
**Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Doktorgrades (Dr. phil.)
im Fach Psychologie
an der Fakultät für Verhaltens- und
Empirische Kulturwissenschaften
der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**

Titel der Dissertation
Entwicklung und Struktur der Exekutiven Funktionen im Vorschulalter

vorgelegt von
Wiebke F. Evers

Jahr der Einreichung
2019

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hagemann
Beraterin: Prof. Dr. Sabina Pauen

Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei allen Menschen bedanken, die mich während meiner Promotion begleitet und unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Sabina Pauen und Prof. Dr. Markus Kiefer. Dank eures Engagements und eurer Flexibilität konnte ich mein Ziel Promotion über die letzten Jahre verfolgen. Trotz Weltreise und Ortswechsel habt ihr mir auf meinem Weg mit Rat und Tat zur Seite gestanden! Liebe Sabina, danke für dein Vertrauen und die Möglichkeit, meine Arbeit an der Universität Heidelberg weiterführen zu können, und dein wertvolles Feedback, welches mich meinem Ziel Schritt für Schritt nähergebracht hat. Danke auch für die Freiheit, die du mir gegeben hast und die mir ermöglichte, meinen eigenen Weg zu finden und zu gehen. Lieber Markus, danke für deine tatkräftige Unterstützung gerade in der Anfangszeit meiner Promotion an der Universität Ulm und deine guten Ideen, die dieser Arbeit maßgeblich ihre Richtung gegeben haben. Danke auch für deine Bereitschaft, über die Grenzen der Schwäbischen Alb hinaus als Zweitgutachter meiner Dissertation zu fungieren.

Auf meinem Weg durfte ich vielen besonderen Menschen begegnen, die alle auf ihre ganz eigene Art und Weise nicht nur zu meiner Arbeit, sondern auch zu dem, was ich heute bin, beigetragen haben. Katrin Hille und Michael Fritz, danke, dass ihr mir nach dem Studium den Einstieg in die Wissenschaft und die Anwendungsforschung ermöglicht habt. Ein Dank von Herzen gilt natürlich meinem *EMIL*-Team! Laura, seit meinem ersten Tag am ZNL hast du mir zur Seite gestanden. Danke für die großartige Zusammenarbeit in allen Projekten, die wir zusammen durchführen durften und für deine Freundschaft! Sonja, Melanie und Carmen, ich hätte mir keine besseren Kolleginnen wünschen können, um dieses spannende und auch ehrgeizige Projekt umzusetzen. Wir durften viel zusammen erleben und voneinander lernen, worüber ich sehr froh bin. Danke auch an die studentischen Hilfskräfte und Praktikant*innen für ihre großartige Unterstützung und ihren unermüdlichen Einsatz im Namen des Projektes! Und ein ganz besonderes Dankeschön geht an alle pädagogischen Fachkräfte, Eltern und Kindern, die am *EMIL*-Projekt mitgewirkt haben. Ohne sie wäre dieses Vorhaben gar nicht erst möglich gewesen!

Mein Dank gilt auch den vielen lieben Kolleginnen und Kolleginnen, mit denen ich während meiner Zeit an der Universität Ulm und der Universität Heidelberg über *EMIL* hinaus zusammenarbeiten durfte. Anika, danke für die Perspektive, in die du die Herausforderungen immer wieder gerückt hast, und deine Erinnerung an die wirklich wichtigen Dinge. Sabine, Steffi, Leyla, Philipp und Cordelia, ihr habt dafür gesorgt, dass ich ganz schnell in Heidelberg angekommen bin. Danke für eure Herzlichkeit, eure Ratschläge und Ermunterungen in der Kaffeepause und euer Mitfiebern auf den letzten Metern! Ruth

und Katja, ihr habt mich mit eurem großen Interesse für die Exekutiven Funktionen und eurer Zielstrebigkeit so viel Motivation verliehen. Danke für eure Hilfe bei allen meinen großen und kleinen Fragen! Danke auch an Andrea Ludwig, Nicole Sturmhöfel, Maren Hauber, Petra Arndt, Julia Wissner, Sabrina Bechtel-Kühne, Cornelia Schwarze, Sabine Falke und Christiane Fauth für eure Unterstützung und Begleitung!

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, die mich immer bestärkt und motiviert hat, ohne zusätzlichen Druck aufzubauen. Danke für euer unerschütterliches Vertrauen in meine Fähigkeiten! Auch meinen lieben Freunde von nah und fern, die mit mir mitgefiebert und mich angefeuert haben, möchte ich ganz herzlich danken! Und ich danke von ganzem Herzen dir, Clément, mon amour, meiner wahrlich besseren Hälfte! Du bist von Anfang an diesen Weg mit mir gegangen, hast mich immer bestärkt und mir den Rücken freigehalten. Ich kann es kaum erwarten, in das nächste Abenteuer mit dir zu starten!

* * * * *

Eine kluge Person hat mir zu Beginn meiner Promotion geraten, ein Thema auszuwählen, für das ich richtig brenne. Heute kann ich sagen, dass ich auch nach all den Jahren, in denen ich nun zu den Exekutiven Funktionen forsche, immer noch Feuer und Flamme für dieses spannende Thema bin. Ich hoffe, dass dies jeder, der diese Arbeit in die Hand nimmt, spüren kann. Ich wünsche viel Freude beim Lesen!

Zusammenfassung

Der Term Exekutive Funktionen (EF) ist ein Oberbegriff für höhergeordnete, kognitive Fähigkeiten, die die Grundlage für zielgerichtetes Verhalten bilden (Hughes & Graham, 2002). Im Allgemeinen wird bei den EF von drei separaten, aber miteinander zusammenhängenden Komponenten ausgegangen (Miyake et al., 2000), die in der Kindheitsforschung meist als Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting bezeichnet werden (Garon, Bryson & Smith, 2008). Aufgrund ihres Zusammenhangs mit diversen positiven Outcomes innerhalb der frühen Kindheit und auch darüber hinaus gelten sie als entscheidende Lebenskompetenz (Diamond, 2013). Da sich die EF maßgeblich zwischen 3 und 6 Jahren entwickeln, ist diese Altersspanne von besonderem Interesse für die Forschung. Dennoch bestehen einige methodische Herausforderungen, die die Untersuchung der EF in der frühen Kindheit erschweren (Blair, 2016; Nigg, 2017).

Die vorliegende Arbeit hat sich zum Ziel gesetzt, die methodischen Herausforderungen in Bezug auf die Entwicklung und die Struktur der EF bei Kindergartenkindern herauszuarbeiten und zu adressieren. Dafür wurden verschiedene Messverfahren zur Erfassung von Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting eingesetzt. Auf Basis der erhobenen Daten wurde zunächst die Entwicklung der EF von 530 Kindern zwischen 3 und 6 Jahren im Querschnitt nachgezeichnet und die Leistungsunterschiede zwischen den Altersgruppen abgetragen (Studie 1). Darüber hinaus wurde mit Konfirmatorischen Faktorenanalysen die latente Struktur der EF bei 392 Kindern zwischen 4 und 6 Jahren im Hinblick auf sechs zentrale Modelle geprüft (Studie 2).

Es zeigten sich deutliche Leistungszuwächse über die Altersspanne in Bezug auf alle untersuchten Konstrukte. Die eingesetzten Messverfahren erwiesen sich dabei unterschiedlich sensitiv für Leistungsunterschiede zwischen den Altersgruppen. Die EF zeigten Zusammenhänge mit sozioökonomischen Variablen wie dem Bildungsstand der Eltern und dem Familieneinkommen zusammen. In Bezug auf die latente Struktur der EF erwies sich ein unitäres Faktormodell, in dem alle Indikatoren auf einen gemeinsamen Faktor luden, die beste Passung. Ein dreifaktorielles Modell, welches die Entwicklungsforschung bislang bestimmt, konnte nicht nachgewiesen werden. Die Interpretation der Ergebnisse wird allerdings durch mangelnde Varianz und niedrige Korrelationen zwischen den eingesetzten Aufgaben eingeschränkt.

Auch wenn die Ergebnisse aufgrund von Schwächen in der Testauswahl mit Vorsicht zu interpretieren sind, liefern sie wichtige Implikationen für die weitere Erforschung der EF in der frühen Kindheit. So macht die Arbeit deutlich, wie wichtig die Schärfung des Konzeptes der EF und die einheitliche Verwendung der verschiedenen Begriffe sowie die systematische Prüfung und Weiterentwicklung der bestehenden Testverfahren ist.

Abstract

Executive Functions (EF) is an umbrella term for higher-order cognitive functions that are crucial for goal-oriented behaviour (Hughes & Graham, 2002). There is general agreement that EF encompasses three separable but interrelated components (Miyake et al., 2001), which are in developmental science often labelled inhibition, working memory and shifting (Garon, Bryson & Smith, 2008). Because of their relations with various positive outcomes within early childhood and beyond, they are regarded as fundamental life skills (Diamond, 2013). Since EF develop significantly between the ages of 3 and 6, this age range is of particular interest to research. However, there are some methodological issues that challenge the study of EF in early childhood (Blair, 2016; Nigg, 2017).

The present research project aimed to identify and address the methodological challenges related to the study of the development and structure of EF in pre-schoolers. For this purpose, different tasks were used to assess inhibition, working memory and shifting. Based on the data gathered, the development of EF was traced for 530 pre-schoolers between the ages of 3 and 6 years and differences in performance between the age groups were analysed (study 1). In addition, confirmatory factor analyses were carried out to test the latent structure of EF in 392 children between 4 and 6 years regarding six central models (study 2).

The results showed clear increases in performance with age for all constructs studied. Most tasks that were used proved to be sensitive to differences in performance between the age groups. EF correlated with different socio-economic variables such as the educational level of parents and family income. With regard to the latent structure of the EF, a unitary factor model, in which all indicators loaded on a common factor, showed the best fit. There was no support for the three-factor model, which forms the theoretical basis in most EF studies in early childhood. However, the interpretation of the results is limited by a lack of variance and low correlations between the tasks used.

Although the results should be interpreted with caution due to apparent weaknesses in task selection, they provide important implications for further research of EF in early childhood. Both studies highlight the importance of sharpening the concept of EF and the need for consistent use of the different terms within the field, as well as the systematic review and further development of existing measures of EF.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Exekutive Funktionen	3
2.1	Das Unity & Diversity-Modell und die drei Kernfunktionen	4
2.1.1	Inhibition: Das innere Stopp-Schild	5
2.1.2	Updating: Der menschliche Arbeitsspeicher.....	6
2.1.3	Shifting: Flexibles Umschalten und kreatives Denken	7
2.2	Abgrenzung von anderen Begriffen der Selbststeuerung	8
2.3	Erfassung der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit	12
2.3.1	Instrumente zur Erfassung der Exekutiven Funktionen bei Kindern zwischen 3 und 6 Jahren.....	13
2.3.2	Herausforderungen in der Erfassung der Exekutiven Funktionen..	15
2.4	Entwicklung der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit	18
2.4.1	Entwicklung von Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting	19
2.4.2	Zeitliche Abfolge in der Entwicklung der Exekutiven Funktionen ...	23
2.4.3	Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Exekutiven Funktionen ..	25
2.5	Struktur der Exekutiven Funktionen im frühen Kindesalter	27
3	Zusammenfassung und Herleitung eigener Forschungsfragen	34
4	Studie 1: Erfassung und Entwicklung der Exekutiven Funktionen	36
4.1	Methoden	37
4.1.1	Stichprobe.....	37
4.1.2	Messverfahren und Fragebögen	38
4.1.3	Durchführung	45
4.1.4	Statistische Analysen	46
4.2	Ergebnisse.....	47
4.2.1	Beschreibung der Stichprobe	47
4.2.2	Deskriptive Ergebnisse	49
4.2.3	Altersunterschiede in den Exekutiven Funktionen	51
4.2.4	Alterssensitivität der Messinstrumente im Vergleich.....	55
4.2.5	Korrelationen.....	56
4.3	Diskussion	58
4.3.1	Altersbedingte Leistungszuwächse in den Exekutiven Funktionen	58
4.3.2	Alterssensible Erfassung der Exekutiven Funktionen	60
4.3.3	Spezifische Erfassung exekutiver Prozesse	62
4.3.4	Zusammenhänge mit sozioökonomischen Status	64
4.3.5	Stärken und Schwächen	65
4.3.6	Fazit von Studie 1	66

5	Studie 2: Latente Struktur der Exekutiven Funktionen	67
5.1	Methoden	70
5.1.1	Stichprobe.....	70
5.1.2	Durchführung & Messverfahren	70
5.1.1	Statistische Analysen	72
5.2	Ergebnisse.....	72
5.2.1	Korrelationen.....	72
5.2.2	Konfirmatorische Faktorenanalyse	74
5.2.3	Chi-Quadrat-Vergleich	76
5.3	Diskussion	78
5.3.1	Latente Struktur der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit	78
5.3.2	Einfluss der Indikatorwahl auf die Faktorstruktur	80
5.3.3	Stärken und Schwächen	83
5.3.4	Fazit von Studie 2	83
6	Gesamtdiskussion und Fazit.....	85
6.1	Schärfung der Definition der Exekutiven Funktionen.....	85
6.2	Reliable und sensitive Erfassung der Exekutiven Funktionen im frühen Kindesalter.....	86
6.3	Entwicklung der Exekutiven Funktionen zwischen 3 und 6 Jahren.....	88
6.4	Unity & Diversity in der frühen Kindheit.....	89
6.5	Grenzen der vorliegenden Studie und Ausblick	92
6.6	Gesamtfazit	93
7	Literatur	94
8	Tabellenverzeichnis	117
9	Abbildungsverzeichnis	118
10	Anhang	119
10.1	Fragebogen für Erziehungsberechtigte	119
11	Erklärung gemäß § 8 Abs. (1) c) und d) der Promotionsordnung der Fakultät.....	123

1 Einleitung

Wenn wir unseren Kindern eine Fähigkeit für ihren Lebensweg mitgeben könnten, welche würden wir wählen? Welche Fähigkeit wäre es, von der wir denken, dass sie das Leben unseres Kindes jetzt und in Zukunft bereichern würde? Wenn ich mich entscheiden müsste, würde ich eine gute Selbststeuerung wählen. Die Fähigkeit, die eigenen Gedanken, Emotionen und Handlungen zu steuern, ist in einer Welt, in der wenig unter unserer Kontrolle ist, so etwas wie eine Superkraft. Wenn wir in der Lage sind, uns Ziele zu stecken und diese umzusetzen, uns zu motivieren, wenn es schwer wird, Probleme kreativ zu lösen, umzudenken und Neues zu erlernen, welche Herausforderungen des Lebens werden wir dann nicht bestehen können? Wir können nicht gewährleisten, dass unsere Kinder ein leichtes Leben ohne Rückschläge und Widrigkeiten haben. Wir können allein dafür sorgen, dass sie die Fähigkeiten besitzen, die sie brauchen, um mit Herausforderungen umzugehen und an ihnen zu wachsen, um sich selbst und ihr Glück zu finden.

Hinter der Selbststeuerung stehen viele verschiedene Konstrukte und eines davon ist das der Exekutiven Funktionen. Der Begriff *Exekutive Funktionen* stammt aus den Neurowissenschaften und der Kognitionsforschung und wird als Überbegriff für verschiedene mentale Prozesse genutzt, die der Regulation von Verhalten, Denkprozessen und Emotionen dienen (Diamond, 2013; Otero & Barker, 2014). Studien haben gezeigt, dass 1) sich die Exekutiven Funktionen schon in der frühen Kindheit substantiell entwickeln (Carlson, 2005; Diamond, 2006; Garon et al., 2008), 2) die Exekutiven Funktionen mit dem sozialen Verständnis der Kinder (Carlson, Claxton & Moses, 2015), ihrer Schulreife (Fitzpatrick, McKinnon, Blair & Willoughby, 2014; Welsh, Nix, Blair, Bierman & Nelson, 2010) und ihren akademischen Fähigkeiten zusammenhängen (Blair & Razza, 2007; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006b) und 3) sich bei verschiedenen Entwicklungsstörungen auch Beeinträchtigungen der Exekutiven Funktionen zeigen (Zelazo & Müller, 2010).

Aufgrund ihrer hohen Bedeutsamkeit für den Lebensverlauf von Kindern und die langfristigen Auswirkungen von Defiziten im frühen Kindesalter sind die Exekutiven Funktionen ein wichtiges und beliebtes Forschungsthema (Diamond, 2013). Das wachsende Interesse an den Exekutiven Funktionen macht die exponentielle Zunahme der zu diesem Thema veröffentlichten wissenschaftlichen Arbeiten deutlich: Google Scholar listet für 1990 zu dem Stichwort *executive functions* 449 Ergebnisse. Für das Jahr 2000 ergibt die Suche 2150 und für 2010 bereits 9670 Treffer. Für 2018 werden zu diesem Stichwort mehr als 18.500 wissenschaftliche Arbeiten gelistet.

