type CPT*) (Conners, 1995).

Die Präsentation der Testreize (Stimuli) kann visuell oder auditiv sein oder sie kann innerhalb der gleichen Aufgabe von auditiven zu visuellen Stimuli wechseln (Sandford und Turner, 1994-1999).

Studien haben die Häufigkeit des Targets (Beale et al. 1987) und die Dauer der Stimulus-Präsentation variiert (Chee et al. 1989).

Außerdem wurde die Qualität des präsentierten Stimulus variiert, um die Schwierigkeit der Aufgabe zu erhöhen (Buchsbaum et al. 1990; Ernst et al. 1997; Mansour et al. 1996).

Weitere Modifikationen beinhalten das Hinzufügen von ablenkenden Bedingungen, in welchen andere Stimuli präsent sind (Rutschmann et al. 1977).

Auch das Interstimulus-Intervall (ISI) wurde variiert, mit kürzerem oder längerem Intervall (Rueckert und Grafman, 1996; Girardi et al. 1995). Eine andere angewendete Methode beinhaltet ein anpassungsfähiges variables ISI, so dass das Computer-Programm automatisch die ISI um 5% anhebt oder senkt, abhängig von der Genauigkeit der letzten Antwort der Testperson (Girardi et al. 1995; Weingartner et al. 1980).

Im Allgemeinen werden CPTs, welche Bilder benutzen, öfter bei jüngeren Kindern (Harper und Ottinger, 1992) oder bei Personen mit eingeschränkten kognitiven Fähigkeiten eingesetzt.

Wegen der möglichen Decken-Effekte bei X-CPTs werden andere Formate (AX-CPT, XX-CPT) bei Erwachsenen bevorzugt eingesetzt (Riccio und Reynolds, 2001).

Manche CPTs sind so konstruiert, dass die Testperson während der Testdurchführung eine Rückmeldung über ihre Leistung bekommt (O'Dougherty et al. 1984).

Nach einer Untersuchung von Weinstein et al. (1999) kann die Aufmerksamkeit im CPT durch verschiedene Variationen der Bedingungen beeinflusst werden. Er untersuchte in einer Studie an 54 gesunden Erwachsenen die Effekte von 5 Bedingungen. Die Komplexität oder Schwierigkeit dieser Bedingungen scheint sowohl die Reaktionszeit als auch die Anzahl der Auslassungsfehler zu beeinflussen. Während die „Standard-Anforderung“ (es war eine Reaktion auf einen einzelnen Reiz gefordert) die geringste Aufmerksamkeitsbemühung zu erfordern scheint, zeigen die Ergebnisse, dass die Reaktion in der „AGK-Anforderung“ (es war eine Reaktion auf eine Abfolge von drei Reizen gefordert) schneller erfolgte. Diese Stimulus-vorbereitende Bedingung auf das erwartete Ziel dient womöglich als Weckfunktion, welche die Ausführung erleichtert. Im Gegensatz dazu steigen die Auslassungsfehler bei kürzeren Interstimulus-Intervallen, Darbietung des Zielreizes auf dunklerem Hintergrund und, wenn der Zielreiz eine geometrisch schwierigere Figur ist.

Wie man wohl erwarten konnte, führt ein schwierigeres Ziel zu einem Abfall der Genauigkeit.

Die anhaltende Aufmerksamkeit wurde in der Forschung überwiegend mit visuellen Reizen untersucht. Vigilanz-Leistungen wurden anhand von Farben, Bildern, Buchstaben und Zahlen getestet. Nur wenige Autoren haben die „*continuous performance*“ in der auditiven Modalität mit reinen Tönen, Zahlen oder Buchstaben getestet.

Die Anwendung von reinen Tönen als auditive Stimuli limitiert die Möglichkeit, jüngere Kinder zu testen, da Töne uninteressant und bedeutungslos für diese Altersgruppe sein können (Keith und Engineer, 1991). Wörter als Test-Stimuli sind vertrauter, interessant und bedeutungsvoll für junge Kinder und erhalten ihre Aufmerksamkeit länger (Keith, 1994).

Es gibt nur sehr wenige CPTs, welche sowohl auditives als auch visuelles Stimulus-Material verwenden.

