

Die exekutiven Funktionen im Jugendalter

Nadja Gwiggner

2004

Aus der Heckscher-Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Universität München

ärztlicher Direktor: Dr. med. F.J. Freisleder

Die exekutiven Funktionen im Jugendalter

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Nadja Gwiggner

aus

Melbourne

2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
Der Universität München

Berichterstatter: PD Dr. med. habil. M. Noterdaeme

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. E. Pöppel

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 25.11.2004

Ein Mensch, von dem nie etwas verlangt wird,
was er nicht kann, wird auch nie alles leisten,
wozu er fähig ist.

John Stuart Mill

meinem Vater Peter Gwiggner
in Dankbarkeit gewidmet.

1	Einleitung	
2	Exekutive Funktionen	4
2.1	Definition	4
2.2.	Modelle zu den exekutiven Funktionen	7
2.2.1	Modelle angelehnt an die Informationsverarbeitungstheorie	7
2.2.2	Modelle der neuronalen Netzwerke	8
2.2.3	Hirnstrukturen und exekutive Funktionen	10
2.3	Testparadigmen zur Erfassung der exekutiven Funktionen	13
2.4	Entwicklung der exekutiven Funktionen	17
2.4.1	Altersunterschiede	17
2.4.2	Geschlechtsunterschiede	24
2.4.3	Intelligenz und exekutive Funktionen	26
2.4.4	Entwicklung der exekutiven Funktionen und Hirnentwicklung	27
3	Eigene Untersuchung	30
3.1	Fragestellung und Hypothesen	30
3.2	Methodik	32
3.2.1	Stichprobenbeschreibung	32
3.2.2	Tests	35
3.2.3	Statistische Verfahren	42
4	Ergebnisse	43
4.1	Vergleich der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen	43
4.2	Vergleich der Mädchen und Jungen	50
4.3	Korrelation von Reaktionszeit und Intelligenzquotient	51
5	Diskussion	53
5.1	Untersuchungsinventar	54
5.2	Alterseffekte	56
5.3	Geschlechtseffekte	59
5.4	Korrelation mit Intelligenz	62
6	Zusammenfassung	63
7	Literatur	64

Lebenslauf

1 Einleitung

Die exekutiven Funktionen sind sehr wichtige Funktionen und gelten für Menschen als Voraussetzung, sich rasch und erfolgreich an neuartige, unerwartete Situationen in der Umwelt anzupassen. Sie bilden die Grundlage dafür, in nicht routinierten Situationen das Richtige zu tun, gerade wenn kein Handlungswissen aus dem Verhaltensrepertoire abrufbar ist und dienen somit der unmittelbaren und längerfristigen Verhaltensoptimierung (Matthes-von Cramon, von Cramon 2000).

Exekutive Funktionen stellen kein einheitliches Konstrukt dar, sondern lassen sich in verschiedene Subgruppen fraktionieren, worunter Planungs- und Strategiebildung, Flexibilität, Reizunterdrückung bzw. einer Selektion oder Differenzierung von wichtigen gegenüber unwichtigen Informationen, Entscheidungsfähigkeit und Einsicht bei konflikthaften Lösungsmöglichkeiten verstanden werden.

Die exekutiven Funktionen werden primär dem präfrontalen Kortex zugeordnet.

Eine allgemein akzeptierte Theorie über den strukturellen Zusammenhang verschiedener Teilbereiche zur Aufteilung der exekutiven Funktionen steht noch aus, obwohl gegenwärtig intensiv daran geforscht wird.

Dies gilt auch für die damit zusammenhängende Entwicklung von neuen diagnostischen Verfahren. Diese Testverfahren beziehen sich primär auf den Erwachsenenbereich.

Für Kinder und Jugendliche gibt es kein einheitliches Untersuchungsinventar zur Erfassung der exekutiven Funktionen in den entsprechenden Altersabschnitten. Darüber hinaus gibt es wenig Information über den Entwicklungsstand der exekutiven Funktionen im Jugendalter.

Ziel der Arbeit ist es, die exekutiven Funktionen bei Jugendlichen zweier verschiedener Alterstufen zu untersuchen.

Es wurden 40 gesunde Jugendliche im Alter von dreizehn und fünfzehn Jahren anhand des Computerprogramms „Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung“ auf

ihre exekutiven Funktionen getestet. Mit Hilfe visueller Reiz-Reaktionsaufgaben wurden mittlere Reaktionszeiten und Fehlerhäufigkeiten mit entsprechenden Standardabweichungen erhoben. Dadurch konnten Informationen zur Verarbeitungsgeschwindigkeit, Genauigkeit und Regelmäßigkeit komplexer Aufmerksamkeitsleistungen gewonnen werden.

Es soll festgestellt werden, ob zwischen den beiden Altersgruppen eine Entwicklung bezüglich der Reaktionsgeschwindigkeit und der Anzahl der richtig bearbeiteten Reize festzustellen ist, und ob und wie sich das Geschlecht und die Intelligenz auf diese Entwicklung auswirken.

2. Exekutive Funktionen

2.1 Definition

Die exekutiven Funktionen (EF) spielen eine Rolle, wenn Handlungen geplant oder Absichten und Ziele über mehrere Schritte verfolgt werden. Exekutive Funktionen beinhalten auch inhibitorische Mechanismen. Sie helfen, auf handlungsrelevante Informationen zu fokussieren und für eine bestimmte Handlungssituation unangemessene Reaktion zu hemmen (Robbins et al. 1998). Ein wesentlicher Aspekt der exekutiven Funktionen ist, dass sie in hohem Maße vom Arbeitsgedächtnis abhängig sind, d.h. von der Fähigkeit zur temporären Aktivierung („active maintenance“) und Manipulation von Informationen (D'Esposito 1998). Lezak (1983) unterscheidet vier Hauptklassen, die als Gerüst der exekutiven Funktionen dienen.

Als erste Ebene nennt er die Zielorientierung: indem Ziele gesetzt werden, werden Motivation und Aktivität aufrechterhalten. Auf der zweiten Ebene wird ein gedanklicher Entwurf einer zukünftigen Handlung gemacht. Entscheidungsfähigkeit, Konzipieren von Alternativen und Entwerfen von Zwischenschritten für die Ausführung des Plans unterstützen den reibungslosen Ablauf des Planens.

Der dritte Bereich gilt der Problemlösung. Diese bezieht sich auf die nicht automatisierten Handlungen, da hierfür eine erhöhte Aufmerksamkeitszuwendung notwendig ist. Abstraktionsvermögen, Erwägen von Alternativen, Entscheidungsfähigkeit, Bedenken von Konsequenzen und das Entwerfen eines Handlungskonzepts, um aus der entsprechenden Situation herauszukommen, sind Voraussetzungen für die Problemlösung.

Als letzte Ebene führt Lezak die Handlungsausführung auf. Darunter versteht er die Umsetzung von theoretischen Überlegungen in eine tatsächliche Handlung. Es wird dazu die Fähigkeit benötigt, komplexes Verhalten in Gang zu bringen und

aufrechtzuerhalten, diesen Vorgang zum richtigen Zeitpunkt zu beenden und den Ablauf in eine geeignete Reihenfolge zu ordnen.

Die Definition der exekutiven Funktionen von Cramon und Matthes-von Cramon (1993), (2000) lehnt an die Einteilung Lezaks an, erweitert sie jedoch um eine zusätzliche Ebene: Zur Ausführung einer erfolgreichen Handlung ist das Einsetzen einer Handlungskontrolle- und Regulation notwendig.

Darüber hinaus sind die EF auch mit der Zuteilung („allocation and reallocation“) der für kognitive Funktionen höheren Ordnung notwendig.

Die Frage nach der Spezifizierung frontaler Anteile an Aufmerksamkeitsprozessen wurde erstmals von Luria (1973) aufgegriffen. Er sah Aufmerksamkeit als grundlegend für die Direktivität und Selektivität geistiger Prozesse an und unterschied in ihrer zerebralen Organisation den oberen Hirnstamm und das limbische System vom frontalen Kortex, der für die Hemmung von Antworten auf irrelevante Stimuli und für die Bewahrung von zielgerichtetem, programmiertem Verhalten verantwortlich ist.

An einer allgemein akzeptierten Theorie und Definition zum Thema „exekutive Funktionen“ wird momentan noch gearbeitet.

In neueren Untersuchungen wird neben der Frage einer einheitlichen Definition die Forderung nach präzisen und einheitlichen Bezeichnungen zur Identifikation der entsprechenden Leistungsmerkmale der exekutiven Funktionen gestellt.

In Studien Miyakes (2000) wird darauf hingewiesen, dass unterschiedliche Autoren die gleichen Fähigkeiten mit verschiedenen Begriffen bezeichnen. Die Begriffe „Cognitive flexibility“, „attention switching“ und „task switching“ werden von verschiedenen Autoren für das gleiche Merkmal verwendet und führen somit zu begrifflichen Ungenauigkeiten.

Nach wie vor setzt sich der Begriff „exekutive Funktionen“ aus einem Konglomerat mehrerer Bausteine zusammen.

Einheitlich werden darunter die Fähigkeiten zur eigenständigen Problemerkennung, -lösung und –umsetzung verstanden.

Auch der Erwerb von flexiblen Strategiemustern, Reizunterdrückung und Selbstregulierung sind Stützen der exekutiven Funktionen. Entscheidungsfähigkeit, Kodierung und zielgerichtetes Verhalten sind ebenso wichtige Bestandteile wie Organisation und Urteilsvermögen. In den Arbeiten von Fernandez Duque (2000) und Karatekin (2000) werden die Fähigkeiten zur Steuerung des Ablaufs von neuen, nicht-routinierten Situationen integriert.

Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in der Literatur einheitlich beschriebenen Leistungsmerkmale der exekutiven Funktionen.

Exekutive Funktionen
Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit
Selbstkontrolle
Adäquate Anpassung an neue Situationen
Kognitive Flexibilität
Strategie und zielgerichtetes Verhalten
Planen, Handeln, Problemlösen
Abstraktes Denken
Entscheidungsfähigkeit
Organisation und Überwachung von simultanen Aktivitäten
Verhaltensoptimierung durch „Feedback“-Stimulus
Dekodierung von Information

Tabelle 1: Leistungsmerkmale der exekutiven Funktionen

2.2 Modelle zu den exekutiven Funktionen

2.2.1 Modelle angelehnt an die Informationsverarbeitungstheorie

Moderne neuropsychologische Aufmerksamkeitstheorien gehen von Mehrkomponentenmodellen aus.

Dieser Ansatzpunkt lässt eine Trennung der entsprechenden Aufmerksamkeitsbereiche sowohl in testpsychologische als auch in neuroanatomische Bereiche zu.

Eine der wichtigsten kognitiven Arbeiten zum Thema der exekutiven Funktionen liefern die Studien von Baddely (1986), (1992), (1995). Sein „working memory“-Modell beinhaltet drei Komponenten.

Zwei von ihnen sind spezialisiert auf die Speicherung und Aufrechterhaltung von sprachorientierter Information „phonological loop“ und visuellem und räumlichem Material „visuospatial loop“. Zusätzlich zu diesen beiden Regelkreisen enthält das Modell eine zentrale Kontrollstruktur „executive functions“. Diese zentrale Exekutive bietet die Basis für den reibungslosen Ablauf kontrollierter Verarbeitungsprozesse. Sie koordiniert die beiden Subsysteme, überwacht das Dekodieren von Informationsmaterial, kontrolliert Aufmerksamkeitsfokussierung und -wechsel und ist an der Aktivierung von Inhalten aus dem Langzeitgedächtnis beteiligt.

Nach neuesten Erkenntnissen ist die zentrale Exekutive nicht mit supplementären mentalen Speicherkapazitäten ausgestattet (Miyake et al. 2000).

Baddeley betont beim Überarbeiten seines Modells (1996), dass die zentrale Exekutive kein einheitliches Konstrukt darstellt, sondern sich in verschiedene Subgruppen fraktionieren lässt. Die Lokalisation der zentralen Exekutive ist mit dem präfrontalen Kortex assoziiert, wobei darauf hingewiesen wird, dass es möglicherweise nicht die einzige Lokalisation ist, welche eine Kontrollfunktion von Aufmerksamkeitsfunktionen ausübt.

Die beschriebenen Systeme von Norman (1981), (1990) und Shallice (1981), (1988), (1991), welche ursprünglich als Modelle zur Aufmerksamkeitskontrolle dienten, finden in neuerer Literatur (Miyake 2000), (Clark 2000) Anwendung als Modelle der exekutiven Funktionen.

Das „Supervisory Attentional System“ (SAS) repräsentiert ein Set von kognitiven Prozessen wie Zielinitiation, Strategiegeneration im Hinblick auf ein Ziel, sowie die Evaluierung von momentanen Aktionen, welche komplexe, nicht-routinierte Aufgaben verlangen. Das SAS wird aktiviert, wenn Gedanken und Aktionen, die ein Ziel erreichen sollen, nicht durch automatische Prozesse gelöst werden können. Dieses System spielt eine wichtige Rolle in neuen, problemlösenden Situationen, in welchen erlernte Aktionen oder Gedanken inadäquat sind oder in welchen neues Verhalten geplant werden muss, um zu einem befriedigenden Ergebnis zu kommen.

2.2.2 Modelle der neuronalen Netzwerke

Nach dem Modell der neuronalen Netzwerke ist komplexes Verhalten in multifokale neuronale Systeme und Netzwerke gefasst, die in weit verbreiteten kortikalen und subkortikalen Arealen lokalisiert sind und durch parallele und reziproke Verbindungen gekennzeichnet sind.

Jedes Netzwerk enthält anatomisch adressierte Kanäle, um Informationsgehalt weiter leiten zu können und neurobiochemisch adressierte Pfade, um Verhalten zu modellieren.

Bei der Verteilung und Verarbeitung von Aufmerksamkeitsprozessen nimmt das Modell des multifokalen neuronalen Netzwerkes eine zentrale Position ein.

Diese strukturelle Organisation zeigt sich auf der funktionellen Ebene durch eine große Redundanz, eine Verteilung von Funktionen über mehrere Areale und schnelle, simultane und parallele Verarbeitung von Information.

Mesulam (1990) geht davon aus, dass sich Aufmerksamkeit im neuronalen Netzwerk auf drei kortikale Hauptebenen verteilt, dem dorsolateralen posterior-parietalen Kortex, dem dorsolateralen präfrontalen Hirnareal und dem Gyrus cinguli anterior, welche sowohl untereinander als auch mit subkortikalen Bereichen, vor allem mit dem Colliculus superior, dem Striatum und dem Thalamus in Verbindung stehen.

Vor allem der präfrontale Kortex zeigt eine große Vielfalt an kortiko-kortikalen Bahnen zu sensorischen und paralimbischen Assoziationszentren. Das Angebot an Information wird über diese Struktureinheit besonders beeinflusst. So befindet sich der präfrontale Kortex in einer Position, welcher in der Lage ist, andere Netzwerke parallel zu aktivieren, zu inhibieren oder auch Netzwerkkombinationen zu erstellen und aus der Vielfalt an Angeboten das Erfolgreichste auszuwählen.

In enger Zusammenarbeit stehen Gyrus cingulus anterior, Nucleus caudatus und Thalamus mit den frontalen Anteilen des Kortex und damit mit den exekutiven Funktionen. Der Präfrontalkortex wird als "Feedback -System" bezeichnet und übt einen tonischen Einfluss auf den gesamten Neokortex aus (Barbas 2000).

Hirnstamm und aufsteigendes retikuläres Aktivierungssystem (ARAS) sind ebenfalls in das neuronale Netzwerk integriert, wobei der Hirnstamm hauptsächlich mit den kortikalen Anteilen verbunden ist, während ARAS Verknüpfungen zum Thalamus herstellt. Es wird diskutiert, ob der Wachheitspegel für Aufmerksamkeitsleistungen in den drei Hauptgebieten durch Hirnstamm und ARAS beeinflusst wird (Mesulam 1990).

Posner und Dehaene (1994) teilen nach ihren Untersuchungen zum Thema Aufmerksamkeit diese in zwei verschiedenen Systeme ein.

Während das posteriore Aufmerksamkeitssystem, welches vom superioren parietalen Kortex gebildet wird, weitgehend für die selektive Auswahl eines bestimmten Stimuli aus einer Anzahl von Vielen verantwortlich ist, dient das anteriore Aufmerksamkeitssystem (Gyrus cinguli anterior und Basalganglien) der Ausübung der EF.

2.2.3 Hirnstrukturen und exekutive Funktionen

Duncan et al. (1997) sowie Engle, Kane und Tukolski (1999) betonen in ihren Studien, dass im frontalen Kortex streng strukturierte und einheitliche Mechanismen existieren, welche ermöglichen, die Frontalhirnfunktionen klar zu charakterisieren und zu beschreiben und somit pathologische Veränderungen im Frontalhirn eindeutig zuordnen zu können.

Auch in Untersuchungen von Miyake et al. (2000) wird die Frage aufgeworfen, ob im frontalen Kortex klar definierbare Strukturen existieren, welche voneinander abgrenzbar sind bzw. bestimmten Leistungsmerkmalen zugeordnet werden können. Wäre dies der Fall, ließen sich die Frontalhirnfunktionen in definierbare Subfunktionen einteilen.

Miyake (2000) und Menons et al. (2001) unterteilen in ihren Studien die exekutiven Funktionen in Kategorien wie „Flexibilität“, „Reizunterdrückung“ und „Fehlerverarbeitung“, welche anhand fMRT-Aufnahmen überwiegend signifikant spezifischen Hirnarealen zugeordnet werden können.