Das schnell wachsende Forschungsfeld der Exekutiven Funktionen ist jedoch von einigen Herausforderungen bestimmt. So ist das konzeptuelle Verständnis der Exekutiven Funktionen und der Gebrauch der verschiedenen Terminologien von großen Unterschieden geprägt (z. B. Baggetta & Alexander, 2016; Diamond, 2013; Nigg, 2017). Dies schlägt sich in methodischen Schwierigkeiten nieder, da unklar ist, welche Fähigkeiten die zur Erfassung der Exekutiven Funktionen eingesetzten Instrumente genau messen (Garon et al., 2008). Auch die latente Struktur der Exekutiven Funktionen ist bislang nicht geklärt und wirft besonders im Bereich der Entwicklungsforschung Fragen auf (Morra, Panesi, Traverso & Usai, 2018).

Die vorliegende Arbeit beruht auf Daten aus dem Projekt *EMIL – Emotionen regulieren lernen*, welches von 2011 bis 2018 am ZNL TransferZentrum für Neurowissenschaften und Lernen (Universität Ulm) durchgeführt wurde. Finanziert wurde das Projekt von der Baden-Württemberg Stiftung. Innerhalb des Projektes ist ein Interventionskonzept für pädagogische Fachkräfte entwickelt worden, um die Selbstregulation und die Perspektivenübernahme von Kindern in Kindergärten alltagsintegriert zu stärken. Die Daten, die für diese Arbeit ausgewertet wurden, stammen aus der Prä-Messung der Interventions- und Kontrollgruppe und wurden im Rahmen der Evaluationsstudie *EMIL Baden-Württemberg* erhoben.

Fokus der Arbeit ist die Erfassung, die Entwicklung und die Struktur der Exekutiven Funktionen bei Kindern zwischen 3 und 6 Jahren. In Kapitel 2 wird zunächst das Konstrukt der Exekutiven Funktionen definiert und von anderen Konstrukten aus dem Feld der Selbststeuerung abgegrenzt. Nach der Darstellung von Möglichkeiten zur Erfassung der Exekutiven Funktionen wird der Entwicklungsverlauf anhand von empirischen Befunden nachgezeichnet. Es werden zentrale Faktoren dargestellt, die in der frühen Kindheit Einfluss auf die Exekutiven Funktionen zum Teil langfristige Auswirkungen auf deren Entwicklung nehmen können. Nachfolgend werden Befunde zur Struktur der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit präsentiert und eingehend diskutiert.

Auf der Basis des theoretischen Hintergrunds werden in Kapitel 3 die Ziele der vorliegenden Arbeit beschrieben, welche nachfolgend in zwei Studien adressiert werden. Studie 1 (Kapitel 4) widmet sich der Untersuchung der Exekutiven Funktionen von Kindern zwischen 3 und 6 Jahren im Querschnitt. Studie 2 (Kapitel 5) untersucht die Struktur der Exekutiven Funktionen bei Kindern zwischen 4 und 6 Jahren. In der anschließenden Gesamtdiskussion (Kapitel 6) werden sie sowohl miteinander als auch den aktuellen Diskussionen im Forschungsfeld der Exekutiven Funktionen in Bezug gesetzt sowie theoretische und praktische Implikationen für die weitere Forschung abgeleitet.

2 Exekutive Funktionen

Die erste Konzeptualisierung der Exekutiven Funktionen (EF) erfolgte vor etwa 45 Jahren durch Baddeley und Hitch (1974), welche den Begriff *zentrale Exekutive* einführten. Darunter verstanden sie eine übergeordnete Kontrollinstanz, die wichtige Denk- und Gedächtnisprozesse überwacht und steuert. Einige Jahre später definierte Lezak (1983) die EF als die vier Komponenten Formulierung, Planung und Ausführung von zielgerichtetem Verhalten und effektiver Performanz der Umsetzung. Seitdem wurden zahllose Definitionen des Konstrukts postuliert (Jurado & Rosselli, 2007; Karr et al., 2018). Heute wird EF als Sammelbegriff für verschiedene kognitive Prozesse höherer Ordnung verstanden, die zielgerichtetes Verhalten in neuen, herausfordernden Situationen ermöglichen (z. B. Hughes & Graham, 2002). Sie befähigen unter anderem dazu, Impulse und automatisiertes Verhalten zu unterdrücken, Pläne zu formulieren und umzusetzen, flexibel zu denken und Probleme zu lösen (Blair, 2016; Diamond, 2013; Hughes, 2011).

Die EF werden auf neuronaler Ebene dem Präfrontalen Kortex (PFC) zugeordnet (Otero & Barker, 2014). Dieser Hirnbereich spielt demnach eine wichtige Rolle für die Koordination der Aktivität über verschiedene Gehirnareale hinweg und wird gemeinhin als wesentlich für bewusste Denkprozesse angesehen (Friedman & Miyake, 2017; Stuss, 2011). Der PFC ist evolutionär betrachtet noch recht jung, beim Menschen im Vergleich zu seinen nächsten Verwandten besonders groß und reift postnatal am längsten (Sowell, Thompson, Holmes, Jernigan & Toga, 1999). Bereits in den 1960er Jahren postulierte Luria (1966), dass die Funktionen des PFC den Funktionen anderer Hirnregionen übergeordnet sind, indem sie die Planung, Steuerung und Kontrolle von Verhalten ermöglichen. Klinische Studien bestätigten die Bedeutung des PFC für zielgerichtetes, rationales und angemessenes Verhalten. Patienten, deren frontale Hirnstrukturen beschädigt wurden, verhielten sich unangemessen, kamen nicht mehr gut mit anderen Menschen aus und trafen irrationale Entscheidungen (Fleischman, 2002; Stuss, 2011). Laut Luria (1973) wurde ihr Verhalten durch den Ausfall der übergeordneten Denkfunktionen von basaleren Prozessen gesteuert, welche anfälliger für den Einfluss von Emotionen und Impulsen sind.

Die EF bilden die Voraussetzung für angemessenes, sozial verträgliches und effektives Verhalten (Lezak, Howieson, Loring & Fischer, 2004) und sind damit von großer Bedeutsamkeit für den Lebensverlauf (Leve et al., 2013). Sie hängen eng mit mathematischen und sprachlichen Fähigkeiten zusammen und können Fortschritte bis ins Grundschulalter und darüber hinaus vorhersagen (Blair & Razza, 2007; Bull & Scerif, 2001; Clark, Pritchard & Woodward, 2010; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006a). Sie zeigen außerdem robuste Zusammenhänge mit verschiedenen Indikatoren für sozial-emotionale Kompetenz, z. B. mit Theory of Mind (Carlson et al., 2015; Carlson & Moses, 2001; Perner,

Lang & Kloo, 2002) und Kooperation (Cairano, Visu-Petra & Settanni, 2007), aber auch mit antisozialem und aggressivem Verhalten (O'Toole, Monks & Tsermentseli, 2017; Poland, Monks & Tsermentseli, 2016; Waller, Hyde, Baskin-Sommers & Olson, 2017).

Mit der Zeit wurden unter dem Begriff EF immer mehr Komponenten zusammengefasst, wie z. B. Hemmen, Antizipieren, Umstellen, Reflektieren, Problemlösen, Emotionen regulieren, das Erkennen und Beheben von Fehlern, Fluidität und die Aufmerksamkeitslenkung (Anderson, 2002; Banich, 2009; Carlson, 2003; Friedman & Miyake, 2017; Miller & Cohen, 2001). Packwood und Kollegen identifizierten in ihrem Review insgesamt 68 Komponenten, die den EF zugeordnet wurden (Packwood, Hodgetts & Tremblay, 2011). Welche Komponenten zu Recht als EF bezeichnet werden, bleibt trotz der intensiven Forschung der letzten Jahrzehnte ungeklärt (Karr et al., 2018).

2.1 Das Unity & Diversity-Modell und die drei Kernfunktionen

Eine weitere zentrale Frage, die das Forschungsfeld beschäftigt, ist, inwieweit die vielen Komponenten der EF auf wenige grundlegende Funktionen reduziert werden können (Karr et al., 2018; Morra et al., 2018). Frühe Modelle der EF beschrieben tatsächlich einen einzelnen Faktor, der den verschiedenen Kontroll- und Überwachungsprozessen zugrunde liegen sollte (Baddeley & Hitch, 1974). Von einem einzelnen Faktor wurde das Konzept schnell zu einem System ausgeweitet, das als die bewusste Kontrolle über die Aufmerksamkeit verstanden wurde (z. B. das Supervisory Attentional System; Norman & Shallice, 1986). Davon ausgehend wurde die Definition zunehmend zu einem Sammelbegriff für diverse kognitive Funktionen, die mit der Steuerung von Gedanken, Emotionen und Verhalten in Verbindung gebracht werden (Baggetta & Alexander, 2016).

Im Jahr 2000 postulierten Miyake und Kollegen (2000) ein Modell der EF bestehend aus drei Kernfunktionen, die sie als *Inhibition*, *Updating* und *Shifting* bezeichneten. Die drei Komponenten sind in ihrer Funktion voneinander abgrenzbar, zeigen jedoch auf latenter Ebene moderate Zusammenhänge. Dieses sogenannte *Unity & Diversity-Modell* ist nach der Idee von Teuber benannt, welcher bereits 1972 postulierte, dass die EF in mehrere Kernfunktionen unterteilt werden können, diese aber in engem Zusammenhang miteinander stehen. Das Unity & Diversity-Modell wurde bis heute vielfach repliziert (Duan, Wei, Wang & Shi, 2010; Friedman & Miyake, 2017; Lehto, Juujärvi, Kooistra & Pulkkinen, 2003; Rose, Feldman & Jankowski, 2011; Wu et al., 2011) und bildet die theoretische Grundlage für die Mehrheit der Studien in diesem Forschungsfeld (Anderson & Reidy, 2012; Blair, 2016; Garon et al., 2008; Hofmann, Schmeichel & Baddeley, 2012).

So herrscht heutzutage weitestgehend Einigkeit darüber, dass die EF auf drei separaten, aber eng miteinander in Verbindung stehenden Kernfunktionen basieren, die in Interaktion komplexere Denkprozesse und Verhaltensweisen, wie sie z. B. in Planungs-

und Problemlöseaufgaben gefordert sind, ermöglichen (Diamond, 2013; Senn, Espy & Kaufmann, 2004). Die Bezeichnung der drei Kernfunktionen ist jedoch uneinheitlich und weicht besonders in der Entwicklungsforschung häufig von den Begriffen von Miyake und Kollegen (2000) ab. So sprechen beispielsweise Garon und Kollegen (2008) von *Inhibition*, *Arbeitsgedächtnis* und *Shifting*, Diamond (2013) hingegen von *Inhibition*, *Arbeitsgedächtnis* und *Kognitiver Flexibilität*.

Im Folgenden werden die drei Kernfunktionen im Einzelnen beschrieben. Es wird dargelegt, welche unterschiedlichen Terminologien in der Literatur zur Beschreibung dieser Kernfunktionen genutzt werden und inwieweit die sich in ihrer Bedeutung unterscheiden. Des Weiteren wird erörtert, welche Prozesse bei den einzelnen Funktionen eine Rolle spielen und ob eine feinere Trennung innerhalb der einzelnen Funktionen möglich ist.

2.1.1 Inhibition: Das innere Stopp-Schild

Inhibition, auch *inhibitorische Kontrolle* genannt, beschreibt die Fähigkeit, etwas trotz eines bestehenden präpotenten Impulses nicht zu tun (Diamond, 2013). Durch sie gelingt es, eine naheliegende, aber nicht zielführende Reaktion zu unterdrücken und damit die Möglichkeit zu schaffen, eine zielführende Alternative zu wählen (Carlson & Moses, 2001). Zur Inhibition wird manchmal auch die Kontrolle über die Aufmerksamkeit gezählt. Durch die Inhibition kann die Aufmerksamkeit bewusst auf ein relevantes Objekt gelenkt und unwichtigen Dingen entzogen werden (Diamond, 2013).

Einige Studien legen nahe, dass es sich bei Inhibition nicht um ein unitäres Konstrukt handelt, sondern um ein Set verschiedener Funktionen (z. B. Huizinga, Dolan & van der Molen, 2006; van der Sluis, de Jong & van der Leij, 2007). Carlson und Moses (2001) untersuchten mithilfe verschiedener Testverfahren die Inhibition bei 3 und 4 Jahre alten Kindern. Dabei verwendeten sie zum einen Tests, welche eher die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub erforderten, und zum anderen Verfahren, bei denen die Kinder einen präpotenten Impuls inhibieren und stattdessen ein anderes Verhalten zeigen sollten. Die durchgeführte Hauptkomponentenanalyse zeigte, dass die verwendeten Tests tatsächlich zwei unterschiedliche Faktoren (*Inhibition bei Aufschub* und *Inhibition bei Konflikt*) bildeten. Garon et al. (2008) nehmen eine Unterscheidung anhand derselben Kriterien wie Carlson und Moses (2001) vor, bezeichnen die reine Zurückhaltung einer Reaktion jedoch als *einfache Inhibition* und die Zurückhaltung einer dominanten Reaktion plus Durchführung einer anderen Handlung als *komplexe Inhibition*.

Diamond (2013) unterscheidet innerhalb der Inhibition zwischen *Response Inhibition* und *Interferenzkontrolle*. Unter der Response Inhibition versteht sie die Fähigkeit, Versuchungen und impulsivem Handeln widerstehen zu können. Mit Interferenzkontrolle meint sie die Fähigkeit zur selektiven Aufmerksamkeit und kognitiven Hemmung. Nigg

(2000) hingegen unterscheidet zwischen der *inhibitorischen Kontrolle über kognitive Prozesse* und der *inhibitorischen Kontrolle über motorische Prozesse*, wobei erstere eher mit Interferenzkontrolle und letztere eher mit Response Inhibition nach Diamond (2013) in Zusammenhang stehen sollte. Laut Friedman und Miyake (2004) korrelieren beide Fähigkeiten, Aufmerksamkeitslenkung und Hemmung einer präpotenten Reaktion, stark miteinander und laden bei einer Faktorenanalyse auf demselben Faktor.

Schließlich unterscheiden Watts, Duncan und Quan (2018), die sich primär mit Inhibition bei Aufschub beschäftigt haben, zwischen *Impulskontrolle* als der Fähigkeit, sich im Angesicht einer Versuchung unmittelbar zu stoppen und *Belohnungsaufschub* als der Fähigkeit, längerfristig einer Versuchung zu widerstehen, um ein höheres Ziel (z. B. eine noch größere Belohnung) zu erreichen.

Grundsätzlich wird die Inhibition also auf drei verschiedenen Arten unterschieden: 1) Reaktion unterdrücken vs. alternative Reaktion zeigen, 2) Verhalten hemmen vs. Aufmerksamkeit hemmen und 3) Verhalten über einen kurzen vs. über einen langen Zeitraum hemmen. Während einige theoretische Unterscheidungen bislang nicht mit Faktorenanalysen geprüft wurden, wurden andere nur mit Erwachsenenstichproben, nicht aber mit Kindern getestet. Aus diesem Grund kann nicht endgültig gesagt werden, ob es sich bei der Inhibition tatsächlich in jeder Entwicklungsphase um einen unitären Faktor handelt. Die meisten Studien, die sich den EF widmen, gehen jedoch davon aus (Morra et al., 2018).

2.1.2 Updating: Der menschliche Arbeitsspeicher

Updating wird als die Fähigkeit definiert, eingehende Informationen zu überwachen und zu entschlüsseln sowie die Gedächtnisinhalte zu aktualisieren, in dem alte, irrelevante Informationen durch neue, relevante Informationen ersetzt werden (van der Sluis et al., 2007). Es geht also um das dynamische und zielorientierte Manipulieren von Gedächtnisinhalten (Miyake et al., 2000).

Diamond (2013) wie auch Garon et al. (2008) nutzen zur Beschreibung dieser Kernfunktion den Begriff *Arbeitsgedächtnis*. Laut Diamond werden im Arbeitsgedächtnis Informationen aufrechterhalten, um mit ihnen mental zu operieren. So werden die relevanten Informationen, die für das Lösen einer Aufgabe wichtig sind, präsent gehalten und verknüpft, sodass auf deren Basis entschieden werden kann, welches Verhalten dem Erreichen eines Zieles am ehesten zuträglich wäre (Diamond, 2013).

Der Begriff Arbeitsgedächtnis bezieht sich also eher auf das System, das die Speicherung von Informationen für die mentale Verarbeitung ermöglicht, während bei dem Begriff Updating der kognitive Prozess des Verarbeitens an sich im Vordergrund steht (Miyake et al., 2000). So werden unter Aufgaben zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses

auch Messverfahren gezählt, die das bloße Speichern und Wiedergeben von Informationen erfordern. Im Gegensatz dazu sind Aufgaben zur Erfassung von Updating dadurch gekennzeichnet, dass sie über die Speicherung hinaus auch die mentale Manipulation von Informationen verlangen (Diamond, 2013).

