

# **Strukturelle Analyse von Aufmerksamkeitskomponenten Entwicklung eines integrativen Aufmerksamkeitsmodells**

Dissertation  
zur Erlangung des  
Doktorgrades der Naturwissenschaften  
(publikationsbasiert)

vorgelegt dem  
Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main  
von

**Frank Goldhammer**  
aus Aschaffenburg

Frankfurt am Main 2006  
(D F 1)

vom Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaften der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität als Dissertation angenommen

Dekan: Prof. Dr. H. Moosbrugger

Gutachter: Prof. Dr. H. Moosbrugger, Prof. Dr. V. Hodapp

Datum der Disputation: 20. Dezember 2006

## Inhalt

<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>2 THEORETISCHER HINTERGRUND</b> .....	<b>4</b>
2.1 Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners.....	4
2.2 Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Perspektive .....	5
2.3 Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses.....	6
2.4 Konzentration aus psychodiagnostischer Sicht.....	6
<b>3 FRAGESTELLUNGEN</b> .....	<b>8</b>
3.1 Fragestellung 1: Stellen Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners unterscheidbare kognitive Fähigkeiten dar? .....	8
3.2 Fragestellung 2: Welchen Beitrag leisten die Posner'schen Aufmerksamkeitskomponenten zur Erklärung konzeptuell unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten? .....	10
3.3 Fragestellung 3: Lassen sich die Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Aufmerksamkeitsmodell integrieren? .....	11
3.4 Fragestellung 4: Ist Konzentration theoretisch und empirisch auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit rückführbar? .....	13
<b>4 METHODE</b> .....	<b>14</b>
4.1 Untersuchungsteilnehmer .....	14
4.2 Untersuchungsmaterial und Untersuchungsablauf .....	14
4.3 Statistische Analysen .....	15
<b>5 ERGEBNISSE</b> .....	<b>17</b>
5.1 Ergebnisse zu Fragestellung 1.....	17
5.2 Ergebnisse zu Fragestellung 2.....	19
5.3 Ergebnisse zu Fragestellung 3.....	21
5.4 Ergebnisse zu Fragestellung 4.....	23
<b>6 DISKUSSION</b> .....	<b>26</b>
6.1 Diskussion zu Fragestellung 1 .....	26
6.2 Diskussion zu Fragestellung 2 .....	27
6.3 Diskussion zu Fragestellung 3 .....	28
6.4 Diskussion zu Fragestellung 4 .....	29
6.5 Gesamtdiskussion und kritische Einordnung aus übergeordneter theoretischer Perspektive .....	31
<b>7 LITERATUR</b> .....	<b>37</b>
<b>8 SCHRIFTENANHANG</b> .....	<b>42</b>
8.1 Publierte Schrift A: Aufmerksamkeit .....	43
8.2 Publierte Schrift B: Attention abilities.....	44
8.3 Publierte Schrift C: Perceptual and executive attention .....	45
<b>9 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>46</b>
<b>LEBENS LAUF</b> .....	<b>48</b>

# 1 EINLEITUNG

*Aufmerksamkeit* ist einer der zentralen kognitionspsychologischen Forschungsgegenstände. Seine wissenschaftsgeschichtliche Entwicklung hat zu differenzierten Auffassungen darüber geführt, wie das menschliche Informationsverarbeitungssystem in der Lage ist, bestimmte Informationen zu selektieren, Aufgaben miteinander zu kombinieren und willentliche Handlungen kontrolliert durchzuführen (vgl. Styles, 2006).

Vor über 100 Jahren begann William James (1890) seine Definition von Aufmerksamkeit mit „Every one knows what attention is“ (S. 403). Angesichts der vielfältigen Forschungsparadigmen, Konzepte und Modelle, in denen Aufmerksamkeit im Kontext von Wahrnehmung, Gedächtnis und Handlung thematisiert wird, würde eine heutige Begriffsbestimmung von Aufmerksamkeit sicherlich nicht auf diese Weise eingeleitet werden können. Vielmehr ist eine Negierung dieser Aussage naheliegender (s. z.B. Pashler, 1998).

Die fortschreitende Differenzierung des Forschungsgegenstandes *Aufmerksamkeit* führte zu einer Vielzahl von Modellen und Theorien, welche aus den unterschiedlichen Paradigmen der introspektiven Psychologie, der experimentellen allgemeinen Psychologie, der (klinischen) Neuropsychologie sowie der differentiellen Psychologie hervorgegangen sind. Insbesondere zeichnete sich in der experimentellen Aufmerksamkeitspsychologie ab den 1950er Jahren ab, dass Aufmerksamkeit nicht länger als einheitliches Konstrukt aufgefasst werden kann, sondern unterschiedliche Komponenten der Aufmerksamkeit angenommen werden müssen (z.B. Posner & Boies, 1971).

Allport (1993) problematisiert, dass derselbe Begriff *attention* auf eine Vielzahl unterschiedlicher Aufmerksamkeitsphänomene bezogen wird:

It seems no more plausible that there should be one unique mechanism, or computational resource, as the causal basis of all attentional phenomena, than there should be a unitary basis of thought, or perception or of any other traditional category of folk psychology. (S. 203)

Heute werden Mehrkomponentenmodelle der Aufmerksamkeit aus unterschiedlichen theoretischen Blickwinkeln postuliert. Die vorgelegte Arbeit beschäftigt sich mit zwei wichtigen Modellen mehrdimensionaler Aufmerksamkeit, nämlich dem Modell der Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners und dem davon theoretisch deutlich abgrenzbaren Modell der handlungsorientierten Aufmerksamkeitskomponenten nach Neumann. Darüber hinaus werden für das Untersuchungsvorhaben die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses sowie Konzentration aus dem differentiellpsychologischen Anwendungskontext als für die Aufmerksamkeitspsychologie bedeutsame Konstrukte ausgewählt.

Ausgenommen von dem Konstrukt Konzentration, sind diese Aufmerksamkeitskomponenten ursprünglich in der experimentellen Kognitionspsychologie postuliert und empi-

risch begründet worden, und damit wurden die innerhalb experimenteller Bedingungen aufgetretenen interindividuellen Unterschiede lediglich als Fehlervarianz thematisiert. Die differentielle Psychologie dagegen ist gerade an den interindividuellen Unterschieden interessiert und befasst sich mit der Frage, ob die in der Kognitionspsychologie (experimentell) unterschiedenen Aufmerksamkeitskomponenten als kognitive Fähigkeiten (*traits*) konzeptualisiert werden können, d.h. als Ursachen für zeitlich stabile und transsituativ konsistente interindividuelle Leistungsunterschiede. Innerhalb dieses Forschungsansatzes sind zahlreiche psychologische Testverfahren entwickelt worden, von denen angenommen wird, dass sie Aufmerksamkeitskomponenten als kognitive Fähigkeiten in reliabler und valider Weise messen. Wenn Aufmerksamkeitskomponenten auf der Basis experimenteller Befunde konzeptuell klar unterscheidbar sind, bedeutet dies jedoch nicht, dass entsprechende mit psychologischen Tests erfasste kognitive Fähigkeiten voneinander unabhängig und damit aus der Sicht der differentiellen Psychologie als Konstrukte differenzierbar sind.

Daraus folgt unmittelbar die Motivation für diese Arbeit, welche grundsätzlich darin besteht, die Differenzierbarkeit kognitiver Fähigkeiten, welche aus kognitionspsychologischen Aufmerksamkeitskomponenten abgeleitet sind, quantitativ auszuloten. Im Folgenden bezieht sich der Begriff Aufmerksamkeitskomponente auf die entsprechende, aus differentiell-psychologischer Sicht interessierende kognitive Fähigkeit.

Generelles Ziel der vorliegenden Arbeit ist zum einen die strukturelle Analyse von Aufmerksamkeitskomponenten sowie zum anderen die Entwicklung eines integrativen, d.h. theorienübergreifenden Faktorenmodells der Aufmerksamkeit. Dazu befassen sich die vier Fragestellungen der Arbeit mit der Frage nach der Vielfalt bzw. Unterscheidbarkeit und mit der Frage nach der Einheitlichkeit bzw. Gemeinsamkeit von Aufmerksamkeitskomponenten. Zunächst wird als theoretischer Hintergrund die in der Aufmerksamkeitspsychologie anzutreffende Diversität von Aufmerksamkeitskomponenten beschrieben (Kap. 2). Hieraus werden vier Fragestellungen abgeleitet (Kap. 3), nämlich inwieweit sich Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners aus der Perspektive interindividueller Unterschiede empirisch voneinander unterscheiden lassen bzw. Gemeinsamkeiten aufweisen (Fragestellung 1) und inwieweit diese Aufmerksamkeitskomponenten zu Erklärung konzeptuell unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten beitragen (Fragestellung 2). Aus theorienübergreifender Perspektive wird anschließend der Frage nachgegangen, ob unterschiedlichen Aufmerksamkeitskomponenten gemeinsame latente Faktoren zugrunde liegen, welche eine (partielle) Einheitlichkeit der Aufmerksamkeitskomponenten aus unterschiedlichen Modellen belegen könnten (Fragestellung 3). Schließlich wird im Sinne der o.a. Einheitlichkeit die Frage behandelt, in welcher Beziehung Konzentration zu Aufmerksamkeit auf theoretischer und empirischer Ebene steht bzw. inwieweit sich Konzentration in den Erklärungsrahmen mehrdimensionaler Aufmerksamkeit eingliedern lässt (Fragestellung 4).

Durch die empirische Bearbeitung der vier Forschungsfragen (Kap. 4) und die erzielten Ergebnisse (Kap. 5) leistet die Arbeit einen wesentlichen Beitrag zur Frage der empirischen Abgrenzbarkeit von wichtigen Aufmerksamkeitskomponenten aus der Per-

spektive der differentiellen Psychologie sowie zur Frage der Integrierbarkeit von Aufmerksamkeitskomponenten verschiedener theoretischer Ansätze in ein theorienübergreifendes Aufmerksamkeitsmodell. In der Diskussion (Kap. 6) wird erörtert, welche Aufschlüsse die gewonnenen Ergebnisse zur Struktur von Aufmerksamkeit und zur Erklärung von Konzentration durch mehrdimensionale Aufmerksamkeit geben. In der kritischen Einordnung der Arbeit aus übergeordneter theoretischer Perspektive (Kap. 6.5) werden weitere aus differentiell-psychologischer Sicht interessante Aufmerksamkeitskomponenten aufgeführt und insbesondere Querverbindungen zu verwandten Konstruktbereichen hergestellt, wie z.B. zu unterschiedlichen Konzepten exekutiver Kontrolle, dem kapazitätsbasierten Ansatz exekutiver Aufmerksamkeit, der Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie zu mehrdimensionalen Modellen der zentralen Exekutive des Arbeitsgedächtnisses.

Die theoretischen und empirischen Ausführungen zu den vier Forschungsfragestellungen basieren auf drei im Schriftenanhang (Kap. 8) angeführten publizierten Schriften, nämlich

Schrift A:

Goldhammer, F. & Moosbrugger, H. (2006). Aufmerksamkeit. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 16-33). Heidelberg: Springer.

Schrift B:

Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2007). On the separability of cognitive abilities related to Posner's attention components and their contributions to conceptually distinct attention abilities related to working memory, action theory, and psychometric assessment. *European Psychologist*, 12. (in press)

Schrift C:

Moosbrugger, H.\* , Goldhammer, F.\* & Schweizer, K. (2006). Latent factors underlying individual differences in attention measures: Perceptual and executive attention. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 177-188.

Die allgemeinen theoretischen Grundlagen zu den Forschungsfragen 1, 2 und 3 werden ausführlich in Schrift A thematisiert. Die Forschungsfragen 1 und 2 werden in Schrift B bearbeitet und Forschungsfrage 3 in Schrift C. Der theoretische Teil der Antwort zu Forschungsfrage 4 ist in Schrift A enthalten, der empirische Teil der Antwort ist Bestandteil der Schriften B und C.

---

\*The first and second author contributed equally to the present paper. (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 186; Schriftenanhang 8.3)

## 2 THEORETISCHER HINTERGRUND

Der theoretische Hintergrund, welcher für alle vier Forschungsfragen gleichermaßen gilt, wird ausführlich in Goldhammer und Moosbrugger (2006, s. insbesondere S. 23 bis 31; Schriftenanhang 8.1) behandelt und ist im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

### 2.1 Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners

Posners Komponenten der Aufmerksamkeit (Posner & Boies, 1971; Posner & Rafal, 1987) stellen den konzeptuellen Ausgangspunkt für viele nachfolgende Klassifikationen der Aufmerksamkeit dar (vgl. van Zomeren & Brouwer, 1994; Coull, 1998; Sturm & Zimmermann, 2000). Posner und Rafal (1987) postulieren drei Aufmerksamkeitskomponenten. Die Komponente *Alertness* bezieht sich auf die Regulation der physischen und psychischen Reaktionsbereitschaft bzw. Wachheit und äußert sich insbesondere darin, dass die Reaktionsbereitschaft in Erwartung eines Reizes kurzfristig gesteigert werden kann und dadurch schnellere Reaktionen möglich sind. *Selektive* bzw. *fokussierte Aufmerksamkeit* ermöglicht die priorisierte Verarbeitung eines bestimmten Stimulus', während andere Stimuli nicht beachtet werden. Die Komponente *Vigilanz* beschreibt die Fähigkeit, Aufmerksamkeit durch mentale Anstrengung willentlich über längere Zeit aufrechtzuerhalten. In Zusammenhang mit der Orientierungsreaktion thematisieren Posner und Rafal (1987) außerdem die Aufmerksamkeitskomponente *räumliche Aufmerksamkeit*, welche dazu befähigt, den Aufmerksamkeitsfokus mental, d.h. ohne Augenbewegungen, räumlich zu verschieben. Posner und Boies (1971) setzen sich außerdem mit der Begrenztheit zentraler Verarbeitungskapazität auseinander bzw. damit, dass die gleichzeitige Bearbeitung von zwei oder mehreren Aufgaben schwieriger ist, als sie jeweils einzeln zu bearbeiten. Die Aufmerksamkeitskomponente, die es ermöglicht, auf mehrere zur gleichen Zeit konkurrierende Stimuli bzw. Aufgabenanforderungen zu reagieren, wird als *geteilte Aufmerksamkeit* bezeichnet.

Aufbauend auf den Arbeiten Posners (Posner & Boies, 1971; Posner & Rafal, 1987) sowie von van Zomeren und Brouwer (1994) schlagen Sturm und Zimmermann (2000) ein multidimensionales Aufmerksamkeitsmodell vor, das auch den konzeptuellen Rahmen für die vorliegende Arbeit bildet. Sturm und Zimmermann postulieren in Anlehnung an Zubin (1975) als weitere Aufmerksamkeitskomponente den *Aufmerksamkeitswechsel*, welcher es ermöglicht, sich schnell auf sich ändernde Aufgabenanforderungen einzustellen. Außerdem konzeptualisieren sie *Vigilanz* als Fähigkeit zur Aufrechterhaltung selektiver Aufmerksamkeit unter monotonen Bedingungen und einer niedrigen Frequenz kritischer Stimuli, wohingegen das Konzept *Daueraufmerksamkeit* allgemeiner definiert wird, da es auch kognitiv anspruchsvollere Anforderungen über längere Zeit umfasst. Die vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten können als neuropsychologisch gut begründet angesehen werden (vgl. Cabeza & Nyberg, 2000; Coull, 1998; Posner & Petersen, 1990; Sturm & Zimmermann, 2000).

## 2.2 Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Perspektive

Frühere Aufmerksamkeitsmodelle gehen von der Annahme aus, dass Selektion eine funktionelle Konsequenz zentraler Kapazitätslimitierung ist (vgl. z.B. Broadbent, 1958). Neumann (1992, 1996) hingegen postuliert, dass Selektion dazu dient, diejenigen Stimuli auszuwählen, welche Einfluss auf die Verhaltenskontrolle haben werden. Die frühere Auffassung über den Zusammenhang zwischen begrenzter Kapazität und Selektion ist somit bei Neumann (1996) umgekehrt, d.h. Selektion ist das grundlegende Phänomen und begrenzte Kapazität ist die funktionelle Konsequenz davon. Das heißt, dass auch ein Organismus, der über eine unbegrenzte Verarbeitungskapazität verfügte, zu einem bestimmten Zeitpunkt zwischen alternativen Handlungen und entsprechenden Reizen zur Handlungssteuerung auswählen müsste (Neumann, 1996). Van der Heijden (2004) beschreibt in diesem Zusammenhang eine Lagerbildung innerhalb der Aufmerksamkeitspsychologie. Er unterscheidet das dominierende *perception for perception camp*, welches sich mit der Selektion von Objekten beschäftigt, und das *perception for action camp*, welches die Selektion von Objekten *und* die Selektion von Fertigkeiten und Handlungen untersucht.