In fMRT-Untersuchungen zeigten sich beim Merkmal „Flexibilität“ Aktivitäten im Bereich des frontalen Kortex und des Gyrus cinguli anterior. Bei der Gruppe „Adaptation an neue Situationen“, worunter sowohl das Beobachten und Kodieren von neuer, als auch das Austauschen von alter Information verstanden werden kann, konnten Aktivitätsmuster im Bereich des dorsalen präfrontalen Kortex nachgewiesen werden. Die Lokalisation des Merkmals „Reizunterdrückung“ zeigte Muster im präfrontalen Kortex auf.

Mirsky et al. (1996) und Koechlin et al. (2000) gehen davon aus, dass der mediale präfrontale Kortex phylogenetisch und ontogenetisch älter als der laterale präfrontale Kortex ist, welcher vor allem beim Menschen gut entwickelt ist .

Die Autoren nehmen an, dass die Fähigkeit, vorhersagbare Pläne oder erlernte Vorgänge zu produzieren, phylogenetisch und ontogenetisch früher entwickelt ist als die Fähigkeit, sich neu auftauchenden Plänen in verändertem Umfeld dynamisch anzupassen.

In ihren Untersuchungen finden sich in dem lateralen anterioren präfrontalen Kortex Aktivitätsmuster bei der Bearbeitung exogener Pläne, worunter eine Anpassung an neue Situationen zur Problemlösung verstanden wird.

Dahingegen ist der mediale anteriore präfrontale Kortex bei der Bearbeitung von endogenen Plänen involviert, d.h. hauptsächlich beim Überwachen von bereits ablaufenden Handlungen.

Dem Gyrus cinguli anterior kommt eine bedeutende Rolle sowohl bei der Ausübung der Kontrollfunktion über das gesamte neuronale Netzwerk als auch bei der Informationsverarbeitung innerhalb der einzelnen Aufmerksamkeitsstrukturen zu und kann als Teil eines Fehlererkennungs- und Kompensationsregelkreises verstanden werden. Er erkennt Konflikte zwischen inkompatiblen Antworttendenzen und ist Bestandteil eines „Fehlervermeidungs- Netzwerkes“.

In den fMRT-Studien Menons (2001) und Fernandez-Duque (2000) konnten sowohl mit dem „Stroop“ Test als auch mit „Go/Nogo“ Aufgabenkonstellationen Aktivitäten im Gyrus cinguli anterior nachgewiesen werden.

Neben den kortikalen Anteilen wird in fMRT-Studien auch die Rolle von subkortikalen Strukturen betont. So konnten Fernandez-Duque et al. (2000) Aktivitätsmuster im Thalamus beim Bearbeiten exekutiver Funktionen nachweisen.

Eslinger (1991), Stuss (1988) und Sandson (1991) stellen in ihren neurophysiologischen Untersuchungen von Patienten mit Thalamusläsionen einheitlich eine Reduktion in der Ausübung von exekutiven Funktionen fest.

Der Annahme eindeutig lokalisierbarer Frontalhirnfunktionen stehen klinische Beobachtungen von Godefroy et al. (1999) und Shallice (1988) gegenüber.

Sie stellen in ihren Studien fest, dass einige Patienten mit identischen Frontalhirnschädigungen unterschiedliche Ergebnisse in den Tests zur Überprüfung der exekutiven Funktionen zeigen.

So zeigten einige Patienten im „Wisconsin Card Sorting Test“ (WCST) reduzierte Ergebnisse, welche mit dem Schädigungsmuster konform gingen.

Beim Test „Turm von Hanoi“ (TvH) lagen ihre Werte im Normbereich, obwohl dieser Test ebenfalls zur Überprüfung der exekutiven Funktionen herangezogen wird und bei Frontalhirnschädigung pathologische Ergebnisse erwartet werden.

Andere Patienten mit dem gleichen Defizit zeigten normale Ergebnisse im WCST und pathologische Werte im TvH.

Diese Ergebnisse führen zur Annahme, dass sich die exekutiven Funktionen aus diversen Subgruppen zusammensetzen, die weder einheitlich zu identifizieren noch eindeutig bestimmten Hirnstrukturen zuzuordnen sind.

Laut Dove (2000) findet exekutive Kontrolle nicht allein in spezifischen Gehirnarealen wie dem präfrontalen Kortex und den subkortikalen Regionen statt, sondern ebenfalls in Arealen, die beim Lösen einfacher Aufgabenprozesse aktiviert werden. Auch die fMRT–Studien zeigen neben den signifikant getrennten Lokalisationen gemeinsame anatomische Lokalisationen, wie beispielsweise den Kortex frontalis inferior.

Miyake stellt die Hypothese auf, dass genau diese gemeinsamen Schnittstellen verantwortlich für die oftmals unerwarteten Testergebnisse sein könnten, welche unter anderem bei den klinischen Beobachtungen Godefroys (1999) und Shallice (1988) beschrieben wurden.

2.3 Testparadigmen zur Erfassung der exekutiven Funktionen

Von der Grundkonzeption kann die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) als das beste und umfassendste Instrumentarium angesehen werden, welches bisher im deutschsprachigen Raum zur Untersuchung von Aufmerksamkeit entwickelt wurde.

Die TAP basiert auf der Vorstellung eines Mehrkomponentenmodells der Aufmerksamkeit (Primbam et al. 1975), (Posner et al. 1990, 1994) und hat zum Ziel, die verschiedenen Komponenten der Aufmerksamkeit möglichst getrennt zu erfassen. Becker et al. (1996) und Kunert et al. (1996) konnten nachweisen, dass mit den einzelnen TAP-Subtests unterschiedliche Qualitäten der exekutiven Funktionen erfasst werden.

Die Testbatterie besteht aus zwölf einfachen Reaktionsaufgaben, in denen auf gut unterscheidbare, sprachfreie Signale durch einen einfachen Tastendruck reagiert werden kann.

Die Testparadigmen sind übersichtlich aufgebaut und nutzen einfache Reize. Die Instruktion kann meist entsprechend einfach angegeben werden. Jeder Test beginnt mit der Darstellung einer Instruktion auf dem Bildschirm. Bei Verständnisproblemen kann ein Vortest durchgeführt werden, bis sichergestellt ist, dass die Aufgabe richtig verstanden wird. Die zwölf Subtests der Testbatterie prüfen ein breites Spektrum an Aufmerksamkeitsleistungen (z.B. „Alertness“, „akustische“ oder „visuelle Vigilanz“, „Scanning“, „Inkompatibilität“, „Reaktionswechsel“ ect.), mit dem es möglich ist, sowohl quantitative (Reaktionszeit) als auch qualitative (Fehleranzahl und Standardabweichung) Ergebnisse zu registrieren.

Die Subtests „Go/Nogo“ und „Inkompatibilität“ prüfen laut Kunert die frontalen Strukturen und somit die exekutiven Funktionen und können als Testparadigmen zur Erfassung von „Reizunterdrückung“ und „Fokussierung“ herangezogen werden.

Die Subtests „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning“ prüfen die Fähigkeitsmerkmale „Flexibilität“ und „Planung und Strategiebildung“.

Hinsichtlich ihrer Reliabilität und Validität wurde die TAP bisher an Erwachsenen Probanden überprüft. Normwerte für Kinder liegen bisher zwischen sechs und zwölf Jahren vor (Kunert et al. 1996), (Földényi et al. 1999).

Des Weiteren kann der Stroop-Test (Stroop 1935) zur Erfassung der exekutiven Funktionen eingesetzt werden.

Bei diesem Test sollen im ersten Durchgang die Wörter, welche Farben sind, so schnell wie möglich vorgelesen werden. Diese Farbwörter sind jedoch in einer anderen Farbe abgedruckt. So soll beispielsweise das Wort „Grün“ vorgelesen werden, welches in rot gedruckt ist.

Im zweiten Durchgang soll die Farbe, in welchem das Wort erscheint, so schnell wie möglich genannt werden.

Die Interferenz zwischen unterschiedlichen Informationen (einmal die Aufforderung die Farb-Wörter vorzulesen und zum anderen die Farben der Wörter zu benennen) misst die Fähigkeit der „Reizunterdrückung“ und die Fähigkeit, zwischen wichtiger und unwichtiger Information zu unterscheiden. Angaben zur Validität und Reliabilität liegen bei Kindern und Jugendlichen nicht vor.

Der Wisconsin Card Sorting Test (WCST) ist ein Kartensortier-Test, bei dem die Fähigkeiten von Kategorienbildung und -wechsel und Lernen aus Rückmeldungen geprüft werden.

Für diesen Test liegen genormte Daten ab einem Alter von sechs Jahren vor. Er wurde hinsichtlich der Reliabilität und Validität bei Kindern und Erwachsenen geprüft. Eine computergestützte Version (CKV, Drühe-Wienholt und Wienholt) ist in Vorbereitung.

Vor allem in der Neuropsychologie wird dieser Test, von Grant & Berg (1993) entwickelt, häufig eingesetzt, da er als besonders sensitiv bei frontalen Schädigungen gilt. Er unterstützt die Differenzierung zwischen frontalen und nichtfrontalen Hirnschädigungen (Melchers 2000).

Sowohl Mirsky et al. (1991) als auch Miyake (2000) konnten aufzeigen, dass das Fähigkeitsmerkmal „Flexibilität“, worunter ein Wechsel von einem Aufmerksamkeitsaspekt zum Nächsten verstanden wird, mit dem „Wisconsin Card Sorting Test“ (WCST) erfasst werden kann.

Als Testverfahren zur Erfassung der Merkmale „Planung und Strategiebildung“ stehen neben dem Subtest „Visuelles Scanning“ aus der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) auch der Turm von Hanoi (Simon 1975), der Labyrinth-Test (Porteus 1952) und der Turm von London (Shallice 1982) zur Verfügung.

Der Turm von Hanoi und der Turm von London prüfen vorausschauende Problemlöse- und Planungsprozesse.

Die Aufgabe bei diesen Tests besteht darin, in möglichst wenigen Zügen eine Pyramide, bestehend aus verschieden großen und vielen Bausteinen, von einem Platz zu einem anderen zu transportieren. Dabei darf immer nur ein Baustein bewegt und ein größerer nie auf einen kleineren an der Zwischenposition deponiert werden.

Melchers und Lehmkuhl (2000) weisen allerdings darauf hin, dass nicht das Ergebnis die jeweilige diagnostische Information liefert, sondern der Lösungsprozess dafür entscheidend ist.

Momentan sind diese Tests noch nicht für Kinder und Jugendliche normiert. Es existieren keine Angaben zur Reliabilität. Eine computergestützte Version dieser Tests wurde von Matthes (1988) entwickelt.

Die Labyrinth-Tests eignen sich zur Beobachtung und Beurteilung von visuell-räumlichen Plan- und Problemlöseprozessen. Aufgabe in diesen Tests ist es, so schnell wie möglich von einem vorgegebenen Anfangspunkt mit einem Stift den Weg durch ein Labyrinth zu zeichnen, ohne Linien zu kreuzen oder in Sackgassen zu geraten. Es liegen dafür altersgerechte Labyrinth-Schablonen vor. Bewertet wird hier die quantitative (Zeit, Fehler) und die qualitative (Arbeitsweise) Leistung.

Die oben genannten Verfahren stellen nur eine begrenzte Auswahl der vorhandenen Testparadigmen dar. Neben diesen gibt es eine große Anzahl von experimentellen Untersuchungsparadigmen, die jeweils auf spezifische Fragestellungen abgestimmt sind.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über eine Auswahl an unterschiedlichen Leistungsmerkmalen der exekutiven Funktionen und den exemplarisch einsetzbaren Tests.

Exekutive Funktion	Test
Reizunterdrückung	Go/Nogo Stroop
Fokussierung	Inkompatibilität Stroop
Flexibilität	Reaktionswechsel WCST
Planung und Strategiebildung	Visuelles Scanning Turm von Hanoi Turm von London Labyrinth-Test

Tabelle 2: Leistungsmerkmale der EF und einsetzbare Tests

2.4 Entwicklung der exekutiven Funktionen

Die Entwicklungspsychologie lehrt, dass Kinder und Jugendliche mehr und vor allem etwas anderes sind als kleine Erwachsene. Untersuchungen in der Neuropsychologie belegen, dass die Funktionen des in Entwicklung befindlichen kindlichen Gehirns nicht denen des adulten Gehirns auf einer unreifen Entwicklungsstufe entsprechen, sondern qualitativ und topographisch unterschiedlich organisiert sind.

2.4.1 Altersunterschiede

Földényi (1999) untersuchte 150 Mädchen und Jungen im Alter von sechs bis zehn Jahren mit Hilfe der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP).

Bedeutende Alterseffekte konnten in den Subtests „Go/Nogo“, „Inkompatibilität“, „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning“ ermittelt werden.

In der „Go/Nogo“ Reihe (Reizunterdrückung) zeigten sich signifikante negative Korrelationen. Schnelle Reaktionszeiten gingen mit erhöhten Fehlerzahlen einher. Die Kinder neigten in diesem Test altersabhängig zu schnellem Reagieren, was auf Kosten der Richtigkeit der Antworten ging.

Je jünger die Kinder waren, desto stärker stellte sich dieser Effekt ein.

In dem Subtest „Inkompatibilität“ (Fokussierung) konnte Földényi abnehmende Fehleranzahlen mit zunehmendem Alter nachweisen. Die Differenzen der Reaktionszeiten zwischen kompatiblen und inkompatiblen Bedingungen waren bei jüngeren Kindern signifikant stärker ausgeprägt als bei den älteren Schulkindern.

In dem Test „Reaktionswechsel“ (Flexibilität) konnten ebenfalls signifikante Altersfortschritte ermittelt werden. So zeigten die sechsjährigen Kinder signifikant langsamere Reaktionszeiten verglichen mit den Achtjährigen.

Auch die Achtjährigen unterschieden sich in diesem Subtest noch signifikant von den neun bis zehnjährigen Schulkindern durch langsamere Bearbeitungszeiten.

Die Auswertung der Fehleranzahl zeigte in keiner Gruppe signifikante Unterschiede und lag in allen Altersstufen bei zwei bis drei Fehler pro Durchgang.

Im Subtest „Visuelles Scanning“ (Planung und Strategiebildung) zeigte sich der Altersfortschritt in der zunehmend systematischen Vorgehensweise beim Durchsuchen der Zeilen nach kritischen Reizen, nicht jedoch in der Abnahme der Fehlerzahlen.

Kunert et al. (1996) untersuchte mit der TAP 187 Kinder zwischen neun und zwölf Jahren, zwölf Jugendliche zwischen fünfzehn und zwanzig Jahren und 58 Erwachsene anhand der gleichen Subtests wie in der Untersuchung von Földényi.

In den Gruppen der Neun- bis Zwölfjährigen konnten signifikante bis hochsignifikante Altersunterschiede in den Subtests „Inkompatibilität“ und „Visuelles Scanning“ bezüglich der Auswertung der Leistungsgeschwindigkeit ermittelt werden.

Die Jugendlichen und Erwachsenen zeigten in allen Subtests signifikant schnellere Leistungsgeschwindigkeiten verglichen mit den Neun- bis Zwölfjährigen.

Im Vergleich der Altersgruppe der 9- bis 12jährigen Kinder mit der Altersgruppe der 15- bis 25jährigen Jugendlichen bzw. Erwachsenen fallen die Reaktionszeiten generell niedriger aus.

Im Vergleich der Gruppe der Fünfzehn- bis Zwanzigjährigen mit der Erwachsenenkontrollgruppe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Reaktionszeiten in den einzelnen Tests.

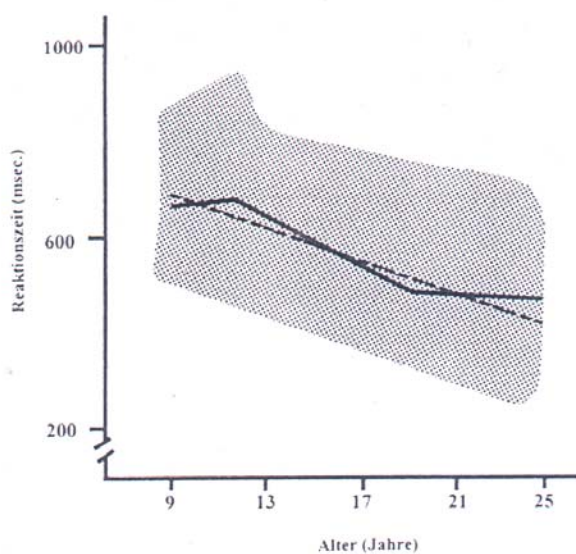
In dieser Studie wird deutlich, dass unterschiedliche Testverfahren unterschiedlich starken Alterseffekten unterworfen sind.

Den größten Altersunterschied konnten Kunert et al. im Subtest „Go/Nogo“ nachweisen.