In der Entwicklungsforschung wird der Begriff Arbeitsgedächtnis häufig synonym zu Updating gebraucht (Morra et al., 2018). Um die verschiedenen Prozesse auseinanderzuhalten wird theoretisch zwischen *einfachen* und *komplexen* Arbeitsgedächtnisaufgaben unterschieden, abhängig davon, ob eine Aufgabe die alleinige Aufrechterhaltung von Informationen oder deren Aktualisierung und Manipulation erfordert (Alloway, Gathercole, Willis & Adams, 2004; Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004). Für Erwachsene zeigen sich zwischen einfachen und komplexen Arbeitsgedächtnisaufgaben tatsächlich Unterschiede in den Zusammenhängen und Prädiktionen anderer kognitiver Fähigkeiten, wie die Meta-Analyse von Unsworth und Engle (2007) nachweisen konnte. Ob die beiden Konstrukte in der frühen Kindheit tatsächlich getrennte Faktoren darstellen, wurde bislang aber nicht empirisch überprüft. Für Kinder im Vorschulalter gibt es nur wenige Aufgaben, die Updating, also explizit die Manipulation von Informationen, erfordern. Der Mangel an geeigneten Aufgaben könnte ein Grund dafür sein, dass sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Entwicklungsforschung stattdessen oft auf das grundlegendere Konzept des Arbeitsgedächtnisses beziehen (Morra et al., 2018). Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf der Arbeit vorrangig der allgemeinere Begriff Arbeitsgedächtnis genutzt, außer es ist explizit der Prozess Updating gemeint.

Neben der Unterteilung in einfache und komplexe Arbeitsgedächtnisprozessen gibt es eine weitere wichtige Unterteilung nach Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (1986). Dem Modell zufolge gibt es zwei unterschiedliche Systeme zur Speicherung, Aufrechterhaltung und Manipulation von Informationen: 1) die *phonologische Schleife* für auditive Informationen und 2) das *räumlich-visuelle Sketchpad* für visuell wahrgenommene Informationen. Aufgaben zur Erfassung der Arbeitsgedächtnis-kapazität werden häufig danach geordnet, ob auditive oder visuelle Informationen verarbeitet werden müssen (Peng et al., 2018).

2.1.3 Shifting: Flexibles Umschalten und kreatives Denken

Als *Shifting* wird der flexible Wechsel zwischen verschiedenen Aufgaben, Operationen oder mentalen Sets bezeichnet (Miyake et al., 2000). Erfolgreiches Shifting beansprucht verschiedene exekutive Prozesse (Cragg & Chevalier, 2012). Zunächst muss durch Abstimmung mit den im Arbeitsgedächtnis präsenten Informationen erkannt werden, welches Ziel im Moment verfolgt wird, um die dafür notwendigen Schritte einleiten zu

können (Vandierendonck, Liefoghe & Verbruggen, 2010). Darüber hinaus gilt es, mit Hilfe der Inhibition eine automatisierte bzw. zuvor noch passende Reaktion zu unterdrücken, um stattdessen eine alternative Reaktion ausführen zu können (Müller, Steven Dick, Gela, Overton & Zelazo, 2006). Dennoch kann Shifting nicht allein auf die Aufrechterhaltung der relevanten Informationen und Ziele im Arbeitsgedächtnis oder die Inhibition von zuvor zielführenden Verhaltensweisen reduziert werden (Cragg & Chevalier, 2012).

Es wird zwischen verschiedenen Arten von Shifting unterschieden. Die wichtigste Unterscheidung beruht darauf, ob ein Wechsel in der Art der Wahrnehmung eines Stimulus (*perceptual / attentional / representational shift*) oder ein Wechsel auf der Verhaltensebene (*response shift*) erforderlich ist (Garon et al., 2008; Morra et al., 2018). Auf dieser Grundlage wird ähnlich wie bei der Inhibition zwischen Aufgaben unterschieden, in denen es um einen Wechsel in der Wahrnehmung von relevanten Stimuli oder um die Auswahl und Ausführung einer motorischen Reaktion geht (Rushworth, Passingham & Nobre, 2005).

Die Fähigkeit zum mentalen Umschalten wird auch als *Set-Shifting*, *Switching* oder *Kognitive Flexibilität* bezeichnet. Besonders in der Entwicklungsforschung wird oft letzterer verwendet (Diamond, 2013; Garon et al., 2008; Monette, Bigras & Lafrenière, 2015). Diamond (2013) zufolge beschreibt der Begriff Kognitive Flexibilität neben der Fähigkeit, das eigene Verhalten bei sich ändernden Anforderungen oder Prioritäten anzupassen, auch die Perspektive räumlich oder auch interpersonell zu wechseln. Sie versteht Flexibilität ganz allgemein als Gegenteil von Rigidität und weitet damit die knappe Definition von Miyake und Kollegen (2000) deutlich aus (s. Morra et al., 2018).

2.2 Abgrenzung von anderen Begriffen der Selbststeuerung

Verschiedene wissenschaftliche Disziplinen nutzen unterschiedliche Terminologien, um die exekutiven und regulativen Prozesse, die an der Selbststeuerung beteiligt sind, zu beschreiben (Bell & Deater-Deckard, 2007; Bridgett, Oddi, Laake, Murdock & Bachmann, 2013), wie etwa Selbstregulation, Emotionsregulation, Selbstkontrolle, Effortful Control und Exekutive Aufmerksamkeit (Diamond, 2013; Espy, Sheffield, Wiebe, Clark & Moehr, 2011). Mit der Abgrenzung dieser Begriffe beschäftigen sich inzwischen zahlreiche wissenschaftliche Abhandlungen (Blair & Ursache, 2011; Diamond, 2013; Hofmann et al., 2012; Jurado & Rosselli, 2007; Nigg, 2017; Rothbart, 2011; Welsh & Peterson, 2014; Zhou, Chen & Main, 2012). Im Folgenden werden die wichtigsten Terminologien im Feld der Selbststeuerungsforschung dargestellt und Überschneidungen und Abgrenzungen von dem Begriff der EF herausgearbeitet.

Unter dem Begriff *Selbstregulation* werden mentale Prozesse zusammengefasst, die in Zusammenhang mit Zielverfolgung, Verhaltensadaption, Motivation und Emotions-

regulation stehen (Pauen, 2016). Diamond (2013) definiert Selbstregulation als die Impulskontrolle, die Lenkung von Aufmerksamkeit und die Ablenkungskontrolle sowie das Herstellen und Erhalten eines optimalen emotionalen, motivationalen und kognitiven Erregungszustandes. Das Herstellen und Erhalten eines der Situation angemessenen Erregungszustandes stellt einen zentralen Punkt in der Definition von Selbstregulation dar (Eisenberg, Hofer & Vaughan, 2007; Liew, 2012). Laut Hofmann et al. (2012) braucht es dafür verschiedene Fähigkeiten: Zunächst muss das Individuum identifizieren können, wann Verhaltensweisen, Gedanken oder Emotionen Regulierung bedürfen. Dazu müssen diese permanent überwacht werden. Wird eine Diskrepanz zwischen dem aktuellen Zustand und dem angestrebten Zielzustand bemerkt, braucht es zum einen die nötige Motivation und zum anderen die nötigen kognitiven Fähigkeiten, diese durch Anpassung des derzeitigen Verhaltens, der Denkweise oder des Gefühlszustands zu reduzieren. Hofmann et al. (2012) betonen in diesem Zusammenhang, dass Selbstregulation stets eine zeitliche Perspektive impliziert, weil Ziele über einen gewissen Zeitraum hinweg verfolgt werden. Es wird davon ausgegangen, dass der Begriff der Selbstregulation ein breiteres Spektrum von Prozessen umfasst und im Allgemeinen für das Zusammenspiel verschiedener regulativer Prozesse steht (Blair & Ursache, 2011). Im Gegensatz zu den EF bezieht sich der Begriff auch auf die Regulierung biologischer Vorgänge, wie z. B. homöostatische Prozesse (Baumeister, Vohs & Tice, 2007). Des Weiteren wird Selbstregulation in der bestehenden Literatur besonders häufig auf die Regulierung und Kontrolle von Gefühlen bezogen (Eisenberg, Spinrad & Eggum, 2010; Raver, 2004). Anders als in der Selbstregulationsforschung haben Wissenschaftler im Bereich der EF emotionale und motivationale Faktoren lange als Distraktoren betrachtet, deren Einfluss es bei der Erfassung zu hemmen galt (Diamond, 2013). Viele Autoren betrachten die Selbstregulation als kognitive Funktion im Rahmen der EF (Blair & Ursache, 2011; Gyurak et al., 2009). So beschreiben McClelland, Cameron, Wanless und Murray (2007) in ihrem Modell die Selbstregulation als die Anwendung der EF. Diamond (2016) wiederum zählt von den EF zwar die Inhibition, nicht aber die Komponenten Arbeitsgedächtnis oder Shifting zur Selbstregulation.

Unter *Selbstkontrolle* wird die Fähigkeit verstanden, das eigene Verhalten an die Ansprüche einer Situation anzupassen, um sozialen oder auch eigenen Erwartungen und Werten zu entsprechen (Baumeister et al., 2007). Oft geht es dabei um die Hemmung eines präpotenten Impulses, um die Ausführung von angebrachteren und zielführenderen Reaktionsweisen zu ermöglichen (Diamond, 2013; Hofmann et al., 2012). Damit steht die Fähigkeit zur Selbstkontrolle eng mit der Verhaltensinhibition in Zusammenhang (Inzlicht, Schmeichel & Macrae, 2014), nicht aber mit der Kontrolle und Lenkung der Aufmerksamkeit (Diamond, 2013). Duckworth und Kern (2011) stellen heraus, dass es beim Ausüben von

Selbstkontrolle um die Entscheidung geht, etwas zu tun oder nicht zu tun. Diese Entscheidung wird in Abhängigkeit von den eigenen Zielen und Werten getroffen. Die Entscheidung für eine Option schließt dabei automatisch die andere aus (z. B. kann man den Kuchen nicht essen und gleichzeitig für später aufheben). Der Begriff Selbstkontrolle wird zuweilen austauschbar mit dem der Selbstregulation verwendet, beschreibt aber eigentlich ein der Selbstregulation untergeordnetes Set von Fähigkeiten, das für die Selbstregulation wichtig ist (Baumeister et al., 2007). Pauen und die EDOS-Gruppe (2016) schlagen vor, nur dann von Selbstkontrolle zu sprechen, wenn es um die Umsetzung von mentalen Prozessen in konkretes Verhalten geht. Dies kann sich sowohl in der Initiierung einer Handlung (z. B. ein Verhalten umsetzen im Angesicht einer verlockenderen Alternative) als auch in der Unterbrechung einer Aktivität zeigen (z. B. etwas nicht zu tun, auch wenn man dazu den Drang verspürt).

Mit *Exekutiver Aufmerksamkeit* wird die bewusste Steuerung der eigenen Aufmerksamkeit bezeichnet. Die bewusste Steuerung der eigenen Aufmerksamkeit beschreibt eine zentrale kognitive Basisfunktion, die letztlich allen bewussten gedanklichen Prozessen zugrunde liegt. Im Unterschied zu EF wird bei der Definition der Exekutiven Aufmerksamkeit implizit der Anteil des Bewusstseins an der Selbststeuerung betont (Diamond, 2016). Unter den Begriff fallen zum einen die Aufrechterhaltung eines bestimmten Aufmerksamkeitsniveaus und zum anderen die bewusste Aufmerksamkeitsorientierung. Die Aufrechterhaltung ist erforderlich, wenn z. B. ein bestimmtes Ereignis erwartet wird, auf das reagiert werden soll. Die Orientierung ist erforderlich, wenn die Aufmerksamkeit gezielt auf etwas gerichtet (z. B. beim fokussierten Lauschen auf ein bestimmtes Geräusch) oder diese von bestimmten Reizen abgeschirmt werden soll (z. B. beim Ausblenden eines Geräusches aus dem Radio) (Diamond, 2016). Letztere kommt der als inhibitorische Aufmerksamkeitskontrolle bezeichneten Fähigkeit am nächsten und wird oft über typische Inhibitions- und Shifting-Aufgaben erfasst (Jones, Rothbart & Posner, 2003).

Der Begriff *Effortful Control* (EC) stammt aus dem Feld der Temperaments- und Persönlichkeitsforschung (Rothbart & Bates, 2006). Ein deutsches Pendant gibt es nicht. Als ein zentrales Konstrukt von Temperament beschreibt EC die Fähigkeit, die eigene Aufmerksamkeit und das eigene Verhalten willentlich zu lenken, einen vorherrschenden Impuls zu kontrollieren und stattdessen ein nichtdominantes Verhalten zu zeigen (Rothbart & Rueda, 2005). Damit spielen besonders die Inhibition und die Aufmerksamkeitswechsel eine große Rolle beim Ausüben von EC (Liew, 2012). Rothbart, Sheese, Rueda und Posner (2011) sehen EC und Exekutive Aufmerksamkeit als zwei zentrale Prozesse der Selbstregulation an, während Diamond (2013) EC als eine Subkomponente der EF betrachtet. Andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler betonen lediglich den

Unterschied in Forschungstraditionen, aus denen beide Begriffe stammen (z. B. Zhou et al., 2012).

EC und EF zeigen inhaltlich große Überlappungen, unterscheiden sich aber in den zugrundeliegenden Prozessen (Blair & Razza, 2007; Liew, 2012). So ist die Exekutive Aufmerksamkeit als wichtiger Prozess von EC ein schneller, automatischer Prozess, während EF eher langsamere, kraftaufwendige und bewusstere Prozesse darstellen (Blair & Ursache, 2011). Ein weiterer Unterschied zu den EF liegt in der Annahme, dass es sich bei EC um ein stabiles Persönlichkeitsmerkmal handelt (Bridgett et al., 2013; Diamond, 2016; Rothbart, Ahadi & Evans, 2000), während die Entstehung von EF offen ist. Besonders häufig wird das Konstrukt EC als Maß für die Reaktivität (Verzögerung, Intensität, Ausgleich von Emotionen) und die Fähigkeit zur Selbstregulation oder Temperament in der Baby- und Kleinkindforschung erhoben (Rothbart & Rueda, 2005). Kochanska, Murray und Harlan (2000) und auch Kochanska und Knaack (2003) bestätigten mit Längsschnittstudien, dass es sich bei EC um eine stabile Persönlichkeitseigenschaft handelt. Auch bei EF wird von einer starken genetischen Komponente ausgegangen (s. Kapitel 2.4.3), gleichzeitig aber die Bedeutung externer Einflussfaktoren betont (Friedman et al., 2008; Schunk & Zimmerman, 1997).

Auch innerhalb der EF gibt es verschiedene Unterteilungen und Kategorien. Ursprünglich wurden Messverfahren zur Erfassung der EF mit abstrakten Aufgaben umgesetzt, die frei von emotionalen und motivationalen Aspekten waren und vor allem die rationale Anwendung von höheren kognitiven Prozessen erforderten (Zelazo et al., 2004). Mit der Zeit wurde deutlich, dass die EF auch in Aufgaben gefordert sind, in denen emotionale und motivationale Prozesse gesteuert werden müssen. Auf der Suche nach einer einheitlichen Theorie, die auch solche nicht-kognitiven Prozesse beschreibt, führten Zelazo und Müller (2002) zwei Kategorien ein: *kalte* und *heiße EF*. Zu den kalten EF zählen u. a. logische Denkprozesse, planvolles Handeln und das Generieren, Anwenden und Anpassen von Strategien. Als heiße EF werden affektive Prozesse wie die Regulation von Emotionen, das Zurückstellen der eigenen Wünsche und die Erwartung eines persönlichen Misserfolgs bezeichnet (Zelazo & Carlson, 2012). Testverfahren, deren Verlauf und Ausgang persönlich bedeutsam sind, sind zum Beispiel Aufgaben zum Belohnungsaufschub (Mischel & Ebbesen, 1970) oder solche, die die Versuchspersonen gezielt frustrieren (Kochanska et al., 2000). Heiße und kalte EF werden als separate Prozesse betrachtet, da sie unterschiedlichen neuronalen Netzwerken zugeordnet werden können (Happaney, Zelazo & Stuss, 2004). So zeigte der orbitofrontale Kortex (OFC) stärkere Aktivierung bei Aktivitäten, die eher die heißen EF forderten, wie z. B. die Regulation von Emotionen. Der dorsolaterale PFC hingegen zeigte stärkere Aktivierung bei Aktivitäten, die eher die kalten EF forderten, wie z. B. dem Planen von Handlungsschritten (Zelazo &

Müller, 2002). Trotz der Zuordnung zu bestimmten Hirnregionen zeigt sich auch maßgebliche Überlappung in den beanspruchten neuronalen Netzwerken. So wird der rechte ventrolaterale PFC bei der Bearbeitung von heißen und kalten Aufgaben gleichermaßen aktiviert (Aron, Robbins & Poldrack, 2004).