Zur Bewältigung handlungsbezogener Koordinierungs- und Steuerungsprobleme nimmt Neumann (1992, 1996) fünf Aufmerksamkeitskomponenten an. Die Komponente *Verhaltenshemmung* löst das Problem der Effektorrekrutierung, d.h. das Problem, welche Handlung durch Aktivierung eines Effektorsystems ausgeführt werden soll. Von mehreren zeitgleich miteinander konkurrierenden Handlungstendenzen hemmt eine der Handlungstendenzen die anderen derart, dass sie sich durchsetzen kann und Zugriff auf das Effektorsystem erhält. Die Komponente *Regulation des psychophysiologischen Erregungsniveaus* stellt ein Gleichgewicht her zwischen dem Schutz aktueller Handlungen gegen Unterbrechung durch neue Stimuli und der Notwendigkeit, in bestimmten Situationen auf neue Stimuli reagieren zu müssen. Die Komponente *Informationsselektion* trägt nach Neumann zur Lösung des Problems der Parameterspezifikation bei, d.h. selektierte Informationen spezifizieren offene Parameter eines Effektorsystems und infolgedessen kann die Handlung ausgeführt werden. Die Komponente *Handlungsplanung* dient der Erstellung eines Handlungsplanes, der mehrere gleichzeitig ablaufende Handlungen koordiniert. Verfügbare Fertigkeiten können auf diese Weise zu einer neuen Sequenz miteinander verbunden werden (Neumann, 1992). Die Komponente *fertigkeitsbedingte Interferenz* ist wie die *Informationsselektion* für die Spezifikation von Parametern verantwortlich. Diese spezifische Art der Interferenz verhindert, dass Parameter einer Fertigkeit zur gleichen Zeit unterschiedlich spezifiziert werden, indem alternative Spezifikationen gehemmt werden. Daraus folgt, dass dieselbe Fertigkeit nicht gleichzeitig für verschiedene Handlungen verwendet werden kann (Neumann, 1996), wodurch Koordinierungs- und Steuerungsprobleme vermieden werden.

### 2.3 Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses

Der theoretische Ansatz, der Aufmerksamkeit auf das Arbeitsgedächtnis bezieht, hat seinen Ursprung in der einflussreichen Arbeit von Baddeley und Hitch (1974; s. auch Baddeley, 1986), welche aufgrund empirischer Evidenzen die Einheit des Kurzzeitgedächtnisses in Frage stellte. Das resultierende 3-Komponentenmodell gliedert das Arbeitsgedächtnis in drei spezialisierte Teilsysteme, welche dazu dienen, unmittelbare Umweltreize zu repräsentieren, Informationen über kürzliche Erfahrungen zu speichern, den Wissenserwerb zu unterstützen, Probleme zu lösen, sowie aktuelle Ziele zu formulieren und danach zu handeln (Baddeley & Logie, 1999). Im Einzelnen besteht das Arbeitsgedächtnis aus der zentralen Exekutive (*central executive*) sowie zwei *slave*-Systemen (Kurzzeitspeichern), nämlich der phonologischen Schleife (*articulatory loop*) und dem visuell-räumlichen Notizblock (*visual-spatial scratch-pad*). Die *slave*-Systeme sind spezialisiert auf die kurzzeitige Speicherung und Verarbeitung domänenspezifischer Informationen, d.h. verbal codierter bzw. visueller und/oder räumlicher Informationen. Die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses ist mit der Koordination der beiden *slave*-Systeme und Aufmerksamkeitsfunktionen assoziiert. Baddeley sieht in der zentralen Exekutive das funktionale Analogon zum *supervisorischen Aufmerksamkeitssystem* (*supervisory attentional system*) in der Handlungskontrolltheorie von Norman und Shallice (1986), welche annimmt, dass die meisten Handlungen durch Schemata kontrolliert werden. Konflikte zwischen inkompatiblen Schemata werden in Abhängigkeit von den jeweiligen situativen Bedingungen entweder automatisch durch Hemmungs- bzw. Aktivierungsprozesse vermieden, d.h. durch *contention scheduling*, oder in willentlicher Weise durch das *supervisory attentional system* geregelt. Das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* ermöglicht die gezielte Manipulation der Aktivierbarkeit von Schemata und wird vor allem in Situationen aktiv, die ein hohes Maß an kognitiver Kontrolle erfordern, d.h. in Situationen, die Planung und Entscheidungen beinhalten, die Fehleranalysen und Fehlerkorrekturen notwendig machen, die nicht durch gelernte Handlungen bewältigt werden können, die als gefährlich oder schwierig gelten sowie in Situationen, welche die Hemmung habitueller Reaktionen erfordern (s. Shallice & Burgess, 1993)<sup>1</sup>.

### 2.4 Konzentration aus psychodiagnostischer Sicht

*Konzentration* stellt im Rahmen der differentiellen Psychologie und Psychodiagnostik eine wichtige Fähigkeitsdimension dar, welche durch die Anwendung psychometrischer Testverfahren quantitativ erfasst wird (vgl. z.B. Büttner & Schmidt-Atzert, 2004; Westhoff & Hagemeyer, 2005). Obgleich Konzentrationstests als die bedeutendsten Vertreter aus der Gruppe der *Allgemeinen Leistungstests* angesehen werden, welche „allgemeine Voraussetzungen für das Erbringen von kognitiven Leistungen erfassen“ (Amelang &

---

<sup>1</sup> Das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* von Norman und Shallice (1986) zeigt insoweit konzeptuelle Ähnlichkeit zum Aufmerksamkeitsmodell von Neumann (1992) als auch bei Norman und Shallice Aufmerksamkeit als handlungsrelevant konzeptualisiert wird und Handlungskontrolle dadurch erreicht werden kann, dass sich Handlungsschemata gegenseitig hemmen.

Schmidt-Atzert, 2006, S. 184), liegt keine allgemein akzeptierte Definition von *Konzentration* vor. Die Verschiedenheit der vorgeschlagenen Definitionen kommt insbesondere durch die Art der angenommenen Beziehung zwischen *Konzentration* und Aufmerksamkeit zustande, d.h. in manchen Definitionsvorschlägen wird Konzentration explizit gegenüber Aufmerksamkeit abgegrenzt, in anderen hingegen wird Konzentration unter Bezugnahme auf Aufmerksamkeit definiert.

Obwohl erste paradigmatische Ansätze zur Diagnostik von *Konzentration* bereits vor über 100 Jahren entwickelt wurden (Durchstreich-Test von Bourdon, 1895), sind viele der im eignungsdiagnostischen, klinischen und neuropsychologischen Diagnosekontext eingesetzten Konzentrationstests nicht gezielt aus einschlägigen Definitionen oder Paradigmen der kognitiven Psychologie abgeleitet worden. Eine idealtypisch parallele Entwicklung von theoretischer Modellbildung und Konstruktion entsprechender diagnostischer Verfahren, die psychometrischen Gütestandards genügen, kann somit für Konzentrationstests nicht festgestellt werden.

Wegen der mangelnden theoretischen Klarheit des Konstrukts *Konzentration* wird als Gliederungsgesichtspunkt für Konzentrationstests oft das Aufgabenprinzip gewählt (s. z.B. Moosbrugger & Goldhammer, 2006a). Visuelle Such- bzw. Diskriminationsaufgaben sind Bestandteil der meisten verfügbaren Konzentrationstests (z.B. Brickenkamp, 1994; Moosbrugger & Goldhammer, 2006b). Solche Aufgaben verlangen von der Testperson, kritische Stimuli in Form von Ziffern, Buchstaben oder Figuren so schnell und genau wie möglich zu erkennen und entsprechend zu reagieren (van Zomeren & Brouwer, 1994). Darüber hinaus werden Sortieraufgaben verwendet, in denen Zahlen nach verschiedenen Kriterien einzusortieren sind, oder auch Additionsaufgaben, welche das fortlaufende Lösen einfacher Rechenaufgaben unter Anwendung zusätzlicher Regeln erfordern.

### 3 FRAGESTELLUNGEN

Die in Kapitel 2 vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten entstammen mit Ausnahme von Konzentration dem kognitionspsychologischen Forschungsansatz. Ihre jeweilige Begründung beruht auf experimentellen Untersuchungen, welche Unterschiede zwischen experimentellen Bedingungen prüfen, wohingegen interindividuelle Unterschiede innerhalb einer Bedingung als Fehlervarianz behandelt werden. Aus differentiell-psychologischer Sicht sind jedoch die interindividuellen Verhaltensunterschiede von Interesse und insbesondere, ob Aufmerksamkeitskomponenten unterscheidbare Varianzquellen darstellen und somit aus differentiell-psychologischer Sicht als unterschiedliche Konstrukte bzw. kognitive Fähigkeiten konzeptualisiert werden können (vgl. Kap. 1). Auf dem Hintergrund experimentell-psychologischer Befunde bleibt die Frage, ob Aufmerksamkeitskomponenten unterscheidbare kognitive Fähigkeiten darstellen, offen. Das bedeutet, dass die Zusammenhangsstruktur der in Kapitel 2 präsentierten Aufmerksamkeitskomponenten, d.h. der Grad ihrer gegenseitigen Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit, aus differentiell-psychologischer Sicht unzureichend geklärt ist. Daher untersucht diese Arbeit, inwieweit

- die Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners unterscheidbare kognitive Fähigkeiten darstellen (Fragestellung 1),
- die Posner'schen Aufmerksamkeitskomponenten zur Erklärung konzeptuell unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten beitragen (Fragestellung 2),
- sich die Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Aufmerksamkeitsmodell integrieren lassen (Fragestellung 3) und
- Konzentration theoretisch und empirisch auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit rückführbar ist (Fragestellung 4),

um grundlegende Aufschlüsse darüber zu erhalten, inwieweit Aufmerksamkeitskomponenten, die aus derselben theoretischen Perspektive postuliert werden, und Aufmerksamkeitskomponenten, die deutlich unterscheidbar theoretisch verankert sind, auf empirischer Ebene separierbar sind bzw. Gemeinsamkeiten aufweisen.

#### 3.1 Fragestellung 1:

**Stellen Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners unterscheidbare kognitive Fähigkeiten dar?**

Die generelle Strategie zur Untersuchung der Unterscheidbarkeit von Aufmerksamkeitskomponenten besteht in dieser Arbeit darin, gemeinsame und spezifische Varianzanteile der Aufmerksamkeitskomponenten konfirmatorisch zu prüfen. Bei der Spezifikation von Erklärungsmodellen zur Vorhersage eines Kriteriums durch Prädiktoren soll beachtet werden, dass die in Kapitel 2 vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten und einschlägige Messverfahren sich darin unterscheiden, wie gut sie theoretisch und empirisch abgesichert sind. Der Vorteil besteht darin, dass in dem Maße, in dem die als Prädiktoren

eingesetzten Aufmerksamkeitskomponenten und ihre Indikatoren theoretisch gehaltvoll sind, auch die Effekte dieser Prädiktoren auf die als Kriterien eingesetzten Aufmerksamkeitskomponenten theoretisch gehaltvoll interpretiert werden können.

Die Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners bilden ein kohärentes multidimensionales Aufmerksamkeitsmodell und können als theoretisch und empirisch gut fundiert angesehen werden. Eine Synopse der Aufmerksamkeitsmodelle, welche in der Tradition Posners stehen, macht deutlich, dass alle Klassifikationen die Komponenten *Alertness* (Arousal), *fokussierte Aufmerksamkeit* und *Daueraufmerksamkeit* enthalten. *Geteilte Aufmerksamkeit* ist Bestandteil der Modelle von Posner und Boies (1971), van Zomeren und Brouwer (1994), Coull (1998) und Sturm und Zimmermann (2000). *Räumliche Aufmerksamkeit* wird von Posner und Rafal (1987; s. auch Posner & Petersen, 1990), Coull (1998) und Sturm und Zimmermann (2000) postuliert. Die Komponente *Aufmerksamkeitswechsel* ist in den Klassifikationen von Zubin (1975) und Sturm und Zimmermann (2000; s. auch Mirsky, Anthony, Duncan, Ahearn & Kellam, 1991) enthalten. Die beträchtliche Konvergenz zwischen diesen Modellen belegt, dass Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners etablierte und wesentliche Aufmerksamkeitskomponenten in der Aufmerksamkeitspsychologie darstellen. Ihre empirische Absicherung stützt sich nicht nur auf experimentell gewonnene Verhaltensdaten, sondern auch auf elektrophysiologische, bildgebende und psychopharmakologische Studien (z.B. Cabeza & Nyberg, 2000; Coull, 1998). *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel*, *geteilte Aufmerksamkeit* und *Daueraufmerksamkeit* können somit als diejenigen Aufmerksamkeitskomponenten identifiziert werden, welche sich aufgrund ihrer breiten theoretischen und empirischen Fundierung als Prädiktoren empfehlen.

Dagegen sind die Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Perspektive weitaus weniger in der einschlägigen Literatur etabliert und Vertreter des *perception for action*-Ansatzes bilden nach van der Heijden (2004) eine Minderheit. Die theoretische Unbestimmtheit von *Konzentration* wurde bereits ausführlich in Kapitel 2.4 thematisiert. Bei der Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses handelt es sich zwar um ein theoretisch und empirisch gut fundiertes Konstrukt (vgl. Baddeley & Logie, 1999), sie wird jedoch zugunsten einer theoretisch kohärenten Prädiktorenzusammenstellung auch der Kriterienseite zugerechnet. Das bedeutet, dass *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung*, *fertigkeitsbedingte Interferenz* sowie die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses (*supervisorisches Aufmerksamkeitssystem*) und *Konzentration* die in dieser Arbeit zu erklärenden Kriterien darstellen<sup>2</sup>.

Unter Fragestellung 1 wird die Zusammenhangsstruktur der als Prädiktoren eingesetzten Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners geprüft, um anschließend unter Fragestellung 2 die Beiträge der unter Fragestellung 1 separierten Aufmerksam-

---

<sup>2</sup> Die Komponente *Regulation des psychophysiologischen Erregungsniveaus* wurde mangels valider Messungen (vgl. Heyden, 1999) nicht mit einbezogen. Die Erfassung der Komponente *Informationsselektion* basiert auf demselben Paradigma (*cueing paradigm*) wie die Erfassung der *räumlichen Aufmerksamkeit*, weshalb *Informationsselektion* nicht als Kriterium untersucht wurde (vgl. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007, Fußnote 1; Schriftenanhang 8.2).

keitskomponenten (Prädiktoren) zur Erklärung derjenigen Aufmerksamkeitskomponenten, welche theoretisch und empirisch weniger breit abgesichert sind (Kriterien), konfirmatorisch zu untersuchen. Auf diese Weise werden weniger substantiierte Aufmerksamkeitskomponenten durch solche, welche eine substanziellere theoretische und empirische Basis aufweisen, erklärt<sup>3</sup>.

In Kapitel 2.1 wird dargelegt, dass die Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners, nämlich *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit*, aus kognitionspsychologischer Sicht konzeptuell gut begründet und unterscheidbar sind. Unter Fragestellung 1 ist jedoch aus differentiell-psychologischer Perspektive abzuklären, inwieweit die entsprechenden kognitiven Fähigkeiten (vgl. Kap. 1) voneinander abgegrenzt werden können bzw. Gemeinsamkeiten aufweisen. Da sich *Daueraufmerksamkeit* nicht auf eine spezifische kognitive Fähigkeit bezieht, sondern allgemein die Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit über längere Zeit beschreibt, wird diese Komponente nicht in Fragestellung 1 einbezogen. Hinsichtlich der Zusammenhangsstruktur der fünf verbleibenden Aufmerksamkeitskomponenten wird auf der einen Seite angenommen, dass sie als unterscheidbare kognitive Fähigkeiten konzeptualisiert werden können, da sie sich auf voneinander abgrenzbare Verarbeitungsmechanismen beziehen. Auf der anderen Seite wird auch vermutet, dass sie miteinander zusammenhängen, insoweit einige der Aufmerksamkeitskomponenten (z.B. *Alertness*) als Voraussetzung anderer angesehen werden können. Die angenommenen wechselseitigen Beziehungen zwischen spezifischen Fähigkeiten können auf einen gemeinsamen Faktor bzw. eine allgemeine Aufmerksamkeitsfähigkeit hinweisen, welche allen Aufmerksamkeitskomponenten zugrunde liegt (s. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2). Zur Beantwortung von Fragestellung 1 werden die formulierten Annahmen zur Zusammenhangsstruktur der Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners konfirmatorisch überprüft.

### 3.2 Fragestellung 2:

Welchen Beitrag leisten die Posner'schen Aufmerksamkeitskomponenten zur Erklärung konzeptuell unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten?

Unter Fragestellung 2 wird hypothesengeleitet geprüft, inwieweit die Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Sicht, nämlich *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung* und *fertigkeitsbedingte Interferenz*, sowie das arbeitsgedächtnisbasierte

---

<sup>3</sup> Die Aufteilung in Fragestellung 1 und 2 dient nicht nur der inhaltlichen Gliederung, sondern ist auch methodologisch motiviert, da die separate Schätzung und Respezifizierung eines Messmodells (s. Kap. 4.3) vor der simultanen Schätzung der Mess- und Strukturmodelle es erlaubt, die Stabilität eines Messmodells zu überprüfen. Dazu wird festgestellt, wie stark sich die Parameterschätzungen des Messmodells ändern, wenn das Messmodell simultan mit einem Strukturmodell geschätzt wird. Treten wie in dieser Arbeit nur geringfügige Änderungen in den Parameterschätzungen auf (s. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2), kann davon ausgegangen werden, dass bei simultaner Schätzung die im Messmodell empirisch definierte Bedeutung eines Konstrukts nicht von Restriktionen im Strukturmodell abhängt (s. Anderson & Gerbing, 1988).

*supervisorische Aufmerksamkeitssystem* und *Konzentration* (Kriterien) durch die unter Fragestellung 1 unterschiedenen Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners (Prädiktoren) erklärt werden können. Fragestellung 2 trägt wie Fragestellung 1 zur strukturellen Analyse von Aufmerksamkeitskomponenten bei, da wieder die Unterscheidbarkeit von Aufmerksamkeitskomponenten, hier des jeweiligen Kriteriums von den Prädiktoren, untersucht wird. Hypothesen darüber, welche Prädiktoren signifikant zur Erklärung eines Kriteriums beitragen, werden auf der Basis einschlägiger Literatur sowie der Analyse der Aufgabenanforderungen entwickelt (s. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2).

Für das Kriterium *supervisorisches Aufmerksamkeitssystem* wird angenommen, dass der Prädiktor *Aufmerksamkeitswechsel* einen signifikanten Beitrag leistet, da das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* auf das *task switching*-Modell von Gilbert und Shallice (2002) abgebildet werden kann und die Aufgabe zur Erfassung des *supervisorischen Aufmerksamkeitssystems* es erfordert, zwischen zwei verschiedenen Aufgabenanforderungen hin und her zu wechseln.