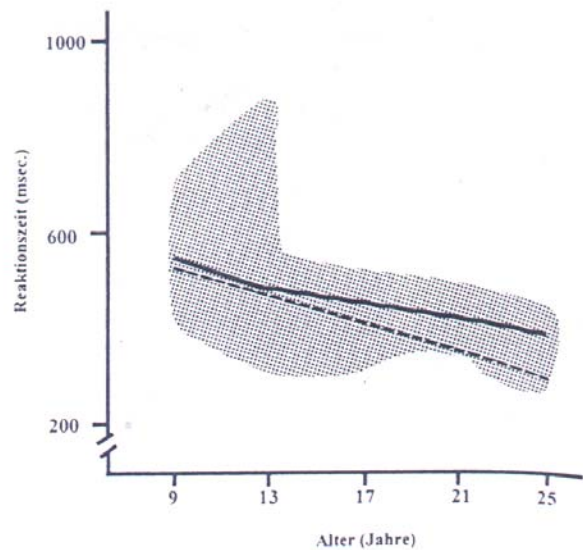
Der Verlauf der mittleren Reaktionszeiten zeigt zwischen den 9- bis 12jährigen, den 15- bis 20jährigen und den jungen Erwachsenen einen signifikanten Alterseffekt. Die Autoren verweisen darauf, dass in diesem Testparadigma vor dem zwölften Lebensjahr keine bedeutende Leistungsverbesserung zu beobachten sei.

Im Gegensatz dazu sind für andere Subtests, wie beispielsweise „Inkompatibilität“ geringere altersabhängige Leistungsunterschiede zu verzeichnen, wie aus den Abbildungen 1 und 2 erkenntlich wird.

Kunert et al. postulieren, dass die gemessenen Funktionen in dem Subtest „Go/Nogo“ stärker als andere Subtests von frontalen Arealen abhängig sind, welche bis zum 12. Lebensjahr noch weitgehend inaktiv sind und erst im Jugendalter aktiviert werden.



„Go/Nogo“



„Inkompatibilität“

Abbildung 1 und 2 aus Kunert HJ, Derichs G, Irlé E (1996): Entwicklung von Aufmerksamkeitsfunktionen im Kindesalter: Ergebnisse einer vorläufigen Normierung der computergestützten Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) an 9- bis 12jährigen Kindern. Zeitschrift für Neuropsychologie 7, 92-113.

Die durchgezogene Linie veranschaulicht die in Abhängigkeit vom Lebensalter extrapolierten mittleren Reaktionszeiten. Der schattierte Bereich veranschaulicht den Umfang der Verteilung der Reaktionszeiten über das Gesamtkollektiv aller untersuchten 9- bis 12jährigen Kindern bzw. Erwachsenen bis zu einem Alter von < 25 Jahren in diesen Subtests.

Weyandt et al. (1994) untersuchten 115 Sechs- bis Dreizehnjährige mit Tests zur Erfassung der Leistungsmerkmale „Reizunterdrückung“, „Flexibilität“ und „Planung und Strategiebildung“.

Altersabhängige Leistungen waren am stärksten in den Testparadigmen „Wisconsin Card Sorting Test“ (WCST), „Turm von Hanoi“ (TvH) und „Verbal Fluency Test“ nachweisbar. Bei dem „Verbal Fluency Test“ wird dem Jugendlichen eine semantische Einheit vorgegeben, mit welcher er innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls so viele Assoziationen wie möglich verbal äußern soll.

Als Leistungsmaß gilt die Anzahl an korrekten Wörtern.

Während bei diesen drei Tests keine signifikanten Altersunterschiede zwischen den Altersgruppen I (6.0-7.11 Jahre) und II (8.0-9.11 Jahre) zu ermitteln waren, konnte bei der Auswertungen der Altersgruppe II verglichen mit den Zehn- bis Zwölfjährigen (Altersgruppe III) ein signifikanter Alterseffekt in der Fehlerauswertung und der Ermittlung der Reaktionszeit nachgewiesen werden.

In seiner Studie wurde jedoch in keinem der Tests das Leistungsniveau der Erwachsenen erreicht.

Welsh et al. (1991) konnten unterschiedliche Entwicklungsverläufe für unterschiedliche Bereiche der exekutiven Funktionen feststellen.

Bei einfachem strategischem Planen, nachgewiesen durch die Testparadigmen „Visual Search“ und „3-Ring Turm von Hanoi“ konnte bereits in einem Alter von sechs Jahren eine Aktivität nachgewiesen werden, welche vergleichbar mit den Ergebnissen der Erwachsenen waren.

Diese Aufgaben prüfen die Fähigkeit zur „Reizunterdrückung“ von unadäquaten Stimuli und zur „Fokussierung“.

Seine Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von Passler, in welchen bereits mit einem Alter von sechs Jahren im „Verbal Conflict“ Test vergleichbare Ergebnisse der Erwachsenen erzielt wurden.

Bei Aufgaben, welche inhibitorische Aspekte beinhalten, ist die Entwicklung ab einem Alter von zehn Jahren abgeschlossen.

So konnten in seinen Untersuchungen sowohl im „WCST“ als auch im „Matching Familiar Figures Test“ (MFFT), welcher visuelles Abtasten, Hypothesen aufstellen und Impulskontrolle untersucht, das Ergebnisniveau der Erwachsenen erreicht werden. Seine Daten decken sich mit den Untersuchungen von Chelune und Baer (1986).

Bei sehr komplexen Aufgaben wie in den Tests „Verbal Fluency“ und „Motor Planning“, erreichten die Probanden auch in einem Alter von zwölf Jahren in keiner Auswertung vergleichbare Ergebnisse der Erwachsenen.

In der Arbeit von Beckers (1987), welcher Fünf- bis Zwölfjährige anhand „Go/Nogo“ Testparadigmen untersuchte, zeigte sich, dass bereits in einem Alter von zehn bis zwölf Jahren das Ergebnisniveau der Erwachsenen erzielt wurde, also im Adoleszenzalter kein Unterschied mehr zu erwarten ist.

Bezüglich der Fehlerauswertung konnten bis zum zehnten Lebensjahr Altersunterschiede ermittelt werden. Jüngere Kinder begingen signifikant mehr Fehler verglichen mit den Älteren.

Ab dem zehnten Lebensjahr zeigte die Auswertung der Fehleranalyse keinen signifikanten Unterschied.

Die Auswertung der Reaktionszeiten wies ebenfalls einen Alterseffekt auf.

Während sich die Sechs- und Achtjährigen signifikant bezüglich der Reaktionsgeschwindigkeit unterschieden, zeigte der Vergleich der zehn- und zwölfjährigen Schüler gleiche Reaktionszeiten.

Passler et al. (1985) zeigten in ihren Tests an Sechs- bis Zwölfjährige aus den Kategorien „Reizunterdrückung“, „Flexibilität“ und „Planung und Strategiebildung“ unterschiedliche Alterseffekte.

In der Kategorie „Flexibilität“, getestet durch den „Verbal Conflict“ Test, zeigten bereits die sechsjährigen Kinder die gleichen Ergebnisse verglichen mit den Zehn- und Zwölfjährigen.

In den Tests „Perseveration“ und „Nonverbal Conflict“ Test zeigten sich signifikante Unterschiede bezüglich der Fehlerauswertung zwischen den Zehn- und Zwölfjährigen. Die Zwölfjährigen wiesen vergleichbare Ergebnisse wie die der Erwachsenen auf.

Die Tests „Verbal“ -und „Nonverbal Retroactive Inhibition“ zeigten den stärksten Alterseffekt. In diesen beiden Tests, welche das Fähigkeitsmerkmal „Reizunterdrückung“ untersuchen, zeigte sich auch bei den Zwölfjährigen noch ein signifikanter Unterschied verglichen mit dem erwachsenen Kontrollkollektiv.

Travis et al. 1998 untersuchte zehn- bis achtzehnjährige Schüler anhand des „Figural-Intersection“-Tests. In diesem Test wird zeitunabhängig die Anzahl an Zeichen/Gegenständen, die simultan zerebral gespeichert, bearbeitet und abgerufen werden können, gemessen.

Bei der Auswertung zeigten sich signifikante Unterschiede für die Reaktionszeiten und die Standardabweichung, welche als Maß für die Arbeitsgenauigkeit herangezogen wurde.

Acht- und Zwölfklässler zeigten signifikant schnellere Bearbeitungsgeschwindigkeiten und vollbrachten ihre Aufgaben signifikant gleichmäßiger verglichen mit den Zehnjährigen. Beim Vergleich der Vierzehn- und Achtzehnjährigen konnten keine Unterschiede festgestellt werden.

Der fehlende Fortschritt im Kindesalter bezüglich der Impulshemmung deckt sich mit den Resultaten von Schachar und Logan (1990).

In ihren Untersuchungen bei Kindern aus der zweiten bis sechsten Klasse konnten in diesem Altersabschnitt keine spezifischen Altersfortschritte bezüglich der Reaktionshemmung nachgewiesen werden. Auch hier wird die Hypothese vertreten, dass dieses Fähigkeitsmerkmal erst in einem späteren Alter aktiviert wird.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in denjenigen Tests, welche komplexe Formen der exekutiven Funktionen prüfen, Alterseffekte bei Jugendlichen zu ermitteln sind.

Diese scheinen abhängig vom verwendeten Testparadigma unterschiedlich stark auszufallen.

So konnten Kunert, Welsh und Passler zeigen, dass der Alterseffekt beim Bearbeiten der Tests zur Überprüfung von „Reizunterdrückung“ und „Planung und Strategie“ ab dem zwölften Lebensjahr am stärksten ausgeprägt ist.

2.4.2 Geschlechtsunterschiede

In der Studie Földényis (1999) zeigten sechs- bis zehnjährige Mädchen in den Subtests „Inkompatibilität“ und „Go/Nogo“ verlängerte Reaktionszeiten.

Die Mädchen verpassten in der Testreihe „Visuelles Scanning“ eine höhere Anzahl an kritischen Reizen und neigten zu langsameren Reaktionen.

Die Jungen machten in den Tests „Reaktionswechsel“ und „Go/Nogo“ zwar häufiger Fehler, sie zeigten jedoch schnellere und voreiligere Reaktionen verglichen mit den Ergebnissen der Mädchen.

Die Ergebnisse der Studie von Becker et al. (1987), welche Kinder zwischen dem sechsten und zwölften Lebensjahr mit Hilfe von „Go/Nogo“ Testreihen untersuchten, deuten darauf hin, dass auch in einem Alter von zwölf Jahren die Jungen noch schneller reagieren als ihre weibliche Vergleichsgruppe.

Die Mädchen erledigten ihre Aufgaben im Gegensatz zu den Jungen genauer, was bei der Auswertung der Standardabweichung und der Fehleranzahl zum Ausdruck kam.

In den Studien von Kunert et al. (1996) zeigten Jungen in der Testserie „Inkompatibilität“ bessere Reaktionszeiten bei gleicher Fehleranzahl, während Mädchen im Subtest „Go/Nogo“ tendenziell schneller reagierten.

In den Tests „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning“ konnten Kunert et al. keinen Geschlechtsunterschied feststellen.

Townes, Martin, Trupin und Goldstein (1980) fanden in ihren Untersuchungen von Schulkindern heraus, dass Jungen im Geschlechtervergleich bessere Ergebnisse in Aufgabenbereichen erzielten, in denen motorische Komponenten und räumliches Denken abverlangt wurden.

Die Mädchen hingegen schnitten in Aufgabenbereichen, in welchem bevorzugt verbales Agieren verlangt wurde, besser ab.

Passler (1985) untersuchte sechs- bis zwölfjährigen Schulkinder in den Kategorien „Inhibition“ und „Konfliktbewältigung“.

Tendenziell zeigten die achtjährigen Mädchen schlechtere Ergebnisse in der Kategorie „Konfliktbewältigung“ und bessere Ergebnisse bei den Aufgaben aus dem Bereich „Inhibition“.

Ab einem Alter von zehn Jahren konnte er keine geschlechterspezifischen Unterschiede mehr nachweisen.

Bezüglich der Fehleranzahl sind die Forschungsergebnisse nicht einheitlich. Während in den Arbeiten von Seidel und Joschko (1990) keine Unterschiede zu verzeichnen waren, konnten Pascualvaca et al. (1997) im „Continuous Performance Test“ erhöhte Fehlerzahlen bei Jungen aufzeigen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Mädchen langsamer und gleichmäßiger arbeiten verglichen mit den Jungen.

Diese Unterschiede scheinen sich ab dem zehnten- bis zwölften Lebensjahr nicht mehr nachweisen zu lassen.

2.4.3 Intelligenz und exekutive Funktionen

Welsh beschreibt die exekutiven Funktionen als eine Domäne innerhalb der Kognition, die unabhängig von der Intelligenz existiert.

Diese Behauptung deckt sich mit klinischen Beobachtungen von Kindern mit kognitiven Defiziten im exekutiven Bereich bei normaler Intelligenz (Douglas 1983), (Welsh & Pennington 1991).

In der Studie von Clark et al. (2000) wurden Zwölf- bis Fünfzehnjährige anhand des „Six Element Tests“ (SET) und des „Hayling Sentence Completion Test“ (HSCT) untersucht.

Während der „Six Element Test“ Merkmale wie „Alltagsstrategie“ und „zielorientiertes Verhalten“ getestet, wird im „Hayling Sentence Completion Test“ die Fähigkeit zur Generation von Strategien zur Bewältigung von Aufgabenkomplexen gemessen.

In seinen Ergebnissen konnten die Testergebnisse in keinen Zusammenhang mit dem Intelligenzquotienten gebracht werden kann.

Kunert et al. (1996) hingegen verweisen auf den in diversen psychologischen Disziplinen zur Zeit wieder verstärkt diskutierten Aspekt, eine zentralnervös bedingte Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit als Grundlage individueller Unterschiede in der menschlichen Intelligenz anzunehmen und diese über die Reaktionszeiten in den einzelnen Testreihen zu erfassen.

In ihren Studien konnten signifikant bis hochsignifikante Werte aus den Ergebnissen des Intelligenztests („Mannheimer Intelligenztest für Kinder und Jugendliche“) und den mittleren Reaktionszeiten in den Testreihen „Go/Nogo“, „Inkompatibilität“, „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning“ ermittelt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in diesem Gebiet die Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfallen. Während die meisten Autoren keinen Zusammenhang zwischen den exekutiven Funktionen und der Intelligenz herstellen, konnte Kunert signifikant bis hochsignifikante Ergebnisse ableiten.

2.4.4 Entwicklung der exekutiven Funktionen und Hirnentwicklung

Jugendliche Rhesusaffen mit Frontalhirnläsionen in ihrer frühen postnatalen Entwicklungen können Reaktionen ausführen, die nach einer entsprechenden Läsion im adulten Alter nicht möglich sind. Sie verlieren diese Reaktionsfähigkeit jedoch im Verlauf ihrer weiteren Reifung (Goldmann et al 1974).

Diese Befunde belegen, dass das betreffende Reaktionsverhalten ursprünglich nicht vom frontalen Kortex, sondern von anderen Arealen kontrolliert wird.

Im natürlichen Entwicklungsverlauf wird diese Funktion später vom frontalen Kortex übernommen, während die ursprünglich verantwortlichen Strukturen andere Aufgaben übernehmen.

Daraus kann abgeleitet werden, dass funktional-topographische Zuordnungen, die für ein bestimmtes Alter gelten, in anderen Entwicklungsabschnitten völlig unzutreffend sein können (Melchers & Lehmkuhl 2000).

In neuroanatomischen Studien Huttenlochers (1979), Epsteins (1972) und Hudspeths (1992) wird die Theorie vertreten, dass im Altersbereich zwischen dreizehn und fünfzehn Jahren kein Altersunterschied in der zerebralen Entwicklung zu erwarten sei, da der Wachstumsschub des frontalen Kortex erst später erfolge, mit einem Alter von siebzehn bis neunzehn Jahren und die Entwicklung erst mit Mitte Zwanzig abgeschlossen ist.

Epstein (1972), Hudspeth (1992) und Thatcher (1991) zeigen sowohl in neuroanatomischen Untersuchungen als auch in EEG-Ableitungen, dass das Gehirn in bestimmten Altersabschnitten schneller wächst und bis zum nächsten Wachstumsschub eine Plateauphase einsetzt.

Elfjährige zeigen einen starken Wachstumsschub, der von einer Ruhephase abgelöst wird. Ein weiterer signifikanter Wachstumsschub kann mit einem Alter zwischen sechzehn und achtzehn Jahren beobachtet werden.

Hudspeth (1992) und Melchers & Lehmkuhl (2000) weisen darauf hin, dass im Entwicklungsprozess ein Lokalisationswechsel der exekutiven Funktionen von striatal nach frontal erfolgt.

In den Studien Duques et al. (2000) zeigt sich, dass Konfliktbewältigungsstrategien an die Entwicklung des Gyrus cinguli anterior geknüpft sind. Zwischen dem fünften und sechzehnten Lebensjahr finden sich signifikante Korrelationen zwischen dem Volumen des rechten Gyrus cinguli anterior und der Fähigkeit, Aufgaben aus dem Bereich der exekutiven Funktionen zu bewältigen.

Bezüglich des Geschlechtsunterschiedes konnte Pfefferbaum (1994) nachweisen, dass Jungen im Vergleich zu Mädchen ein größeres Volumen an grauer Substanz aufweisen. Beide Geschlechter folgen den gleichen Wachstumsperioden. Bis zu einem Alter von zehn Jahren kann sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen ein Wachstum des Gehirns verzeichnet werden.

In MRT-Bildbearbeitungen von Reiss et al. (1996) zeigen Jungen ein um ca. 10% größeres Hirnvolumen verglichen mit gleichaltrigen Mädchen. Signifikante Geschlechterunterschiede konnten in der Auswertung der grauen Substanz erhoben werden.

Witelson et al. (1995) beschreiben in ihrer neuroanatomischen Untersuchung, dass Mädchen im Vergleich zu Jungen eine signifikante höhere neuronale Dichte im Kortex temporale superior aufweisen.