In Tabelle 1 sind die zuvor vorgestellten Begriffe anhand verschiedener Aspekte gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass es im Verständnis von Selbststeuerung klare Unterschiede gibt. Die einen gehen davon aus, dass es sich bei der Selbststeuerung um ein ganzes Set von unterschiedlichen Teilfähigkeiten handelt, die im Laufe des Lebens Veränderungen unterworfen sind und von Erfahrungen geprägt werden. Andere hingegen betrachten es als einen angeborenen Charakterzug bzw. eine stabile Persönlichkeitseigenschaft. Darüber hinaus unterscheiden sie sich in ihrem Fokus. Während für die einen die kognitiven Prozesse im Vordergrund stehen, interessieren sich andere für den Einfluss von Motivation und Emotion auf die Selbststeuerung. Die bislang zum Thema veröffentlichten Erörterungen führen zwar zu größerer begrifflicher Klarheit, zeigen aber auch, dass bislang keine einheitliche Abgrenzung des Begriffs der EF von anderen mentalen Kompetenzen und Prozessen besteht (Nigg, 2017). Klar festzuhalten ist, dass die Begriffe EF, Selbstregulation, Selbstkontrolle und EC nicht synonym sind und auch nicht synonym verwendet werden sollten (Blair & Ursache, 2011).

2.3 Erfassung der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit

Um die Entwicklung von Individuen in Bezug auf ihre EF abbilden zu können, müssen diese operationalisiert werden. Dies geschieht in der neuropsychologischen Forschung durch den Einsatz unterschiedlicher Testverfahren, Frage- und Beobachtungsbögen. Lange wurde davon ausgegangen, dass die EF erst ab der frühen Adoleszenz gemessen werden können (Anderson, 2002). Das ist vor allem auf den Einsatz von Messverfahren zurückzuführen, die ursprünglich für Erwachsene entwickelt worden waren, und so die Kinder in ihren Fähigkeiten einfach überforderten (Wild & Musser, 2014).

Mittlerweile gibt es eine Vielzahl an Verfahren, mit denen sich die EF bereits im Kleinkind- und Kindergartenalter messen lassen (Garon, Smith & Bryson, 2014; Kloo, Perner, Kerschhuber, Dabernig & Aichhorn, 2008; Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016). Nachfolgend werden unterschiedliche Typen von Aufgaben exemplarisch dargestellt. Danach werden verschiedene Herausforderungen beschrieben, die bei der Erfassung der EF in der frühen Kindheit bestehen.

Tabelle 1

Einordnung verschiedener Begriffe im Forschungsfeld Selbststeuerung

	Selbst-regulation	Selbst-kontrolle	Exekutive Aufmerksamkeit	Effortful Control	Exekutive Funktionen	
					Kalte EF	Heiße EF
Konstrukt	Fähigkeit	Fähigkeit	Prozess, kognitive Operationen	Persönlichkeitseigenschaft	Prozess, mentale Operationen	Prozess, mentale Operationen
Bereich	kognitiv, emotional, motivational, behavioral, physiologisch	kognitiv, behavioral	kognitiv	kognitiv, behavioral	kognitiv	emotional, motivational
Funktionsweise	Top-down & Bottom-up	Top-down	Top-down	beeinflusst Zusammenspiel von Top-down und Bottom-up	Top-down	Top-down
Kernfunktionen	Zielorientierung, Reflexion, Verhaltensadaption, Motivation, Emotionsregulation	Impulskontrolle	Aufmerksamkeitssteuerung	Impulskontrolle, Aufmerksamkeitssteuerung	Inhibition, Updating, Shifting	Inhibition, Updating, Shifting

2.3.1 Instrumente zur Erfassung der Exekutiven Funktionen bei Kindern zwischen 3 und 6 Jahren

Es gibt verschiedene Wege, um den Entwicklungsstand der EF abzubilden. Ursprünglich wurden vor allem leistungsbasierte Aufgaben eingesetzt, die darauf abzielten, Defizite in den EF zu identifizieren. Auch heute setzen die meisten Studien Verhaltenstests ein, die unter kontrollierten Bedingungen und unter Anleitung einer geschulten Versuchsleitung durchgeführt werden.

In der Vergangenheit bestanden viele Messverfahren aus komplexen Aufgaben, die nicht eine spezifische EF-Komponente, sondern ein Zusammenspiel mehrerer Teilfunktionen forderten. So erfasst die Aufgabe *Tower of London* (Shallice, 1982) planvolles Handeln und Problemlösefähigkeiten. Bei der Aufgabe müssen verschiedenfarbige Kugeln mit möglichst wenigen Zügen zu einer vorgegebenen Formation auf drei unterschiedlich lange Stangen platziert werden. Bei dem Prozess sind bestimmte Regeln zu beachten, z. B. dass immer nur eine Kugel bewegt werden darf. Die Aufgabe erfordert unterschiedliche exekutive Prozesse, wie die Aufrechterhaltung des Ziels und die Planung der nächsten Schritte, um dies zu erreichen. Darüber hinaus müssen mit Hilfe der

Inhibition bereits versuchte, aber nicht zielführende Lösungsansätze unterdrückt und Ablenkungen vermieden werden. Unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten müssen wiederum gegeneinander abgewogen werden und bei einem Misserfolg kognitiv flexibel angepasst werden. Carlson (2005) fand heraus, dass Kindern Aufgaben, die die Koordination mehrerer EF verlangte, schwerer fielen als Aufgaben, die sich speziell auf eine Funktion fokussierten.

Mittlerweile geht der Trend zur Verwendung von Messverfahren, die sich gezielt auf eine spezifische Komponente der EF richten und den Einfluss von anderen kognitiven Prozessen so gering wie möglich halten (Carlson, 2005; Senn et al., 2004). Dabei wird häufig die individuelle Erfassung der drei Kernfunktionen Inhibition, Updating und Shifting nach dem Unity & Diversity-Modell von Miyake et al. (2000) angestrebt (Karr et al., 2018).

Ein Beispiel zur Erfassung von Inhibition im Kindergartenalter ist die Kinderversion von *Lurias Handspiel* (Luria, Pribram & Homskaya, 1964). Dabei ist das Kind aufgefordert, die Geste, die der Testleiter zeigt (Faust oder Fingerzeig) nicht zu imitieren, sondern mit der jeweils anderen Geste zu reagieren. Macht der Testleiter im Handspiel eine Faust, soll das Kind einen Fingerzeig machen und andersherum. Um die Aufgabe meistern zu können, muss das Kind den Impuls, das Gesehene nachzuahmen, unterdrücken. Es muss also die dominante Reaktion hemmen, um stattdessen die geforderte Reaktion auszuführen. Ein weiteres Messverfahren zur Erfassung von Inhibition ist die *Day & Night-Aufgabe* von Gerstadt, Hong und Diamond (1994). Bei diesem Test sind die Kinder aufgefordert, eine Bildkarte mit einer Sonne vor einem hellen Hintergrund mit „Nacht“ zu bezeichnen und eine Karte mit einem Mond und Sternen vor dunklem Hintergrund mit „Tag“. Die Kinder müssen also die Tendenz, das dargestellte Symbol korrekt zu benennen, unterdrücken.

Updating wird häufig mit einer Version der *Self-ordered Pointing-Aufgabe* (SOP; Petrides & Milner, 1982) erfasst. In den Kinderversionen der SOP-Aufgabe wird das Kind aufgefordert, nach Belohnungen (z. B. Sticker) in einer bestimmten Anzahl von Gefäßen zu suchen. Dabei geht es darum, dass das Kind mit möglichst wenigen Versuchen alle Belohnungen findet. Das Kind muss also mental aufrechterhalten, in welchen Gefäßen es bereits gesucht hat (Garon et al., 2008). Die SOP-Aufgabe wurde über die Jahre mehrfach adaptiert, z. B. durch die Einführung einer Verzögerung zwischen dem Verstecken und dem Suchen der Belohnungen oder auch durch die Neuordnung der Gefäße nach jedem Trial (Diamond, Prevor, Callender & Druin, 1997; Hughes, 1998a, 1998b; McEvoy, Rogers & Pennington, 1993).

Ein beliebtes Verfahren zur Erfassung von Shifting im Kindergartenalter ist der *Dimensional Change Card Sort* (DCCS; Zelazo, 2006; Zelazo, Mueller, Frye & Marcovitch, 2003). Bei diesem Test müssen Karten anhand von unterschiedlichen Dimensionen sortiert werden. Die zu sortierenden Karten unterscheiden sich dabei in den zwei Dimensionen

Farbe und Form voneinander und stimmen in einer Dimension mit jeweils einer der beiden Zielkarten überein. Nachdem die Karten zunächst nach Farbe sortiert werden (Prä-Switch), werden sie in der nächsten Runde nach Form sortiert (Post-Switch). Um die zweite Phase zu meistern, muss sich das Kind flexibel auf die aktuell geltende Regel einstellen und die zuvor geltende Regel ignorieren.

Des Weiteren bestehen einige Aufgaben aus mehreren Untertests, die jeweils eine bestimmte Komponente der EF erfassen, aber aufeinander abgestimmt sind. Dies bietet zunächst den Vorteil der Zeitersparnis, da das Aufgabensetting dasselbe bleibt. Bei der *Dots-Aufgabe* (Davidson, Amso, Anderson & Diamond, 2006; Diamond, Barnett, Thomas & Munro, 2007) wird beispielsweise darauf aufgebaut, dass die im ersten Teil geforderten Reaktionen im nächsten Teil der Aufgabe inhibiert und im dritten Teil flexibel angewandt werden müssen. Dies bietet den Vorteil, dass zusätzlich zu Aussagen über spezifische Komponenten auch Aussagen über die Entwicklung des gesamten exekutiven Systems getroffen werden können.

Neben Testverfahren sind Beobachtungs- und Fragebögen eine wertvolle Informationsquelle. Nicht alle Kinder im Kindergartenalter können sich gleich gut auf die Erfassung der EF mit standardisierten Tests einlassen (Isquith, Gioia & Espy, 2004). Besonders wenn diese Verfahren lang und monoton sind oder mehrere Tests durchgeführt werden, können die Abbruchraten steigen. Aus diesem Grund stellen besonders in dieser Altersgruppe Beobachtungs- und Fragebögen, welche von Eltern oder pädagogischen Fachkräften ausgefüllt werden, eine wertvolle Informationsquelle dar. Das *Verhaltensinventar zur Beurteilung EF für das Kindergartenalter* (BRIEF-P; deutsche Version von Daseking & Petermann, 2013) ist eigentlich für die Identifikation von Auffälligkeiten in den EF vor dem Schuleintritt entwickelt worden, wird aber häufig aufgrund seiner Sensibilität für individuelle Variabilität auch in Studien mit normalentwickelten Kindern eingesetzt (Garon, Piccinin & Smith, 2016). Der BRIEF-P erfasst mit insgesamt 63 Items die fünf Skalen Inhibition, Aufmerksamkeitswechsel, Emotionale Kontrolle, Arbeitsgedächtnis und Planen/Organisieren. Ein weiterer für diese Altersstufe passender Beobachtungsbogen für Eltern und pädagogische Fachkräfte ist der *Childhood Inventory of Executive Functions* (CHEXI; Thorell & Nyberg, 2008), der bislang aber noch nicht auf Deutsch übersetzt worden ist. Der CHEXI besteht aus 26 Items und erfasst die vier Skalen Arbeitsgedächtnis, Planen, Inhibition und Regulation.

2.3.2 Herausforderungen in der Erfassung der Exekutiven Funktionen

Trotz der Vielfalt an zur Verfügung stehenden Messverfahren werden sowohl die Verlässlichkeit in der Erfassung als auch die resultierenden Ergebnisse oft in Frage gestellt.

Dies ist auf verschiedene Herausforderungen zurückzuführen, mit denen sich das Forschungsfeld nach wie vor auseinander setzen muss.

Aufgabenunreinheit. EF umfassen nach Definition eine Vielzahl von kognitiven Prozessen, die alle eng miteinander in Verbindung stehen. Diese breite Konzeptualisierung der EF bringt die Herausforderung mit sich, dass unklar ist, welche kognitiven Funktionen nun genau mit einem bestimmten Testverfahren gemessen werden. Allgemein besteht die Tendenz dazu, Testverfahren zu verwenden, die eine spezifische Komponente möglichst rein erfassen (Friedman & Miyake, 2017; Friedman et al., 2008). Jedoch stellt die Entwicklung solcher Aufgaben eine Herausforderung dar. So ist bei nahezu jeder Aufgabe zur Inhibition auch das Arbeitsgedächtnis gefordert, da ein Ziel bzw. eine Regel aufrechterhalten werden muss, die bestimmt, welche Reaktion gehemmt werden soll. Bei der *Stroop-Aufgabe* (Stroop, 1935) etwa muss sich das Kind an die Regel erinnern, dass nicht das Wort vorgelesen, sondern stattdessen die Farbe, in der das Wort geschrieben ist, benannt werden soll. Dieses Problem der Aufgabenunreinheit erschwert in vielen Fällen die Interpretation von Studien (Friedman et al., 2008). Ein Indiz, das für die Unreinheit der Messverfahren spricht, ist, dass Ergebnisse von Testverfahren, die vermeintlich auf die Erfassung desselben Konstruktes abzielen, zum Teil nur schwach oder auch gar nicht miteinander korrelieren (Carlson & Moses, 2001; Duckworth & Kern, 2011; Miyake et al., 2000; Salthouse, Atkinson & Berish, 2003; Usai, Viterbori, Traverso & De Franchis, 2014). Dies zeigt sich auffallend häufig in Bezug auf das Konstrukt der Inhibition (Carlson, Moses & Breton, 2002; Friedman & Miyake, 2004; Huizinga et al., 2006). Aus diesem Grund raten Anderson und Reidy (2012) wie auch Friedman (2016) dazu, jeweils mehrere Testverfahren pro Subkomponente der EF parallel einzusetzen. So könne mehr Varianz einer spezifischen Fähigkeit abgebildet und diese so in ihrem Kern besser erfasst werden.

Bezeichnung des erfassten Konstruktes. Wie schon in Kapitel 2.1 und 2.2 dargestellt, sind viele verschiedene Definitionen der EF im Umlauf, über deren Abgrenzung voneinander und von verwandten Konstrukten wenig Einigkeit herrscht. Dieser Mangel an Konsens schlägt sich auch in den Bezeichnungen der Konstrukte wieder, die mit den eingesetzten Messverfahren nach Meinung der Autoren erfasst werden. So wird z. B. die Aufgabe *Bear & Dragon* (Reed, Pien & Rothbart, 1984), bei der es darum geht, nur die Kommandos des freundlichen Bären zu befolgen, nicht aber die Kommandos des gemeinen Drachens, einmal als Messinstrument zur Erfassung von inhibitorischer Kontrolle (Carlson et al., 2002) und ein anderes Mal als Messinstrument zur Erfassung von Selbstkontrolle (Carlson, 2005) bezeichnet. Dies legt nahe, dass die Autorin die Begriffe als Synonyme versteht. Ähnliches zeigt sich für den zuvor beschriebenen *DCCS*, der zum einen zur Erfassung von Shifting (Kloo et al., 2008; White, McDermott, Degnan, Henderson

& Fox, 2011), zum anderen zur Erfassung von Inhibition eingesetzt wurde (Diamond, Carlson & Beck, 2005; Zelazo et al., 2003).

Validität & Reliabilität. Ein wichtiger Faktor für die Bewertung von Messverfahren ist deren Validität und Reliabilität. Sowohl die Validität als auch die Reliabilität von Messverfahren wurden bisher nur sehr selten untersucht (Blair, Zelazo & Greenberg, 2005). Bislang hat vor allem die ökologische Validität von Verhaltenstests Beachtung gefunden, die oft angezweifelt wird (Anderson, 2002; Chaytor, Schmitter-Edgecombe & Burr, 2006; Evers, Walk, Quante & Hille, 2016). Roth, Isquith und Gioia (2014) stellten beispielsweise fest, dass Zusammenhänge zwischen Verhaltensmessungen und dem BRIEF, sofern sich diese überhaupt als signifikant erwiesen, meist nur klein bis moderat ausfielen. Gioia und Isquith (2004) empfehlen daher die Anwendung von sowohl standardisierten Tests als auch von Aufgaben, welche die Anwendung der EF in wirklichkeitsnahen Situationen erfordern. McClelland und Kollegen (2012; 2015) befürworteten darüber hinaus den Einsatz aus einer Kombination von neuropsychologischen und physiologischen Messungen sowie Beobachtungs- und Fragebögen. Zur Prüfung der Test-Retest-Reliabilität wurde von Beck und Kollegen (2011) verschiedene Tests zur Erfassung von Response Inhibition und Delay Inhibition im heißen und kalten Kontext bei Kindergartenkindern durchgeführt. Es zeigte sich für die meisten, wenn auch nicht für alle inkludierten Tests, eine gute Test-Retest-Reliabilität innerhalb eines Tages (Beck et al., 2011).