Für die handlungsorientierten Aufmerksamkeitskomponenten nach Neumann (1996), *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung* und *fertigkeitsbedingte Interferenz*, wird die Hypothese aufgestellt, dass *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel* bedeutsam zur Erklärung beitragen, da diese Prädiktoren der Kontrolle und Koordination von zwei oder mehr unterschiedlichen Handlungen zur gleichen Zeit oder in enger zeitlicher Abfolge dienen.

Für *Konzentration* wird ebenfalls angenommen, dass *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel* in signifikanter Weise zur Erklärung der Leistung in den eingesetzten Konzentrationstests beitragen, da in den Konzentrationstestaufgaben zwei Stimulusdimensionen gleichzeitig zu beachten sind und der Aufmerksamkeitsfokus von der einen zur anderen Stimulusdimension wechseln muss.

Für alle Kriterien wird ein Effekt des unter Fragestellung 1 vermuteten gemeinsamen Faktors angenommen, da davon auszugehen ist, dass der gemeinsame Faktor als allgemeine Fähigkeit für die Erklärung von Aufmerksamkeitskomponenten von genereller Bedeutung ist.

### 3.3 Fragestellung 3:

Lassen sich die Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Aufmerksamkeitsmodell integrieren?

Während in Fragestellung 1 und 2 das Verhältnis von Unterscheidbarkeit und Einheitlichkeit der einzelnen Aufmerksamkeitskomponenten im Mittelpunkt steht, wird unter Fragestellung 3 mittels konfirmatorischer Faktorenanalysen und unter Voraussetzung der unter Fragestellung 1 und 2 bereits vermuteten Gemeinsamkeiten eine Integration der Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Faktorenmodell der Aufmerksamkeit vorgenommen.

Eine Durchsicht aufmerksamkeitspsychologischer Literatur zeigt, dass zahlreiche theoretische Ansätze existieren, welche Aufmerksamkeit auf der einen Seite auf perzeptive Prozesse, auf der anderen Seite auf Prozesse exekutiver Kontrolle beziehen (vgl. z.B. Baddeley & Weiskrantz, 1993). Dies gilt auch für die in Kapitel 2 vorgestellten Aufmerksamkeitsmodelle, so dass grundsätzlich ein integrativer Modellansatz verfolgt wird, der perzeptive und exekutive Aufmerksamkeitskomponenten unterscheidet.

Der verwendete Ansatz zur Integration der Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Faktorenmodell basiert auf der kognitionspsychologischen *Executive Control of Theory of Visual Attention* (ECTVA) von Logan und Gordon (2001), welche die exekutive Kontrolle perzeptiver Prozesse beschreibt (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 178 bis 179; Schriftenanhang 8.3). Während *perceptual attention* das Erkennen bzw. die Selektion von Stimuli durch perzeptive Kategorisierungen ermöglicht, dient *executive attention* der intentionalen Kontrolle dieser Kategorisierungsprozesse, indem so genannte Kontrollparameter neu eingestellt werden, d.h. dass bei einem Aufgabenwechsel beispielsweise der Ort des kritischen Stimulus und die zu verwendenden Reaktionskategorien neu spezifiziert werden.

Die Geschwindigkeit der Stimulusselektion und die der Manipulation von Kontrollparametern werden als unterschiedliche Quellen interindividueller Varianz angesehen. Das bedeutet, dass die latenten Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* interindividuelle Differenzen in reaktionszeitbasierten Testverfahren zur Erfassung von Aufmerksamkeitskomponenten erklären.

Obwohl diese 2-Faktorenstruktur auch aus anderen Aufmerksamkeitsmodellen abgeleitet werden kann (s. z.B. Kap. 2), bietet der ECTVA-Ansatz eine Reihe von Vorteilen, insbesondere die klare Unterscheidung von perzeptiven und exekutiven Prozessen innerhalb *eines* theoretischen Ansatzes sowie die formalen und allgemeinen Annahmen, welche auf sehr unterschiedliche Testverfahren flexibel anwendbar sind (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 181; Schriftenanhang 8.3). Die ECTVA empfiehlt sich somit als Theorie, welche eine Integration von theoretisch unterschiedlich verankerten Aufmerksamkeitskomponenten (vgl. Kap. 2) leisten kann.

Unter Fragestellung 3 wird geprüft, ob die vermutete 2-Faktorenstruktur empirisch bestätigt werden kann. Das Vorgehen zur Klassifikation bzw. Zuordnung von Testverfahren zu den beiden Faktoren (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 179 bis 181; Schriftenanhang 8.3) lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Falls die Aufgabenanforderung eines Testverfahrens allein durch Prozesse zur Erkennung oder Selektion von Objekten beschreibbar ist, wird das Testverfahren als Indikator des Faktors *perceptual attention* klassifiziert. Zu dieser Klasse zählen die Testverfahren zur Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *Alertness*, *Daueraufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit* und *räumliche Aufmerksamkeit*. Falls ein Testverfahren den Wechsel von Bearbeitungsregeln und folglich die Neueinstellung von Kontrollparametern durch exekutive Aufmerksamkeit erfordert, wird das Testverfahren dem Faktor *executive attention* zugeordnet. Es handelt sich hierbei um die Testverfahren zur Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *geteilte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel*, *fertigkeitsbedingte*

*Interferenz, Verhaltenshemmung, Handlungsplanung, supervisorisches Aufmerksamkeits-system und Konzentration.*

### 3.4 Fragestellung 4:

Ist Konzentration theoretisch und empirisch auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit rückführbar?

Fragestellung 4 setzt sich auf theoretischer und empirischer Ebene mit der Beziehung von *Konzentration* zu Aufmerksamkeit auseinander, um der in Kapitel 2.4 konstatierten definitionistischen Unbestimmtheit von *Konzentration* eine Konzentrationsdefinition auf der Grundlage von mehrdimensionaler Aufmerksamkeit entgegenzusetzen.

Der Konzentrationsbegriff stellt insofern eine Besonderheit der deutschsprachigen Psychologie dar, als in der angloamerikanischen Kognitionspsychologie neben *attention* ein Begriff *concentration* nicht verwendet wird. Wichtiger als Unterschiede im begrifflichen Gebrauch ist jedoch die Frage, ob *Konzentration* konzeptuell von Aufmerksamkeit abgegrenzt werden muss oder ob *Konzentration* in den Erklärungsrahmen der Aufmerksamkeitskomponenten eingegliedert werden kann. Falls *Konzentration* über Aufmerksamkeit hinaus keine substantielle Erklärungskraft besitzt, könnte auf *Konzentration* als erklärendem Begriff um der konzeptuellen Ökonomie willen verzichtet werden (vgl. *Ockham's Razor*). Die Frage nach der Rückführbarkeit von *Konzentration* auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit ist auf theoretischer wie auch auf empirischer Ebene zu beantworten (s. Goldhammer & Moosbrugger, 2006, S. 29 bis 31; Schriftenanhang 8.1).

Für die theoretische Analyse werden wichtige Konzentrationsdefinitionen identifiziert und daraufhin überprüft, ob sie *Konzentration* unter Verwendung des Aufmerksamkeitsbegriffs definieren. Erfolgt kein direkter Rekurs auf Aufmerksamkeit, ist festzustellen, ob die Konzentrationsdefinition sich dennoch in den konzeptuellen Rahmen von Aufmerksamkeit integrieren lässt. Lassen sich Konzentrationsdefinitionen in das nomologische Netzwerk einer mehrdimensionalen Auffassung von Aufmerksamkeit eingliedern, so wird die Erklärungskraft des Konzentrationsbegriffs geschwächt und seine Rechtfertigung als eigenständiges Konstrukt in Frage gestellt.

Für die empirische Analyse werden Ergebnisse zu Fragestellung 2 und 3 interpretiert. Insbesondere ist von Interesse, inwieweit sich *Konzentration* durch die Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner, d.h. *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit*, erklären lässt (vgl. Fragestellung 2), und ob *Konzentration* dem latenten Faktoren *executive attention* zugeordnet werden kann (vgl. Fragestellung 3).

Fragestellung 4 leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Klärung der Konstruktvalidität (vgl. Borsboom, Mellenbergh & van Heerden, 2004) von Konzentrationstests. Das bedeutet, dass diejenigen kognitiven Fähigkeiten bzw. Aufmerksamkeitskomponenten identifiziert werden, welche Testwertvariation in den angewendeten Konzentrationstests bedingen.

## 4 METHODE

### 4.1 Untersuchungsteilnehmer

An der Untersuchung nahmen  $N = 232$  Studierende teil. Entweder sie erhielten für ihre Teilnahme ein Honorar oder sie erwarben als Psychologiestudenten damit eine Bescheinigung für im ersten Studienabschnitt obligatorische Versuchsteilnahmen. Es waren 78 Männer und 154 Frauen im Alter zwischen 19 und 40 Jahren ( $M = 23.89$ ,  $SD = 3.91$ ).

### 4.2 Untersuchungsmaterial und Untersuchungsablauf

Zur Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *Alertness*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit* wurde die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) (Zimmermann & Fimm, 2000) eingesetzt.

Die Multidimensionale Aufmerksamkeits-Testbatterie (MAT) (Heyden & Moosbrugger, 1997; Heyden, 1999) diente der Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *räumliche Aufmerksamkeit*, *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung* und *fertigkeitsbedingte Interferenz*<sup>4</sup>.

Eine computerbasierte Fassung des Star-Counting-Tests (De Jong & Das-Small, 1990; De Jong & Das-Small, 1995) bildete die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses (*supervisorisches Aufmerksamkeitssystem*) ab.

Der Frankfurter Adaptive Konzentrationsleistungs-Test (FAKT) mit den Testformen FAKT-E und FAKT-SR (Moosbrugger & Heyden, 1997; Moosbrugger & Goldhammer, 2006b) sowie der Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (Brickenkamp, 1994) dienen der Erfassung von *Konzentration*.

Ausführliche Beschreibungen der einzelnen Testaufgaben befinden sich in Goldhammer, Moosbrugger und Schweizer (2007; Schriftenanhang 8.2) und in Moosbrugger, Goldhammer und Schweizer (2006, S. 179 bis 181; Schriftenanhang 8.3) (vgl. auch Moosbrugger & Goldhammer, 2006a).

Die Tests wurden an zwei Terminen in etwa zweiwöchigem Abstand durchgeführt, wobei der erste Termin mit der MAT und TAP etwa 3 Stunden und der zweite Termin mit dem FAKT-E, Star-Counting-Test und FAKT-SR etwa 2 Stunden Zeit in Anspruch nahm. Alle Tests wurden computerbasiert dargeboten. Das Diagnostiklabor umfasste dazu zwei räumlich abgetrennte Computerarbeitsplätze, an denen zwei Personen gleichzeitig getestet werden konnten.

---

<sup>4</sup> Abweichend von Heyden (1999) wurden statt Testwertquotienten, die mittlere Reaktionszeiten in verschiedenen Itembedingungen eines Subtests zueinander in Beziehung setzen, die mittlere Reaktionszeit aus der Itembedingung verwendet, in welcher sich die zu erfassende Aufmerksamkeitskomponente am stärksten äußert.

### 4.3 Statistische Analysen

Die Beantwortung der Fragestellungen erfolgt aufgrund des korrelativen Untersuchungsdesigns mit linearen Strukturgleichungsmodellen, welche die Überprüfung von a priori und theoriegeleitet spezifizierten Zusammenhangsstrukturen von Variablen erlauben (s. z.B. Bollen, 1989). In linearen Strukturgleichungsmodellen repräsentieren latente Variablen bzw. Faktoren die interessierenden Konstrukte, welche jeweils durch mehrere beobachtbare bzw. manifeste (Indikator-)Variablen erfasst werden. In konfirmatorischen Faktorenanalysen (CFA) wird das Messmodell einer latenten Variable bestimmt, indem der Zusammenhang zwischen manifesten und latenten Variablen theoriegeleitet spezifiziert wird. Strukturgleichungsmodellierungen (SEM) bauen auf der CFA auf und ermöglichen zusätzlich Hypothesen über die Zusammenhangsstruktur latenter Variablen, d.h. über das Strukturmodell. Das bedeutet insbesondere, dass spezifische Effekte latenter unabhängiger bzw. exogener Variablen auf latente abhängige bzw. endogene Variablen getestet werden können<sup>5</sup>. Im Gegensatz zu exploratorischen Verfahren erlauben konfirmatorische Faktoren- und Strukturmodelle, konkurrierende Modelle explizit gegeneinander zu testen, indem ihre jeweiligen Passungen mit der empirischen Korrelationsmatrix inferenz- oder deskriptivstatistisch verglichen werden.

Die Annahmen zur Unterscheidbarkeit der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner (Fragestellung 1) sowie die Annahmen zur Integration aller einbezogenen Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes Faktorenmodell (Fragestellung 3) werden mittels konfirmatorischer Faktorenanalysen getestet. Die Beiträge der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner zur Erklärung von Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Perspektive, der Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses sowie von Konzentration (Fragestellung 2) werden mittels konfirmatorischer Strukturmodelle überprüft.

Für alle CFA und SEM-Analysen werden die Modellparameter mit dem Schätzalgorithmus *Maximum Likelihood* (ML) (z.B. Bollen, 1989) in LISREL 8.54 (Jöreskog & Sörbom, 2001) bestimmt. Voraussetzung für die Anwendung der ML-Schätzung ist die multivariate Normalverteilung der manifesten Variablen, welche in der Praxis nur selten erfüllt ist. Die Testung der Verteilungsform mit der  $\chi^2$ -Statistik in PRELIS (Jöreskog & Sörbom, 2001) ergab signifikante Abweichungen von einer multivariaten und teilweise auch von univariaten Normalverteilungen. Die ML-Schätzung wird dennoch eingesetzt, da ihre Parameterschätzungen als robust gegen Verletzungen der Normalverteilungsannahme gelten (s. Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003).

Zur Beurteilung des Modellfits, d.h. der Passung zwischen dem spezifizierten Modell und den empirischen Daten, werden verschiedene Fit-Indizes gemäß einschlägiger Emp-

---

<sup>5</sup> Das korrelative Untersuchungsdesign gestattet es jedoch nicht, Kausalhypothesen im engeren Sinne zu überprüfen, denn die Schlussfolgerung, dass aus der Konsistenz der Daten mit dem Modell auch die Übereinstimmung des Modells mit der Realität folgt, ist logisch nicht zwingend. Dies hängt damit zusammen, dass sich prinzipiell eine Vielzahl von plausiblen Modellen gleichermaßen gut an eine empirische Korrelationsmatrix anpassen lässt (s. Bollen, 1989). Erkenntnisfortschritt besteht jedoch dann, wenn ein Modell zurückgewiesen wird (Falsifikationsprinzip).

fehlungen angewendet (s. z.B. Schermelleh-Engel et al., 2003). Inferenzstatistische und deskriptive Fit-Indizes werden für die Evaluation der Gesamtstruktur als auch der Teilstrukturen eines Modells herangezogen (s. z.B. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2).

Zur Beurteilung der inhaltlichen Relevanz der unter Fragestellung 2 erzielten Effekte der Prädiktoren sowie des Anteils erklärter Kriteriumsvarianz werden Effektgrößen ex post bestimmt und in Anlehnung an Cohens (1992) etablierter Klassifikation von Effektgrößen beurteilt. Dazu werden Cohens Klassifikationen für Korrelations- und Regressionsanalysen auf manifester Ebene auf die latente Ebene übertragen (vgl. Kline, 2005). Das heißt, Effekte einer (latenten) unabhängigen Variable der Stärke ab .10, .20 bzw. .50 werden als klein, mittel bzw. groß klassifiziert; Anteile erklärter Varianz in der (latenten) abhängigen Variablen ab .02, .15 bzw. .35 werden als klein, mittel bzw. groß beurteilt.

Für jede manifeste Variable wurden extreme Ausreißerwerte auffindig gemacht und ersetzt. Falls ein Wert zum Mittelwert eine Differenz von mehr als 3 Standardabweichungen aufwies, wurde er als Ausreißerwert betrachtet und durch den Wert ersetzt, welcher 3 Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt ist. Die Ausreißerbehandlung betraf nur etwa 1% der Beobachtungen.