Neuroanatomische MRT-Untersuchungen zur Intelligenz von Reiss et al. (1996) und Wickett et al. (1994) zeigen, dass bei gesunden Versuchspersonen mit steigendem Intelligenzquotienten eine Hirnvolumenzunahme beobachtet werden konnte. Auch in neuroanatomischen Untersuchungen des frontalen Kortex von Cummings (1993) und Williams & Goldman-Rakic (1995) wurde ein Zusammenhang zwischen der Neuronendichte und dem Intelligenzquotienten hergestellt.

In der Studie von Reiss et al. (1996) findet eine Differenzierung derjenigen Hirnstrukturen statt, welche für die Intelligenzstrukturen zuständig sein sollen. Der prozentual größte Anteil wird, Ergebnissen nach, von der grauen Substanz des präfrontalen Kortex getragen, welchem ebenfalls höhere kognitive Funktionen, die exekutiven Funktionen, zugesprochen werden.

Die Untersuchungen Huttenloches (1979) hingegen können keinen Hinweis für eine Korrelation zwischen der Synapsendichte im frontalen Kortex und der Intelligenz herstellen.

3 Eigene Untersuchung

3.1 Fragestellung und Hypothesen

Neuere Theorien über Aufmerksamkeit teilen Aufmerksamkeit nach verschiedenen Gesichtspunkten in spezifische Teilfunktionen ein.

Nach Van Zomerer und Brouwer (1994) werden quantitative und qualitative Aspekte der Aufmerksamkeit unterschieden, wobei die exekutiven Funktionen, welche unter anderem für Planungsfähigkeit, Strategiebildung und Flexibilität stehen, dem qualitativen Bereich zugeordnet werden können.

Die exekutiven Funktionen sind wichtige Funktionen, welche bei der Bewältigung von vielen alltäglichen Abläufen eine große Rolle spielen.

Bis zum heutigen Zeitpunkt existieren wenige Untersuchungen, welche die exekutiven Funktionen bei Kindern und Jugendlichen untersuchen und entsprechend wenig Information über den Entwicklungsverlauf dieser Funktionen.

Des Weiteren gibt es, weder über mögliche Geschlechtsunterschiede, noch bezüglich des Einflusses der Intelligenz beim Bearbeiten von Aufgaben aus dem Bereich der exekutiven Funktionen ausreichend Literatur.

Neuropsychologische Untersuchungen bezüglich eines Alterseffektes zeigen kontroverse Ergebnisse.

In den Studien von Becker (1987) und Passler (1985) wird betont, dass in einem Alter zwischen zehn und zwölf Jahren die Werte der Erwachsenen erreicht werden und somit kein Alterseffekt bei dem Vergleich der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen auftritt.

Studien von Kunert et al. (1996) und Weyandt (1994) zeigen hingegen, dass in einem Alter von zwölf Jahren verglichen mit den Erwachsenenengruppen signifikante Unterschiede im Bearbeiten kognitiver Tests bestehen.

Während Földényi (1999), Becker (1987) und Kunert (1996) einen Geschlechterunterschied beim Bearbeiten von kognitiven Aufgaben im Bereich der exekutiven Funktionen nachweisen, zeigen Studien von Passler (1985) und Seidel und Joschko (1991) keine Unterschiede in den Testergebnissen auf.

Kunert (1996) kann in seinen Studien Korrelationen zwischen der Bearbeitungsgeschwindigkeit von TAP-Aufgaben und den Intelligenzquotienten der Probanden nachweisen. Clark (2000), Welsh (1991) und Weyandt (1994) können diese Ergebnisse nicht bestätigen.

Ziel der Arbeit ist es, den Entwicklungsverlauf der exekutiven Funktionen im Jugendalter zu untersuchen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden folgende Hypothesen getestet:

- I. Es wird im Altersvergleich der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen kein Unterschied festgestellt.
- II. Es wird im Geschlechtsvergleich zwischen den Mädchen und den Jungen kein Unterschied festgestellt.
- III. Intelligenz korreliert nicht mit den Leistungen in den Tests zu den exekutiven Funktionen.

3.2 Methodik

3.2.1 Stichprobenbeschreibung

40 gesunde Personen nahmen an der Untersuchung teil, jeweils zehn Mädchen und zehn Jungen im Alter von 13,1 bis 13,9 Jahren und weitere zwanzig Probanden im Alter von 15,1 bis 15,9 Jahren.

Die Rekrutierung der Probanden erfolgte über persönliche Kontakte der Referentin zu Schulen und Sportvereinen. Eine schriftliche Aufklärung über die Untersuchung wurde zusammen mit einer Einverständniserklärung von den Eltern der Probanden unterschrieben.

Alle Probanden wurden in einem ruhigen Raum getestet, waren ausgeruht und machten nach Abschluss der ersten Testreihe („Go/Nogo“ und „Inkompatibilität“) eine Pause von 15 min.

Durch die „Child Behavior Checklist“ (CBCL) (Achenbach 1991, deutsche Version: Döpfner et al. 1994), welche von den Erziehungsberechtigten auszufüllen war, wurden anhand 120 Fragen Einzelheiten über Verhaltensauffälligkeiten, Kompetenzen und emotionale Auffälligkeiten der Jugendlichen dokumentiert.

Die Summe der 120 Items ergibt einen Gesamtscore, der als Maß für die Verhaltensprobleme bei Kindern und Jugendlichen gilt: je höher der Wert, desto auffälliger ist das Kind. Um differenzierte Aussagen über die Art von häufig auftretenden Problemen bei Jugendlichen machen zu können, wurden mittels Faktorenanalyse bestimmte Syndrome auf einer achtstufigen Skala identifiziert z.B. Angst und Depressivität, soziale Probleme, aggressives Verhalten und Aufmerksamkeitsprobleme (Skala VI).

In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass der Gesamtscore der CBCL als grobes Screeningmaß benutzt werden kann, um auffällige von nicht auffälligen Kindern und Jugendlichen zu unterscheiden (Noterdaeme und Amorosa 1998).

Als weiteres Einschlusskriterium wurde der „Culture Fair Intelligence Test – Scale 2“ (CFT 20) von Weiß (1980) eingesetzt. Der CFT 20 erfasst das allgemeine intellektuelle Niveau im Sinne der Catell'schen „General Fluid Ability“.

Diese kann umschrieben werden als Fähigkeit, figurale Beziehungen und formal-logische Denkprobleme mit unterschiedlichen Komplexitätsgraden zu erkennen und innerhalb einer vorgegebenen Zeit zu verarbeiten.

Der CFT 20 besteht aus zwei gleichartig aufgebauten Testteilen mit je vier Untertests (Reihenfortsetzung, Klassifikationen, Matrizen und topologische Schlussfolgerung). Altersnormen liegen ab dem achten Lebensjahr, Klassenstandardwerte vom fünften bis zum zehnten Schuljahr vor. Der CFT ist sowohl auf seine Validität als auch Retest-Reliabilität geprüft.

Dreizehnjährige haben einen IQ-Wert von 108, wenn sie im Gesamttest 68 von 88 Rohwerten erreichen. Ein IQ-Wert von 104 bei den Fünfzehnjährigen bedeutet, dass sie im Gesamttest 66 Rohwerte aufweisen.

Die Auswertung des CBCL-Fragebogens erfolgte durch eine Erstellung von T-Werten anhand eines speziellen Auswertungsprogramms.

Ausschlusskriterien waren T-Werte über 67 in einem der 8 Syndromskalen, Werte über 60 im Gesamtscore des CBCL-Bogens und / oder IQ-Werte im CFT 20 Intelligenztest unter 85.

Hör- oder Visusstörungen wurden anamnestisch ausgeschlossen, ebenso Entwicklungsstörungen zum Zeitpunkt der Untersuchung oder zu einem früheren Zeitpunkt.

Wegen auffälligen CBCL-Werten schieden zwei Probandinnen aus, zwei weitere zeigten bei der Auswertung Ausreißerwerte, so dass sich das Datenkollektiv aus neun Mädchen und zehn Jungen im Alter von 13 Jahren und sieben Mädchen und zehn Jungen im Alter von 15 Jahren zusammensetzte.

Die durchschnittlichen Werte von Intelligenz, CBCL und CBCL-Syndromskala für Aufmerksamkeitsstörungen in den Untersuchungsgruppen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Alter	durchschnittliche Intelligenz (CFT 20)	durchschnittlicher CBCL-Gesamtwert (T-Wert)	durchschnittlicher CBCL-Wert der Aufmerksamkeitsskala (T-Wert)
13-Jährige	108 (8.8)	44.8 (8.1)	51.7 (4.0)
15-Jährige	104 (6.6)	40.8 (9.6)	50.8 (1.5)
Geschlecht			
Männlich	107 (11.0)	44.1 (10.6)	51.8 (3.5)
Weiblich	103 (4.6)	42.7 (6.1)	51.2 (2.3)

Tabelle 3 : Merkmale der Stichprobe der Probanden.

(...) = Standardabweichung

3.2.2 Tests

Zur Untersuchung der exekutiven Funktionen der Probanden wurden vier Subtests aus der Testbatterie zur Überprüfung der Aufmerksamkeit (TAP) von Zimmermann und Fimm (1993) und (1994) herangezogen. Die Auswahl der entsprechenden Subtests zur Untersuchung der exekutiven Funktionen wurde vorab in einer Pilotstudie geklärt.

Die Tests wiesen die Qualitäten zur Erfassung der exekutiven Funktionen auf und konnten in vier verschiedene Bereiche eingeteilt werden.

Gemessen werden die Fähigkeit, inadäquate Reize zu unterdrücken (Go/Nogo 1) und (Go/Nogo 2), die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsfokussierung (Inkompatibilität), die Möglichkeit zwischen zwei Aufmerksamkeitspotentialen zu wechseln (Reaktionswechsel) und das visuelle Abtasten des Gesichtsfeldes mit der Fähigkeit, Strategien bilden und ändern zu können (Visuelles Scanning).

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die verwendeten Subtests der TAP zur Erfassung der exekutiven Funktionen.

Exekutive Funktion	TAP
Reizunterdrückung	Go/No-go 1 Go/No-go 2
Fokussierung	Inkompatibilität
Flexibilität	Reaktionswechsel
Planung und Strategiebildung	Visuelles Scanning

Tabelle 4: Leistungsmerkmale der exekutiven Funktionen und TAP-Subtests.

Die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung wurde ursprünglich zur Untersuchung hirngeschädigter erwachsener Patienten eingesetzt, wird aber inzwischen auch bei Kindern und Jugendlichen verwendet.

Kunert et al. veröffentlichte 1996 für die in dieser Studie verwendeten Subtests vorläufige Normwerte für Kinder im Alter zwischen sechs und zwölf Jahren.

Im Folgenden werden die einzelnen Subtests zur Erfassung der exekutiven Funktionen näher beschrieben.

Go/Nogo

Die „Go/Nogo“-Aufgaben untersuchen die spezifische Fähigkeit, nicht adäquate Reaktionen zu unterdrücken.

Es werden zwei Durchführungsformen mit unterschiedlichem Reizmaterial angeboten.

„Go /Nogo 1“ hat zwei Reize zur Auswahl (x und +), von denen das „x“ kritisch ist, während bei „Go/Nogo 2“ aus fünf unterschiedlichen Mustern zwei als kritisch definiert sind und vom Probanden per Tastendruck erkannt werden sollen.

Gemessen werden Fehler erster Ordnung, was einem verpassten kritischen Reiz entspricht und Fehler zweiter Ordnung, welcher begangen wird, wenn eine falsche Reaktion erfolgt. Weitere Auswertungspunkte sind die mittlere Reaktionszeit und die Standardabweichung, welche als Maß für eine Arbeitsgenauigkeit herangezogen werden kann.

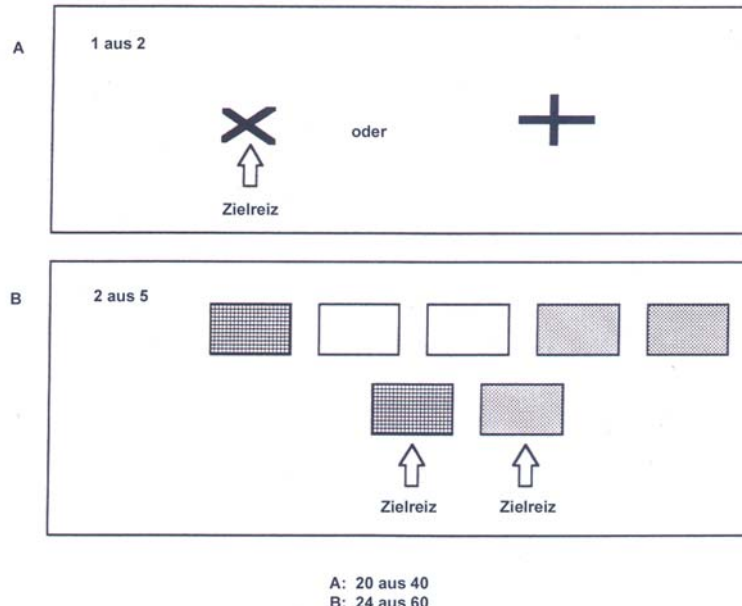


Abbildung 3: Go/Nogo

Inkompatibilität

Der Subtest „Inkompatibilität“ zielt darauf, die Fähigkeit zur Fokussierung der Aufmerksamkeit zu prüfen.

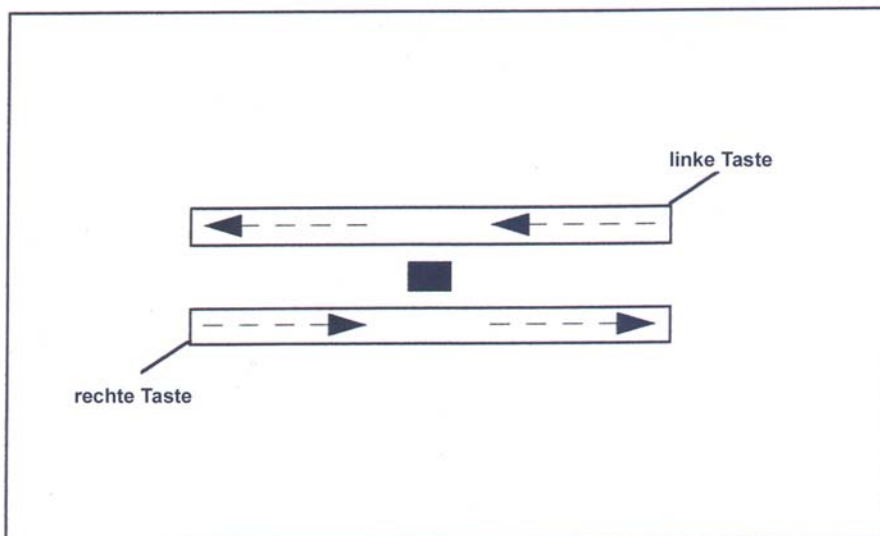
Automatisch verarbeitete Reizaspekte sollen zurückgewiesen werden.

Bei diesem Verfahren wird die Interferenzneigung durch Reiz-Reaktionsinkompatibilität gemessen.

Es werden links oder rechts von einem Fixationspunkt nach links bzw. rechts gerichtete Pfeile dargeboten, auf die je nach Pfeilrichtung mit der rechten oder linken Hand reagiert werden soll, unabhängig von der Seite der Präsentation.

Die kompatible Bedingung ist erfüllt, wenn die Seite des Reizes im Gesichtsfeld und die reagierende Hand (entspricht der Richtung des Pfeils) übereinstimmen.

Gemessen werden Reaktionszeit, Standardabweichung und Fehler erster und zweiter Ordnung.



60 Reizdarbietungen

rechtes Gesichtsfeld

linkes Gesichtsfeld

15 kompatibel
15 inkompatibel

15 kompatibel
15 inkompatibel

Abbildung 4: Inkompatibilität

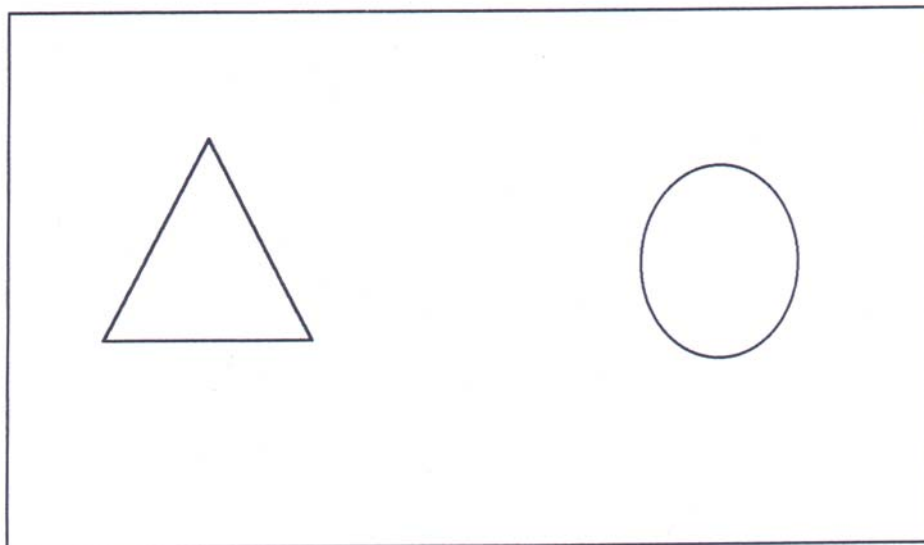
Reaktionswechsel

Unter den exekutiven Funktionen versteht man neben den Fähigkeiten zur Reizunterdrückung und Fokussierung auch die Fähigkeit zum Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus, eine Form der Flexibilität.