Einsatz mit weiter Altersspanne. Da die EF vor allem in herausfordernden Situationen gefordert sind, in denen Automatismen nicht zielführend sind (Diamond, 2013), beinhalten die meisten Messverfahren Aufgaben mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad. Damit wird das Ziel verfolgt, das Kind in seinen Fähigkeiten stetig weiter herauszufordern. Dennoch gibt es nur wenige Messverfahren, die über eine weite Altersspanne hinweg eingesetzt werden können (Garon et al., 2014). Ein Wechsel des Messverfahrens mit dem Alter birgt grundsätzlich das Risiko, dass die eingesetzten Aufgaben nicht in jedem Alter gleich gut in der Lage sind, das zu untersuchende Konstrukt zu erfassen (Garon et al., 2008). Eine begrenzte Sensitivität für Entwicklungsfortschritte (Boden- und Deckeneffekte) kann dazu führen, dass sich Entwicklungsstagnationen zeigen, welche aber allein in den eingesetzten Messverfahren begründet liegen (Röthlisberger, Neuschwander, Michel & Roebbers, 2010). Dieses Problem wird in mehreren Längsschnittstudien benannt (Carlson, 2005; Hughes, Ensor, Wilson & Graham, 2009), aber bislang kaum adressiert.

Die Entwicklung valider, reliabler und alterssensitiver Messverfahren, die einen longitudinalen Einsatz zulassen, ist besonders in der Entwicklungsforschung ein wichtiges Ziel (Anderson, 2002). Vorstöße gibt es mittlerweile in Form von verschiedenen Testbatterien (z. B. Garon et al., 2014; Willoughby, Blair, Wirth & Greenberg, 2010). Eine davon ist die *Cognition Battery der NIH Toolbox®* (Zelazo et al., 2013), die sowohl auf ihre

Entwicklungssensitivität, ihre Aufgabenreinheit, die erfassten Konstrukte sowie auf ihre Validität hin überprüft wurde und außerdem Normwerte zur Verfügung stellt. Für den Einsatz mit deutschen Stichproben wurde der Test jedoch bislang nicht übersetzt oder normiert. Die Tests zur Erfassung von EF aus dem *Intelligence and Development Scales – 2* (Grob & Hagmann-von Arx, 2018) sind zwar in deutscher Sprache erhältlich und auch für deutsche Stichproben normiert, aber erst ab einem Alter von 5 Jahren einsetzbar.

2.4 Entwicklung der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit

Über das Kleinkind- und Kindergartenalter hinweg zeigen Kinder substantielle Verbesserungen in ihren EF (Bassett, Denham, Wyatt & Warren-Khot, 2012; Evers et al., 2016; Willoughby, Kupersmidt & Voegler-Lee, 2012). Sie sind zunehmend in der Lage, eine automatisierte Reaktion zu unterdrücken (Carlson & Wang, 2007; Diamond, Kirkham & Amso, 2002; Sabbagh, Xu, Carlson, Moses & Lee, 2006), Informationen mental aufrecht zu erhalten und zu manipulieren (Boudreau, Dempsey, Smith & Garon, 2018; Garon et al., 2014; Gathercole et al., 2004) sowie sich flexibel auf wechselnde Anforderungen einzustellen (Anderson & Reidy, 2012; Zelazo et al., 2003).

Die voranschreitende kognitive Entwicklung geht parallel mit der Reifung der frontalen Gehirnregionen einher (Otero & Barker, 2014). Während der frühen Kindheit finden umfassende vorgezeichnete Reifungsprozesse statt, wie z. B. die zunehmende Myelinisierung und der Zuwachs von weißer und grauer Hirnsubstanz (Diamond, 2002; Tsujimoto, 2008). Die Verbesserungen in den EF reflektieren also auch stets die neurophysiologischen Reifungsprozesse des Gehirns (Casey, Giedd & Thomas, 2000; Leve et al., 2013; Moriguchi & Hiraki, 2013). Da die Reifung des PFC bis ins frühe Erwachsenenalter andauert (Gogtay et al., 2004), ist davon auszugehen, dass sich die EF ebenfalls bis zu diesem Zeitpunkt weiterentwickeln (Diamond, 2013).

Den genauen Entwicklungsverlauf der EF über die Lebensspanne nachzuzeichnen wird durch die zuvor beschriebene Heterogenität in der Konzeptualisierung und in der Erfassung des Konstruktes (Stichwort: Aufgabenunreinheit) erschwert (Best & Miller, 2010). Die Verwendung unterschiedlicher Testverfahren lässt einen Vergleich von Ergebnissen verschiedener Studien und Altersgruppen nur bedingt zu, da sie sich in ihrem Anspruch an die EF unterscheiden (Best & Miller, 2010; Carlson, 2005; Hughes, 2011). Abhängig von der Sensitivität und Adaptabilität der Messverfahren können Entwicklungsverläufe besser oder schlechter abgebildet werden. Zeigt sich für ältere Kinder ein geringer Leistungszuwachs, ist genau zu diskutieren, inwieweit die eingesetzten Messinstrumente in der Lage waren, weitere Entwicklungen überhaupt angemessen abzubilden. Auch die Anzahl und Spanne der untersuchten Altersgruppen nimmt Einfluss auf die Ergebnisse. Viele Studien vergleichen lediglich zwei Altersgruppen oder zwei Messzeitpunkte

miteinander. So bleibt unklar, ob sich zu einer bestimmten Zeit besondere Entwicklungssprünge ereignen oder von einer linearen Entwicklung ausgegangen werden kann.

Die meisten Längsschnittstudien sprechen jedoch dafür, dass sich im Vergleich mit anderen Altersgruppen gerade für Kinder im Kindergartenalter besonders substantielle Veränderungen der EF nachweisen lassen (s. Reviews von Best & Miller, 2010; Diamond, 2013). Die non-lineare Entwicklung konnte sowohl von Studien, die EF als Gesamtkonstrukt erfasst haben, als auch von Studien zu individuellen Funktionen nachgezeichnet werden (Anderson & Reidy, 2012; Klenberg, Korkman & Lahti-Nuutila, 2001; Röthlisberger, Neuenschwander, Cimeli & Roebbers, 2013). Abbildung 1 zeigt den angenommenen Entwicklungsverlauf der EF über die Lebensspanne. Doch auch wenn die Entwicklung über die Lebensspanne nicht linear verläuft, ist ein linearer Anstieg der EF-Leistung in der frühen Kindheit dennoch nicht auszuschließen (Anderson, 2002).

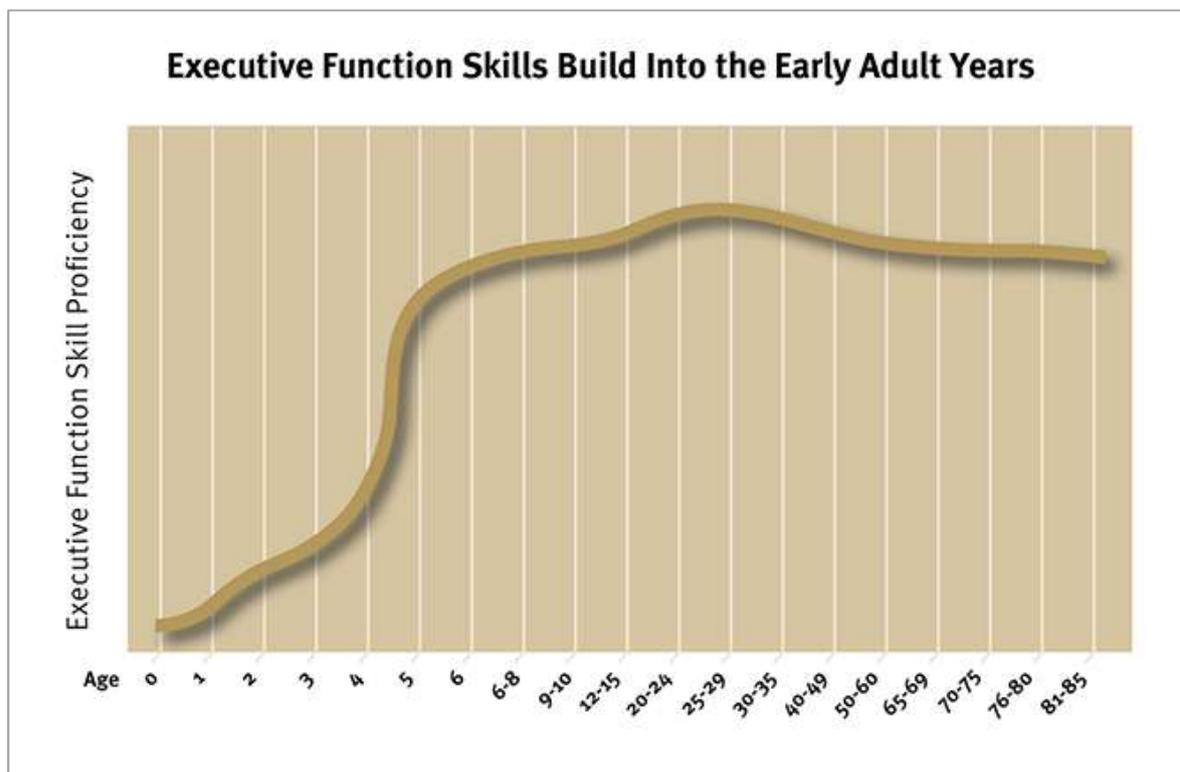


Abbildung 1. Angenommener Entwicklungsverlauf der Exekutiven Funktionen über die Lebensspanne (Center on the Developing Child at Harvard University, 2011).

2.4.1 Entwicklung von Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting

Für jede der drei Kernfunktionen wird ein individueller Entwicklungsverlauf vermutet, bei dem sich - je nach Funktion - unterschiedliche kognitive Prozesse aufeinander aufbauend entwickeln (Best & Miller, 2010; Huizinga et al., 2006; Klenberg et al., 2001). Im Folgenden wird anhand von Studienergebnissen die Entwicklung von Inhibition,

Arbeitsgedächtnis und Shifting bei Kindern zwischen 3 und 6 Jahren unter Beachtung der verwendeten Messverfahren dargestellt.

Entwicklung der Inhibition

Die Fähigkeit, einen Impuls zurückzuhalten und die Aufmerksamkeit zielgerichtet zu lenken, nimmt über das Kindergartenalter hinweg deutlich zu (Diamond, 2013). Dabei verläuft die Entwicklung nicht unbedingt linear. So zeigt sich für Inhibition gemessen mit *Lurias Handspiel* und *Klopfspiel* (Luria, 1966) für 3- und 4-jährige Kinder im Vergleich mit älteren Gruppen eine steilere Entwicklungskurve (Diamond & Taylor, 1996; Hughes, 1998a). Dieser spezifische Entwicklungsverlauf findet sich jedoch nicht für alle Testverfahren zur Erfassung der Inhibition. Studien, die Inhibition mit dem *Day & Night*-Test (Gerstadt et al., 1994) erfassten, konnten keine signifikanten Verbesserungen zwischen 3.5 und 4.5 Jahren nachweisen (Carlson, 2005; Carlson & Moses, 2001). Für Kinder zwischen 5 und 7 Jahren zeigte sich in der Studie von Diamond und Taylor (1996) ein nahezu linearer Anstieg in der Inhibition. Die Unterschiede könnten auf die unterschiedlichen Anforderungsgrade der Aufgaben zurückzuführen sein, da die *Day & Night*-Aufgabe Diamond und Taylor (1996) zufolge die Inhibition stärker fordere als die Aufgaben von Luria (Best & Miller, 2010).

In der Studie von Klenberg et al. (2001), welche Kinder zwischen 3 und 12 Jahren untersuchte, zeigten sich die größten Entwicklungssprünge zwischen 4 und 5 Jahren. Sie nutzen die *Statuen-Aufgabe* (Kochanska, Murray, Jacques, Koenig & Vandegest, 1996) zur Erfassung der Inhibition, in welcher das Kind aufgefordert wird, eine bestimmte Zeit lang stillzustehen und die Augen geschlossen zu halten, während vom Testleiter Reaktionen provoziert werden. Anzumerken ist, dass sich für ältere Kinder hier deutliche Deckeneffekte zeigten und ab einem Alter von 7 Jahren nahezu keine Verbesserungen mehr ersichtlich waren (s. Abbildung 2).

Andere Studien setzten keine Verhaltensmessungen, sondern Fragebögen zur Erfassung der Inhibition ein. Moilanen, Shaw, Dishion, Gardner und Wilson (2010) ließen in ihrer Studie die Erziehungsberechtigten die Skala zur inhibitorischen Kontrolle des *Child Behavior Questionnaire* (CBQ; Rothbart, Ahadi, Hershey & Fisher, 2001) ausfüllen. Sie fanden für Kinder zwischen 2 und 4 Jahren einen linearen Entwicklungsverlauf.

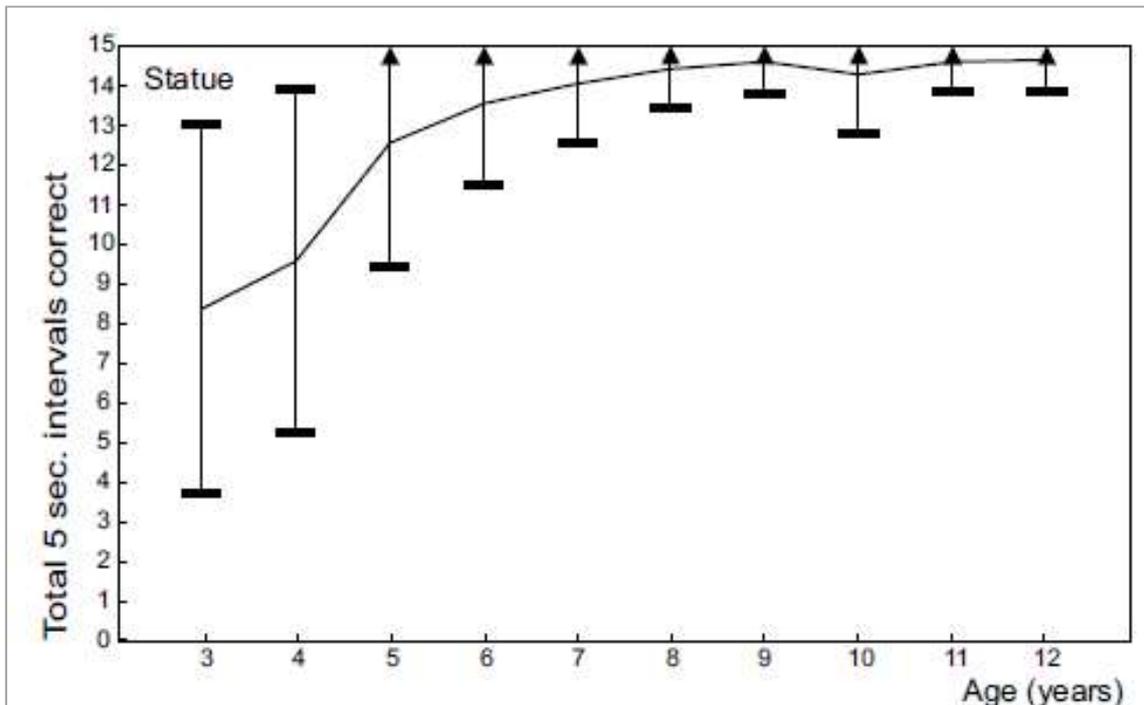


Abbildung 2. Performanz beim Statuen-Test von 400 Kindern zwischen 3 und 12 Jahren. Abbildung aus Klenberg et al. (2001), S. 416.

Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses

Schon Kinder im ersten Lebensjahr sind in der Lage, Informationen mental aufrecht zu erhalten und zu aktualisieren, wie es beispielsweise die A-nicht-B-Aufgabe zeigt (Bell & Adams, 1999; Diamond, 2013). Mit dem Alter steigt sowohl der Anteil erfolgreicher Suchen als auch die Toleranz einer Verzögerung zwischen dem Verstecken und dem Suchen eines Objektes (Cuevas & Bell, 2010; Diamond et al., 1997; Pelphrey et al., 2004).