## 5 ERGEBNISSE

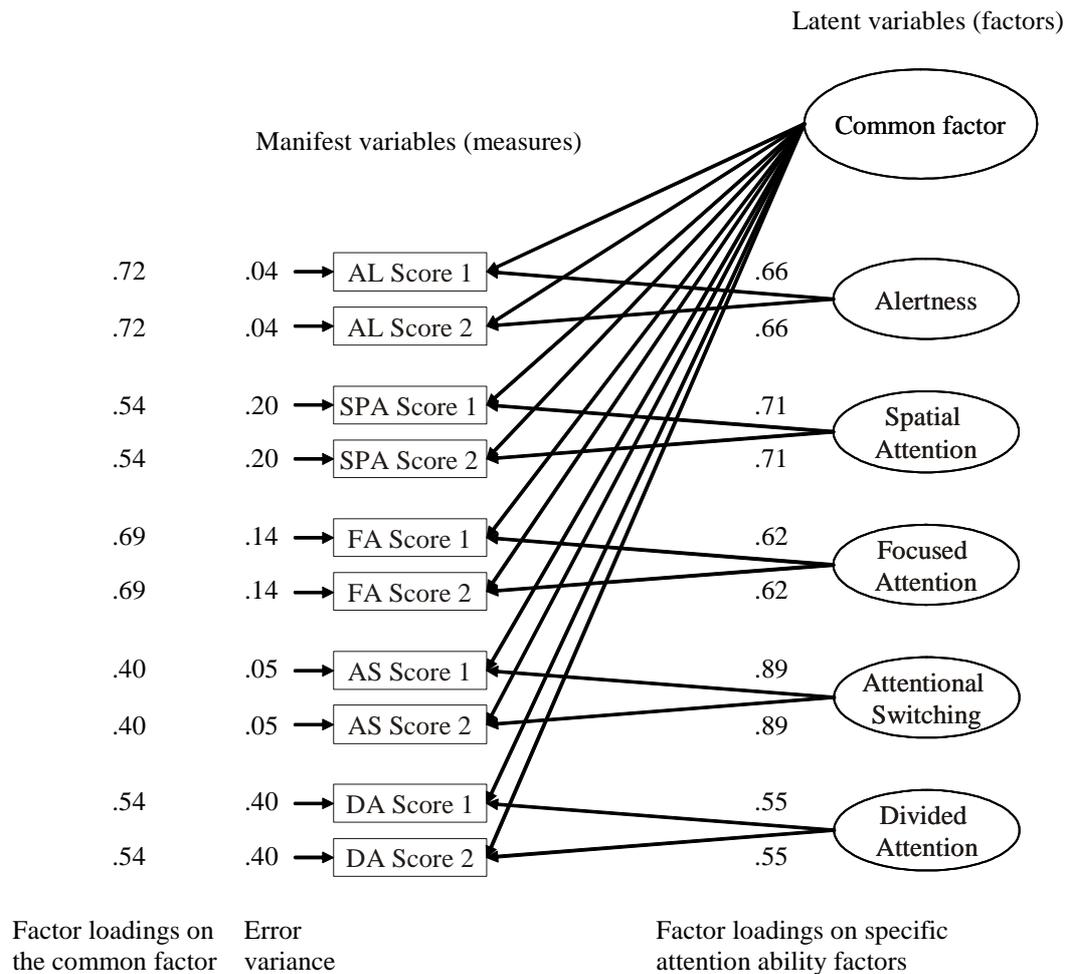
### 5.1 Ergebnisse zu Fragestellung 1

Zu Fragestellung 1 wurde empirisch untersucht, inwieweit die fünf Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner, *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit*, aus differentiell-psychologischer Sicht separiert werden können. Dazu wurde jede Aufmerksamkeitskomponente als latente Variable in konfirmatorischen Faktormodellen repräsentiert, wobei jede latente Variable durch zwei aus Testhälften gebildete manifeste Variablen erfasst wurde.

Insgesamt wurden vier konfirmatorische Faktormodelle, Modell A, B, C und D, getestet und miteinander verglichen. Die Modelle unterschieden sich vor allem darin, ob Korrelationen zwischen Faktoren zugelassen wurden und in der Anzahl der angenommenen Faktoren.

In Modell A wurden hypothesenkonform Korrelationen zwischen den latenten Variablen zugelassen. Falls die fünf Aufmerksamkeitskomponenten unterschieden werden können, sollte Modell A einen besseren Modellfit aufweisen als das restriktivere Modell B, welches annimmt, dass die fünf Aufmerksamkeitskomponenten sich auf dieselbe kognitive Fähigkeit beziehen und somit als einheitlich aufzufassen sind. Modell B wurde aus Modell A abgeleitet, indem die Korrelationen zwischen den latenten Variablen auf 1.0 fixiert wurden. Wäre dagegen die Annahme zutreffend, dass die latenten Variablen vollständig unabhängig voneinander sind, sollte Modell C mit Nullkorrelationen zwischen den latenten Variablen einen guten Modellfit aufweisen. Modell D erlaubt die Unterscheidung zwischen generellen und spezifischen Fähigkeiten (s. z.B. Gustafsson & Balke, 1993). Das bedeutet, dass die in der Hypothese angenommenen Gemeinsamkeiten zwischen den Aufmerksamkeitskomponenten nicht wie in Modell A als Korrelationen abgebildet werden, sondern restriktiver als gemeinsamer Faktor erster Ordnung, auf den alle manifesten Variablen laden. Außerdem enthält Modell A fünf spezifische Faktoren, welche wechselseitig unabhängig voneinander sind und die fünf interessierenden Aufmerksamkeitskomponenten unter Ausparialisierung ihrer Gemeinsamkeiten repräsentieren (vgl. Abb. 1).

Falls die beiden hypothesenkonformen Modelle A und D vergleichbare Modellfits aufweisen, sollte Modell D vorgezogen werden, da es gegenüber Modell A verschiedene Vorteile bietet. In Bezug auf Fragestellung 1 zeichnet sich Modell D als Messmodell dadurch aus, dass gemeinsame und spezifische Varianzanteile der manifesten Variablen getrennt werden können bzw. die Konfundierung spezifischer und unspezifischer Varianzquellen durch die Annahme spezifischer Faktoren und eines gemeinsamen Faktors vermieden wird. In Bezug auf Fragestellung 2 ermöglicht Modell D, jedes Kriterium durch spezifische Fähigkeiten und eine generelle Fähigkeit der Aufmerksamkeit vorherzusagen, d.h. die im Kriterium erklärte Varianz wird zerlegt in durch spezifische Fähigkeiten erklärte Teile und in einen Teil, welcher durch die generelle Fähigkeit erklärt wird.



**Abb. 1:** Das vorgeschlagene konfirmatorische Faktorenmodell D (Messmodell) der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner zeigt fünf unterscheidbare spezifische Aufmerksamkeitsfaktoren und einen generellen Aufmerksamkeitsfaktor (aus Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2).

Die Modelle A und D wurden anhand ihrer Fit-Indizes mit den Modellen B und C verglichen. Inferenzstatistische Modellvergleichstests ergaben, dass Modell A die empirische Korrelationsmatrix signifikant besser reproduziert als die Modelle B und C, welche vollständige Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit der Aufmerksamkeitskomponenten annehmen. In Modell A schließen die Konfidenzintervalle der einzelnen - durchweg positiven - Korrelationskoeffizienten zwischen .25 und .57 weder den Wert 0.0 noch 1.0 ein, d.h. jeweils zwei Aufmerksamkeitskomponenten repräsentieren aus differentiell-psychologischer Sicht weder dieselben kognitiven Fähigkeiten noch zwei vollständig voneinander unabhängige kognitive Fähigkeiten.

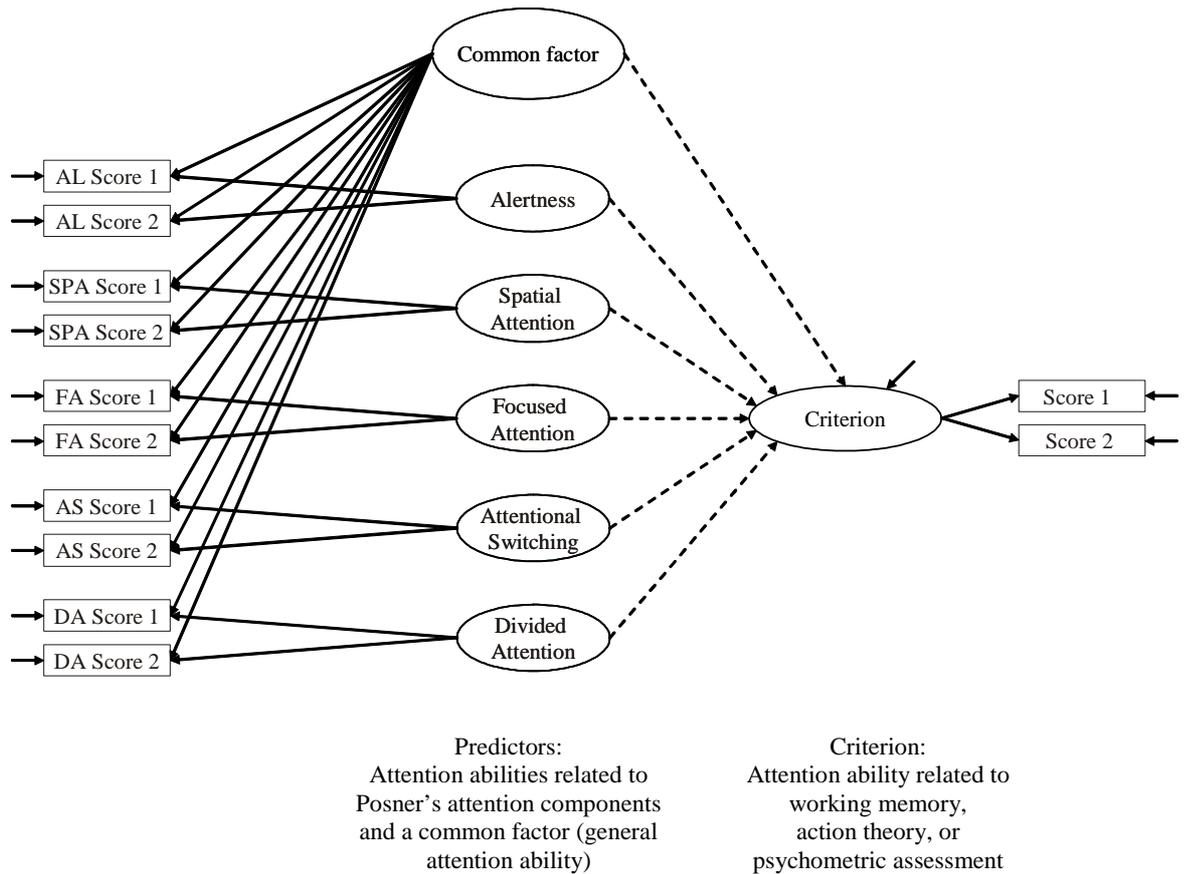
Ein Vergleich von Modell A mit korrelierten Faktoren und Modell D mit unkorrelierten Faktoren, aber zusätzlichem gemeinsamem Faktor ergab, dass die Passung der beiden Modelle mit der empirischen Korrelationsmatrix gleich gut ausfällt, weshalb schließlich

Modell D vorgezogen wurde. Abbildung 1 zeigt das konfirmatorische Faktorenmodell D (Messmodell) der fünf Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner mit standardisierten Parameterschätzungen.

## 5.2 Ergebnisse zu Fragestellung 2

Zu Fragestellung 2 wurde untersucht, welchen Beitrag die unter Fragestellung 1 innerhalb Messmodell D differenzierten Aufmerksamkeitskomponenten zur Varianzerklärung in konzeptuell abgrenzbaren Aufmerksamkeitskomponenten leisten. Dazu wurde separat für jedes der sieben Kriterien ein Strukturgleichungsmodell (vgl. Abb. 2) getestet, d.h. für die Aufmerksamkeitskomponenten *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung*, *fertigkeitsbedingte Interferenz* sowie für die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses (*supervisorisches Aufmerksamkeitssystem*) und *Konzentration*, welche alternativ mit dem FAKT-E, dem FAKT-SR oder dem Test d2 erfasst wurde. Gemäß der jeweiligen Hypothese wurden Effektwege zwischen den Prädiktoren und dem Kriterium zugelassen. Falls Modifikationsindizes oder insignifikante Effektwege auf Fehlspezifikationen innerhalb des Strukturmodells hinwiesen, erfolgte ex post eine datengeleitete Modellanpassung. Diese Abschwächung des konfirmatorischen zugunsten eines exploratorischen Vorgehens war lediglich bei vier Kriterien erforderlich und führte jeweils zu einem sparsameren Modell. Eine ausführliche tabellarische Darstellung der Ergebnisse ist in Goldhammer, Moosbrugger und Schweizer (2007; Schriftenanhang 8.2) zu finden.

Für die drei Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Sicht, *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung* und *fertigkeitsbedingte Interferenz*, wurde angenommen, dass neben dem gemeinsamen Faktor die Aufmerksamkeitskomponenten *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel* einen signifikanten Erklärungsbeitrag leisten. Diese Hypothese konnte uneingeschränkt nur für *fertigkeitsbedingte Interferenz* bestätigt werden. Es zeigten sich mittlere Effekte für den gemeinsamen Faktor, *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel* von .45, .26 bzw. .35 sowie ein als groß einzustufender Anteil erklärter Kriteriumsvarianz von 40%. Für *Verhaltenshemmung* zeigten sich nach Modellmodifikationen hypothesenkonforme mittlere Effekte für den gemeinsamen Faktor und *Aufmerksamkeitswechsel* von .40 bzw. .20 sowie ein unerwarteter kleiner Effekt für *räumliche Aufmerksamkeit* von .16. Der Anteil erklärter Kriteriumsvarianz von 22% liegt nach den Konventionen zur Klassifikation von Effektgrößen im mittleren Bereich. Die Komponente *Handlungsplanung* wurde weder von *Aufmerksamkeitswechsel* noch von *geteilter Aufmerksamkeit* in signifikanter Weise erklärt. Signifikante und als groß zu klassifizierende Effekte waren jedoch für den gemeinsamen Faktor und *fokussierte Aufmerksamkeit* in der Höhe von .55 bzw. -.29 zu beobachten. Entsprechend konnte auch ein großer Anteil der Kriteriumsvarianz erklärt werden, nämlich 39%.



**Abb. 2:** Konfirmatorisches Strukturgleichungsmodell zur Prüfung der angenommenen Effekte der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner (linke Seite, Prädiktoren) auf Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Sicht, auf die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses sowie auf Konzentration (rechte Seite, Kriterium) (aus Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2).

Für die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses wurde ein Effekt von *Aufmerksamkeitswechsel* erwartet, welcher auf .11 geschätzt wurde, jedoch nur marginal signifikant war. Im modifizierten Modell zeigte sich lediglich der gemeinsame Faktor als bedeutsamer Prädiktor, welcher einen mittleren Effekt von .48 aufwies. Entsprechend ergab sich ein Anteil erklärter Kriteriumsvarianz im mittleren Bereich von 23%.

Für *Konzentration*, welche alternativ mit dem FAKT-E, dem FAKT-SR oder dem Test d2 erfasst wurde, konnte die Hypothese, dass *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel* sowie der gemeinsame Faktor wesentlich am Zustandekommen der Testleistung beteiligt sind, fast durchgehend bestätigt werden. Die Konzentrationsleistung in FAKT-E konnte signifikant durch den gemeinsamen Faktor und *geteilte Aufmerksamkeit* mit einem jeweils mittleren Effekt in der Höhe von .39 bzw. .26 sowie durch *Aufmerksamkeitswechsel* mit einem kleinen Effekt von .19 erklärt werden. Dem entspricht ein Anteil erklärter Kriteriumsvarianz im mittleren Bereich von 26%. Ähnlich stellte sich die Ergebnislage für die mit FAKT-SR erfasste Konzentrationsleistung dar. Der gemeinsame Faktor

wies einen großen Effekt von .52 auf, *geteilte Aufmerksamkeit* einen mittleren Effekt von .23 und *Aufmerksamkeitswechsel* einen kleinen Effekt von .19. Der als groß einzustufende Anteil erklärter Kriteriumsvarianz belief sich auf 36%. Für die mit Test d2 erfasste Konzentrationsleistung stellte sich heraus, dass *geteilte Aufmerksamkeit* entgegen der Hypothese nicht zur Erklärung der Kriteriumsvarianz beiträgt. Im modifizierten Modell zeigte sich für den gemeinsamen Faktor ein mittlerer Effekt von .47 und für *Aufmerksamkeitswechsel* ein kleiner Effekt von .14. Der Anteil erklärter Kriteriumsvarianz lag im mittleren Bereich und betrug 24%.

### 5.3 Ergebnisse zu Fragestellung 3

Zu Fragestellung 3 wurden Aufmerksamkeitskomponenten, welche aus unterschiedlichen theoretischen Blickwinkeln postuliert werden, in ein theorienübergreifendes Faktorenmodell der Aufmerksamkeit integriert. Aufbauend auf der *Executive Control of Theory of Visual Attention* (ECTVA) von Logan und Gordon (2001) wurde geprüft, ob *perceptual attention* und *executive attention* als latente Faktoren angenommen werden können, welche interindividuelle Unterschiede in Messungen zur Erfassung von Aufmerksamkeitskomponenten und Konzentration erklären.

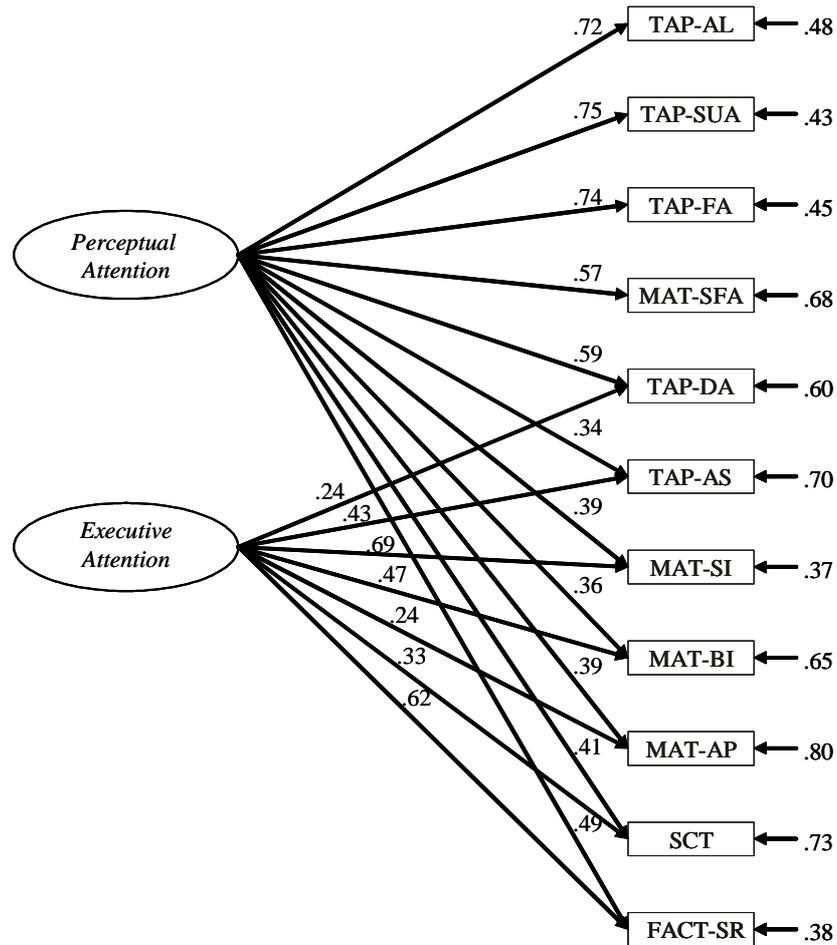
Zur Beantwortung von Fragestellung 3 wurden gemäß der a priori formulierten Annahmen die Messverfahren zur Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit* und *Vigilanz* dem Faktor *perceptual attention* und diejenigen zur Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten *Aufmerksamkeitswechsel*, *geteilte Aufmerksamkeit*, *Verhaltenshemmung*, *Handlungsplanung*, *fertigkeitsbedingte Interferenz*, *supervisorisches Aufmerksamkeitssystem* sowie *Konzentration* dem Faktor *executive attention* zugeordnet. Um jede Aufmerksamkeitskomponente im Messmodell gleich stark zu gewichten, wurde *Konzentration* nur durch den FAKT-SR repräsentiert.