In der TAP Reihe werden simultan rechts und links vom Fixationspunkt konkurrierende Reize dargeboten, wobei jeweils die Taste auf der Seite zu drücken ist, auf welcher sich der Zielreiz befindet.

Zwischen zwei Klassen von Zielreizen (Figuren mit eckigen und runden Formen) soll alternierend die entsprechende Form ausgewählt werden.

Leistungsmaße sind Reaktionszeit, Standardabweichung sowie die Anzahl der Fehlreaktionen.



100 Reizdarbietungen

ZIELREIZ im Wechsel

eckige Form
runde Form

Abbildung 5: Reaktionswechsel

Visuelles Scanning

Mit dem Test „Visuelles Scanning“ wird die Fähigkeit zum visuellen Abtasten des Gesichtsfeldes überprüft.

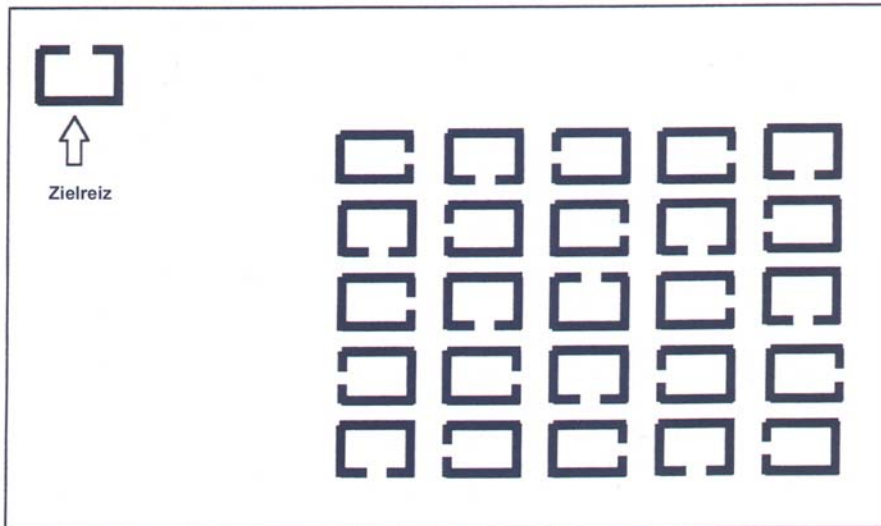
Neben der Ausdauer wird hier auch die Fähigkeit geprüft, eine bestimmte Strategie über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten.

In einer Matrixanordnung, bestehend aus fünf Zeilen und fünf Spalten, soll das kritische Zeichen erkannt werden. Auf 100 Reizdarbietungen wird der kritische Reiz 50-mal angeboten, so ist es Ziel dieser Aufgabe die Antwort „enthalten“ oder „nicht enthalten“ zu wählen, entsprechend dem Erkennen vom Dasein oder Nichtdasein des kritischen Reizes.

Das kritische Zeichen bleibt während der gesamten Testdurchführung sichtbar vorhanden. Es wird somit kein Anspruch an das Arbeitsgedächtnis gestellt.

Die Durchführung dieses Tests erfolgt zweimal, mit unterschiedlichen Instruktionen. Die erste Testreihe soll nach dem Zeilenmodell durchsucht werden (lese-ähnliche Strategie), wobei bei diesem Durchgang davon auszugehen ist, dass die dazu benötigte Strategie automatisiert ist.

Bei dem zweiten Durchgang sollen die Jugendlichen die Matrix nach dem Spaltenmodell durchsuchen. Hier ist davon auszugehen, dass die Strategie nicht automatisiert ist, und somit mehr Zeit notwendig ist, um die Aufgabe zu bewältigen. Die richtige Lösung dieser Aufgabe verlangt Planung und ein gewisses strategisches Vorgehen bzw. die Fähigkeit, sein Verhaltensmuster zu ändern.



100 Reizdarbietungen

50 kritische Reize
je 10 pro Spalte und Zeile

Abbildung 6: Visuelles Scanning

Leistungsmaß sind Reaktionszeit, Standardabweichung sowie Anzahl der jeweiligen Auslassungen für die Vorlagen mit dem kritischen Reiz.

Mit der Berechnung der Korrelation zwischen Reaktionszeit und Position des Reizes innerhalb der Matrix kann überprüft werden, ob die Probanden in der instruierten Weise (lese-ähnlich oder Spaltenmodell) die Matrix durchsucht haben, und ob sie in der Lage sind, ihre Suchstrategie zu variieren.

3.2.3 Statistische Verfahren

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (PC-Version 10.0.5 für Windows). Die Normalverteilung der Messwerte wurde graphisch überprüft. Für Gruppenvergleiche von mittleren Reaktionszeiten und Standardabweichungen wurde der T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, die nichtnormalverteilten Werte (Fehler erster und zweiter Ordnung) wurden mit dem Man-Whitney-U-Test ausgewertet.

Innerhalb der Alters- und Geschlechtsauswertung wurden jeweils vier Gruppen gebildet, die im Altersvergleich geschlechtsspezifisch und im Geschlechtsvergleich altersspezifisch kovarianzanalytisch ausgewertet wurden.

Korrelationen zwischen Aufmerksamkeitsleistungen und Intelligenzquotient bzw. CBCL-Werten wurden mit dem Spearman-Korrelationskoeffizienten für normalverteilte Variablen errechnet.

Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0.05$ festgesetzt. Ein p-Wert von < 0.10 wurde als statistische Tendenz gewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Vergleich der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen

In der folgenden Analyse wurde die Stichprobe daraufhin untersucht, ob sich die Gruppe der 13-Jährigen im Hinblick auf die exekutiven Funktionen von der Gruppe der 15-Jährigen unterscheidet.

Dies wurde im ersten Schritt ohne Berücksichtigung der Geschlechter der Probanden und in einem zweiten Schritt geschlechtsspezifisch ausgewertet, so dass ein Altersvergleich zwischen den dreizehn- und fünfzehnjährigen Jungen, und den dreizehn- und fünfzehnjährigen Mädchen möglich wurde.

Die nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über Ergebnisse der Reaktionszeiten bezüglich der Altersunterschiede.

TAP	ALTER		MÄNNLICH			WEIBLICH			
	13	15	p	13	15	p	13	15	p
Reizunterdrückung									
Go/Nogo-1 (MRT)	446	419	n.s.	437	423	n.s.	455	415	n.s.
Go/Nogo-2 (MRT)	594	562	n.s.	609	559	n.s.	557	567	n.s.
Fokussierung									
Inkompatibilität (MRT)	425	422	n.s.	407	402	n.s.	445	449	n.s.
Flexibilität									
Reaktionswechsel (MRT)	948	855	0.075	951	775	*0.014	944	968	n.s.
Planung und Strategie									
Scanning-1 (NKMRT)	5095	4102	*0.047	5597	4276	*0.043	4538	3854	n.s.
Scanning-1 (KRMRT)	3094	2515	0.059	3383	2600	*0.049	2773	2394	n.s.
Scanning-2 (NKMRT)	5625	5189	n.s.	5900	5330	n.s.	5319	4989	n.s.
Scanning-2 (KRMRT)	3408	2743	n.s.	3414	2980	n.s.	3400	2405	n.s.

Tabelle 5: Mittlere Reaktionszeiten (MRT) der einzelnen Subtests in msec.

MRT: mittlere Reaktionszeit

NKMRT: nicht kritischer Reiz- mittlere Reaktionszeit

KRMRT: kritischer Reiz- mittlere Reaktionszeit

*= Signifikanz <.050

**= Signifikanz <.010

Die Tabelle zeigt die gemittelten Messparameter der einzelnen Testvariablen mit den errechneten p-Werten an. Die ersten zwei Spalten enthalten die Werte für den Gesamtaltersvergleich, die folgenden Spalten für den Altersvergleich nach Geschlechtern getrennt.

In den Aufgabenbereichen der **Reizunterdrückung** (Go/Nogo-Subtest) und der **Fokussierung** (Inkompatibilität) konnten keine signifikanten Alterseffekte ermittelt werden.

In den Aufgabenfeldern, welche die **Flexibilität** testen, konnte im Subtest „Reaktionswechsel“ im Gesamtaltersvergleich ein tendenzieller Unterschied ($p=0,075$) und ein signifikantes Ergebnis im Altersvergleich der Jungen aufgezeigt werden ($p= *0,014$). Die Dreizehnjährigen zeigten hier langsamere Bearbeitungszeiten verglichen mit den fünfzehnjährigen Probanden.

Im Bereich der **Planung und Strategiebildung** zeigte der erste Durchgang (lese-ähnliche Strategie) einen signifikanten und einen tendenziellen Alterseffekte im Gesamtaltersvergleich (Scanning 1-mittlere Reaktionszeit des nicht-kritischen Reizes mit $p=*0,047$, Scanning 1-mittlere Reaktionszeit des kritischen Reizes mit $p=0,059$).

In der Auswertung der Jungen waren die dreizehnjährigen Jungen signifikant langsamer als ihre Vergleichsgruppe (Scanning 1-mittlere Reaktionszeit des nicht-kritischen Reizes mit $p=*0,043$ und Scanning 1-mittlere Reaktionszeit des kritischen Reizes mit $p=*0,049$).

Bei dem Altersvergleich der Mädchen konnten keine signifikanten Altersunterschiede ermittelt werden.

In der nächsten Testphase wurden die Jugendlichen angeleitet, das Matrixmodell in Spaltenform zu lesen. Hier zeigten sich keine signifikanten Altersunterschiede, weder im Vergleich der Jungen noch im Vergleich der Mädchen.

Die nachfolgende Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Anzahl der Fehler erster und zweiter Ordnung in den jeweiligen Vergleichsgruppen im Altersvergleich.

TAP	ALTER			MÄNNLICH			WEIBLICH		
	13	15	p	13	15	p	13	15	p
Reizunterdrückung									
Go/Nogo-1 (F1)	1.5	1.7	n.s.	2.1	1.6	n.s.	0.9	2.0	n.s.
Go/Nogo-1 (F2)	3.3	2.4	n.s.	4.6	2.7	*0.041	2.0	2.0	n.s.
Go/Nogo-2 (F1)	0.8	0.6	n.s.	0.5	0.5	n.s.	1.2	0.7	n.s.
Go/Nogo-2 (F2)	1.1	0.7	n.s.	1.3	0.3	*0.017	1.2	1.0	n.s.
Fokussierung									
Inkompatibilität (F1)	1.2	1.0	n.s.	1.1	1.1	n.s.	1.4	1.0	n.s.
Inkompatibilität (F2)	8.8	6.5	n.s.	12.1	7.9	*0.042	5.3	4.4	n.s.
Flexibilität									
Reaktionswechsel (F1)	2.5	2.1	n.s.	3.0	2.1	0.052	1.9	2.1	n.s.
Reaktionswechsel (F2)	4.6	4.4	n.s.	4.7	4.7	n.s.	4.4	3.8	n.s.
Planung und Strategie									
Scanning-1 (KRF1)	7.2	5.4	n.s.	7.5	5.4	*0.042	7.0	5.6	n.s.
Scanning-2 (KRF1)	7.7	6.2	n.s.	8.2	6.1	*0.047	6.5	6.2	n.s.

Tabelle 6: Fehler erster und zweiter Ordnung im Altersvergleich.

F1: Fehler erster Ordnung (Kritischer Reiz wird nicht erkannt)

F2: Fehler zweiter Ordnung (Reaktion auf nicht kritischen Reiz)

KR F1: kritischer Reiz- Fehler 1. Ordnung

*= Signifikanz < .050

**= Signifikanz < .010

Im Vergleich der einzelnen Messparameter Fehler erster und zweiter Ordnung traten beim Altersvergleich nur dann signifikante Unterschiede auf, wenn die Auswertung getrennt für Jungen und Mädchen betrachtet wird.

Im Bereich **Reizunterdrückung** begingen die dreizehnjährigen Jungen mehr Fehler erster und zweiter Ordnung mit signifikanten Unterschieden in den Subtests „Go/Nogo 1- Fehler zweiter Ordnung“ ($p=^*0,041$) und „Go/Nogo 2- Fehler zweiter Ordnung“ ($p=^*0,017$) verglichen mit den fünfzehnjährigen Jungen.

Im Bereich **Fokussierung** begingen die dreizehnjährigen Jungen signifikant mehr Fehler zweiter Ordnung verglichen mit den zwei Jahre älteren Probanden ($p=^*0,042$).

Im Bereich der **Flexibilität** begingen die dreizehnjährigen Jungen beim getrenntgeschlechtlichen Altersvergleich tendenziell mehr Fehler verglichen mit den fünfzehnjährigen Jungen ($p=0,052$).

Bei der Untersuchung der Fähigkeit zu **Planen und Strategien** ändern zu können, zeigten die dreizehnjährigen Jungen ein gehäuftes Fehlerverhalten mit signifikanten Unterschieden in der Reihe „Visuelles Scanning 1“ (Scanning 1-Fehler erster Ordnung kritischer Reiz mit $p=^*0,042$).

Im Testparadigma „Visuelles Scanning 2“ -kritischer Reiz Fehler erster Ordnung“ begingen die dreizehnjährigen Jungen ebenfalls signifikant mehr Fehler verglichen mit den fünfzehnjährigen männlichen Probanden ($p=^*0,047$).

Als ein weiteres Messkriterium zur Ermittlung eines Alterseffektes wurde die Auswertung der Standardabweichung herangezogen, welches als Maß eines gleichmäßigen Arbeitsablaufes verstanden wird.

Die folgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die Standardabweichungen der Testreihen im Altersvergleich.

TAP	ALTER		p	MÄNNLICH		p	WEIBLICH		p
	13	15		13	15		13	15	
Reizunterdrückung									
Go/Nogo-1 (SD)	97	90	n.s.	99	88	n.s.	95	93	n.s.
Go/Nogo-2 (SD)	81	78	n.s.	80	82	n.s.	82	73	n.s.
Fokussierung									
Inkompatibilität (SD)	88	86	n.s.	92	84	n.s.	84	88	n.s.
Flexibilität									
Reaktionswechsel (SD)	259	295	n.s.	238	308	n.s.	283	276	n.s.
Planung und Strategie									
Scanning-1 (NKSD)	1064	824	n.s.	1306	849	*0.037	796	787	n.s.
Scanning-1 (KRSD)	1454	1137	0.054	1585	1212	*0.049	1308	1030	n.s.
Scanning-2 (NKSD)	1368	1039	n.s.	1432	1054	*0.042	1296	1018	n.s.
Scanning-2 (KRSD)	1712	1388	*0.042	1670	1512	n.s.	1759	1211	*0.038

Tabelle 7: Standardabweichung der einzelnen Testreihen im Altersvergleich.

SD: Standardabweichung

NKSD: nicht kritischer Reiz-Standardabweichung

KRSD: kritischer Reiz-Standardabweichung

*= Signifikanz < .050

**= Signifikanz < .010

In den Aufgabenbereichen **Reizunterdrückung**, **Fokussierung** und **Flexibilität** traten in keinem Vergleich signifikante Alterseffekte auf.

In den Auswertungen des Merkmals **Planung und strategisches Vorgehen** bildeten sich signifikante Alterseffekte:

Im Gesamaltersvergleich trat ein tendenzieller Altersunterschied in der Versuchsreihe „Visuelles Scanning 1-kritischer Reiz-Standardabweichung“ ($p=0,054$) und ein signifikanter Altersunterschied im Testparadigma „Visuelles Scanning 2-kritischer Reiz-Standardabweichung“ ($p=0,042$) auf.

Die Fünfzehnjährigen arbeiteten signifikant gleichmäßiger verglichen mit den dreizehnjährigen Schülern.

Im geschlechtsspezifischen Altersvergleich konnte in beiden Subtests gezeigt werden, dass die dreizehnjährigen Jungen signifikant ungleichmäßiger arbeiteten und damit eine höhere Standardabweichung aufwiesen verglichen mit den fünfzehnjährigen Jungen (Visuelles Scanning 1-nicht kritischer Reiz-Standardabweichung mit $p=0,037$, Visuelles Scanning 1-kritischer Reiz-Standardabweichung mit $p=0,049$ und Visuelles Scanning 2-nicht kritischer Reiz-Standardabweichung mit $p=0,042$).

Die dreizehnjährigen Mädchen arbeiteten im Testparadigma „Visuelles Scanning 2-kritischer Reiz-Standardabweichung“ signifikant ungleichmäßiger ($p=0,038$) verglichen mit den fünfzehnjährigen Probandinnen.

4.2 Vergleich der Mädchen und Jungen

Zur Beurteilung der Geschlechtsunterschiede bezüglich der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen wurden die Reaktionszeiten, die Fehler erster und zweiter Ordnung und die Standardabweichungen anhand der T-Tests für unabhängige Stichproben ermittelt.

In den Aufgaben „Go/Nogo“ zur Überprüfung der **Reizunterdrückung** konnte weder für die mittlere Reaktionszeit noch für die Standardabweichung ein Geschlechtsunterschied festgestellt werden.

Bezüglich der Fehlerauswertung zeigte sich, dass die Mädchen signifikant weniger Fehler begingen als die Jungen (Go/Nogo 1-Fehler zweiter Ordnung mit $p=^*0,011$).

Auch im Bereich der **Fokussierung** konnten geschlechtsspezifische Unterschiede erhoben werden.

In der Auswertung der mittleren Reaktionszeit waren die Jungen im Gesamtgeschlechtsvergleich signifikant schneller ($p=^*0,012$).