Auch die Anzahl an Elementen, die mental aufrechterhalten werden können, und die Komplexität der Manipulation, die an den gespeicherten Informationen vorgenommen werden kann, steigt mit zunehmendem Alter bis ins frühe Erwachsenenalter hinweg an (Cowan, AuBuchon, Gilchrist, Ricker & Sauls, 2011; Crone, Wendelken, Donohue, van Leijenhorst & Bunge, 2006). Hongwanishkul und Kollegen fanden heraus, dass sich 3-Jährige etwa 4.5 Elemente merken können, 4-Jährige ca. 6 Elemente und 5-Jährige im Durchschnitt 6.7 Elemente (Hongwanishkul, Happaney, Lee & Zelazo, 2005).

Für Kinder ab 3 Jahren zeigten die meisten Studien einen relativ linearen Entwicklungsverlauf der Arbeitsgedächtnisleistung über die gesamte Kindheit hinweg (Boudreau et al., 2018; Garon et al., 2014; Gathercole et al., 2004). Die Studien von Willoughby, Kupersmidt, et al. (2012) und von Hongwanishkul et al. (2005) liefern Hinweise auf eine etwas steilere Entwicklungskurve zwischen 3 und 4 Jahren als zwischen 4 und 5 Jahren (s. Abbildung 3). Insgesamt spricht die Forschungslage jedoch für einen weiterstehend linearen Anstieg.

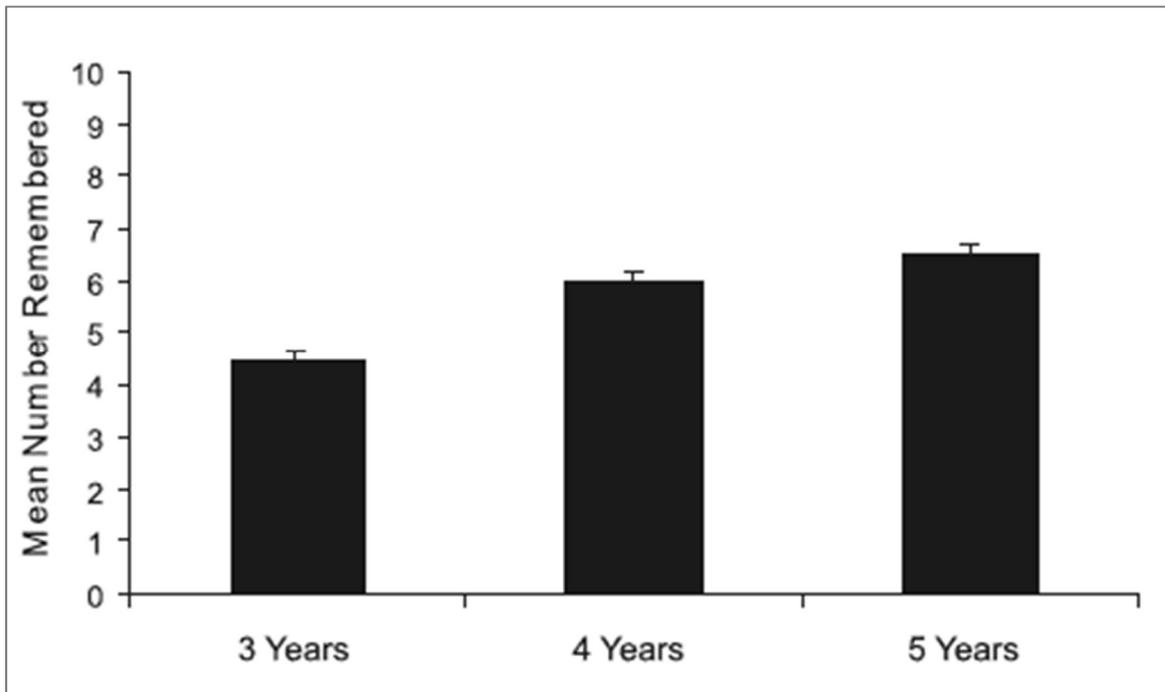


Abbildung 3. Performanz bei der *Self-ordered Pointing-Aufgabe* von 97 Kindern zwischen 3 und 5 Jahren. Abbildung aus Hongwanishkul et al. (2005), S. 630.

Entwicklung von Shifting

Der Fähigkeit, kognitiv flexibel zu agieren und sein Verhalten und seine Aufmerksamkeit an wechselnde Anforderungen anzupassen, geht die Entwicklung von Inhibition und Arbeitsgedächtnis voraus (Clark et al., 2013; Davidson et al., 2006; Kirkham, Cruess & Diamond, 2003; Klenberg et al., 2001). Espy (1997) wie auch Garon und Kollegen (2008) postulierten, dass sich die Fähigkeit zum Shifting erstmals zwischen 3 und 5 Jahren entwickelt. Dabei gilt es zu bedenken, dass die meisten Paradigmen zur Erfassung von kognitiver Flexibilität zu komplex sind, um sie mit Kindern unter 3 Jahren durchführen zu können, weshalb jüngere Kinder im Vergleich zu älteren oft sehr schlechte Leistungen zeigen (Blakey, Visser & Carroll, 2016).

Mittlerweile gibt es eine Handvoll Testverfahren, die für Kinder unter 3 Jahren geeignet sind (Garon et al., 2014; Kloo et al., 2008; Pauen & Bechtel-Kuehne, 2016). Diese Aufgaben erfassen nach der Definition von Garon et al. (2008) *einfaches Shifting*, da sie einen Wechsel in der Reaktion erfordern, nicht aber einen Wechsel in der Repräsentation. Das Kind muss also seine Reaktion gemäß der neuen Regel anpassen, ohne dass dabei eine neue Dimension beachtet werden muss (Diamond, 2013; Hanania & Smith, 2010).

Kinder im Alter von 3 Jahren haben noch große Schwierigkeiten, wenn es um *repräsentationales Shifting* geht, sie ihre Aufmerksamkeit also weg von einer zuvor relevanten auf eine neue Dimension lenken müssen (Kloo et al., 2008; Perone, Molitor, Buss, Spencer & Samuelson, 2015; Zelazo, 2006; Zelazo, Frye & Rapus, 1996). Theorien

führen diese Schwierigkeiten darauf zurück, dass die Kinder in diesem Alter noch nicht in der Lage sind, die aktuelle Regel im Arbeitsgedächtnis aufrechtzuerhalten und die zuvor geltende Regel zu inhibieren (Diamond et al., 2002; Kirkham et al., 2003). Interessanterweise verbessert sich die Performanz in dieser Altersgruppe jedoch nicht, wenn vor jedem Trial die aktuell geltende Regel wiederholt wird (Zelazo et al., 2003). Die meisten Kinder sind sogar in der Lage, von sich aus die aktuelle Regel zu nennen, schaffen es aber trotzdem nicht, diese auch anzuwenden, was eher auf eine unzureichende Inhibition hinweist.

Ab einem Alter von vier Jahren bauen Kinder ihre Fähigkeit zum Shifting rasch aus und sind zunehmend besser in der Lage, sich von einer zuvor geltenden Regel zu lösen und ihre Aufmerksamkeit auf einen neuen Aspekt zu lenken (Carlson, 2005). Entsprechende Leistungen steigen rapide zwischen 4 und 5 Jahren und ab einem Alter von 5 Jahren bewältigen Kinder Aufgaben, die repräsentationales Shifting erfordern, relativ problemlos (Anderson & Reidy, 2012; Doebel & Zelazo, 2015). Weiterhin stellen für diese Altersgruppe Aufgaben eine Herausforderung dar, die eine schnelle Verhaltensanpassung von einem Trial zum nächsten erfordern, wie es z. B. in der *Dots-Aufgabe* (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2007) oder auch in der fortgeschrittenen Version des *DCCS* (Zelazo, 2006) der Fall ist (Cragg & Chevalier, 2012). Bei Tests dieser Art, in denen die Aufmerksamkeit schnell von einer Dimension auf eine andere gelenkt werden muss, sind Verbesserungen bis ins Grundschulalter und darüber hinaus nachzuweisen (Doebel & Zelazo, 2015). Abbildung 4 zeigt die Leistungsentwicklung von Kindern im Alter von 3 bis 15 Jahren in Bezug auf den *DCCS*. Die im Querschnitt erhobenen Daten deuten auf eine besonders steile Wachstumskurve für Kinder zwischen 4 und 5 Jahren hin und sprechen im Allgemeinen gegen eine linear verlaufene Entwicklung von Shifting.

2.4.2 Zeitliche Abfolge in der Entwicklung der Exekutiven Funktionen

Neben der genauen Betrachtung der Entwicklung der einzelnen EF ist auch der Vergleich der Entwicklungsverläufe miteinander ein wichtiger Schritt für dessen Verständnis. Dabei stellt sich vor allem die Frage, ob sich die EF aufeinander aufbauend oder zeitlich versetzt entwickeln. Klenberg und Kollegen (2001) folgerten aus ihren Ergebnissen zum Entwicklungsverlauf von 3- bis 12-jährigen Kindern, dass sich die Inhibition als erste der drei Kernfunktionen vollständig entwickelt. Dies machten sie daran fest, dass die Kinder im Vergleich zu den Tests für Arbeitsgedächtnis und Shifting schon früh keine Steigerung in der Inhibitionsleistung mehr zeigten. Allerdings stellt sich hier die Frage, in wieweit dieses Ergebnis auf die mangelnde Sensitivität der eingesetzten Messverfahren zurückzuführen ist, zumal andere Studien durchaus Verbesserungen über dieses Alter hinaus nachweisen konnten (Brocki & Bohlin, 2004; Huizinga et al., 2006).

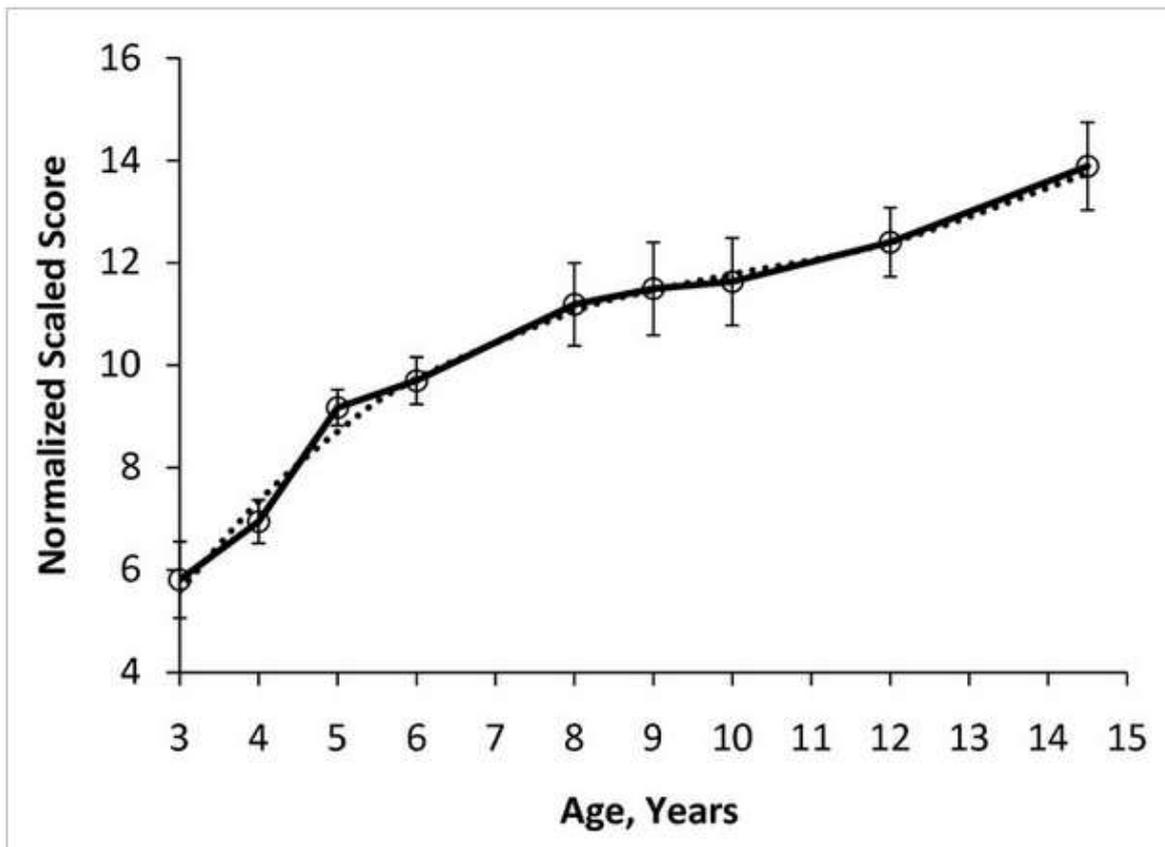


Abbildung 4. Performanz beim DCCS-Test der NIH Toolbox Cognition Battery von 476 Kindern zwischen 3 und 15 Jahren. Abbildung aus Zelazo et al. (2013), S. 27.

Garon und Kollegen (2008) postulieren, dass sich als erste Komponente das Arbeitsgedächtnis entwickelt, gefolgt von der Inhibition. Beide Funktionen bilden die Basis für Shifting. Die Annahmen einer hierarchischen Entwicklung prägen auch das Modell von Diamond (2013). Im Gegensatz zu Garon et al. (2008) postuliert diese aber eine parallele Entwicklung von Arbeitsgedächtnis und Inhibition im Säuglings- und Kleinkindalter und eine zeitlich nachfolgende Ausbildung von Shifting im Kindergartenalter (s. Abbildung 5). Demnach bilden die drei Kernfunktionen die Grundlage für die Entwicklung von komplexeren EF wie kreativem Problemlösen und Planen.

Betrachtet man die Ausreifung des PFC, welcher eng mit der Entwicklung der EF zusammenhängt, zeigen sich zeitliche Unterschiede in den einzelnen Regionen des PFC. So scheint der orbitofrontale PFC (vor allem verantwortlich für heiße EF) früher zu reifen als der dorsolaterale. Das lässt vermuten, dass sich die Inhibition, welche dem orbitofrontalen PFC zugeordnet wird (Wallis, Dias, Robbins & Roberts, 2001), früher ausbildet als das Arbeitsgedächtnis, welches dem dorsolateralen PFC zugeordnet wird (D'Esposito, Postle, Ballard & Lease, 1999; Petrides, 2005). Shifting wird, abhängig von der Art des Shiftings, zum einen dem posterioren ventralen PFC (Reaktionswechsel) oder dem anterioren dorsolateralen PFC (Aufmerksamkeitswechsel) zugeordnet (Nagahama et al., 2001).

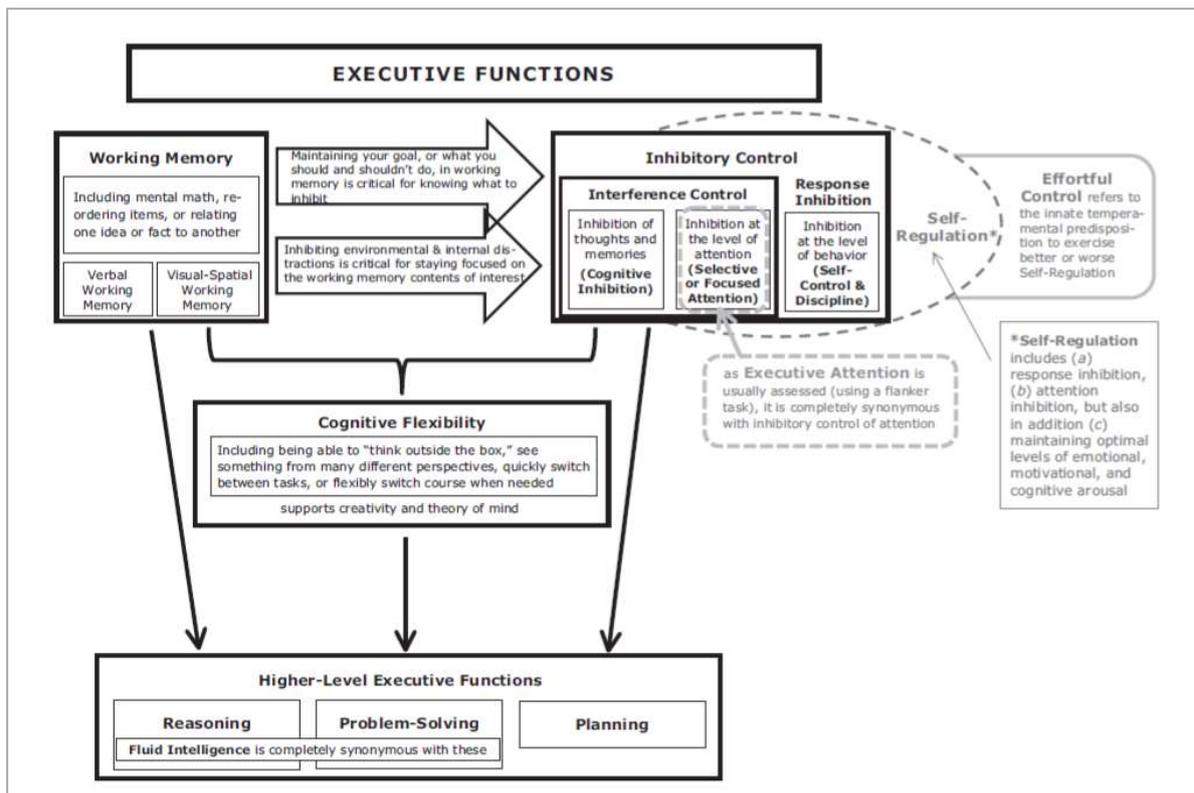


Abbildung 5. Definition der Exekutiven Funktionen und verwandten Konzepte, angenommene Zusammenhänge und Entwicklungssequenzen. Abbildung aus Diamond, 2013, S. 152.