Zunächst wurden drei confirmatorische Faktormodelle, Modell A, B1, und B2, getestet und miteinander verglichen. Die Modelle unterschieden sich vor allem darin, ob und wie die Korrelation zwischen den beiden Faktoren, *perceptual attention* und *executive attention*, restringiert wurde. Modell A stellt ein einfaktorielles Messmodell dar und wurde den beiden hypothesenkonformen zweifaktoriellen Messmodellen B1 und B2 als restriktiveres und somit sparsameres Alternativmodell gegenübergestellt. In Modell A wurde die Korrelation zwischen den Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* auf 1 fixiert, so dass durch die Vorgabe vollständiger Abhängigkeit der beiden Faktoren de facto ein einfaktorielles Messmodell getestet wurde. In Modell B1 wird angenommen, dass die beiden Faktoren vollständig unabhängig voneinander sind, weshalb die Faktorinterkorrelation auf 0 fixiert wurde; in Modell B2 wurde die Faktorinterkorrelation hingegen frei geschätzt.

Deskriptiv- und inferenzstatistische Modellvergleiche zeigten, dass Modell B2 den besten Modellfit aufweist, gefolgt von Modell B1 und Modell A. In Modell B2 fiel die Korre-

lation zwischen den Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* von .66 signifikant und substantiell aus.

Um die Korrelation zwischen den Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* durch den Einfluss eines gemeinsamen Faktors erklären zu können, wurden drei weitere Messmodelle, Modell C, D1 und D2 spezifiziert, welche zusätzliche Effekte einer latenten auf manifeste Variablen zulassen. In Modell C wurde die Gemeinsamkeit zwischen den Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* durch einen zusätzlichen gemeinsamen Faktor erster Ordnung erklärt. Allerdings fielen die Ladungen auf dem Faktor *perceptual attention* im Gegensatz zu denjenigen auf dem Faktor *executive attention* insignifikant aus. Die hohen Ladungen von *fokussierter Aufmerksamkeit* und *Alertness* auf dem gemeinsamen Faktor legten nahe, dass er als *perceptual attention* interpretiert werden kann. Um diese Interpretation zu stützen, wurden die beiden Modelle D1 und D2 ausgehend von Modell B1 spezifiziert und getestet. In Modell D1 laden Indikatorvariablen zur Erfassung exekutiver Aufmerksamkeit auch auf den Faktor *perceptual attention*, da in Einklang mit der ECTVA angenommen werden kann, dass exekutive Aufmerksamkeitsprozesse nur erfasst werden können, indem sie Kontrollparameter perceptiver Aufmerksamkeitsprozesse manipulieren. In Alternativmodell D2 laden hingegen die Indikatorvariablen zur Erfassung perceptiver Aufmerksamkeit auch auf den Faktor *executive attention*, da alternativ vermutet werden kann, dass exekutive Aufmerksamkeit in allen Aufgaben erforderlich ist, die nicht vollständig automatisiert bearbeitet werden können. Der Vergleich der Modelle D1 und D2 ergab, dass Modell D1 einen besseren Modellfit aufweist; somit wurde die Annahme, dass es einen gemeinsamen Faktor *perceptual attention* gibt und Residualvarianz von Messungen exekutiver Aufmerksamkeit durch den spezifischen Faktor *executive attention* erklärt wird, unterstützt. Abbildung 3 zeigt Modell D1 mit standardisierten Parameterschätzungen.



**Abb. 3:** „Perceptual attention“ und „executive attention“ als latente Faktoren zur Erklärung interindividueller Unterschiede in Aufmerksamkeits- und Konzentrationsmessungen (Modell D1) (aus Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 184; Schriftenanhang 8.3).

#### 5.4 Ergebnisse zu Fragestellung 4

Zu Fragestellung 4 wurde die Rückführbarkeit von *Konzentration* auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit auf theoretischer (s. Goldhammer & Moosbrugger, 2006, S. 29 bis 31; Schriftenanhang 8.1) und empirischer Ebene (s. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2 und s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 182 bis 184; Schriftenanhang 8.3) untersucht. Hierbei wurde geprüft, ob *Konzentration* neben der Vielfalt von Aufmerksamkeitskomponenten als unabhängiges Konstrukt mit eigenständigem Erklärungsbereich angesehen werden kann.

Bei Durchsicht der ausschließlich deutschsprachigen Konzentrationsliteratur ist auffällig, dass teilweise sehr unterschiedliche Definitionen von *Konzentration* vorgeschlagen werden, wobei deren Uneinheitlichkeit vor allem durch die Art der angenommenen Relation zwischen *Konzentration* und Aufmerksamkeit bedingt ist. Auf der einen Seite liegen Definitionen vor, die *Konzentration* als eine besondere Form der Aufmerksamkeit auffas-

sen, auf der anderen Seite solche, die *Konzentration* als ein von Aufmerksamkeit verschiedenes Konzept ansehen.

In Definitionen, welche *Konzentration* als eine besondere Form der Aufmerksamkeit charakterisieren (vgl. Berg, 1987; Brickenkamp & Karl, 1986; Häcker & Stapf, 1998; Leitner, 1998; Mierke, 1957; Prystav, 1997; Rapp, 1982), wird als bestimmendes Merkmal von *Konzentration* explizit auf Aufmerksamkeit rekurriert, wobei zusätzlich zu Aufmerksamkeit als weitere Bestimmungsstücke die Merkmale „Intentionalität“, „Beanspruchung energetischer Ressourcen“, „Reizintegration“, „Willkürlichkeit“, „Fokussierung“, „Ausrichtung“, „Intensität“, „Organisation“ oder „Anspannung“ angegeben werden. Dennoch besteht eine klare konzeptuelle Anbindung von *Konzentration* an Aufmerksamkeit.

Aktuelle Definitionen, welche *Konzentration* als ein von Aufmerksamkeit verschiedenes Konzept ansehen, schränken den Erklärungsbereich von Aufmerksamkeit auf Wahrnehmungsprozesse ein und beziehen *Konzentration* auf „Arbeit“. Schmidt-Atzert, Büttner und Bühner (2004) beispielsweise verstehen unter *Konzentration* eine bestimmte Art des Arbeitens, die sie als kognitive Anstrengung bezeichnen. *Cognitive effort* ermöglicht nach Schmidt-Atzert et al. schnelles und genaues Arbeiten auch unter solchen Bedingungen, die das Erbringen kognitiver Leistungen normalerweise erschweren. Für Westhoff und Hagemeister (2005) ist konzentriertes Arbeiten durch die Selektion von relevanter Information sowie die Auswahl, Energetisierung, Koordination und Kontrolle von Aktionsmustern gekennzeichnet. Analog der Ladungskapazität und dem Ladungszustand eines Akkus unterscheiden Westhoff und Hagemeister bei konzentrierter Tätigkeit inter- und intraindividuelle Unterschiede.

Jedoch auch diese zweite Gruppe von Konzentrationsbegriffen lässt sich ohne Negierung der jeweils zugrundeliegenden theoretischen Idee in den Erklärungsrahmen von Aufmerksamkeit integrieren. Die von Westhoff und Hagemeister (2005) der Konzentration zugewiesene Funktion der Kontrolle und Koordinierung von Aktionsmustern ist elementarer Bestandteil des Konzeptes *supervisory attentional system* von Norman und Shallice (1986; Shallice, 1982; s. auch Kap. 2.3). Tatsächlich beziehen sich Westhoff und Hagemeister (2005) bei Ihrer Definition von *Konzentration* explizit auf dieses Aufmerksamkeitskonzept. Der durch die Akkumetapher veranschaulichte energetische Aspekt von Konzentration lässt sich auf das Konzept der *Daueraufmerksamkeit* abbilden, das die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit über längere Zeitspannen beschreibt (s. z.B. Sturm & Zimmermann, 2000). Dementsprechend kann auch der Konzentrationsbegriff von Schmidt-Atzert et al. (2004), der sich auf die Aufrechterhaltung schnellen und genauen Arbeitens durch *cognitive effort* bezieht, substanziell auf das Konzept der *Daueraufmerksamkeit* zurückgeführt werden. Übereinstimmend mit dieser Interpretation wird bereits bei Posner und Rafal (1987) die Aufmerksamkeitskomponente *Vigilanz* mit *mental effort* beschrieben. In einer jüngeren Studie bemerken Schmidt-Atzert, Bühner und Enders (2006), dass der Faktor *focus-execute* im Aufmerksamkeitsmodell von Mirsky, Pascualvaca, Duncan und French (1999) weitgehend dem entspricht, was sie unter *Konzentration* verstehen.

Die Beziehung von *Konzentration* zu Aufmerksamkeit auf empirischer Ebene wird anhand der unter Fragestellung 2 und 3 erzielten Ergebnisse beurteilt. Aus den Befunden zu Fragestellung 2 geht hervor, dass von den Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner - gemäß Hypothese - der zugrundeliegende gemeinsame Faktor sowie die spezifischen Faktoren *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit* signifikant zur Erklärung von *Konzentration* (erfasst mit FAKT-E bzw. FAKT-SR) beitragen. Der Anteil erklärter Kriteriumsvarianz ist für FAKT-E als mittel und für FAKT-SR als groß zu beurteilen. In Bezug auf den Test d2 kann ein Effekt für den gemeinsamen Faktor sowie *Aufmerksamkeitswechsel* festgestellt werden, nicht jedoch für *geteilte Aufmerksamkeit*. Der Anteil erklärter Kriteriumsvarianz liegt im mittleren Bereich.

Die Ergebnisse zu Fragestellung 3 (s. Modell D1) bestätigen, dass *Konzentration* (erfasst mit FAKT-SR) eine bedeutsame Indikatorvariable von *executive attention* darstellt, und dass ein beträchtlicher Anteil, nämlich insgesamt 62.4% der Testwertvarianz durch die beiden Aufmerksamkeitsfaktoren erklärt werden kann, wobei der deutlich größere Anteil von 38.4% durch *executive attention* determiniert wird und der verbleibende Anteil von 24.0% durch *perceptual attention*.

Auf Grundlage der theoretischen und empirischen Analyse der Beziehung von *Konzentration* zu Aufmerksamkeit wird von Goldhammer und Moosbrugger (2006, S. 31; Schriftenanhang 8.1) unter Bezugnahme auf mehrdimensionale Aufmerksamkeitsmodelle folgende Definition für *Konzentration* vorgeschlagen:

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). (S. 31)

## 6 DISKUSSION

Ziel der vorliegenden Arbeit war zum einen die strukturelle Analyse von theoretisch deutlich unterscheidbaren Aufmerksamkeitskomponenten im Hinblick auf den Grad ihrer gegenseitigen Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit aus differentiell-psychologischer Perspektive (Fragestellung 1 und 2). Zum anderen wurde ein integratives, d.h. theorienübergreifendes Faktorenmodell der Aufmerksamkeit entwickelt, das zwei grundlegende Aufmerksamkeitsfaktoren zur Erklärung interindividueller Unterschiede in Aufmerksamkeits- und Konzentrationsmessungen annimmt (Fragestellung 3). Schließlich wurde die Eigenständigkeit des Konzentrationskonstrukts geprüft, indem auf theoretischer Ebene Konzeptualisierungen von Konzentration in den Erklärungsrahmen mehrdimensionaler Aufmerksamkeit eingegliedert wurden sowie auf empirischer Ebene Konzentration durch Aufmerksamkeitskomponenten erklärt wurde (Fragestellung 4).

### 6.1 Diskussion zu Fragestellung 1

Die Ergebnisse zu Fragestellung 1 belegen, dass die Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner, *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit*, empirisch klar voneinander abgrenzbar sind. Es hat sich jedoch auch gezeigt, dass die Aufmerksamkeitskomponenten wechselseitig Gemeinsamkeiten aufweisen, welche durch einen gemeinsamen zugrunde liegenden Faktor repräsentiert werden können.

Es stellt sich die Frage, welche Ursache es für die beträchtlichen Gemeinsamkeiten zwischen den Aufmerksamkeitskomponenten gibt bzw. wie der gemeinsame Faktor zu interpretieren ist. Aus konzeptueller Sicht kann plausiblerweise angenommen werden, dass der allgemeine Grad der Reaktionsbereitschaft (*Alertness*) von genereller Bedeutung für Aufmerksamkeitskomponenten ist, da Reaktionsbereitschaft eine notwendige Bedingung für jeglichen intentional gesteuerten Informationsverarbeitungsprozess darstellt. Diese Annahme wird empirisch gestützt durch die hohe Ladung der *Alertness*-Messungen auf dem gemeinsamen Faktor von .72; die Faktorladung der *Aufmerksamkeitswechsel*-Messungen von .40 fällt hingegen deutlich geringer aus. Verwendet man das unter Fragestellung 3 angewendete Rationale, lässt sich der gemeinsame Faktor auch als *perceptual attention* interpretieren, da für alle Aufmerksamkeitskomponenten gilt, dass sie mit Testaufgaben erfasst wurden, welche auch wahrnehmungsbezogene Aufmerksamkeitsprozesse auslösen. Aus dieser Perspektive ist auch der unter Fragestellung 2 gezeigte substantielle Effekt des gemeinsamen Faktors auf durchweg alle Kriterien gut nachzuvollziehen.

An dieser Stelle ist aus methodischer Sicht zu fragen, ob die Gemeinsamkeiten zwischen den fünf Aufmerksamkeitskomponenten in Modell A und der gemeinsame Faktor in Modell D nicht damit zusammenhängen, dass Testhälften zu Erfassung der latenten Variablen eingesetzt wurden. Die latenten Variablen in Modell A repräsentieren nämlich in diesem Fall nicht nur Varianz, welche durch die interessierende Aufmerksamkeitskompo-

nente determiniert ist, sondern auch zusätzlich (Methoden-)Varianz, bedingt durch idiosynkratische Aufgabenanforderungen. Daraus folgt, dass die Korrelationen zwischen latenten Variablen in Modell A verstärkt sein können, da die Aufgaben zur Erfassung der verschiedenen Aufmerksamkeitskomponenten zueinander ähnlich sind. Beispielsweise werden in der Regel visuelle Stimuli präsentiert und schnelle motorische Reaktionen verlangt. Entsprechend würde der gemeinsame Faktor in Modell D zumindest teilweise seine Existenz den Gemeinsamkeiten im Aufgabendesign verdanken und somit teilweise auch gemeinsame Methodenvarianz repräsentieren. Falls unter dem vermuteten Methodeneffekt jedoch die grundlegende Fähigkeit zur Verarbeitung visueller Stimuli zu verstehen ist, kann er ohne Schwierigkeit als generelle Aufmerksamkeitsfähigkeit im Sinne von *Alertness* oder *perceptual attention* aufgefasst werden (vgl. die Feststellung von Schmitt, 2006, S. 23f.: "methods are hypothetical constructs"). Unabhängig von der Interpretation des gemeinsamen Faktors ist festzuhalten, dass Modell D im Gegensatz zu Modell A die Trennung gemeinsamer und spezifischer Varianzanteile ermöglicht, so dass die spezifischen Faktoren in Modell D die Aufmerksamkeitskomponenten unter Auspartialisierung inhaltlich oder methodisch interpretierbarer gemeinsamer Anteile darstellen. Das bedeutet auch, dass die unter Fragestellung 2 untersuchten Effekte auf ein Kriterium als jeweils spezifisch für die jeweilige Aufmerksamkeitskomponente angesehen werden können.

## 6.2 Diskussion zu Fragestellung 2

Die Befunde zu Fragestellung 2 machen deutlich, dass die Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners substanziell zur Erklärung theoretisch unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten beitragen. Die Anteile erklärter Kriteriumsvarianz belegen mittlere bis große Effekte der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner auf die Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Sicht, auf die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses sowie auf Konzentration.

Bezüglich der Spezifikation der Strukturgleichungsmodelle ist grundsätzlich anzumerken, dass das korrelative Untersuchungsdesign keine kausalen Schlüsse im engeren Sinne zulässt, d.h. dass sich die angenommene Richtung der Effekte von den Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner zu den Aufmerksamkeitskomponenten, welche als Kriterien aufgefasst wurden, nicht zwangsläufig aus der Datenbasis ergibt (vgl. auch Fußnote 5). Die Effektrichtung wird jedoch dadurch gerechtfertigt, dass Aufmerksamkeitskomponenten, welche theoretisch und empirisch breit verankert sind, andere Aufmerksamkeitskomponenten sowie Konzentration mit jeweils schwächerer Fundierung theoretisch gehaltvoll erklären können (s. Kap. 3.2). Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Strukturgleichungsmodelle nicht separat für jedes Kriterium getestet wurden, weil die Kriterien als voneinander unabhängig angenommen werden. Vielmehr wurde durch diesen Modellierungsansatz vermieden, dass Effekte von Prädiktoren auf Kriterien durch indirekte Effekte über korrelierte Kriterien verdeckt werden (s. Goldhammer, Moosbrugger & Schweizer, 2007; Schriftenanhang 8.2).