Bei dem *Integrated Visual and Auditory Continuous Performance Test (IVA)* (von J. Sandford und A. Turner) wird ein visueller mit einem auditiven CPT kombiniert. Die Ziffern „1“ und „2“ werden in pseudorandomisierter Kombination von visuellen und auditiven Stimuli präsentiert, so dass er schwieriger ist als andere CPTs, da er die Fähigkeit herausfordert, kognitive Zustände zu ändern. Die Testperson soll nur die Maustaste drücken, wenn sie das target (die „1“) hört oder sieht und nicht drücken, wenn sie ein non-target (eine „2“) hört oder sieht.

Einige der derzeit verwendeten Aufmerksamkeitstests sind in ihrer Durchführung und Auswertung vom Untersucher abhängig. So erfolgt eine Einschätzung der auditiven Aufmerksamkeit von Kindern (mit und

ohne ADHD) im amerikanischen Sprachraum mit dem *Auditory Continuous Performance Tests (ACPT)* von R. Keith (1994), indem das Kind beim Erkennen des Zielwortes „dog“ aus einer Folge von Einsilbern ein Zeichen (Heben des Daumens von der Tischplatte) geben muss, was von dem Untersucher beobachtet und in einem Protokollbogen festgehalten wird. Somit misst dieser Tests neben der Aufmerksamkeit der Testperson auch die Vigilanz des Untersuchers.

In den letzten 40 Jahren wurde umfassende Forschung betrieben, welche CPTs bei Kindern und Erwachsenen mit einer Vielzahl von Störungen angewendet hat (u.a. DuPaul et al. 1992; August und Garfinkel, 1989; Barkley et al. 1996; Buchanan et al. 1997; Chee et al. 1989; Halperin et al. 1991; O'Brien et al. 1992; Rueckert und Grafman, 1996; Werry et al. 1987).

Mit CPTs erfasste eingeschränkte Aufmerksamkeit wurde u.a. bei Schizophrenie, ADHD und idiopathischer generalisierter Epilepsie (Mirsky et al. 1995; Mirsky et al. 1999) sowie bei spezifischen Entwicklungsstörungen, Verhaltens-Störungen, AVWS, Kopfverletzungen, affektiven Störungen und bei Angststörungen berichtet (Riccio und Reynolds, 2001, review).

Anhand der Auslassungs- und Aktionsfehler in CPTs konnte zwischen Kindern mit ADHD und normalen Kontrollen unterschieden werden (Losier et al. 1996, review).

Der CPT wird häufig als diagnostisches Werkzeug benutzt.

Des Weiteren wurde die Brauchbarkeit des CPTs beim Monitoring von Medikamenten-Effekten (Aman et al. 1993; Aman und Turbott, 1991; Conners et al. 1996) und von anderen Behandlungen (Benedict et al. 1994) untersucht.

Das CPT-Paradigma ist sensitiv für ZNS-Funktionsstörungen unterschiedlicher Natur, so dass jede Störung, die sich nachteilig auf die Aufmerksamkeit oder Selbst-Regulation auswirkt, auch die CPT-Leistung beeinträchtigt (Riccio und Reynolds, 2001). Die Differenzierung unterschiedlicher Krankheiten ist jedoch häufig nicht möglich.

Die Fülle der Variationen in der Aufgabenstellung (Test-Parameter) machen eine Generalisierung der Testdaten schwierig. Die Durchführungsanweisungen mancher CPTs sind nicht eindeutig genug. Wenn definierte standardisierte Abläufe festgelegt sind, sind große Studien mit verschiedenen Patienten-Populationen notwendig (Riccio und Reynolds, 2001).

Für die bisher bestehenden Aufmerksamkeitstests gelten folgende Kritikpunkte:

- Die Aufmerksamkeitserfassung bezieht sich so gut wie immer auf nur eine (meist die visuelle) Sinnesmodalität.
- Manche Tests sind auch von der Aufmerksamkeit des Untersuchers abhängig (falls das Testmaterial nicht standardisiert vorgegeben wird und/oder auftretende Fehler vom Untersucher erfasst werden müssen).
- Manche der verfügbaren Tests werden den Kindern schnell langweilig, so dass sie das Interesse bzw. die Motivation an der Mitarbeit verlieren.
- Einige der zurzeit angewendeten Aufmerksamkeitstests sind sehr schwierig und erfordern eine gute Merk- oder Differenzierungsfähigkeit, so dass hier neben der Aufmerksamkeit noch weitere Leistungen erfasst werden.
- Viele der Tests sind nicht normiert, so dass die Interpretation der Testergebnisse nicht objektiv ist, d.h. dass sie von der Einschätzung des Untersuchers abhängig ist, ohne dass diesem Daten einer Normstichprobe zum Vergleich vorliegen.
- Eine Unterscheidung verschiedener Patientenpopulationen (Differentialdiagnose) gelingt nicht.