2.4.3 Einflussfaktoren auf die Entwicklung der Exekutiven Funktionen

Es gibt verschiedene Faktoren, die auf die Entwicklung der EF eines Kindes Einfluss nehmen. Dies sind zum einen Faktoren wie die genetische Veranlagung und zum anderen Umweltfaktoren, wie der sozioökonomische Status der Familie, das häusliche Umfeld und das elterliche Erziehungsverhalten. Dabei muss im Hinterkopf behalten werden, dass die Einflüsse der Genetik und der Umwelt miteinander in Zusammenhang stehen und nicht klar voneinander getrennt werden können.

Bislang haben sich nur wenige Studien der Frage gewidmet, wie die genetische Prädisposition die Entwicklung der EF beeinflusst. Dabei unterscheiden sich die einzelnen Befunde zum Teil stark (Chou, Kuo, Lin & Chen, 2010; Friedman et al., 2008; Greene, Braet, Johnson & Bellgrove, 2008; Groot, De Sonneville, Stins & Boomsma, 2004; Polderman et al., 2007). Im Mittel weisen die Ergebnisse darauf hin, dass 40% bis 80% der Varianz in den drei exekutiven Kernfunktionen auf genetische Einflüsse zurückzuführen sind (Leve et al., 2013). Die genetische Veranlagung stellt also einen wichtigen Faktor für die Entwicklung der EF dar, dessen Einflussgröße jedoch noch nicht geklärt ist. Die Konsequenz aus diesen Ergebnissen ist aber nicht, dass sich die EF durch Förderung kaum beeinflussen lassen. So erklären beispielweise Friedman et al. (2008), dass die Heritabilität eine Schätzung des genetischen Einflusses auf interindividuelle Unterschiede um den

Durchschnittswert einer Population darstellt. Sie ist keine Schätzung des Einflusses von genetischen Prädispositionen auf den Durchschnittswert selbst. Umgebungsfaktoren können also auf den Durchschnittswert Einfluss nehmen, während die genetischen Faktoren die Varianz um den Mittelwert beeinflussen. Dies zu beachten scheint umso bedeutsamer, da sich die EF maßgeblich in der frühen Kindheit entwickeln. In den ersten Lebensjahren haben Umgebungsfaktoren generell einen starken Einfluss auf die Entwicklung von Kindern, da die Reifungsprozesse des Gehirns noch nicht abgeschlossen sind. Folglich stehen die oben benannten Ergebnisse nicht in direktem Gegensatz zu Befunden aus Trainings- und Interventionsstudien, die zeigen konnten, dass die EF vor allem in der Kindheit noch beeinflussbar sind (Diamond & Ling, 2016).

Von den Umweltfaktoren wurde der sozioökonomische Status bislang am intensivsten auf seine Auswirkungen auf die EF untersucht. Als Indikator für den sozioökonomischen Status wird meist das Familieneinkommen, der Bildungsstand der Mutter, der Berufsstand oder ein zusammengesetzter Wert aus verschiedenen Maßen herangezogen (Duncan & Magnuson, 2012). Im Allgemeinen zeigt sich, dass Kinder aus Familien mit höherem sozioökonomischem Status über bessere EF verfügen als Kinder aus Familien mit niedrigem sozioökonomischen Status (Hackman, Gallop, Evans & Farah, 2015; Sarsour et al., 2011). Die rezente Meta-Analyse von Lawson, Hook und Farah (2018) zeigt, dass die Korrelation zwischen den beiden Konstrukten signifikant ist, aber - abhängig von der Erfassung der EF - nur schwach bis mittelhoch ausfällt. Interessanterweise konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede in der Zusammenhangsstärke abhängig von der Indikatorwahl für den sozioökonomischen Status nachgewiesen werden. Weitere Umweltfaktoren, denen eine negative Auswirkung auf die EF nachgewiesen wurden, sind unter anderem ein desorganisiertes Elternhaus, mangelnde Fürsorge und unvorhersehbares elterliches Verhalten, Stress sowie die Zugehörigkeit zu einer diskriminierten Minderheit (Diamond, 2016; Fay-Stammbach, Hawes & Meredith, 2014). Mütterliche Feinfühligkeit für die Bedürfnisse des Kindes und die Unterstützung seiner Autonomiebestrebungen durch Scaffolding wiederum fördern die Entwicklung von EF (Cuevas et al., 2014; Hughes & Ensor, 2009; Obradović et al., 2018) und können den Zusammenhang zwischen sozioökonomischem Status und EF medieren (Finch & Obradović, 2017).

Studien zur Bedeutsamkeit von EF für die Entwicklung von akademischen und sozial-emotionalen Fähigkeiten sowie für spätere Gesundheit und Wohlstand verdeutlichen, dass großes Potential in der Förderung der EF liegt. Zahlreiche Präventions- und Interventionsangebote sind in den letzten 20 Jahren entstanden, welche die Unterstützung der EF-Entwicklung von Kindern zum Ziel haben. Diese reichen von niedrigschwelligen Maßnahmen wie kognitiv herausfordernde Spiele (Rothlisberger, Neuenschwander, Cimeli,

Michel & Roebbers, 2012; Tominey & McClelland, 2011) über Trainingsprogramme am Computer für klinische Gruppen (Spencer-Smith & Klingberg, 2015) und Fortbildungen für pädagogische Fachkräfte (Walk, Evers, Quante & Hille, 2018) bis zu kompletten Kindertagcurricula wie *HeadStart* (Bierman, Nix, Domitrovich, Welsh & Gest, 2015) und *Tools of the Mind* (Bodrova & Leong, 2007).

2.5 Struktur der Exekutiven Funktionen im frühen Kindesalter

Bis heute ist unklar, ob das dreifaktorielle Unity & Diversity-Modell nach Miyake et al. (2000) tatsächlich auch für Kinder im Vorschulalter gültig ist. Ergebnisse aus explorativen Faktorenanalysen und Hauptfaktorenanalysen mit Kindergarten- und Grundschulkindern sprechen weitestgehend für eine mehrfaktorielle Struktur. Explorative Faktorenanalysen führten häufig zur Identifizierung von drei Faktoren (z. B. Brocki & Bohlin, 2004; Espy, Kaufmann, McDiarmid & Glisky, 1999; Welsh et al., 2010). Hauptkomponentenanalysen fanden zwischen einem und vier Faktoren (z. B. Carlson, Mandell & Williams, 2004; Espy et al., 1999; Hughes, 1998a; Hughes & Ensor, 2007). Neben der Anzahl an identifizierten Faktoren ist auch deren Benennung sehr unterschiedlich (Fuhs & Day, 2011). So bezeichnete beispielsweise Hughes (1998a) die drei resultierenden Faktoren als inhibitorische Kontrolle, Arbeitsgedächtnis und Shifting der Aufmerksamkeit, während Brocki und Bohlin (2004) sie Disinhibition, Schnelligkeit/Erregung und Arbeitsgedächtnis nennen. Ein weiteres Problem besteht darin, dass dieselben Messverfahren in unterschiedlichen Studien mal dem einen und mal einem anderen Faktor zugewiesen wurden (Zelazo et al., 2003). Dieser Umstand macht es schwer, die Ergebnisse zu vergleichen und verlässliche Aussagen über die Struktur zu treffen. Im Gegensatz zu anderen statistischen Verfahren herrscht bei der explorativen Faktorenanalyse zudem Unklarheit darüber, ob die Gruppierung von Variablen eventuell allein aufgrund von korrelierten Messfehlern zu Stande kommt. Das bedeutet, dass die identifizierten Faktoren allein auf den Gemeinsamkeiten in den Anforderungen der Aufgaben entstehen und nicht unbedingt aufgrund derselben unterliegenden Faktoren (Fuhs & Day, 2011). Ohne bessere Kenntnis der zugrundeliegenden Prozesse bleibt unklar, inwiefern diese Arten von Faktorenanalyse zum Verständnis der Struktur der EF beitragen können (Zelazo et al., 2003).

Eine weitere Methode, mit der die latente Struktur der EF geprüft werden kann, ist die Konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA). Mit der CFA werden die Zusammenhänge zwischen latenten Variablen durch die Untersuchung multipler korrelierender Faktoren geschätzt (Friedman & Miyake, 2017). So kann überprüft werden, inwieweit theoriebasierte Faktorenmodell zu den Daten passen, und verschiedene Modelle auf der Basis von Fit-Indices auf ihre Passung hin miteinander verglichen werden. Miyake et al. (2000) zufolge

ist die CFA im Vergleich zur Hauptkomponentenanalyse und zur explorativen Faktorenanalyse die zuverlässigere Methode, um die latente Struktur der EF zu prüfen, da sie die geteilte Varianz der unterschiedlichen Messungen der EF, welche der Theorie nach denselben latenten Faktor erfassen sollen, extrahiert (Fuhs & Day, 2011). So wird das für das Forschungsfeld der EF typische Problem der Aufgabenunreinheit umgangen (Usai et al., 2014).

Es konnten 15 Studien gefunden werden, die die Struktur der EF bei Kindern unter 7 Jahren mit Hilfe von CFA untersuchten (s. Tabelle 2). Bislang konnte keine der Studien die dreifaktorielle Struktur, wie sie für Jugendliche und Erwachsene gefunden wurde, reproduzieren. Von den 15 Studien identifizierten acht einen einzigen latenten Faktor (Bull, Espy, Wiebe, Sheffield & Nelson, 2011; Fuhs & Day, 2011; Hughes et al., 2009; Shing, Lindenberger, Diamond, Li & Davidson, 2010; Wiebe, Espy & Charak, 2008; Wiebe et al., 2011; Willoughby et al., 2010; Willoughby, Blair, Wirth, Greenberg & Investigators, 2012). Die übrigen sieben Studien identifizierten zwei latente Faktoren (Lee, Bull & Ho, 2013; Lee et al., 2012; Lerner & Lonigan, 2014; Miller, Giesbrecht, Muller, McInerney & Kerns, 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014; van der Ven, Kroesbergen, Boom & Leseman, 2013). Von den Studien, die eine zweifaktorielle Struktur identifizierten, fanden die Hälfte Arbeitsgedächtnis als einen sowie Inhibition und Shifting als zweiten gemeinsamen Faktor (Lee et al., 2013; Lee et al., 2012; van der Ven et al., 2013). Die andere Hälfte identifizierte Inhibition als einen und Arbeitsgedächtnis und Shifting als den zweiten gemeinsamen Faktor (Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014). Van der Ven und Kollegen (2013) erklären ihr Ergebnis damit, dass die beiden Faktoren Inhibition und Shifting in ihrer Funktion eng miteinander verbunden sind, da beide bei der Lösung eines Konfliktes gebraucht werden. Bei der Inhibition geht es um die Unterdrückung eines Verhaltens zugunsten eines anderen, während bei der kognitiven Flexibilität zwischen zwei möglichen Verhaltensweisen gewechselt werden muss. Daher nennen sie den kombinierten Faktor aus Inhibition und Shifting gemäß Garon et al. (2008) *Konfliktlösungsfaktor* (conflict resolution factor). Shifting wurde bislang von keiner Studie mit Kindergartenkindern als separaten Faktor identifiziert (Karr et al., 2018). Interessanterweise wurde dieses Modell bislang auch nur von Lee et al. (2013) und van der Ven et al. (2013) statistisch geprüft.

In einigen der Studien war die Untersuchung der Struktur kein direktes Ziel, sondern lediglich eine Nebenauswertung. Während einige Studien das von Miyake et al. (2000) postulierte dreifaktorielle Modell überprüften und den Fit statistisch mit verschiedenen Alternativen verglichen (z. B. Lee et al., 2013; Lee et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014), testeten Hughes und Kollegen (2009) allein die Hypothese, ob alle Indikatoren für EF gemäß der von Theorie Zelazo und Müller (2010) auf einen unitären Faktor zurückgeführt werden können. Die Aufnahme von insgesamt nur drei Indikatoren machte

die Berechnung von zwei- und dreifaktoriellen Modellen sowohl bei Hughes et al. (2009) als auch bei Willoughby, Blair, et al. (2012) unmöglich. Da alternative Modelle nicht geprüft werden konnten, ist nicht auszuschließen, dass diese nicht einen ebenso guten oder auch besseren Fit gezeigt hätten (Usai et al., 2014).

Darüber hinaus geht es nicht allein um die Anzahl an Tests, die als Indikatoren für die jeweiligen Faktoren herangezogen wurden, sondern auch darum, ob überhaupt Tests zur Identifikation der drei Faktoren Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting einbezogen wurden (Monette et al., 2015). Bis auf Willoughby, Blair, et al. (2012) inkludierte keine der Studien, die ein unitäres Modell identifizierten, Messverfahren für alle der drei von Miyake et al. (2000) identifizierten exekutiven Kernfunktionen. Die Studie von Fuhs und Day (2011) umfasste keine Messverfahren zur Erfassung von Arbeitsgedächtnis. Die Studien von Hughes et al. (2009), Lerner und Lonigan (2014), Shing et al. (2010), Wiebe et al. (2008) und Wiebe et al. (2011) beinhalteten alle keine Messverfahren zur Erfassung von Shifting. Wiebe et al. (2008) begründeten die Entscheidung damit, dass Shifting mit den existierenden Messverfahren nicht zuverlässig bei jüngeren Stichproben erfasst werden könne, was für die jüngere Stichprobe von 2- und 3-jährigen Kinder zutreffen mag, aber nicht für die ältere Stichprobe aus 4- bis 6-jährigen Kindern. Von allen Studien, die allein Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis einschlossen, identifizierten einzig Lerner und Lonigan (2014) eine zweifaktorielle Struktur.

Zudem ist in manchen Fällen die Zuweisung von Tests als Indikator für einen bestimmten Faktor fragwürdig. So wird von Shing et al. (2010) beispielweise die dritte Bedingung des Dots als Indikator von Inhibition verwendet, auch wenn diese stark die Fähigkeit zum mentalen Shifting erfordert (Diamond et al., 2007). Hughes et al. (2009) erfassten zusätzlich zu Inhibition und Arbeitsgedächtnis das Planungsvermögen mit dem *Tower of London*. Dieser korreliert laut der Studie von Welsh, Satterlee-Cartmell und Stine (1999) stark mit der Performanz bei Aufgaben zur Inhibition und zum Arbeitsgedächtnis. Hughes et al. (2010) selbst bezeichnen die Aufgabe als Indikator für Planungsvermögen und Inhibition.

Für die Diskussion um die latente Struktur der EF bei Kindergartenkindern ist die Studie von Miller et al. (2012) von besonderer Bedeutung, da sie einen Hinweis darauf liefert, wie sehr sich die Auswahl der Messverfahren auf die Ergebnisse der CFA auswirkt. Die Autoren verglichen in ihrer Untersuchung die Ergebnisse aus zwei Studien, welche sich allein in der Auswahl der Messverfahren unterschieden. Mit der ersten Studie strebten sie zunächst die Replikation der Ergebnisse von Wiebe et al. (2008) an und basierten die CFA allein auf Daten aus Messverfahren zur Erfassung von Inhibition und Arbeitsgedächtnis. Sie kamen zum selben Ergebnis und fanden eine unitäre Faktorenstruktur. Für eine zweite Studie nahmen sie Daten aus Tests zur Erfassung der kognitiven Flexibilität auf. Den

besten Fit zeigte ein zweifaktorielles Modell mit den Faktoren Arbeitsgedächtnis und Inhibition. Der Vergleich der zwei Analysen macht deutlich, dass die Auswahl der Testverfahren einen großen Einfluss auf die resultierende Faktorenstruktur haben kann (Monette et al., 2015).