Die Hypothesen über den Beitrag der Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner zu Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Sicht konnten teilweise bestätigt werden, d.h. *Aufmerksamkeitswechsel* trägt zu *fertigkeitsbedingter Interferenz* und *Verhaltenshemmung* bei; *geteilte Aufmerksamkeit* erklärt zusätzlich die Aufmerksamkeitskomponente *fertigkeitsbedingte Interferenz*. Zwei Effekte, nämlich der Effekt von *räumlicher Aufmerksamkeit* auf *Verhaltenshemmung* sowie von *fokussierter Aufmerksamkeit* auf *Handlungsplanung*, wurden nicht erwartet, aufgrund der Modifikationsindizes aber ex post zugelassen. Zwar fällt der kleine Effekt von *räumlicher Aufmerksamkeit* auf *Verhaltenshemmung* signifikant aus, es wird jedoch nicht angenommen, dass auf konzeptueller Ebene *räumliche Aufmerksamkeit* der Aufmerksamkeitskomponente *Verhaltenshemmung* zugrunde liegt, da *Verhaltenshemmung* als domänenunspezifische Fähigkeit konzeptualisiert ist. Stattdessen wird vermutet, dass die Testaufgabe zur Messung von *Verhaltenshemmung* aufgrund ihres Designs zusätzlich visuell-räumliche Fähigkeiten erfasst (s. oben Methodenvarianz). Der negative Effekt von  $-.29$  des spezifischen Anteils von *fokussierter Aufmerksamkeit*, d.h. des spezifischen Faktors, und der positive Effekt des gemeinsamen Anteils von  $.55$ , d.h. des gemeinsamen Faktors, waren unerwartet, da die Korrelation zwischen *fokussierter Aufmerksamkeit* und *Handlungsplanung* auf latenter Ebene  $.22$  beträgt. Pfadanalytisch lässt sich dieses Resultat dadurch erklären, dass die Korrelation als Gesamteffekt zwischen *fokussierter Aufmerksamkeit* und *Handlungsplanung* aufgefasst wird, welcher sich aus dem Effekt des gemeinsamen und des spezifischen Anteils *fokussierter Aufmerksamkeit* auf *Handlungsplanung* ergibt.

Aufgrund der definitorischen Unbestimmtheit des Konzentrationskonstruktes war der Beitrag von Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners zur Leistung in ausgewählten Konzentrationstests von besonderer Relevanz. Die Effekte von *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilter Aufmerksamkeit* bestätigen die Annahme, dass Testaufgaben im FAKT und im Test d2 dadurch gelöst werden, dass zwei Stimulusdimensionen gleichzeitig beachtet werden und der Aufmerksamkeitsfokus von der einen zur anderen Stimulusdimension wechselt (s. auch Kap. 6.4).

### 6.3 Diskussion zu Fragestellung 3

Zur Beantwortung von Fragestellung 3 wurden theorienübergreifend Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners, Aufmerksamkeitskomponenten aus handlungsorientierter Perspektive, die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses sowie Konzentration in ein 2-Faktorenmodell der Aufmerksamkeit mit dem generellen Faktor *perceptual attention* und dem spezifischen Faktor *executive attention* integriert. Während unter Fragestellung 1 und 2 die einzelnen Komponenten und ihre Unterscheidbarkeit im Mittelpunkt standen, wurde unter Fragestellung 3 gezeigt, dass *perceptual attention* und *executive attention* der Vielfalt von Aufmerksamkeitskomponenten als Basisdimensionen der Aufmerksamkeit zugrunde gelegt werden können.

Zunächst wurden drei Modelle getestet, das 1-Faktorenmodell A, das 2-Faktorenmodell B1 mit unkorrelierten Faktoren sowie das in der Hypothese angenomme-

ne 2-Faktorenmodell B2 mit korrelierten Faktoren, welches aufgrund des besten Modellfits bestätigt werden konnte. Auch wenn der Modellfit des weniger restriktiven Modells B2 aus modelllogischen Gründen nicht schlechter ausfallen kann als der Modellfit des restriktiveren Modells A (vgl. Bollen, 1989), ist der signifikant bessere Modellfit von Modell B2 im Vergleich zu Modell A nicht trivial, da eine zufällige Zuordnung der Aufmerksamkeitsmessungen zu zwei Faktoren nicht zwangsläufig zu einer signifikanten Verbesserung des Modellfits führen würde. Eine signifikante Verbesserung gegenüber dem 1-Faktorenmodell A konnte jedoch dadurch erreicht werden, dass im Sinne der *Executive Control of Theory of Visual Attention* (ECTVA) jeweils konzeptuell verwandte Aufmerksamkeitsmessungen den Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* zugeordnet wurden.

Die Frage nach der (Un-)Abhängigkeit der Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* in Modell B2 kann auf konzeptueller wie auch auf der Messebene diskutiert werden. Auf konzeptueller Ebene liegt nahe, dass beide Faktoren unabhängig voneinander sind, da der übergeordnete exekutive Kontrollprozess funktional klar von untergeordneten perceptiven Aufmerksamkeitsprozessen differenzierbar ist (vgl. Logan & Gordon, 2001). Unter dieser Unabhängigkeitsannahme wurde Modell C getestet, welches eine zusätzliche gemeinsame Varianzquelle für alle Aufmerksamkeitsmessungen in Form eines Generalfaktors annimmt und dadurch die Korrelation zwischen *perceptual attention* und *executive attention* entfallen kann. Die angenommene Faktorenstruktur konnte jedoch nicht bestätigt werden. Auf der Messebene erscheint eine andere Erklärung für die Faktorinterkorrelation plausibel, welche ebenfalls von der Unabhängigkeit der Faktoren *perceptual attention* und *executive attention* ausgeht, jedoch keine weitere Varianzquelle annimmt. Die Erklärung besteht darin, dass exekutive Kontrollprozesse per definitionem nur dann aktiv werden, wenn perzeptive Verarbeitungsprozesse gesteuert werden müssen, d.h. *executive attention* kann nur erfasst werden, wenn auch gleichzeitig perzeptive Verarbeitungsprozesse auftreten. Das dieser Auffassung entsprechende Modell D1 wurde mit einem Modell D2 verglichen, welches umgekehrt die Korrelation dadurch erklärt, dass auch Testverfahren zur Erfassung von *perceptual attention* zum Teil *executive attention* beanspruchen könnten. Das 2-Faktorenmodell D1, in welchem *executive attention*-Messungen auch auf den Faktor *perceptual attention* laden, zeigt jedoch einen deutlich besseren Modellfit als das 2-Faktorenmodell D2, in welchem die *perceptual attention*-Messungen die Doppelladungen aufweisen. Es wird somit angenommen, dass die Faktorinterkorrelation in Messmodell B2 dadurch zustande kommt, dass alle Indikatorvariablen perzeptive Aufmerksamkeit erfassen.

#### 6.4 Diskussion zu Fragestellung 4

Die Ergebnisse zu Fragestellung 4 zeigen, dass aus theoretischer und empirischer Sicht eine Integration von *Konzentration* in den Erklärungsrahmen von mehrdimensionaler Aufmerksamkeit erfolgreich durchgeführt werden kann. Die Erklärung von *Konzentration* durch Aufmerksamkeit auf theoretischer Ebene stellt die in den Konzentrationsdefinitionen enthaltenen theoretischen Ideen nicht in Frage, sondern führt diese auf Konzepte der

Aufmerksamkeitspsychologie zurück. Die Erklärung von *Konzentration* durch Aufmerksamkeit auf empirischer Ebene basiert auf den unter Fragestellung 2 und 3 durchgeführten konfirmatorischen Struktur- und Faktorenanalysen.

Auf theoretischer Ebene wurden zwei Ansätze zur Definition von *Konzentration* differenziert, welche sich grundsätzlich darin unterscheiden, ob *Konzentration* als besondere Form der Aufmerksamkeit betrachtet oder explizit von Aufmerksamkeit abgegrenzt wird. Im Rahmen des ersten Definitionsansatzes wird unter „besonderer Form“ Unterschiedliches verstanden, z.B. die zusätzlichen Merkmale Intentionalität und Beanspruchung energetischer Ressourcen. Das bedeutet, falls sich Aufmerksamkeit im Modus der Intentionalität oder unter Beanspruchung energetischer Ressourcen äußert, ist der Begriff *Konzentration* indiziert. Zu beachten ist jedoch, dass Aufmerksamkeit zur Definition von *Konzentration* deshalb konzeptuell zu ergänzen ist, weil Aufmerksamkeit von verschiedenen Autoren eng definiert wird, z.B. von Berg (1987; s. auch Berg & Imhof, 2001) durch den Selektionsbegriff. Mehrdimensionale Aufmerksamkeitstheorien beziehen sich jedoch auch auf kognitive Operationen, welche über (automatische) perzeptive Verarbeitung hinausgehen. So ist z.B. das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* mit intentionaler Verhaltenskontrolle oder *Daueraufmerksamkeit* mit der Beanspruchung energetischer Ressourcen unmittelbar verknüpft. Das bedeutet, dass das Konzentrationskonstrukt in Einklang mit den aufgeführten Definitionen noch weiter in das nomologische Netzwerk von mehrdimensionaler Aufmerksamkeit eingegliedert bzw. darin aufgehoben werden kann.

Hinsichtlich des Definitionsansatzes, welcher *Konzentration* von Aufmerksamkeit ausdrücklich abgrenzt, erfolgte eine Uminterpretation zweier aktueller Definitionen von *Konzentration*, welche Aufmerksamkeit auf den Wahrnehmungsbereich begrenzen und *Konzentration* auf „Arbeit“ beziehen. Bezüglich der Definition von Westhoff und Hagemeyer (2005) konnte in dieser Arbeit (s. Kap. 5.4) das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* sowie *Daueraufmerksamkeit*, für die Definition von Schmidt-Atzert et al. (2004) hingegen nur *Daueraufmerksamkeit* als zugrunde liegende Aufmerksamkeitskonzepte identifiziert werden. Die von Goldhammer und Moosbrugger (2006, S. 31; Schriftenanhang 8.1) abschließend vorgeschlagene Begriffsbestimmung definiert *Konzentration* unter Verwendung von Aufmerksamkeitskonzepten und stellt eine Integration der wichtigsten theoretischen Ideen dar, welche in den betrachteten Konzentrationsdefinitionen postuliert werden.

Da psychometrische Konzentrationstests häufig nicht aus Konzentrationstheorien bzw. -definitionen abgeleitet wurden (s. Kap. 2.4), war nicht zwangsläufig zu erwarten, dass die empirische Regression von *Konzentration* auf Aufmerksamkeit mit der theoretischen Rückführung konvergieren würde. Die empirische Erklärung von *Konzentration* (erfasst mit dem FAKT-E, FAKT-SR und dem Test d2) durch Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners unter Fragestellung 2 bestätigt jedoch grundsätzlich, dass mehrdimensionale Aufmerksamkeitsmodelle einen substanziellen Erklärungsrahmen auch für solche empirischen Sachverhalte bieten, die häufig mit dem Begriff *Konzentration* bezeichnet werden. Der Anteil erklärter Konzentrationsleistungsvarianz zeigt mittlere bis große Effekte an. Mögliche Ursachen für Unterschiede zwischen dem FAKT- und dem d2-

Effektemuster werden von Goldhammer, Moosbrugger und Schweizer (2007; Schriftenanhang 8.2) diskutiert.

Die gezeigten Effekte von *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilter Aufmerksamkeit* auf Konzentrationsleistung konvergieren mit den Schlussfolgerungen auf theoretischer Ebene, da sich die Aufmerksamkeitskomponente *Aufmerksamkeitswechsel*, welche empirisch als konstituierend für *Konzentration* identifiziert wurde, und das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem*, welches theoretisch als konstituierend für *Konzentration* identifiziert wurde, ohne Schwierigkeit in einem gemeinsamen formalen Modell abbilden lassen (s. Gilbert & Shallice, 2002). Auch *geteilte Aufmerksamkeit*, welche dazu befähigt, unterschiedliche Aufgabenanforderungen gleichzeitig zu bewältigen, lässt sich mit dem Konzept des *supervisorischen Aufmerksamkeitssystems* in Beziehung setzen, da das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* einen Kontrollmechanismus zur Koordination konkurrierender Schemata darstellt (s. Kap. 2.1 und Kap. 2.3). Der Effekt des gemeinsamen Faktors, welcher als generelle Aufmerksamkeitsfähigkeit bzw. *perceptual attention* interpretierbar ist, findet kein Pendant auf theoretischer Ebene. Allerdings ist analog zur Begründung von Messmodell D1 unter Fragestellung 3 davon auszugehen, dass *Konzentration* nur dadurch erfasst werden kann, dass weitere Verarbeitungsprozesse stimuliert werden, auf welche *Konzentration* kontrollierend und aufrechterhaltend einwirkt. Der Effekt des gemeinsamen Faktors basiert demnach auf zusätzlichen Prozessen perceptiver Aufmerksamkeit, welche für die Bearbeitung der Konzentrationsaufgaben erforderlich sind. Die Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse unter Fragestellung 3 reihen sich nahtlos in dieses Bild ein, da Konzentrationsleistung (erfasst mit FAKT-SR) hauptsächlich durch den Faktor *executive attention*, welcher Kontrollfunktionen vergleichbar dem *supervisorischen Aufmerksamkeitssystem* repräsentiert, und zusätzlich durch den Faktor *perceptual attention* erklärt wird.

## 6.5 Gesamtdiskussion und kritische Einordnung aus übergeordneter theoretischer Perspektive

Die in dieser Arbeit untersuchten Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners, aus handlungsorientierter Perspektive, in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis sowie Konzentration können als systematische, aber nicht als erschöpfende Auswahl existierender aufmerksamkeitspsychologischer Konstrukte und Paradigmen angesehen werden. Auswahlkriterium war zum einen, bedeutsame und theoretisch voneinander abgrenzbare Aufmerksamkeitskomponenten einzubeziehen und zum anderen solche Aufmerksamkeitskomponenten zu berücksichtigen, welche für die diagnostische Anwendungspraxis von Relevanz sind bzw. für deren Erfassung (erprobte) Testverfahren vorliegen. Nicht einbezogen wurde beispielsweise jene Aufmerksamkeitskomponente, welche bei visueller Suche Objektmerkmale integriert (vgl. *feature integration theory*, Treisman, 1999; s. auch Quinlan, 2003) oder auch das Paradigma zur psychologischen Refraktärperiode (*psychological refractory period*, s. z.B. Pashler, 1994), welches Prozesse der Reaktionsselektion bei zeitlich eng aufeinander folgenden Aufgabenanforderungen untersucht. Zur weiteren Systematisierung wären auch modalitätsspezifische Aufmerksamkeitskom-

ponenten, z.B. visuell vs. auditorisch, zu unterscheiden und crossmodale Aufmerksamkeitsprozesse einzubeziehen.

Sind die zu untersuchenden Aufmerksamkeitskomponenten ausgewählt, stellt sich für die Spezifikation ihrer Messmodelle die Frage nach der jeweiligen Operationalisierung, d.h. der Auswahl der jeweiligen Indikatorvariablen, welche die Bedeutung eines Konstrukts empirisch definieren. Insbesondere für die Erfassung der Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners sowie für das *supervisorische Aufmerksamkeitsystem* standen etablierte Testverfahren zur Verfügung, welche größtenteils in Anlehnung an das jeweilige experimentelle Paradigma zur Begründung der Aufmerksamkeitskomponente entwickelt wurden und im allgemeinen theoretisch und empirisch gut fundiert sind. Dennoch ist zu beachten, dass zur Erfassung dieser Aufmerksamkeitskomponenten auch alternative Testverfahren existieren (s. Moosbrugger & Goldhammer, 2006a). Testverfahren zur Erfassung *fokussierter Aufmerksamkeit* unterscheiden sich beispielsweise darin, ob Distraktoren dargeboten werden oder nicht. Testverfahren zur Erfassung des *Aufmerksamkeitswechsels* können danach differenziert werden, ob der Testwert als mittlere Reaktionszeit in einer *switch*-Bedingung berechnet wird, oder als Differenz aus den mittleren Reaktionszeiten in einer *switch*- und einer *non-switch*-Bedingung. Eine Erweiterung des verwendeten Designs könnte demnach darin bestehen, ein Konstrukt durch mehrere Testverfahren zu operationalisieren, welche dasselbe Konstrukt zu messen beanspruchen und darüber hinaus keine diagnostisch irrelevanten Gemeinsamkeiten aufweisen. Das Konstrukt würde dann durch die diagnostisch relevanten Gemeinsamkeiten zwischen den Indikatorvariablen definiert werden. Insbesondere ist damit der Vorteil verbunden, dass ein derart erfasste Konstruktvariable keine methodenspezifische Varianz beinhaltet (*multimethod measurement*, z.B. Schmitt, 2006).