Riccio et al. (1996) untersuchten die Differenzierungsmöglichkeit des Auditory Continuous Performance Tests (ACPT, von R. Keith) zwischen Kindern mit AVWS und ADHD und Kindern mit AVWS ohne ADHD.

Der Nutzen des ACPT für die Differentialdiagnose von AVWS mit ADHD zu AVWS ohne ADHD sei limitiert. Es müssten noch Mittel gefunden werden, um eine AVWS von einem ADHD zu unterscheiden. Es sei nicht feststellbar, ob die gezeigten Schwierigkeiten in anhaltender Aufmerksamkeit auf einen auditiven Stimulus eine assoziierte Komponente der AVWS ist oder ein zugrunde liegendes Defizit der Aufmerksamkeit per se reflektiert. Eine Separation dieser Prozesse werde nur möglich, wenn ein visueller CPT, entweder als Alternative oder in Verbindung mit dem ACPT, benutzt wird. Der visuelle CPT sollte dem auditiven analog sein (Riccio et al. 1996).

Das Basis-Paradigma für Continuous Performance Tests beinhaltet selektive Aufmerksamkeit oder Vigilanz für einen unregelmäßig erscheinenden Stimulus (Eliason und Richman, 1987).

Die Leistung wird typischerweise in Form von verpassten Antworten (Auslassungsfehler) und von falschen Antworten (Aktionsfehler) bewertet.

Bezüglich der Auslassungsfehler herrscht Übereinstimmung, dass diese im CPT Unaufmerksamkeit reflektieren; weniger Übereinstimmung gibt es bezüglich der Signifikanz von Aktionsfehlern.

Anders als Auslassungsfehler, die alle unter der gleichen Bedingung auftreten, können Aktionsfehler in unterschiedlichen Situationen (je nach den der Reaktion vorausgegangenen Testreizen) auftreten.

Halperin et al. (1991) halten dafür, dass die Aktionsfehler in Subgruppen aufgeteilt werden können und dass diese unterschiedlichen „Aktionsfehlertypen“ unterschiedliche zugrunde liegende psychologische Prozesse reflektieren. Zum Teil handele es sich um Fehler aus Impulsivität und zum Teil um Fehler durch fehlende Aufmerksamkeit.

Dass CPT-Verfahren Aspekte von Unaufmerksamkeit und Impulsivität messen, wird von Studien unterstützt, die eine signifikante Verbesserung von Kindern mit ADHD bei diesen Aufgaben zeigen, wenn sie mit Stimulantien therapiert werden (Keith und Engineer, 1991; Klorman et al. 1990; Sostek et al. 1980). Continuous Performance Tests korrelieren moderat bis hoch mit verschiedenen klinischen Eltern- und Lehrer-Bewertungen der Aufmerksamkeit von Kindern mit ADHD (Barkley, 1991).

Raggio et al. (1999) fanden in ihrer Untersuchung von 54 Kindern, dass die Ergebnisse des CPTs (Auslassungs- und Aktionsfehler) sehr eng mit den Ergebnissen der Eltern-Fragebögen über das Verhalten der Kinder (erfasst mit dem „*Conners' Parent Rating Scale*“) assoziiert war.

Mit CPTs wird die Fähigkeit einer Person gemessen, sich für eine gewisse Zeitspanne auf eine Aufgabe zu konzentrieren.

CPTs sind objektive Messinstrumente, welche quantifizierbare Informationen über die Verbesserung oder Verschlechterung von Aufmerksamkeit in Folge einer bestimmten Behandlung liefern. Sie sind einfach in der Anwendung. Diese Vorteile können die Häufigkeit der Anwendung von CPTs in der objektiven Bewertung von Aufmerksamkeit erklären (Riccio et al. 2001).

Laut Riccio et al. (2002) ist der CPT sowohl in der klinischen Praxis als auch im Bereich der Forschung das am häufigsten eingesetzte Messinstrument für Aufmerksamkeit.