Die Jungen begingen in der Auswertung „Inkompatibilität-Fehler zweiter Ordnung“ hochsignifikant mehr Fehler verglichen mit den Mädchen ($p=^*0,006$).

In dem Subtest „Reaktionswechsel“, welcher als Maß zur Ermittlung der **Flexibilität** herangezogen wurde, zeigten die Jungen signifikant schnellere Bearbeitungszeiten verglichen mit den Mädchen ($p=^*0,038$).

Bei der Fehleranalyse begingen die Jungen signifikant mehr Fehler erster Ordnung als ihre weibliche Vergleichsgruppe ($p=^*0,031$).

In der letzten Kategorie, welche die Fähigkeit zum eigenständigen **Planen und zur Strategiebildung** prüfen soll, zeigte sich, dass die Jungen signifikant mehr Auslassungs-Fehler in beiden Versuchsreihen begingen.

Die Auswertung der Standardabweichung ergab einen signifikanten Unterschied in der Auswertung „Visuelles Scanning 1-nicht-kritischer Reiz-Standardabweichung“. Die Mädchen arbeiteten signifikant gleichmäßiger ($p=0,048$) verglichen mit den Jungen.

4.3 Korrelation von Reaktionszeit und Intelligenzquotient

Bei dieser Analyse wurden zunächst die Korrelationen der durchschnittlichen Reaktionszeiten der sechs Subtests (Go/Nogo 1 und 2, Inkompatibilität, Reaktionswechsel und Visuelles Scanning 1 und 2) mit dem ermittelten durchschnittlichen Intelligenzquotienten errechnet.

Eine weitere Analyse bestand in der Ermittlung von Korrelationen sowohl im Alters- als auch Geschlechtsvergleich.

Die folgende Tabelle 8 gibt die gemittelten Messparameter (Korrelation der mittleren Reaktionszeit der einzelnen Testvariablen und dem IQ) mit den errechneten p-Werten an. Die ersten zwei Spalten enthalten die Werte für den ermittelten Korrelationskoeffizienten und dem Signifikanzniveau des gesamten Probandenguts. Die folgenden Spalten enthalten die Korrelationskoeffizienten mit den dazugehörigen Signifikanzniveaus (p) nach Alter und Geschlecht aufgetrennt.

IQ/MRT - Korrelation	Gesamt- Vergleich		Vergleich der 13-Jährigen		Vergleich der 15-Jährigen		Vergleich Männlich		Vergleich Weiblich	
	Korrela- tions- koeffizient	p	Korrela- tions- koeffizient	p	Korrela- tions- koeffizient	p	Korrela- tions- koeffizient	p	Korrela- tions- koeffizient	p
Reizunterdrückung										
Go/Nogo-1 (MRT)	0,353	n.s.	0,358	n.s.	0,266	n.s.	0,384	n.s.	0,278	n.s.
Go/Nogo-2 (MRT)	0,123	n.s.	0,298	n.s.	-0,222	n.s.	0,154	n.s.	0,031	n.s.
Fokussierung										
Inkompati- bilität (MRT)	-0,140	n.s.	-0,416	n.s.	0,259	n.s.	-0,180	n.s.	0,045	n.s.
Flexibilität										
Reaktions- wechsel(MRT)	-0,113	n.s.	-0,299	n.s.	0,073	n.s.	0,135	n.s.	-0,409	n.s.
Planung und Strategiebildung										
Scanning-1 (NKMRT)	0,091	n.s.	-0,167	n.s.	0,145	n.s.	0,084	n.s.	0,102	n.s.
Scanning-1 (KRMRT)	0,104	n.s.	-0,039	n.s.	0,090	n.s.	0,115	n.s.	0,192	n.s.
Scanning-2 (NKMRT)	-0,087	n.s.	-0,311	n.s.	0,186	n.s.	-0,032	n.s.	-0,396	n.s.
Scanning-2 (KRMRT)	0,135	n.s.	-0,045	n.s.	0,260	n.s.	0,088	n.s.	0,083	n.s.

Tabelle 8: Korrelation von mittlerer Reaktionszeit (MRT) und Intelligenzquotient (IQ).

MRT: mittlere Reaktionszeit

NKMRT: nicht kritischer Reiz- mittlere Reaktionszeit

KRMRT: kritischer Reiz- mittlere Reaktionszeit

*= Signifikanz < .050

**= Signifikanz < .010

Intelligenzeffekte wurden varianzanalytisch überprüft. Die Korrelation wurde im Altersvergleich und im Geschlechtervergleich erhoben.

In der TAP Reihe konnten im keinen der zu untersuchenden Fähigkeitsmerkmale zur Beschreibung der exekutiven Funktionen eine Korrelation festgestellt werden.

5 Diskussion

Das Thema der vorliegenden Arbeit bestand darin, anhand eines computergestützten Testverfahrens die exekutiven Funktionen von Jugendlichen zwischen dreizehn und fünfzehn Jahren zu untersuchen und anschließend auf die Unterschiede bezüglich des Alters, des Geschlechts und der Intelligenz zu analysieren.

Die exekutiven Funktionen stellen kein einheitliches Konstrukt dar sondern lassen sich in verschiedene Subgruppen fraktionieren, worunter Merkmale wie Planungs- und Strategiebildung, Flexibilität, Reizunterdrückung und Fokussierung verstanden werden.

Die Auswahl an gesunden Jugendlichen mit Hilfe des Elternfragebogens CBCL zur Erfassung von Aufmerksamkeitsstörungen und des Intelligenztests CFT 20, Teil 1 erwies sich als sinnvoll, um ein homogenes und gesundes Probandengut zu rekrutieren. Die gemittelten CBCL- und IQ- Werte lagen im erwarteten Normbereich.

5.1 Untersuchungsinventar

Das in der Studie verwendete Untersuchungsinventar besteht aus drei Instrumenten: einem Fragebogen (CBCL), einem Intelligenztest (CFT 20) und einer computergestützten Testbatterie (TAP). Diese Untersuchungsinstrumente erfassen Aufmerksamkeitsleistungen auf einer sehr unterschiedlichen Ebene. Während Fragebögen wie die CBCL beobachtbares Alltagsverhalten erfassen, haben die neuropsychologischen Testparadigmen aus der TAP den Anspruch, differenzierte Hirnleistungen zu erfassen.

Die Child Behavior Checklist (CBCL) ist ein Elternfragebogen zur Erfassung von Verhaltensauffälligkeiten im Kindes- und Jugendalter. In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass der Gesamtscore der CBCL als grobes Screeningmaß benutzt werden kann, um auffällige von unauffälligen Kindern und Jugendlichen zu unterscheiden. In der vorliegenden Untersuchung wird die CBCL eingesetzt, um innerhalb der Population der normal entwickelten Jugendlichen psychisch auffällige Jugendliche aus der Stichprobe auszuschließen und somit so gut wie möglich sicherzustellen, dass die erhobenen neuropsychologischen Aufmerksamkeitsleistungen die Leistungen unauffälliger, gesunder Jugendlicher abbilden. So wurden vier der untersuchten Jugendlichen aus der Stichprobe ausgeschlossen, weil sie entweder im Gesamtscore der CBCL oder auf einer der acht Syndromskalen als auffällig eingestuft wurden.

Der Culture Fair Intelligence Test-Scale 2 (CFT 20) von Weiß (1980) wurde als ein weiteres Inventar eingesetzt, um eine homogene Gruppe normal begabter Jugendlicher zu rekrutieren. Der CFT 20 erfasst das allgemeine intellektuelle Niveau im Sinne der Catell'schen „General Fluid Ability“.

Der mittlere Intelligenzquotient beim CFT 20 Gesamtttest liegt bei Gymnasiasten bei 110. Die Jugendlichen in dieser Studie zeigten durchschnittliche Intelligenzwerte von 108 (dreizehnjährige Probanden) und 104 (fünfzehnjährige Schüler/innen).

Zur Untersuchung der exekutiven Funktionen wurden vier Subtests aus der Testbatterie zur Überprüfung der Aufmerksamkeit (TAP) herangezogen (Zimmermann und Fimm 1994). Diese Testbatterie ist ursprünglich für die Untersuchung von hirngeschädigten erwachsenen Patienten entwickelt worden. Für die Subtests „Go/Nogo“, „Inkompatibilität“, „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning“ wurden vorläufige Normen für Kinder und Jugendliche veröffentlicht (Kunert et al. 1996).

Die Auswahl der Aufgaben wurde vorab in einer Pilotstudie geklärt, in welcher ein Untersuchungsinventar zusammengestellt wurde, welches komplexe Aufmerksamkeitsleistungen im Sinne der exekutiven Funktionen überprüft.

Gemessen wurde die Fähigkeit, inadäquate Reize zu unterdrücken (Go/Nogo 1) und (Go/Nogo 2), die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsfokussierung (Inkompatibilität), die Möglichkeit zwischen zwei Aufmerksamkeitsaspekten zu wechseln (Reaktionswechsel) und das visuelle Abtasten einer vorgegebenen Matrix mit der Fähigkeit, der Strategiebildung und -änderung (Visuelles Scanning).

5.2 Alterseffekt

In dieser Studie konnten signifikante Alterseffekte für die drei Parameter Reaktionszeit, Fehler erster bzw. zweiter Ordnung und für die Standardabweichung ermittelt werden.

Im Gesamaltersvergleich zeigten die Dreizehnjährigen in den Versuchsreihen „Reaktionswechsel“, welche das Leistungsmerkmal Flexibilität testet und „Visuelles Scanning 1“ (Planen und strategisches Vorgehen) deutlich langsamere Bearbeitungszeiten. Sie begingen mehr Fehler und arbeiteten ungleichmäßiger in den Versuchsreihen „Visuelles Scanning 1“ und „Visuelles Scanning 2“ verglichen mit den Fünfzehnjährigen.

Bei der getrenntgeschlechtlichen Analyse war der Alterseffekt bei den Jungen deutlicher ausgeprägt als bei den Mädchen.

Die Gruppe der dreizehnjährigen Jungen zeigte langsamere mittlere Reaktionszeiten in den Subtests „Reaktionswechsel“ und „Visuelles Scanning 1“, beging in allen Tests mehr Fehler und arbeitete in den Subtests „Visuelles Scanning 1“ und „Visuelles Scanning 2“ ungleichmäßiger verglichen mit der Gruppe der zwei Jahre älteren Probanden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass ein Alterseffekt nachweisbar ist, der bei jüngeren Probanden ausgeprägter ist und sich am deutlichsten in der Kategorie „Planung“ und „strategisches Vorgehen zur Problemlösung“ nachweisen lässt.

Dies deutet darauf hin, dass in diesem Altersabschnitt zwischen dreizehn- und fünfzehn Jahren ein Wachstumsschub im Bereich des präfrontalen Kortex zu verzeichnen ist oder bei den Dreizehnjährigen andere Hirnareale beim Bearbeiten von exekutiven Funktionen aktiviert sind als in einem Alter von fünfzehn Jahren.

Des Weiteren kann aus diesen Ergebnissen abgeleitet werden, dass komplexe Fähigkeiten länger als andere Bereiche der Aufmerksamkeit altersabhängig sind.

Auch bei Kindern und Jugendlichen konnte nachgewiesen werden, dass Aufmerksamkeit keine einheitliche Funktion ist, so dass unterschiedliche Entwicklungsverläufe für unterschiedliche Aspekte der Aufmerksamkeit erwartet werden können. Mirsky et al (1996) stellen die Hypothese auf, dass phylogenetisch junge Strukturen wie der frontale Kortex im Gegensatz zu entwicklungsphysiologisch älteren Strukturen, wie beispielsweise Thalamus und retikuläres System, später reifen und sich somit die Aufmerksamkeitsleistungen, welche mit dem frontalen Kortex assoziiert werden, erst später entwickeln.

In Querschnittsuntersuchungen bei Kindern zwischen sechs und zwölf Jahren konnte nachgewiesen werden, dass die Entwicklung exekutiver Funktionen in verschiedenen Stadien verläuft: so konnten die sechsjährigen Kinder bestimmte Aufgaben bereits flexibel lösen, während bei anderen Aufgaben sogar die Zwölfjährigen perseveratives Verhalten zeigten, was auf die Entwicklung dieser Funktionen bis in die Adoleszenz schließen lässt.

Die Ergebnisse decken sich größtenteils mit den Studien Földénys et al. (1999) und Kunerts et al. (1996), die mit dem Untersuchungsinventar der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) ebenfalls in allen vier Subtests Altersunterschiede aufzeigen konnte. Der altersbezogene Leistungseffekt, welchen Kunert vor allem im „Go/Nogo“ Paradigma beschrieb, stellte sich in dieser Arbeit nur in der Fehleranalyse ein.

Auch in der Arbeit von Travis et al. (1998) zeigten sich altersabhängige Reaktionsmuster, die signifikante Unterschiede bezüglich der Reaktionszeiten und Arbeitsgenauigkeit im Adoleszenzalter aufwiesen.

Weyandt et al. (1994) zeigte in seinen Untersuchungen einen signifikanten Alterseffekt in der Ausübung der exekutiven Funktionen. Bei den Zwölfjährigen wurde in keinem seiner Testparadigmen ein Ergebnis erzielt, welches vergleichbar mit den Resultaten der Erwachsenen wäre.

In den Arbeiten Beckers (1987), Passlers (1985) und Rebok et al. (1997) zeigte sich, dass mit einem Alter von zehn bis zwölf Jahren das Ergebnisniveau der Erwachsenen erzielt wurde, also im Adoleszenzalter kein Unterschied mehr zu erwarten sei.

Ihre Ergebnisse konnten in dieser Arbeit nicht bestätigt werden, wobei jedoch darauf hinzuweisen ist, dass unterschiedliche Testvorlagen benutzt wurden, die einen direkten Vergleich nicht erlauben.

In neuroanatomischen Studien Huttenlochers (1979), Epsteins (1972) und Hudspeths (1992) wird die Theorie vertreten, dass im Altersbereich zwischen dreizehn und fünfzehn Jahren kein Unterschied zu erwarten sei, da der Wachstumsschub des frontalen Kortex erst später erfolge, mit einem Alter von siebzehn bis neunzehn Jahren.

Es wird die Frage deutlich, ob alle exekutiven Funktionen im Frontalhirn lokalisiert sind und alle Funktionen im Präfrontalbereich exekutive Funktionen sind.

Wenn die Theorie stimmt, dass die Frontalhirnregion ihren zweiten Wachstumsschub erst in der späten Adoleszenz erfährt, drängt sich die Frage auf, ob die exekutiven Funktionen im früheren Alter an anderen Orten lokalisiert sind beziehungsweise von anderen Hirnstrukturen ausgeführt werden oder die Präfrontalregion früher als bisher angenommen wurde aktiv ist.

5.3 Geschlechtsvergleich

In der Auswertung dieser Studie konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Geschlechter in allen vier Kategorien ermittelt werden.

Im Gesamtgeschlechtsvergleich zeigten die Jungen in den Versuchsreihen „Inkompatibilität“ und „Reaktionswechsel“ signifikant schnellere Bearbeitungszeiten. Sie begingen in allen Testreihen mehr Fehler und arbeiteten in der Versuchsreihe „Visuelles Scanning 1“ ungleichmäßiger verglichen mit den Mädchen.

Bei der altersgetrennten Analyse war der Geschlechtsunterschied bei den Dreizehnjährigen deutlicher ausgeprägter als bei den Fünfzehnjährigen.

Die Gruppe der dreizehnjährigen Jungen beging in allen Tests signifikant mehr Fehler und arbeitete in dem Subtest „Visuelles Scanning 2“ ungleichmäßiger verglichen mit der Gruppe der gleichaltrigen Mädchen.

Die fünfzehnjährigen Jungen arbeiteten in den Versuchsreihen „Inkompatibilität“ und „Reaktionswechsel“ signifikant schneller und begingen in der Testreihe „Inkompatibilität“ mehr Fehler verglichen mit den fünfzehnjährigen Mädchen.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass in einem Alter von dreizehn Jahren der Geschlechtsunterschied generell deutlicher - und vor allem in der Fehleranalyse -; in einem Alter von fünfzehn Jahren hingegen in der Auswertung der Reaktionsgeschwindigkeit nachzuweisen ist.

Des Weiteren kann abgeleitet werden, dass sich der Geschlechtsunterschied mit zunehmendem Alter nivelliert, was im altersgetrennten Geschlechtsvergleich veranschaulicht werden konnte.

In der Arbeit Kunerts (1996) zeichnet sich ein kongruenter Unterschied bezüglich des Geschlechtsvergleichs ab. Während in seiner Studie die Jungen in den Untertests „Inkompatibilität“ schneller reagieren, zeigen die Mädchen in dem Subtest „Go/Nogo“ tendenziell bessere Reaktionszeiten, was in dieser Studie bestätigt werden kann.

Ähnliche Ergebnisse konnten in der Studie von Földényi et al. (1999) aufgezeigt werden.

Auch hier zeigten die Jungen im Allgemeinen schnellere und voreiligere Reaktionen in der TAP Testreihe. Die Mädchen arbeiteten langsamer und gleichmäßiger.

Während die Unterschiede bei Földényi, welcher Kinder bis zum zehnten Lebensjahr untersuchte, ausgeprägter waren, zeigten sich in den Arbeiten von Kunert, Derichs und Irle (1996) eine Abnahme der geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Testresultaten mit steigendem Alter.

Becker et al. (1987) demonstrierten in ihrer Studie ähnliche Ergebnisse, wenngleich ihr Untersuchungsinventar mit dem in dieser Studie verwendeten nicht vergleichbar ist.