Die Frage danach, welches Konstrukt von einem bestimmten Testverfahren bzw. Testparadigma erfasst wird, ist jedoch keineswegs immer eindeutig zu beantworten. Je nach theoretischem Standpunkt können diesbezüglich unterschiedliche Ansichten vertreten werden (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 179 bis 181; Schriftenanhang 8.3). Beispielsweise manifestiert sich im *probe stimulus*-Paradigma nach Neumann (1992) die Aufmerksamkeitskomponente *Verhaltenshemmung*, Posner und Boies (1971) hingegen gehen davon aus, dass mit diesem Paradigma die Kapazitätsbeanspruchung durch eine Primäraufgabe angezeigt wird, Pashler (1994) schließlich sieht darin eine Bestätigung für einen Reaktionsselektionsprozess bzw. einen zentralen „Flaschenhals“ (s. auch Mattes, 2001). In dieser Arbeit stellte sich insbesondere die Frage, ob das auf dem *cueing*-Paradigma basierende Testverfahren im Sinne Posners als Verfahren zur Erfassung *räumlicher Aufmerksamkeit* oder im Sinne Neumanns als Verfahren zur Erfassung von *Informationsselektion* aufgefasst werden sollte. Aufgrund der breiteren empirischen und theoretischen Fundierung wurde zugunsten von *räumlicher Aufmerksamkeit* entschieden.

Unter Fragestellung 3 wurde die latente Variable *executive attention* gemäß Logan und Gordon (2001) definiert, da sich die *Executive Control of Theory of Visual Attention* (ECTVA) als Rationale für die Spezifikation der Messmodelle aus verschiedenen Gründen

anbot (s. Moosbrugger, Goldhammer & Schweizer, 2006, S. 181; Schriftenanhang 8.3). Es stellt sich dennoch die Frage, inwieweit *executive attention* mit anderen Konzepten exekutiver Kontrolle verwandt ist. Für Engle, Kane und Tuholski (1999) ist *controlled attention* erforderlich "for maintaining temporary goals in the face of distraction and interference and for blocking, gating, and/or suppressing distracting events." (S. 102). Nach Engle et al. bestehen konzeptuelle Ähnlichkeiten zwischen dem, was sie *controlled attention* nennen und dem, was Baddeley (1986) mit *central executive*, Norman und Shallice (1986) mit *supervisory attentional system* und Schneider und Shiffrin (1977) mit *controlled attention* bezeichnen. Die Kontrolle untergeordneter Abläufe, wie Prozesse im Sinne der *Theory of Visual Attention* (TVA, Logan & Gordon, 2001), slave-Systeme (Baddeley, 1986), Schemata (Norman & Shallice, 1986) oder Sequenzen (Schneider & Shiffrin, 1977), stellt sicherlich einen gemeinsamen konzeptuellen Nenner dar. Im Detail bestehen zwischen den Ansätzen jedoch auch Unterschiede, z.B. bezogen auf das jeweils angemessene *task set*-Konzept (Logan & Gordon, 2001; s. auch Logan, 2004).

In Bezug auf diese Arbeit besteht ein wichtiger Unterschied zu anderen Ansätzen exekutiver Kontrolle darin, dass die eingesetzten Testverfahren zur Erfassung von *executive attention* reaktionszeitbasiert sind, d.h. interindividuelle Unterschiede reflektieren die Geschwindigkeit von Selektionsprozessen und die Geschwindigkeit der Neueinstellung von Kontrollparametern. Im Gegensatz dazu erfassen Engle et al. *controlled attention* durch Arbeitsgedächtnisaufgaben, welche gleichzeitig Speicher- und Verarbeitungsanforderungen stellen (z.B. *operation span*), sowie durch Kurzzeitspeicheraufgaben, welche nur Speichieranforderungen stellen (z.B. *backward span*). *Controlled attention* wird in ihrem Messmodell repräsentiert als der Anteil der Arbeitsgedächtniskapazität, welcher nicht durch Kurzzeitspeicherkapazität erklärt wird<sup>6</sup>. Für die in dieser Arbeit verwendeten Testverfahren zur Erfassung von *executive attention* kann angenommen werden, dass sie höhere Speichieranforderungen stellen als solche, welche *perceptual attention* erfassen, da mehrere unterschiedliche *task sets* im Arbeitsgedächtnis bereitgehalten werden müssen. Diese Aufgabeneigenschaft ist konsistent mit der obigen Definition von Engle et al., welche zentrale Funktionen von *controlled attention* aufführt. Die von Engle et al. eingesetzten Arbeitsgedächtnis- und Kurzzeitspeicheraufgaben erfordern jedoch zusätzlich zur Aufrechterhaltung von *task sets* die Speicherung und den Abruf von einzelnen Wörtern oder Ziffern bei gleichzeitiger Distraction durch Verarbeitungsanforderungen. Die hier verwendeten Testverfahren zur Erfassung von Aufmerksamkeitskomponenten sind hingegen geschwindigkeitsbasiert. Daher ist es fraglich, ob die verschiedenen Aufgabentypen Anforderungen an dieselben exekutiven Kontrollprozesse stellen. Die beobachtbaren Unterschiede zwischen Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis in Bezug auf die Vorhersage von Intelligenz (Schweizer & Moosbrugger, 2004) bekräftigen die Zweifel an der Einheitlichkeit der aktiven Kontrollprozesse, welche jeweils in reaktionszeit- und kapazi-

---

<sup>6</sup> In einer neueren Darstellung ihres Modell repräsentieren Kane, Hambrick, Wilhelm, Payne, Tuholski und Engle (2004) *executive attention* (vormals *controlled attention*) dagegen als generellen Faktor, welcher neben materialspezifischen Speicherfaktoren den Arbeitsgedächtnis- und Kurzzeitspeicheraufgaben zugrunde liegt. Die abweichende Modellierung wird mit einer heterogeneren Stichprobe, dem Aufgabenmaterial und insbesondere dem beobachteten Faktorladungsmuster begründet.

tätsbasierten Aufgaben stimuliert werden. Weitere empirische Analysen sind also erforderlich, um einerseits die Beziehung zwischen exekutiver Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtniskapazität und andererseits ihr jeweils voneinander unabhängiger Beitrag zu relevanten Kriterien, wie z.B. Intelligenz, weiter aufzuklären (vgl. auch Kane, Poole, Tuholski & Engle, 2006).

Der *Theory of Visual Attention* (TVA) (Bundesen, 1990) folgend, ist der generelle Faktor erster Ordnung in Messmodell D1 mit *perceptual attention* bezeichnet worden. Eine dazu konkurrierende Interpretation des Faktors basiert darauf, dass Messungen zur Erfassung von Aufmerksamkeit und solche zur Erfassung der Verarbeitungsgeschwindigkeit (*processing speed*) beträchtliche Gemeinsamkeiten aufweisen, da die Verarbeitungsgeschwindigkeit üblicherweise mit reaktionszeitbasierten perzeptiven Aufgaben ohne komplexe kognitive Anforderungen erfasst wird. Beispielsweise wird die Einfachreaktion-Aufgabe nicht nur zur Bestimmung der Aufmerksamkeitskomponente *Alertness* eingesetzt, sondern auch zur Messung der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Dies wirft die Frage auf, ob unter Fragestellung 3 der gemeinsame Faktor in Modell D1 und analog dazu unter Fragestellung 1 der gemeinsame Faktor in Modell D alternativ als Verarbeitungsgeschwindigkeit bezeichnet werden sollte. Da die ausgewählten Aufmerksamkeitsmessungen reaktionszeitbasiert sind, repräsentieren die beiden Faktoren in Modell D1 die Geschwindigkeit von kognitiven Prozessen, d.h. von *perceptual attention* und *executive attention*. Das bedeutet, dass der Geschwindigkeitsaspekt von *perceptual attention* gemäß TVA und der Geschwindigkeitsaspekt von *executive attention* gemäß ECTVA als spezifisch angesehen werden und somit als konzeptuell unterscheidbar gegenüber einer nicht näher spezifizierten allgemeinen Verarbeitungsgeschwindigkeit. Die Unterscheidung von De Jong und Das-Small (1995; s. auch Salthouse & Babcock, 1991) zwischen *general processing speed* und *task-specific processing speed* führt zu einer Differenzierung zwischen der Geschwindigkeit elementarer Verarbeitungsoperationen und der Geschwindigkeit spezifischer Operationen in Aufgaben zur Erfassung von Arbeitsgedächtniskapazität. Auch wenn diese Unterscheidung der hier vorgenommenen Differenzierung sehr nahe kommt, besteht der Vorteil der unter Fragestellung 3 vorgeschlagenen Faktoreninterpretation darin, dass sie aus einer elaborierten Theorie zur Geschwindigkeit perzeptiver und exekutiver Aufmerksamkeitsprozesse heraus entwickelt worden ist. Das bedeutet, dass spezifische Annahmen darüber bestehen, wie interindividuelle Geschwindigkeitsunterschiede in der Informationsverarbeitung zustande kommen, wobei in der TVA die Geschwindigkeit perzeptiver Kategorisierungsprozesse und in der ECTVA die Übertragungsgeschwindigkeit von Kontrollparametern im Detail formalisiert ist.

Um den Beitrag der Verarbeitungsgeschwindigkeit zu *perceptual attention* in Modell D1 empirisch bestimmen zu können, müsste zusätzlich ein Faktor Verarbeitungsgeschwindigkeit spezifiziert werden, welcher die Varianz von *perceptual attention* in einen mit Verarbeitungsgeschwindigkeit gemeinsamen und einen spezifischen Anteil zerlegt. Die Wahl der Indikatorvariablen für Verarbeitungsgeschwindigkeit ist dabei ein kritischer Punkt, da die Leistung in gebräuchlichen Messungen für Verarbeitungsgeschwindigkeit zu weiteren Fähigkeitsdimensionen in Beziehung steht, z.B. visuelles Gedächtnis, Aufmerk-

samkeit und Arbeitsgedächtnis (s. Feldman, Kelly & Diehl, 2004). In dem Maße, in dem die gewählten Indikatoren der Verarbeitungsgeschwindigkeit aufmerksamkeitsbezogene Fähigkeiten abbilden, wird der Beitrag von Verarbeitungsgeschwindigkeit zu *perceptual attention* überschätzt.

In vorgelegter Arbeit wurde die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses in Form des *supervisorischen Aufmerksamkeitsystems* als einheitliche Fähigkeit aufgefasst. Baddeley und Logie (1999) schließen jedoch nicht aus, dass die zentrale Exekutive des Arbeitsgedächtnisses möglicherweise als uneinheitliches, d.h. als mehrdimensionales Konstrukt aufzufassen ist. Tatsächlich unterscheiden z.B. Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter und Wager (2000) verschiedene Funktionen der zentralen Exekutive, nämlich *shifting*, d.h. Wechsel zwischen Aufgaben, Operationen oder mentalen Erwartungszuständen, *updating*, d.h. Überwachen und Kodieren eintreffender Information hinsichtlich Aufgabenrelevanz und die Aktualisierung von im Arbeitsgedächtnis gespeicherten Informationen, sowie *inhibition*, d.h. Hemmung dominanter oder automatischer Reaktionsweisen. Ein weiteres Beispiel für die Differenzierung der Arbeitsgedächtniskapazität stellt das Modell von Oberauer, Süß, Schulze, Wilhelm und Wittmann (2003) dar (s. Goldhammer & Moosbrugger, 2006, S. 27 bis 29; Schriftenanhang 8.1). Die Konsequenz für ein erweitertes Untersuchungsdesign wäre demnach, die Aufmerksamkeitskomponente des Arbeitsgedächtnisses mehrdimensional zu repräsentieren. Allerdings wird bei einem Vergleich von Funktionen der zentralen Exekutive und der in Kapitel 2 vorgestellten Aufmerksamkeitskomponenten deutlich, dass starke konzeptuelle Überschneidungen bestehen, beispielsweise zwischen *shifting* und *Aufmerksamkeitswechsel* oder *inhibition* und *Verhaltenshemmung*.

Kintsch, Healy, Hegarty, Pennington und Salthouse (1999) gelangen zu der Schlussfolgerung, dass Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis in enger Beziehung miteinander stehen. In den von Kintsch et al. betrachteten Arbeitsgedächtnismodellen tritt ein Aspekt von Aufmerksamkeit in Erscheinung, nämlich *selective control*, welcher unmittelbar mit hier untersuchten Aufmerksamkeitskomponenten zusammenhängt. *Selective control* bezieht sich nämlich zum einen darauf, welche sensorische Information im Arbeitsgedächtnis repräsentiert wird (vgl. *perceptual attention*, Kap. 3.3), und zum anderen auf höhere Kontrollprozesse, welche auf kognitive und perzeptiv-motorische Verarbeitung einwirken (vgl. *executive attention*, Kap. 3.3).

Die unter Fragestellung 3 vorgenommene Klassifikation von Aufmerksamkeitskomponenten hinsichtlich perzeptiver und exekutiver Aufmerksamkeit stellt aus differentiell-psychologischer Sicht den klassifikatorischen Ansatz von Sturm und Zimmermann (2000, vgl. auch van Zomeren & Brouwer, 1994) in Frage (s. auch Schweizer, Moosbrugger & Goldhammer, 2005). Nach Sturm und Zimmermann sind der Aufmerksamkeitsdimension *Intensität* die Aufmerksamkeitskomponenten *Alertness* und *Daueraufmerksamkeit* zuzuordnen, der Aufmerksamkeitsdimension *Selektivität* hingegen die Aufmerksamkeitskomponenten *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *geteilte Aufmerksamkeit* und *Aufmerksamkeitswechsel*. In der Selektivitätsdimension sind somit die unter Fragestellung 3 differenzierten exekutiven und perzeptiven Aufmerksamkeitskomponenten

ten vermengt. Der Klassifikationsansatz dieser Arbeit, welcher perzeptive und exekutive Aufmerksamkeit unterscheidet, konnte empirisch bestätigt werden, weshalb er aus differentiell-psychologischer Sicht dem Ansatz von Sturm und Zimmermann (2000) vorgezogen wird.

Zur Würdigung der unter Fragestellung 4 erzielten Ergebnisse sind die gewählten Konzentrationstests FAKT und Test d2 explizit nach ihrer Eignung als Indikatoren für die einbezogenen Konzentrationskonzepte einzuordnen, um sicherzustellen, dass der empirische Teil der Analyse Relevanz für den theoretischen Teil der Untersuchung besitzt. Nach Westhoff und Hagemeyer (2005) erfordern Konzentrationstests mündliche oder manuelle Reaktionen auf einfache Reize, wie z.B. Zeichen oder Buchstaben, welche eindeutig wahrnehmbar sind und auf welche eine einfach zu erinnernde Regel absichtsvoll anzuwenden ist. Die Regel besteht darin, Teilhandlungen so schnell wie möglich korrekt zu koordinieren. Schmidt-Atzert et al. (2004) postulieren gemäß ihrer Konzentrationsdefinition, dass Konzentrationstests das Arbeiten unter erschwerten Bedingungen erfordern. Für eine erschwerte Bedingung wird beispielhaft das Merken von Zwischenergebnissen genannt. Grundsätzlich bleibt jedoch unklar, wie erschwerte Bedingungen zu realisieren sind und wie dabei eine Konfundierung der Messung mit anderen Konstruktbereichen, z.B. Arbeitsgedächtnis, vermieden wird. Schmidt-Atzert et al. (2006) folgen der Definition von Westhoff und Hagemeyer (2005). Ohne Zweifel erfüllen der eingesetzte FAKT und der Test d2 die von Westhoff und Hagemeyer (2005) vorgelegten Kriterien. Das bedeutet, dass die substantielle Regression von *Konzentration* auf Aufmerksamkeitskomponenten nicht mit dem Hinweis darauf, dass eine der Konzentrationsdefinition unangemessene Operationalisierung gewählt wurde, in Frage gestellt werden kann.

In diesem Zusammenhang ist außerdem festzustellen, dass die von Westhoff und Hagemeyer (2005) vorgeschlagene Definition für Konzentrationstests nicht als ausreichend trennscharf gegenüber anderen Testverfahren zur Erfassung von kognitiven Fähigkeiten angesehen werden kann. Die definitorischen Elemente lassen sich nämlich ohne Schwierigkeit auf Aufgaben zur Erfassung verschiedener Aufmerksamkeitskomponenten, wie z.B. *geteilte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* oder *supervisorisches Aufmerksamkeitssystem*, anwenden. Das bedeutet, dass auf diese Weise definierte Konzentrationstests als Tests zur Erfassung von Kontroll- und Koordinierungsprozessen der Aufmerksamkeit eingeordnet werden können, was in Einklang mit der vorgenommenen theoretischen Rückführung von *Konzentration* auf das *supervisorische Aufmerksamkeitssystem* steht (s. Kap. 5.4).

Für den Bereich der Psychodiagnostik bedeutet die Rückführung von *Konzentration* auf Aufmerksamkeit, dass Konzentrationstests durch die Eingliederung in den Erklärungsrahmen von Aufmerksamkeit theoretisch breiter und besser verankert werden können und dadurch eine validere Leistungsdiagnostik ermöglichen. Der Konzentrationsbegriff hat weiterhin eine Berechtigung, wenn er deskriptiv im Sinne der von Goldhammer und Moosbrugger (2006, S. 31; Schriftenanhang 8.1) postulierten Definition eingesetzt wird. Als von mehrdimensionaler Aufmerksamkeit unabhängiger erklärender Begriff ist *Konzentration* auf dem Hintergrund der durchgeführten Analysen jedoch verzichtbar.