Sie zeigten auf, dass auch in einem Alter von zwölf Jahren die Jungen noch schneller reagierten als ihre weibliche Vergleichsgruppe, die Mädchen ihre Aufgaben dafür genauer erledigten.

Townes, Martin, Trupin und Goldstein (1980) fanden in ihren Untersuchungen von Schulkindern heraus, dass Jungen bessere Ergebnisse in Aufgabenbereichen erzielten, in denen motorische Komponenten und räumliches Denken abverlangt werden.

Bezüglich der Fehleranalyse sind die Ergebnisse dieser Doktorarbeit in Einklang mit den Studien von Kunert et al. (1996) und Földényi et al. (1999).

Vor allem die Dreizehnjährigen zeigten einen offensichtlichen Unterschied bezogen auf die Geschlechter. In Aufgabenbereichen, bei denen nicht die Schnelligkeit im Vordergrund stand, zeigten die Mädchen eine genauere Bearbeitungsweise. Bei den Aufgabenkomplexen, in welchen die Reaktionsgeschwindigkeit vorrangig war,

zeigten die Jungen ihre geringste Fehleranzahl, während die Mädchen hier ihre höchsten Fehlerquoten aufwiesen.

Die Tendenz, dass die Jungen zwar schneller reagieren, aber höhere Fehlerzahlen aufweisen, lässt sich mit dem kognitiven Stil der Impulsivität erklären. Die von Kagan (1966) aufgestellte Impulsivitäts-Reflexivitäts-Theorie besagt, dass reaktionsschnelle und fehlerreiche Probanden als impulsiv, Probanden, die hingegen langsamer und fehlerarmer arbeiten, als reflexiv beurteilt werden können. Der Annahme einer Impulsivitätstheorie steht die von Pascualvaca et al. (1997) postulierte Hypothese der schnelleren Reifung der Mädchen gegenüber.

Die Einführung getrennter Normen für Mädchen und Jungen in unterschiedlichen Altersstufen wäre nötig, um die Unterschiede in der Entwicklung der exekutiven Funktionen von Mädchen und Jungen zu erfassen.

5.4 Intelligenzkorrelation

Im TAP Programm ergab die Auswertung der Korrelation des Intelligenzquotient (IQ) keinen Einfluss auf den Messparameter der mittleren Reaktionszeit, weder im Alters-, noch im Geschlechtsvergleich. Die Intelligenzquotienten erwiesen sich als unabhängig von den exekutiven Funktionen.

Dieses Ergebnis widerspricht den Ergebnissen von Kunert et al. (1996), die in ihrer Untersuchung zahlreiche signifikante bis hochsignifikante Korrelationen zwischen den IQ-Werten ihrer Probanden und deren Reaktionsgeschwindigkeiten in den TAP Versuchsreihen nachweisen konnten.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass sich sowohl die Intelligenzentwicklung als auch die Reifung der exekutiven Funktionen zwar in der gleichen anatomischen Lokalisation befinden, jedoch unabhängig voneinander existieren.

Weyandt (1994) und Welsh (1991), welche postulierten, dass die exekutiven Funktionen kognitive Leistungen seien, die unabhängig von der Intelligenz zu bewerten sind und in keinen Zusammenhang gebracht werden könnten, zeigen gleiche Ergebnisse.

Auch decken sich die Ergebnisse mit klinischen Beobachtungen von Douglas (1983) und Welsh & Pennington (1991), welche Kinder mit kognitiven Defiziten im Exekutivbereich bei einer normalen Intelligenz beschreiben.

In der Studie von Clark et al. (2000) wird angedeutet, dass die erfolgreiche Bearbeitung der Tests zur Überprüfung der exekutiven Funktionen nicht mit dem Intelligenzquotienten in Zusammenhang gebracht werden kann.

Da in dieser Studie die Stichprobe nur aus normal begabten Jugendlichen besteht, ist die IQ- Spanne dementsprechend klein.

Weitere Studien mit größeren Fallzahlen und einer größeren IQ- Spanne zur Klärung dieses kontroversen Themengebietes könnten hier von großer Bedeutung sein.

6 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie bestand in der Erfassung der exekutiven Funktionen bei Dreizehn und Fünfzehnjährigen und in der Erhebung von Unterschieden bezüglich des Alters, des Geschlechts und der Intelligenz.

An 36 Jugendlichen wurden anhand der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) die Reaktionszeiten, die Fehler erster und zweiter Ordnung und die Standardabweichungen ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen signifikante Alters- und Geschlechtseffekte.

In Bezug auf das Alter sind vor allem bei komplexeren Aufgaben aus dem Bereich der exekutiven Funktionen deutliche Entwicklungseffekte nachzuweisen.

Dies unterstützt die Annahme, dass unter dem Begriff „exekutive Funktionen“ kein einheitliches Konzept verstanden werden kann, sondern vielmehr verschiedene Teilbereiche identifiziert werden konnten, die jeweils einen spezifischen Entwicklungsverlauf zeigen.

Auch bezüglich des Geschlechts lassen sich signifikante Unterschiede feststellen, was die Einführung getrennter Normen befürworten sollte.

Die Hypothese der Intelligenzkorrelation mit den Reaktionszeiten konnte bestätigt werden. Es wurden keine Korrelationen ermittelt.

Die Ergebnisse in dieser Studie zeigen, dass eine Entwicklung im Adoleszenzalter zu verzeichnen ist und sollten Grundlage für die Einführung eines standardisierten Diagnostik- und Therapieinventars sein.

Die Untersuchung schließt die Lücke der noch nicht getesteten Altersgruppe der Dreizehn- und Fünfzehnjährigen für die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), bedarf aber zur Einführung von Normwerten in dieser Altersgruppe eine Durchführung mit einer höheren Probandenanzahl.

7 Literatur

Achenbach TM, Howell CT, Quay HC (1991): National survey of problems and competencies among four-to sixteen-year-olds: parents' reports for normative and clinical samples. Monographs of the Society for Research in Child Development (United States) 56, nr.3, 1-131.

Achenbach TM (1991a): Manual for the Child Behavior Checklist / 4-18 and 1991 profile. University of Vermont, Department of Psychiatry, Burlington.

Achenbach TM (1991b): Integrative Guide for the 1991 CBCL/ 4-18, YSR, and TRF profiles. University of Vermont, Department of Psychiatry, Burlington.

Baddeley A (1986): Modularity, mass-action and memory. The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology (England) 38, nr.4, 527-533.

Baddeley AD (1992): Working memory. Science 225, 556-559.

Baddeley A (1995): Working memory. In: Gazzaniga MS (Ed). The cognitive neurosciences (755-763). MIT Press, Cambridge.

Baddeley A (1996): The fractionation of working memory. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. (United States) 93, nr.24, 13468-13472.

Baddeley A, Della Sala S (1996): Working memory and executive control. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences (England) 351, nr.1346, 1397-1403; Diskussion 1403-1404.

Barbas H, Pandya DN (1987): Architecture and frontal cortical connections of the premotor cortex (area 6) in the rhesus monkey. *The Journal of comparative neurology (United States)* 256, nr.2, 211-228.

Barbas H (2000): *Proceedings of the Human Cerebral Cortex: From Gene to Structure and Function. Connections underlying the synthesis of cognition, memory, and emotion in primate prefrontal cortices.* *Brain Research Bulletin* 52, nr.5, 319-330.

Becker MG, Isaac W, Hynd G (1987): Neuropsychological development of nonverbal behaviors attributed to „frontal lobe” functioning. *Developmental Neuropsychology* 3, 275-298.

Becker M, Sturm W, Willmes K, Zimmermann P (1996): Normierungsstudie zur Aufmerksamkeitstestbatterie (TAP) von Zimmermann und Fimm. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 7, nr.1, 3-15.

Benes FM (1997): Corticolimbic circuitry and development of psychopathology during childhood and adolescence. In: Krasnegor NA, Lyon GR, Goldman-Radik PS (Eds.) *Development of the prefrontal cortex (211-240).* Paul Brookes Publishing Company, Baltimore.

Brass M, von Cramon DY (2002): The role of the frontal cortex in task preparation. *Cerebral cortex (United States)* 12, nr.9, 908-914.

Broadbent (1958): *Perception and Communication.* Pergamon Press, London.

Carter CS, Macdonald AM, Botvinick M, Ross LL, Stenger VA, Noll D, Cohen JD (2000): Parsing executive processes: Strategic vs. evaluative functions of the anterior cingulate cortex. *Proceedings. National Academy of Science* 97, nr.4, 1944-1948.

Changeux JP, Dehaene S (2000): Hierarchical neuronal modelling of cognitive functions: from synaptic transmission to the Tower of London. *International Journal of Psychophysiology* 35, 179-187.

Chapius F (o.J.): Labyrinth-Test. Hogrefe, Göttingen.

Chelune GJ, Baer RA (1986): Developmental norms for the Wisconsin Card Sorting Test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 8, 219-228.

Clark C, Prior M, Kinsella GJ (2000): Do Executive Function Deficits Differentiate Between Adolescents with ADHD and Oppositional Defiant/Conduct Disorder? A Neuropsychological Study Using the Six Elements Test and Hayling Sentence Completion Test. *Journal of Abnormal Child Psychology* 28, nr.5, 403-414.

Cramon von DY, Zihl J (1988): *Neuropsychologische Rehabilitation*. Springer Verlag, Berlin.

Cramon von DY, Matthes von Cramon G (1993 a): Aufmerksamkeit, Neuropsychologische Diagnostik. Cramon DY, Mai N, Ziegler W (Eds.), Weinheim.

Cramon von DY, Markowitsch HJ, Schuri U (1993 b): The possible contribution of the septal region to memory. *Neuropsychologia (England)* 31, nr.11, 159-180.

Cummings JL (1993): Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology* 50, 873-880.

Daffner KR, Mesulam MM, Scinto LF (1998): Regulation of attention to novel stimuli by frontal lobes: an event-related potential study. *Neuroreport (England)* 9, nr.5, 787-791.

Döpfner M, Melchers P, Fegert J, Lehmkuhl G, Lehmkuhl U, Schmeck K, Steinhausen HC, Poustka F (1994 a): Deutschsprachige Konsensus-Versionen der Child Behavior Checklist (CBCL 4-18), der Teacher Report Form (TRF) und der Youth Self Report Form (YSR). *Kindheit und Entwicklung* 3, 54-59.

Döpfner M, Schmeck K, Berner W (1994 b): *Handbuch: Elternfragebogen über das Verhalten von Kindern und Jugendlichen*. Forschungsergebnisse zur deutschen

Fassung der Child Behavior Checklist (CBCL). Arbeitsgruppe Kinder-, Jugend- und Familiendiagnostik, Köln.

Döpfner M, Schmeck K, Berner W, Lehmkuhl G, Poustka F (1994 c): Zur Reliabilität und faktoriellen Validität der Child Behavior Checklist – eine Analyse in einer klinischen und einer Feldstichprobe. Zeitschrift für Kinder und Jugendpsychiatrie 22, 189-205.

D'Esposito M, Ballard D, Aguirre GK (1998): Human prefrontal cortex is not specific for working memory: a functional MRI study. Neuroimage (United States) 8, nr.3, 274-282.

D'Esposito M, Aguirre GK, Zarahn E (1998): Functional MRI studies of spatial and nonspatial working memory. Cognitive brain research (Netherlands) 7, nr.1, 1-13.

Dolan RJ, Fletcher PC (1997): Dissociating prefrontal and hippocampal function in episodic memory encoding. Nature (England) 388, nr.6642, 582-585.

Dove A, Pollmann S, Schubert T, Wiggins CJ, Von Cramon DY (2000): Prefrontal cortex activation in task switching: an event-related fMRI study. Cognitive Brain Research 9, 103-109.

Duncan J (1995): Attention, intelligence and the frontal lobes. In: Gazzaniga MS (Ed.). The cognitive neurosciences (721-733). Cambridge, MA: MIT Press.

Duncan J, Emslie H, Williams P, Johnson R, Freer C (1996): Intelligence and the frontal lobe: The organization of goal-directed behaviour. Cognitive Psychology 30, 257-303.

Duncan J, Johnson R, Swales M, Freer C (1997): Frontal lobe deficits after head injury: Unity and diversity of function. Cognitive Psychology 14, 713-741.

Duncan J, Owen AM (2000): Common regions of the human frontal lobe recruited by diverse cognitive demands. Trends in neurosciences (England) 23, nr.10, 475-83.

Engle RW, Kane MJ, Tuholski SW (1999 a): Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence, and functions of the prefrontal cortex. In: Miyake A, Shah P (Eds.). *Models of working memory: Mechanism of active maintenance and executive control* (102-134). New York: Cambridge University Press.

Engle RW, Tuholski SW, Laughlin JE, Conway ARA (1999 b): Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General* 125, 309-331.

Enns JT (1990): *The development of attention: Research and theory*. Elsevier Science Publishers BV, North-Holland.

Epstein HAT (1972): Phrenoblysis: Special brain and mind growth periods. I. Human brain and skull development. *Developmental Psychobiology* 7, 207-216.

Epstein HAT (1972): Phrenoblysis: Special brain and mind growth periods. II. Human mental development. *Developmental Psychobiology* 7, 217-224.

Eslinger PJ, Warner GC, Grattan LM (1991): "Frontal lobe" utilization behavior associated with paramedian thalamic infarction. *Neurology (United States)* 41, nr.3, 450-452.

Eslinger PJ, Grattan LM, Damasio H, Damasio AR (1992): Developmental consequences of childhood frontal lobe damage. *Archives of neurology (United States)* 49, nr.7, 764-769.

Eslinger PJ, Grattan LM (1993): Frontal lobe and frontal-striatal substrates for different forms of human cognitive flexibility. *Neuropsychologia (England)* 31, nr.1, 17-28.

Eslinger PJ (2002): The anatomic basis of utilisation behaviour: a shift from frontal-parietal to intra-frontal mechanisms. *Cortex (Italy)* 38, nr.3, 273-276.

Fernandez-Duque D, Baird JA, Posner MI (2000): Executive Attention and Metacognitive Regulation. *Consciousness and Cognition* 9, 228-307.

Fletcher JM, Taylor HG (1984): Neuropsychological approaches to children: towards a developmental neuropsychology. *Journal of Clinical Neuropsychology* 6, 39-56.

Fletcher PC, Frith CD, Rugg MD (1997): The functional neuroanatomy of episodic memory. *Trends in neurosciences (England)* 20, nr.5, 213-218.

Földényi M, Tagwerker-Neuenschwander F, Giovanoli A, Schallberger U, Steinhausen HC (1999): Die Aufmerksamkeitsleistungen von 6 bis 10-jährigen Kindern in der TAP. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 10, nr.2, 87-102.

Fuster JM (2000): Proceedings of the Human Cerebral Cortex: From Gene to Structure and Function. Prefrontal neurons in networks of executive memory. *Brain Research Bulletin* 52, nr.5, 331-336.

Godefroy O, Cabaret M, Petit-Chenal V (1999): Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system? *Cortex (Italy)* 35, nr.1, 1-20.

Goldman PS (1974): Functional recovery after lesions of the nervous systems. 3. Developmental processes in neural plasticity. Recovery of function after CNS lesions in infant monkeys. *Neuroscience Research Program Bulletin (United States)* 12, nr.2, 217-722.

Goldman-Rakic PS, Isserhoff A, Schwartz ML, Bugbee NM (1983): The neurobiology of cognitive development. In: Mussen PH (Ed.). *Handbook of Child Psychology, Vol II, Infancy and Developmental Psychobiology*. New York: Wiley, 281-344.

Goldman-Rakic PS (1987a): Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. In: Mountcastle VB, Plum F, Geiger SR (Eds.). *Handbook of physiology* 5, 373-417. American Physiological Association, Bethesda.

Goldman-Rakic PS (1987b): Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Development* 58, 601-622.

Goldman-Rakic PS (1988a): Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annual Reviews of Neuroscience* 11, 137-156.

Goldman-Rakic PS (1988b): Changing concepts of cortical connectivity: Parallel distributed cortical networks. In: Radic P, Singer W (Eds.). *Neurobiology of the neocortex* (177-202). John Wiley & Sons, New York.

Grant D, Berg E (1993): *Wisconsin Card Sorting Test: WCST*. 2. Auflage. Hogrefe, Göttingen.

Heaton RK (1981): *Wisconsin Card Sorting Test*. Manual. Hogrefe, Göttingen.

Hudspeth WJ, Pribram KH (1992): Psychophysiological indices of cerebral maturation. *International Journal of Psychophysiology* 12, 19-29.

Huttenlocher PR (1979): Synaptic density in human frontal cortex- developmental changes and effects of aging. *Brain Research* 163, 195-205.

Huttenlocher PR, de Courten C, Garey LJ, Van der Loos H (1982): Synaptogenesis in human visual cortex-evidence for synapse elimination during normal development. *Neuroscience Letters* 33, 247-252.

Jacobs R, Anderson V (2002): Planning and problem solving skills following focal frontal brain lesions in childhood: analysis using the Tower of London. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section C, Child Neuropsychology : a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence* 8, nr.2, 93-106.

Kahneman D, Treisman A (1984): Changing views of attention and automaticity. In: Parasuraman R, Davies DR (Eds.). *Varieties of attention*. Academic Press, New York.

- Kahnemann D (1973): Attention and Effort. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Karatekin C, Lazareff JA, Asnárnow RF (2000): Relevance of the Cerebellar Hemispheres for Executive Functions. *Pediatric Neurology* 22, nr.2, 106-112.
- Kimberg DY, Aguirre GK, Dèstopito M (2000): Modulation of task-related neural activity in task-switching: an fMRI study. *Cognitive Brain Research* 10, 189-196.
- Koch J (1994): Neuropsychologie des Frontalhirnsyndroms. Beltz Psychologie Verlags Union, Weinheim.
- Koechlin E, Corrado G, Pietrini P, Grafman J (2000): Dissociating the role of the medial and lateral anterior prefrontal cortex in human planning. *Proceedings. National Academy of Science* 97, nr.13, 7651-7656.
- Kagan J (1966): Reflection-impulsivity. The generality and dynamics of conceptual tempo. *Journal of Abnormal Psychology* 71, 17-24.
- Kunert HJ, Derichs G, Irlé E (1996): Entwicklung von Aufmerksamkeitsfunktionen im Kindesalter: Ergebnisse einer vorläufigen Normierung der computergestützten Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) an 9- bis 12jährigen Kindern. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 7, 92-113.
- Lezak MD (1983): *Neuropsychological Assessment*. 2. Auflage, Oxford University Press, New York.
- Lösslein H, Deike- Beth C (1997): *Hirnfunktionsstörungen bei Kindern und Jugendlichen*. Deutscher Ärzte-Verlag.
- Luria AR (1961): *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. Liveright, New York.
- Luria AR (1966/80): *Higher cortical functions in man*. Basic Books, New York.

Luria AR (1973): The working brain. An introduction into neuropsychology. Basic Books, New York.

Markowitsch HJ, Kessler J (2000): Massive impairment in executive functions with partial preservation of other cognitive functions: the case of a young patient with severe degeneration of the prefrontal cortex. *Experimental Brain Research* (Germany) 133, nr.1, 94-102.

Matthes G (1988): Der Einsatz des Turm- von Hanoi Computerprogramms zur Diagnostik des problemlösenden Denkens bei Patienten mit erworbenen Hirnschädigungen. *British journal of biomedical science* 19, 10-13.

Matthes-von Cramon G, von Cramon DY (2000): Störung der exekutiven Funktionen. In: Sturm W, Herrmann M, Wallesch C (Eds.). *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie*. Swets & Zeitlinger Publishers, Lisse.

Melchers P, Lehmkuhl G (2000): Neuropsychologische Diagnostik im Kindes- und Jugendalter. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie* 28, 177-187.

Mendez MF, Adams NL, Lewandowski KS (1989): Neurobehavioral changes associated with caudate lesions. *Neurology (United States)* 39, nr.3, 349-354.

Menon V, Adleman NE, White CD, Glover GH, Reiss AL (2001): Error-Related Brain Activation during a Go/NoGo Response Inhibition Task. *Human brain mapping* 12, 131–143.

Mesulam M (1981): A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology* 10, 309-325.

Mesulam M (1990): Large -scale neurocognitive networks and distributed processing for attention language and memory. *Annals of Neurology* 28, 597-613.

Mesulam M (1998): From sensation to cognition. *Brain (England)* 121, nr.6, 1013-1052.

Mirsky AF (1987): Behavioral and psychophysiological markers of disordered attention. *Environmental Health Perspectives* 74, 191-199.

Mirsky AF, Anthony BJ, Duncan CC, Ahearn MB, Kellam SG (1991): Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach. *Neuropsychological Review* 2, 109-145.

Mirsky AF (1996): Disorders of attention: a neuropsychological perspective. In: Lyon GR, Krasnegor NA (Eds.). *Attention memory and executive function (71-159)*. Paul H. Brooks Publishing, Baltimore.

Miyake A, Emerson MJ, Friedman NP (2000 a): Assessment of executive Functions in clinical settings: Problems and recommendations. *Seminars in speech and language* 21, nr.2, 169 -183.

Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A (2000 b): The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology* 41, 49-100.

Nolde SF, Johnson MK, D'Esposito M (1998): Left prefrontal activation during episodic remembering: an event-related fMRI study. *Neuroreport (England)* 9, nr.15, 3509-3514.

Norman DA, Rumelhart DE (1981): The LNR approach to human information processing. *Cognition (Switzerland)* 10, nr.1-3, 235-240.

Norman DA, Shallice T (1986): Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior. In: Davidson RJ, Schwartz GE, Shapiro D (Eds.). *Consciousness and self-regulation*. New York: Plenum Press 4, 1-18.

Norman DA (1990): The 'problem' with automation: inappropriate feedback and interaction, not 'over-automation'. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences (England)* 327, nr.1241, 585-593.

Noterdaeme M, Amorosa H (1998): Verhaltensauffälligkeiten bei sprachentwicklungsgestörten Kindern: die Child Behavior Checklist als Screening-Instrument. *Monatsschrift für Kinderheilkunde* 146, 931-937.

Owen AM, Stern CE, Look RB (1998): Functional organization of spatial and nonspatial working memory processing within the human lateral frontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (United States)* 95, nr.13, 7721-7726.

Pascualvaca DM, Anthony BJ, Arnold LE, Rebok GW, Ahearn MB, Kellam SG, Mirsky AF (1997): Attention performance in an epidemiological sample: The role of gender and verbal intelligence. *Child Neuropsychology* 3, nr.1, 13-27.

Passler MA, Isaac W, Hynd GW (1985): Neuropsychological development of behavior attributed to frontal lobe functioning in children. *Developmental Neuropsychology* 1, 349-379.

Petrides M, Pandya DN (1999): Dorsolateral prefrontal cortex: comparative cytoarchitectonic analysis in the human and the macaque brain and corticocortical connection patterns. *The European journal of neuroscience (France)* 11, nr.3, 1011-1036.

Petrides M, Pandya DN (2002): Comparative cytoarchitectonic analysis of the human and the macaque ventrolateral prefrontal cortex and corticocortical connection patterns in the monkey. *The European journal of neuroscience (France)* 16, nr.2, 291-310.

Pennington BF (1995): The working memory function of the prefrontal cortices: Implications from developmental and individual differences in cognition. In: Haith M,

Benson J, Roberts R, Pennington BF (Eds.). Future-oriented process in development. University of Chicago Press, Chicago.

Pennington BF, Ozonoff S (1996): Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 1, 51-87.

Pennington BF (1997): Dimension of executive functions in normal and abnormal development. In: Krasnegor NA, Lyon GR, Goldman-Rakic PS (Eds.). *Development of the prefrontal cortex* (265-282). Paul Brookes Publishing Company, Baltimore.

Pfefferbaum A, Mathalon DH, Sullivan EV, Rawles JM, Zipursky RB, Lim KO (1994): A quantitative magnetic resonance imaging study of changes in brain morphology from infancy to late adulthood. *Archives of Neurology* 51, 874-887.

Phillips LH (1997): Do „frontal tests“ measure executive function? Issues of assessment and evidence from fluency tests. In: Rabbitt P (Ed.). *Methodology of frontal and executive function* (191-213), Hove, UK: Psychology Press.

Piaget J (1955): *The language and thought of the child*. Translated by Gaban M (First published 1926). New York: Meridian.

Piaget J (1965): *Equilibration of cognitive structures*. Chicago University Press, Chicago.

Porteus SD (1952): *Manual du test des Labyrinthes*. Paris.

Posner MI, Boies SW (1971): Components of attention. *Psychological Review* 78, 391-408.

Posner MI, Peterson SE (1990): The attention system of the human brain. *Annals of Neuroscience* 13, 182-196.

Posner MI, Dehaene S (1994): Attentional networks. *Trends in Neuroscience* 17, 75-79.

Primbam KH, McGuinness D (1975): Arousal activation and effort in the control of attention. *Psychological Review* 82, 116-149.

Primbam KH (1987): The subdivisions of the frontal cortex revisited. In: Perecman E (Ed.). *The frontal lobes revisited*. IRBN, New York.

Rebok GW, Smith CB, Pascualvaca DM, Mirsky AF, Anthony BJ, Kellam SG (1997): Developmental changes in attentional performance in urban children from eight to thirteen years. *Child Neuropsychology* 3, 29-46.

Reiss A, Abrams M, Singer HS, Ross JL, Denckla MB (1996): Brain development, gender and IQ in children: A volumetric imaging study. *Brain* 119, 1763-1774.

Rowe AD, Bullock PR, Polkey CE (2001): "Theory of mind" impairments and their relationship to executive functioning following frontal lobe excisions. *Brain (England)* 124, nr.3, 600-616.

Rowe JB, Passingham RE (2001): Working memory for location and time: activity in prefrontal area 46 relates to selection rather than maintenance in memory. *Neuroimage (United States)* 14, nr.1, 77-86.

Rowe JB, Owen AM, Johnsrude IS (2001): Imaging the mental components of a planning task. *Neuropsychologia (England)* 39, nr.3, 315-327.

Sandson TA, Daffner KR, Carvalho PA (1991): Frontal lobe dysfunction following infarction of the left-sided medial thalamus. *Archives of neurology (United States)* 48, nr.12, 1300-1303.

Saravis S, Schachar R, Zlotkin S (1990): Aspartame: effects on learning, behavior, and mood. *Pediatrics (United States)* 86, nr.1, 75-83.

Schachar R, Logan G (1990): Are hyperactive children deficient in attentional capacity? *Journal of abnormal child psychology (United States)* 18, nr.5, 493-513.

Schachar R, Wachsmuth R (1990): Oppositional disorder in children: a validation study comparing conduct disorder, oppositional disorder and normal control children. *Journal of child psychology and psychiatry, and allied disciplines (England)* 31, nr.7, 1089-1102.

Schneider W, Dumais S, Shiffrin R (1984): Automatic and controlled processing and attention. In: Parasumaran R, Davies D (Eds.) *Varieties of attention*. Academic Press, New York.

Seidel WT, Joschko M (1990): Evidence of difficulties in sustained attention in children with ADHD. *Journal of Abnormal Child Psychology* 18, 217-229.

Shallice T (1981): Neurological impairment of cognitive processes. *British medical bulletin (England)* 37, nr.2, 187-192.

Shallice T (1982): Specific impairments of planning. In: Broadbent DE, Weiskrantz L (Eds.). *The Neuropsychology of cognitive function (199-209)*. The Royal Society, London.

Shallice T (1988): *From Neuropsychology to Mental Structure (353-380)*. Cambridge University Press, Cambridge.

Shallice T, Burgess PW (1991): Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain* 114, 727-741.

Shiffrin R, Schneider W (1977): Controlled and automatic human information processing: II. perceptual learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review* 84, 127-190.

Simon HA (1975): The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology* 7, 268-288.

Smith E, Jonides J (1999): Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science* 283, 1657-1661.

Spreen O, Risser A, Edgell D (1995): Cognitive development, sex differences. Developmental Neuropsychology, Oxford University Press, Oxford.

Sturm W, Willmes K (1993): A normative study on the European attention test battery. In: Stachowiak F (Ed.): Developments in the assessment and rehabilitation of brain-damaged patients. Tübingen: G Narr- Verlag.

Sturm W, Willmes K (1997): Do specific attention deficits need specific training? Neuropsychological Rehabilitation 7, 81-103.

Stuss DT, Benton DF (1984): Neuropsychological studies of the frontal lobes. Psychological Bulletin 95, 3-28.

Stuss DT, Benton DF (1986): The frontal lobes. Raven Press, New York.

Stuss DT, Alexander MP (2000): Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. Psychological research. (Germany) 63, nr.3-4, 289-298.

Thatcher RW (1991): Maturation of the human frontal lobes: Physiological evidence for staging. Developmental Neuropsychology 7, 397-419.

Thatcher RW (1997): Human frontal lobe development: A theory of cyclical Cortical Reorganisation. In: Krasnegor NA, Lyon GR, Goldman-Radik PS (Eds.) Development of the prefrontal cortex (85-116). Paul Brookes Publishing Company, Baltimore.

Townes BD, Martin DC, Trupin EW, Goldstein D (1980): Neuropsychological correlates of academic success among elementary school children. Journal of Consulting and Clinical Psychology 48, 675-684.

Travis F (1998): Cortical and cognitive development in 4th, 8th and 12th grade students. The contribution of speed of processing and executive functioning to cognitive development. Biological Psychology 48, 37-56.

Vogt BA, Pandya DN, Rosene DL (1987): Cingulate cortex of the rhesus monkey: I. Cytoarchitecture and thalamic afferents. *The Journal of comparative neurology (United States)* 262, nr.2, 256-270.

Vogt BA, Pandya DN (1987): Cingulate cortex of the rhesus monkey: II. Cortical afferents. *The Journal of comparative neurology (United States)* 262, nr.2, 271-289.

Weiß R (1980): Grundintelligenztest CFT 20. Georg Westermann Verlag, Braunschweig.

Welsh MC, Pennington BF, Groisser BB (1991): A normative-developmental study of executive function: a window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology* 7, 131-149.

Weyandt LL, Willis WG (1994): Executive functions in school-aged children: potential efficacy of tasks in discriminating clinical groups. *Developmental Neuropsychology* 10, 27-38.

Wickett JC, Vernon PA, Lee DH (1994): In vivo brain size, head perimeter and intelligence in a sample of healthy adult females. *Personality and individual differences* 16, 831-838.

Wilkins AJ, Shallice T, McCarthy R (1987): Frontal lesions and sustained attention. *Neuropsychologia (England)* 25, nr.2, 359-365.

Witelson SF, Glezer II, Kigar DL (1995): Women have greater density neurons in posterior temporal cortex. *Journal of Neuroscience* 15, 3418-3428.

Zimmermann P, Fimm B (1993): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Version 1.0. Handbuch Teil 1. Psytest, Würselen.

Zimmermann P, Fimm B (1994): Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Version 1.02c. Handbuch Teil 2 (Statistiken). Psytest, Würselen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Nadja Gwiggner
Adresse: Waltherstr. 15
Telephon: 089-55 96 86 61
E-mail: nadja.gwiggner@gmx.de
Geburtsdatum: 23. September 1971
Geburtsort: Melbourne, Australien
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch

AIP und Assistenzärztin

Dez. 2001- Mai 2003 AIP am Klinikum Großhadern in der Abteilung für Anästhesiologie
bei Prof. Dr. Dr. med. Peter
seit Juni 2003 Assistenzärztin in Weiterbildung am Klinikum Großhadern in der
Abteilung für Anästhesiologie bei Prof. Dr. Dr. med. Peter

Praktisches Jahr

Aug. - Dez. 2000 Innere Medizin auf der Intensivstation I im städt. Krankenhaus
München Harlaching bei Prof. Dr. med. Lindlbauer
Dez. 2000 - Feb. 2001 Chirurgie im Conradie und G.F. Jooste Hospital, Kapstadt bei
Dr. Stettbacher
März. - Juli 2001 Anästhesie im Klinikum Innenstadt der LMU München bei Prof. Dr.
med. Zwißler

Wissenschaftliche Arbeit

Jan. 2000 - Nov. 2004 Dissertation über die Entwicklung der exekutiven Funktionen im
Jugendalter, Heckscher Klinik, Abteilung für teilleistungsgestörte
Kinder bei Prof. Dr. med. Amorosa / PD. Dr. med. Noterdaeme

Medizinische Ausbildung

Mai. 1994 - Sept. 1996 Vorklinischer Studienabschnitt an der LMU München
Okt. 1995 - Feb. 1996 Vorklinischer Studienabschnitt an der Universidad de Alicante,
Spanien
Nov. 1996 - Okt. 2001 Klinischer Studienabschnitt an der LMU München

Prüfungen

Sept. 1996	Ärztliche Vorprüfung
Sept. 1997	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 2000	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Okt. 2001	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Klinische Praktikas

März 1997	Famulatur in der Heckscher Klinik, Abt. für teilleistungsgestörte Kinder, München, bei Prof. Amorosa / Dr. Noterdaeme
Okt. 1997	Famulatur in der Pädiatrischen Ambulanz der Dr. von Haunerschen Kinderklinik, München, bei Prof. Butenandt
April 1998	Famulatur in der Gynäkologie und Geburtshilfe am Hospital Regional No. 72 der IMSS, Mexiko City, Mexiko, bei Dr. Garcia
Aug. 1998	Famulatur auf der kardiologischen Intensivstation des Royal-Melbourne-Hospital, Melbourne, Australien, bei Dr. Grigg
Sept. 1998	Famulatur in der Anästhesie in der Kinderzahnarztpraxis Dr. Huber, München, bei Dr. von Schacky / Dr. Passow / Dr. Galle

Medizinische Tätigkeiten

Mai 1998 - Mai 2000	Organisation von bed- side teaching Seminaren bei IPOKRaTES mit Gast Professoren aus den U.S.A und England unter der Leitung von Prof. Simbruner
Okt. 1998 - Nov. 2001	Nebentätigkeit in der Anästhesie in der Kinderzahnarztpraxis Dr. Huber bei Dr. von Schacky / Dr. Passow / Dr. Galle
Okt. 1998 - Nov. 2001	Nebentätigkeit in der Anästhesie in der Paracelsus - Klinik, bei Dr. Passow

Schulausbildung

bis Juli 1990	Werner- Heisenberg Gymnasium, Garching
Sept. 1990 - Juli 1992	Sophie – Scholl Gymnasium, München
Juli 1992	Abitur

Stipendien

Okt. 1995 - März 1996	Erasmus Stipendium, Studium der Anatomie an der Universidad de Alicante, Spanien
Nov. 2000 - Mai 2001	Stipendium der Dr.- Democh – Mauermeir - Stiftung

Sprachen

Englisch: fließend
Spanisch: fließend
Französisch: Schulkenntnisse