## 7 LITERATUR

- Allport, A. (1993). Attention and control: Have we been asking the wrong questions? A critical review of 25 years. In D. Meyer & S. Kornblum (Eds.), *Attention and Performance XIV: A silver jubilee* (pp. 183-218). Cambridge, MA: MIT Press.
- Amelang, M. & Schmidt-Atzert, L. (2006). *Psychologische Diagnostik und Intervention* (4. Aufl.). Berlin: Springer.
- Anderson, J.C. & Gerbing, D.W. (1988). Structural equation modeling in practice: A review and recommended two-step approach. *Psychological Bulletin*, 103, 411-423.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A.D. & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (Vol. 8, pp. 47-89). 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* (pp. 28-61). New York: Cambridge University Press.
- Baddeley, A.D. & Weiskrantz, L. (Eds.) (1993). *Attention: selection, awareness, and control: A tribute to Donald Broadbent*. Oxford: Clarendon Press.
- Berg, D. (1987). Konzentrationschwierigkeiten bei Schulkindern. In R. Horn, K. Ingenkamp & R.S. Jäger (Hrsg.), *Tests und Trends* 6 (S. 65-102). München: Psychologie Verlags Union.
- Berg, D. & Imhof, M. (2001). Aufmerksamkeit und Konzentration. In D.H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (S. 42-49). Weinheim: Beltz.
- Bollen, K.A. (1989). *Structural equations with latent variables*. New York: Wiley.
- Bourdon, B. (1895). Observations comparatives sur la reconnaissance, la discrimination et l'association. *Revue Philosophique*, 40, 153-185.
- Brickenkamp, R. (1994). *Test d2 Aufmerksamkeits-Belastungs-Test* (8. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Brickenkamp, R. & Karl, G. (1986). Geräte zur Messung von Aufmerksamkeit, Konzentration und Vigilanz. In R. Brickenkamp (Hrsg.), *Handbuch apparativer Verfahren in der Psychologie* (S. 195-211). Göttingen: Hogrefe.
- Borsboom, D., Mellenbergh, G.J. & van Heerden, J. (2004). The concept of validity. *Psychological Review*, 111, 1061-1071.
- Broadbent, D.E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon Press.
- Bundesen, C. (1990). A Theory of visual attention. *Psychological Review*, 97, 523-547.
- Büttner, G. & Schmidt-Atzert, L. (Hrsg.) (2004). *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit*. Göttingen: Hogrefe.
- Cabeza, R. & Nyberg, L. (2000). Imaging cognition II: An empirical review of 275 PET and fMRI studies. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 1-47.

- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155-159.
- Coull, J.T. (1998). Neural correlates of attention and arousal: Insights from electrophysiology, functional neuroimaging and psychopharmacology. *Progress in Neurobiology*, 55, 343-361.
- De Jong, P.F. & Das-Small, A. (1990). The star counting test: An attention test for children. *Personality and Individual Differences*, 11, 597-604.
- De Jong, P.F. & Das-Small, A. (1995). Attention and intelligence: The validity of the Star Counting Test. *Journal of Educational Psychology*, 87, 80-92.
- Engle, R.W., Kane, M.J. & Tuholski, S.W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 102-134). London: Cambridge Press.
- Feldmann, G.M., Kelly, R.M. & Diehl, V.A. (2004). An interpretative analysis of five commonly used processing speed measures. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 22, 151-163
- Gilbert, S.J. & Shallice, T. (2002). Task switching: A PDP model. *Cognitive Psychology*, 44, 297-337.
- Goldhammer, F. & Moosbrugger, H. (2006). Aufmerksamkeit. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 16-33). Heidelberg: Springer.
- Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2007). On the separability of cognitive abilities related to Posner's attention components and their contributions to conceptually distinct attention abilities related to working memory, action theory, and psychometric assessment. *European Psychologist*, 12. (in press)
- Gustafsson, J. & Balke, G. (1993). General and specific abilities as predictors of school achievement. *Multivariate Behavioral Research*, 28, 407-434.
- Häcker, H. & Stapf, H. (1998), *Dorsch Psychologisches Wörterbuch* (13., überarb. u. erw. Aufl.). Bern: Hans Huber.
- Heyden, M. (1999). *Entwicklung und Erprobung einer multidimensionalen Aufmerksamkeits-Testbatterie*. Dissertation Fachbereich Psychologie. Mikrofiche-Ausgabe. Frankfurt a. M.: Senckenbergische Bibliothek.
- Heyden, M. & Moosbrugger, H. (1997). *Die Entwicklung einer computerbasierten Testbatterie zur Erfassung der fünf Aufmerksamkeitskomponenten nach Neumann*. Frankfurt a. M.: Arbeiten aus dem Institut für Psychologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität Universität, Heft 2, 1997.
- James, W. (1890). *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- Jöreskog, K.G. & Sörbom, D. (2001). *LISREL* (Version 8.5) [Computer software]. Chicago: Scientific Software International.
- Kane, M.J., Hambrick, D.Z., Wilhelm, O., Payne, T., Tuholski, S. & Engle, R.W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent variable approach to verbal and

- visuo-spatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 189-217.
- Kane, M.J., Poole, B.J., Tuholski, S.W. & Engle, R.W. (2006). Working memory capacity and the top-down control of visual search: Exploring the boundaries of "executive attention". *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 749-777.
- Kintsch, W., Healy, A.F., Hegarty, M., Pennington, B.F. & Salthouse, T.A. (1999). Models of Working Memory: Eight Questions and Some General Issues. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control* (pp. 412-441). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kline, R.B. (2005). *Structural Equation Modeling*. New York, NY: The Guilford Press.
- Leitner, W.G. (1998) *Konzentrationsleistung und Aufmerksamkeitsverhalten. Begriff, Einflussfaktoren, Entwicklung, Diagnostik, Prävention und Intervention*. Bamberg: WVB.
- Logan, G.D. (2004). Working Memory, Task Switching, and Executive Control in the Task Span Procedure. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 218-236.
- Logan, G.D. & Gordon, R.D. (2001). Executive control of visual attention in dual-task situations. *Psychological Review*, 108, 393-434.
- Mattes, S. (2001). Reaktionskraft in Sondierreiz-Aufgaben: Kapazitätseinschränkung, Hemmung oder Flaschenhals?. *Zeitschrift für Experimentelle Psychologie, Vol. 8, No. 3*, 201-206.
- Mierke, K. (1957). *Konzentrationsfähigkeit und Konzentrationsschwäche*. Bern: Hans Huber.
- Mirsky, A.F., Anthony, B.J., Duncan, C.C., Ahearn, M.B. & Kellam, S.G. (1991). Analysis of the elements of attention: A neuropsychological approach. *Neuropsychology Review*, 2, 109-145.
- 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 Research Reviews*, 5, 169-176.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, 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.
- Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. (2006a). Aufmerksamkeits- und Konzentrationsdiagnostik. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 83-102). Heidelberg: Springer.
- Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. (2006b). *FAKT-II. Frankfurter Adaptiver Konzentrations-Leistungs-Test*. Grundlegend neu bearbeitete und neu normierte 2. Auflage des FAKT von Moosbrugger und Heyden (1997). Bern: Huber.
- Moosbrugger, H., Goldhammer, F. & Schweizer, K. (2006). Latent factors underlying individual differences in attention measures: Perceptual and executive attention. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 177-188.

- Moosbrugger, H. & Heyden, M. (1997). *FAKT. Frankfurter Adaptiver Konzentrations-Leistungs-Test*. Bern: Huber.
- 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* (pp. 389-446). San Diego: Academic Press.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. In R.J. Davidson, G.E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Volume 4* (pp. 1-18). New York: Plenum Press.
- 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. (1994). Dual-task interference in simple tasks: Data and theory. *Psychological Bulletin*, 116, 220-224.
- Pashler, H. (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 M.J. Meier, A.L. Benton & L. Diller (Eds.), *Neuropsychological Rehabilitation* (pp. 182-201). Edinburgh: Churchill Livingstone.
- Prystav, G. (1997). Konzentrationstests. In W. Arnold, H.J. Eysenk & R. Meili (Hrsg.), *Lexikon der Psychologie* (Band 2) (S. 1140-1141). Augsburg: Bechtermünz Verlag.
- Quinlan, Ph.T. (2003). Visual feature integration: Past, present, and future. *Psychological Bulletin*, 129, 643-673.
- Rapp, G. (1982). *Aufmerksamkeit und Konzentration*. Bad Heilbrunn/Obb.: Julius Klinkhardt.
- Salthouse, T.A. & Babcock, R.L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27, 763-776.
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of Psychological Research Online*, 8, 23-74. Available: [HTTP://WWW.MPR-ONLINE.DE/](http://www.mpr-online.de/).
- Schmidt-Atzert, L., Bühner, M. & Enders P. (2006). Messen Konzentrationstests Konzentration? Eine Analyse der Komponenten von Konzentrationstestleistungen. *Diagnostica*, 52, 33-44.
- Schmidt-Atzert, L., Büttner, G. & Bühner, M. (2004). Theoretische Aspekte von Aufmerksamkeits-/Konzentrationsdiagnostik. In G. Büttner & L. Schmidt-Atzert (Hrsg.), *Diagnostik von Konzentration und Aufmerksamkeit, Tests und Trends Band 3* (S. 3-22). Göttingen: Hogrefe.

- Schmitt, M. (2006). Conceptual, theoretical, and historical foundations of multimethod assessment. In M. Eid & E. Diener (Eds.), *Handbook of multimethod measurement in psychology* (pp. 9-25). New York: American Psychological Association.
- Schneider, W. & Shiffrin, R.M. (1977). Controlled and Automatic Human Information Processing: I. Detection, Search, and Attention. *Psychological Review*, 84, 1-66.
- Schweizer, K. & Moosbrugger, H. (2004). Attention and Working Memory as Predictors of Intelligence. *Intelligence*, 32, 329-347.
- Schweizer, K., Moosbrugger, H. & Goldhammer, F. (2005). The structure of the relationship between attention and intelligence. *Intelligence*, 33, 589-611.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. In D.E. Broadbent & L. Weiskrantz (Eds.), *The Neuropsychology of Cognitive Function* (pp. 199-209). London: The Royal Society.
- Shallice, T. & Burgess, P. (1993). Supervisory control of action and thought selection. In A.D. Baddeley & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention: selection, awareness and control. A tribute to Donald Broadbent* (pp. 171-187). Oxford, UK: Clarendon .
- Styles, E.A. (2006). *The psychology of attention*. Hove: Psychology Press.
- Sturm, W. & Zimmermann, P. (2000). Aufmerksamkeitsstörungen. In W. Sturm, M. Herrmann & C.-W. Wallesch (Eds.), *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie* (pp. 345-365). Lisse: Swets and Zeitlinger.
- Treisman, A. (1999). Feature binding, attention and object perception. In G.W. Humphreys, J. Duncan & A. Treisman (Eds.), *Attention, space and action* (pp. 91-111). Oxford, England: Oxford University Press.
- Van der Heijden, A.H.C. (2004). *Attention in vision. Perception, communication and action*. Hove: Psychology Press.
- Van Zomeran, A.H. & Brouwer, W.H. (1994). *Clinical neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.
- Westhoff, K. & Hagemeister, C. (2005). *Konzentrationsdiagnostik*. Lengerich: Pabst.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2000). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung-Revidiert (TAP)*. Herzogenrath: PSYTEST.
- Zubin, J. (1975). Problem of attention in schizophrenia. In M.L. Kietzman, S. Sutton & J. Zubin (Eds.), *Experimental approaches to psychopathology* (pp. 139-166). New York: Academic Press.

## 8 SCHRIFTENANHANG

### **Schrift A**

Goldhammer, F. & Moosbrugger, H. (2006). Aufmerksamkeit. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 16-33). Heidelberg: Springer.

### **Schrift B**

Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2007). On the separability of cognitive abilities related to Posner's attention components and their contributions to conceptually distinct attention abilities related to working memory, action theory, and psychometric assessment. *European Psychologist*, 12. (in press)

### **Schrift C**

Moosbrugger, H.\*, Goldhammer, F.\* & Schweizer, K. (2006). Latent factors underlying individual differences in attention measures: Perceptual and executive attention. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 177-188.

---

\*The first and second author contributed equally to the present paper. (s. S. 186, Acknowledgments)

## 8.1 Publierte Schrift A: Aufmerksamkeit

Goldhammer, F. & Moosbrugger, H. (2006). Aufmerksamkeit. In K. Schweizer (Hrsg.), *Leistung und Leistungsdiagnostik* (S. 16-33). Heidelberg: Springer.

## 8.2 Publierte Schrift B: Attention abilities

Goldhammer, F., Moosbrugger, H. & Schweizer, K. (2007). On the separability of cognitive abilities related to Posner's attention components and their contributions to conceptually distinct attention abilities related to working memory, action theory, and psychometric assessment. *European Psychologist*, 12. (in press)

### 8.3 Publierte Schrift C: Perceptual and executive attention

Moosbrugger, H., Goldhammer, F. & Schweizer, K. (2006). Latent factors underlying individual differences in attention measures: Perceptual and executive attention. *European Journal of Psychological Assessment*, 22, 177-188.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Die Arbeit befasst sich mit der Zusammenhangsstruktur einer Vielzahl von Aufmerksamkeitskomponenten, welche aus deutlich unterscheidbaren theoretischen Perspektiven postuliert werden. Untersucht wird insbesondere die Frage, inwieweit zu den auf konzeptueller Ebene differenzierten Aufmerksamkeitskomponenten entsprechende kognitive Fähigkeiten empirisch separiert und in ein gemeinsames, theorienübergreifendes Aufmerksamkeitsmodell integriert werden können.

Zunächst wurde unter Fragestellung 1 untersucht, ob fünf häufig postulierte Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners (s. Posner & Boies, 1971; Posner & Rafal, 1987), *Alertness*, *räumliche Aufmerksamkeit*, *fokussierte Aufmerksamkeit*, *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit*, empirisch unterscheidbare kognitive Fähigkeiten darstellen.

Im Anschluss daran wurde unter Fragestellung 2 analysiert, welchen Beitrag die Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners zur Erklärung konzeptuell unterscheidbarer Aufmerksamkeitskomponenten aus Sicht der Handlungstheorie (Neumann, 1992), aus der Arbeitsgedächtnisperspektive (Baddeley, 1986) sowie aus Sicht der psychometrischen Konzentrationsforschung (z.B. Brickenkamp, 1994; Moosbrugger & Goldhammer, 2006) leisten.

Unter Fragestellung 3 wurde eine faktorenanalytische Integration aller einbezogenen Aufmerksamkeitskomponenten in ein theorienübergreifendes, integratives Aufmerksamkeitsmodell vorgenommen. In Anlehnung an Theorien, welche Aufmerksamkeit sowohl auf perzeptive Prozesse als auch auf die exekutive Kontrolle bei der Bearbeitung komplexer Aufgaben beziehen (Bundesen, 1990; Logan & Gordon, 2001), wurden zwei Basisdimensionen bzw. grundlegende Aufmerksamkeitsfaktoren vermutet, nämlich *perceptual attention* und *executive attention*, welche interindividuelle Fähigkeitsunterschiede über die verschiedenen Aufmerksamkeitskomponenten hinweg erklären.

Schließlich wurde unter Fragestellung 4 auf theoretischer wie auch auf empirischer Ebene untersucht, inwieweit sich *Konzentration* in den Erklärungsrahmen mehrdimensionaler Aufmerksamkeitsmodelle eingliedern lässt, indem eine konzeptuelle sowie statistische Rückführung von *Konzentration* auf mehrdimensionale Aufmerksamkeit vorgenommen wurde.

An einer Stichprobe von 232 Studierenden wurde die Leistung in 13 Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests erfasst. Konfirmatorische Faktorenanalysen zeigten, dass die fünf Aufmerksamkeitskomponenten in der Tradition Posners miteinander in Beziehung stehen, jedoch klar separierbar sind. Aus den getesteten Strukturgleichungsmodellen ging hervor, dass diese Aufmerksamkeitskomponenten signifikant und in unterschiedlicher Weise zur Erklärung von konzeptuell unterscheidbaren Aufmerksamkeitskomponenten beitragen. In hypothesenkonformer Weise erwiesen sich *Aufmerksamkeitswechsel* und *geteilte Aufmerksamkeit* als bedeutsam für die Erklärung von *Konzentration* sowie von handlungsorientierten Aufmerksamkeitskomponenten. Hinsichtlich des integrativen Auf-

merksamkeitsmodells konnte die vermutete 2-Faktorenstruktur, welche einen Generalfaktor *perceptual attention* sowie einen spezifischen Faktor *executive attention* enthält, bestätigt werden. Das vielfach von Aufmerksamkeit getrennt behandelte Konzentrationskonstrukt konnte auf theoretischer Ebene durch Aufzeigen konzeptueller Entsprechungen in den Erklärungsrahmen mehrdimensionaler Aufmerksamkeit eingegliedert werden. In konsistenter Weise ließ sich Konzentration auf empirischer Ebene durch Aufmerksamkeitskomponenten nach Posner sowie die beiden Faktoren des postulierten integrativen Aufmerksamkeitsmodells substanziell erklären.

# LEBENS LAUF

## Frank Goldhammer

geboren am 3. Juli 1976 in Aschaffenburg

### Schul Ausbildung

1993 - 1996 Ludwig-Geissler-Schule Hanau (Oberstufengymnasium)  
1996 Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulausbildung

1996 - 1997 Elektrotechnik, Technische Universität Darmstadt  
1998 - 2003 Psychologie, J. W. Goethe Universität Frankfurt am Main  
Studentische Mitarbeit  
- Allgemeine Psychologie (Prof. Sarris)  
- Forschungsmethoden und Evaluation (Prof. Moosbrugger)  
2003 Diplom in Psychologie mit Note „sehr gut“ (1,07)  
Seit 2003 Forschungsassistent und Promotionsstipendiat der Studienstiftung  
des deutschen Volkes  
am Institut für Psychologie, J. W. Goethe Universität Frankfurt am  
Main (Betreuer: Prof. Moosbrugger)

### Praktika

2001 Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften,  
Leipzig  
2002 PSY:PLAN, Institut für Architektur und Umweltpsychologie,  
Berlin

### Forschungsaufenthalte

2005/2006 Institute of Psychology (Prof. Miyake), University of Colorado,  
Boulder, USA

Frankfurt am Main, 23.10.2006

Frank Goldhammer