Miller und Kollegen (2012) merkten an, dass in vielen der Studien, die dem einfaktoriellen Modell den Vorzug gaben, das zweifaktorielle Modell einen vergleichbar guten Fit zeigte (Wiebe et al., 2008; Wiebe et al., 2011). Der Modellfit des zweifaktoriellen Modells war jedoch statistisch nicht signifikant besser, sodass aus Gründen der Parsimonität dem einfaktoriellen Modell den Vorzug gegeben wurde. Andere Studien fanden ebenfalls, dass ein zweifaktorielles Modell einen ebenso guten, aber keinen besseren Fit als ein einfaktorielles Modell bot, gaben diesem aber aufgrund der hohen Korrelation ($r = .89$) zwischen den beiden identifizierten Faktoren den Vorzug. Auch das dreifaktorielle Modell aus der Studie von van der Ven et al. (2013) zeigte hohe Korrelationen zwischen den Maßen für Inhibition und Shifting (zwischen $r = .85$ und $r = .93$, $ps < .001$). Dieser Befund warf die Frage auf, ob die beiden Faktoren somit tatsächlich als unabhängig angesehen werden konnten, weshalb die Autoren dem zweifaktoriellen Modell den Vorzug gaben. Die sechs neusten der identifizierten Studien, die Indikatoren für alle drei Kernfunktionen aufnahmen, kamen ausnahmslos zu dem Schluss, dass ein zweifaktorielles Modell einen signifikant besseren Fit als ein einfaktorielles Modell aufweist (Lee et al., 2013; Lee et al., 2012; Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014; van der Ven et al., 2013).

Inkonsistenzen in den Ergebnissen der CFA betreffen häufig den Faktor Inhibition (Friedman & Miyake, 2017). So konnten Huizinga et al. (2006) und auch van der Sluis et al. (2007) bei Stichproben im Grundschul- und Jugendalter weder einen unabhängigen noch einen gemeinsamen Faktor für Inhibition identifizieren. In beiden Studien zeigten die verschiedenen Indikatoren für Inhibition untereinander keinerlei Zusammenhänge und erfüllten damit nicht die Voraussetzung für die Formung eines gemeinsamen latenten Faktors. Huizinga et al. (2006) sahen dies als mögliches Indiz dafür, dass es innerhalb der Inhibition verschiedene voneinander abgrenzbare Prozesse gibt, wie z. B. die Differenzierung von Nigg (2017) in mentale und behaviorale Inhibition widerspiegelt (s. Kapitel 2.1.1). Miller und Kollegen (2012) führten dieses Ergebnis auf die mangelhafte Eignung der Messverfahren zurück, welche als Indikatoren ausgewählt wurden, und empfahlen, künftig Indikatoren zu wählen, welche – zumindest theoretisch - möglichst klar das gewünschte Konstrukt (erfassen und möglichst wenig Überlappung mit den anderen Konstrukten zeigen. Dies bleibt im Kindergartenalter weiterhin eine der größten Herausforderungen (Garon et al., 2008). Das von Miyake und Friedman (2012) postulierte alternative Strukturmodell für die EF greift die Schwierigkeiten mit der Inhibition auf. Es

besteht aus Updating und Shifting als zwei separate Faktoren sowie aus einem gemeinsamen unterliegenden Faktor für die inhibitorischen Prozesse. Obwohl dieses alternative Modell für verschiedene Stichproben eine gute Passung zeigte (Friedman & Miyake, 2017), bekam es in der Entwicklungsforschung bislang nur wenig Aufmerksamkeit (Karr et al., 2018).

Allgemein ist festzuhalten, dass die Ergebnislage zur Struktur der EF in der frühen Kindheit überwiegend inkohärent ist. Es wird deutlich, dass dafür vor allem die unterschiedlichen Messverfahren und statistischen Methoden verantwortlich sind. Die Annahme, dass die EF bereits in der frühen Kindheit ein multidimensionales Konstrukt darstellen, beruht zu einem großen Teil auf den Ergebnissen aus explorativen Faktoranalysen und Hauptkomponentenanalysen, welche häufig mehrere Faktoren identifizieren (Fuhs & Day, 2011). Im Gegensatz dazu identifizieren Studien mit CFA häufig einen einzelnen oder zwei Faktoren und erst für ältere Kinder und Erwachsene verlässlich eine dreifaktorielle Struktur. Die Befunde der CFA stützen die Annahme, dass sich die EF erst mit der Zeit aufgrund der Ausreifung des PFC in separate Funktionen ausdifferenzieren (Bull et al., 2011; Schoemaker, Mulder, Deković & Matthys, 2013; Shing et al., 2010). Dies würde für das Modell von Diamond (2013) sprechen (s. Abbildung 5), welches eine zeitlich versetzte Ausbildung der EF postuliert und somit eine Erklärung für die altersabhängigen Strukturmodelle bietet. Fraglich bleibt, ob sich die Teilung in die drei Funktionen tatsächlich erst später ereignet oder eine mehrfaktorielle Struktur allein aufgrund von methodischen Unzulänglichkeiten wie der Auswahl der Indikatoren bislang nicht identifiziert werden konnte (Friedman & Miyake, 2017; Garon et al., 2008; Miller et al., 2012). Interessanterweise bildet das Unity & Diversity-Modell von Miyake et al. (2000), obwohl es bislang allein für Stichproben ab dem späteren Grundschulalter bestätigt werden konnte, auch in der Mehrheit der Studien, die sich auf jüngere Altersgruppen beziehen, die theoretische Grundlage (Diamond, 2016; Karr et al., 2018).

Tabelle 2

Studien mit Konfirmatorischen Faktorenanalysen zur Bestimmung der Struktur der Exekutiven Funktionen im Kindergartenalter

Studie	N	Alter (Jahre)	Design	Faktoren & Aufgaben	Faktorenstruktur	Weitere getestete Modelle
Wiebe et al. (2008)	243	2 - 3 4 - 6	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Six boxes, Delayed Alternation, Digit Span Inhibition: Delayed Response, Whisper, Statue, Visual Attention, Shape School, Tower of Hanoi, Continuous Performance Test	1 Faktor	2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3-Faktoren-Modell 1) Arbeitsgedächtnis 2) proaktive Ablenkung 3) Ablenkung durch Distraktoren
Wiebe et al. (2011)	228	3	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Nine Boxes, Nebraska Barnyard, Delayed Alternation Inhibition: Big Little Stroop, Go/No-Go, Shape School, Snack Delay	1 Faktor	2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis
Bull, Espy, Wiebe, Sheffield & Nelson (2011)	186	2 - 6	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Six Boxes, Delayed Alternation, Digit Span Inhibition: Delayed Response, Whisper, Statue, Visual Attention, Shape School, Tower of Hanoi, Continuous Performance Test	1 Faktor	2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis
Willoughby et al. (2010)	1123	3	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Working Memory Span Inhibition: Spatial Conflict, Silly Sounds Stroop, Animal Go/No-Go Aufmerksamkeitswechsel: Item Selection	1 Faktor	2-Faktor-Modell 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und Aufmerksamkeitswechsel
Willoughby et al. (2012)	1123	5	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Working Memory Span, Pick the Picture Inhibition: Spatial Conflict, Silly Sounds Stroop, Spatial Conflict Arrows, Animal Go/No-Go Aufmerksamkeitswechsel: Something is the Same	1 Faktor	2-Faktor-Modell 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und Aufmerksamkeitswechsel
Fuhs & Day (2011)	132	3 - 5	Querschnitt	Inhibition: Head & Feet, Day & Night, BRIEF-P (Inhibition) Kognitive Flexibilität: Flexible Item Selection, Spatial Reversal, BRIEF-P (Shifting)	1 Faktor	2-Faktor-Modell 1) Inhibition 2) kognitive Flexibilität
Shing et al. (2010)	263	4 - 7	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: 2 Abstract Shape, 6 Abstract Shape Inhibition: Pictures, Arrows, Dots Incongruent, Dots Mixed	1 Faktor	2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis
Hughes et al. (2009)	191	4 - 6	Längsschnitt T1: 4 Jahre T2: 6 Jahre	Arbeitsgedächtnis: Beads Inhibition: Day & Night Planning: Tower of London	1 Faktor	
Lerner & Lonigan (2014)	289	3 - 5	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Word Span Reversed, Size Ordering, Object Span, Listening Span Inhibition: Bird & Dragon, Lurias Hand Game, Picture Imitation, Block Sorting, Day & Night, Knock-Tap	2-Faktor-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis	1-Faktor-Modell

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Studien mit Konfirmatorischen Faktorenanalysen zur Bestimmung der Struktur der Exekutiven Funktionen im Kindergartenalter

Studie	N	Alter (Jahre)	Design	Faktoren & Aufgaben	Faktorenstruktur	Weitere getestete Modelle
Lee et al. (2012)	163	6	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Mister X, Listening Recall, Pictorial Updating Inhibition: Simon, Flanker Kognitive Flexibilität: Simon (switch), Flanker (switch), Picture-symbol	2 Faktoren 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und kognitive Flexibilität	1-Faktor-Modell 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) kognitive Flexibilität 2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis und Shifting 2-Faktoren-Modell 1) Shifting 2) Inhibition und Arbeitsgedächtnis 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) kognitive Flexibilität
Lee, Bull & Ho (2013)	688	5	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Mister X, Listening Recall, Pictorial Updating Inhibition: Simon, Flanker Kognitive Flexibilität: Simon (switch), Flanker (switch), Picture-symbol	2 Faktoren 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und kognitive Flexibilität	1-Faktor-Modell 2-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis und Shifting 2-Faktoren-Modell 1) Shifting 2) Inhibition und Arbeitsgedächtnis 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) kognitive Flexibilität
Miller et al. (2012)	129	3 - 5	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Backward Digit & Word Span, Boxes Hit ratio Inhibition: Go/No-Go: hit, Boy-Girl Stroop, Tower of Hanoi, Preschool Continuous Performance Test: hit ratio Shifting: DCCS, Go=No-Go Block 2 hit ratio, Go=No-Go Block 3 hit ratio.	2 Faktoren 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis und Shifting	1-Faktor-Modell 2-Faktoren-Modell 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und Shifting 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) Shifting
Monette et al. (2015)	272	5 - 6	Querschnitt	Arbeitsgedächtnis: Backward word span, Backward block span Inhibition: Fruit Stroop, Day & Night, Hand Stroop, Flexibilität: Trails-P, Card sort, Face sort, Verbal fluency shift	2 Faktoren 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis und Flexibilität	1-Faktor-Modell 2-Faktoren-Modell 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und Flexibilität 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) Flexibilität
Usai et al. (2013)	T1: 175 T2: 125	5 - 6	Längsschnitt T1: 5 Jahre T2: 6 Jahre	Inhibition: Circle drawing task, Tower of London Arbeitsgedächtnis: Digit Span backward, Dual request selective task Kognitive Flexibilität: Semantic fluency, DCCS	2 Faktoren 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität	1-Faktor-Modell 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) kognitive Flexibilität
Van der Ven et al. (2013)	T1: 211 T2: 211	6 - 8	Längsschnitt T1: 6 Jahre T2: 7 Jahre	Arbeitsgedächtnis: Digit Span backward, Odd one out, Keep track Inhibition: Animal Stroop, Local global, Simon Kognitive Flexibilität: Animal shifting, Trail Making Colours, Sorting task	2 Faktoren 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition und kognitive Flexibilität	1-Faktor-Modell 3-Faktoren-Modell 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) kognitive Flexibilität

3 Zusammenfassung und Herleitung eigener Forschungsfragen

Die EF stellen ein multidimensionales Konstrukt dar, was zu vielfältigen Definitionen und unscharfen Abgrenzungen gegenüber ähnlichen Konstrukten führte. Immer wieder wird zu mehr Konsens in dem Verständnis und dem Gebrauch der Begriffe im Forschungsfeld EF aufgerufen (Blair, 2016; Morra et al., 2018; Nigg, 2017). Auch in der Entwicklungsforschung führt die herrschende Inkohärenz zum einen in der Nutzung von Begriffen und zum anderen in der Zuordnung von Konstrukten zu Testinstrumenten zu methodischen Schwierigkeiten, die die Interpretation von Ergebnissen erschweren.

Die EF im Kindesalter stehen mit vielen wichtigen langfristigen Outcomes in Zusammenhang (Carlson et al., 2015; Clark et al., 2010; Lezak et al., 2004). Aus diesem Grund ist die genaue Abbildung von Entwicklungsverläufen in der frühen Kindheit ein wichtiges Ziel, da nur durch eine frühe und verlässliche Erkennung von Abweichungen negativen Auswirkungen auf die spätere Entwicklung zuvorgekommen werden kann. Wie in Kapitel 2.4 dargestellt, ereignen sich substantielle Entwicklungsfortschritte in den EF über den Zeitraum der frühen Kindheit (Best & Miller, 2010; Chevalier & Clark, 2018; Davidson et al., 2006). Dabei findet in der Zeit zwischen 3 und 6 Jahren im Vergleich zu anderen Altersgruppen ein vergleichsweise starker Ausbau der EF statt (Ponitz et al., 2008; Wiebe, Sheffield & Espy, 2012; Zelazo et al., 2013). Die einzelnen Subkomponenten verfolgen unterschiedliche Entwicklungskurven (Best & Miller, 2010; Davidson et al., 2006). Darüber hinaus steht die Entwicklung der EF in Zusammenhang mit verschiedenen Umweltfaktoren wie z. B. dem sozioökonomischen Hintergrund der Familie (Lawson et al., 2018). Doch obwohl das Bild zum Entwicklungsverlauf der EF dank zahlreicher Studien über das letzte Jahrzehnt zunehmend an Schärfe gewonnen hat, braucht es weitere Untersuchungen mit leistungssensitiven und funktionspezifischen Messinstrumenten für klar definierte Altersbereiche, um gesicherte Aussagen über die Entwicklungsstände und -verläufe bestimmter Altersgruppen treffen zu können (Anderson & Reidy, 2012; Morra et al., 2018).

Im Zuge der Studie 1 des vorliegenden Dissertationsprojektes soll zunächst ein tieferer Einblick in die Entwicklung und Erfassung der EF gewonnen werden. Die Stichprobe für diese Studie umfasst Kinder im Alter zwischen 3 und 6 Jahren, da die Entwicklungsfortschritte in dieser Zeit besonders ausgeprägt sind (Carlson, 2005; Hughes et al., 2009). Ziel ist es, den Entwicklungsverlauf der EF in dieser Altersspanne möglichst kleinschrittig abzubilden, um auch feine altersbedingte Leistungsunterschiede identifizieren zu können. Neben dem kleinschrittigen Vergleich der verschiedenen Altersgruppen sollen auch die Zusammenhänge zwischen verschiedenen sozioökonomischen Variablen und den EF untersucht werden. Die EF werden dafür mit einer Reihe verschiedener

Messinstrumente erfasst, die aus der Literatur als angemessen für die Altersspanne identifiziert wurden. Da die Ergebnisse von der Passung der verwendeten Messinstrumente abhängig sind, werden die mit ihnen erfassten Konstrukte, ihre Durchführung sowie ihre bisherige Anwendung in anderen Studien ausführlich dargestellt. Nachfolgend wird die Eignung der Instrumente für die einzelnen Altersgruppen, deren Leistungssensitivität und Reliabilität in Bezug auf die von ihnen abgebildeten Entwicklungsverläufe diskutiert.

Neben dem genauen Entwicklungsverlauf der einzelnen EF-Komponenten in der frühen Kindheit wirft die Struktur der EF in dieser Altersgruppe Fragen auf. Die bislang veröffentlichten Studien stellen mehrheitlich die weitverbreitete Annahme einer dreifaktoriellen Struktur für Kinder unter 7 Jahren in Frage (Karr et al., 2018). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die EF-Komponenten in der frühen Kindheit noch nicht voneinander abzugrenzen sind, sondern sich erst Laufe der Entwicklung ausdifferenzieren. Bei der genauen Betrachtung der einzelnen Studien werden methodische Mängel deutlich, die die Interpretation und Gewichtung der Ergebnisse stark einschränken (s. Kapitel 2.5). Die inkohärente Ergebnislage macht darum weitere methodisch saubere Studien erforderlich, die sich der Erforschung der Struktur widmen (Miller et al., 2012; Monette et al., 2015).

Studie 2 nimmt sich darum der Struktur der EF in der frühen Kindheit an. Dafür wird eine Teilstichprobe aus Studie 1 bestehend aus 4- bis 6-jährigen Kindern herangezogen. Methodische Mängel anderer Studien (z. B. Nutzung eines einzigen Indikators pro Faktor, keine Berechnung alternativer Modelle) sollen dabei berücksichtigt werden. Außerdem sollen die Befunde von Miller et al. (2012) und Usai et al. (2014) bezüglich der Bedeutung der Aufnahme von Indikatoren für den Faktor Shifting zur Erhöhung der Chance zur Identifikation eines zweifaktoriellen Modells repliziert werden. Dafür wird das dreifaktorielle Modell von Miyake et al. (2000) mit weiteren ein- und zweifaktoriellen Strukturmodellen, die aus der bisherigen Forschung mit Kindergartenkindern hervorgingen, statistisch in ihrer Passung zu den Daten verglichen. Die Ergebnisse werden abschließend mit den Befunden anderer Studien in Bezug gesetzt und die Implikationen für die weitere Forschung zur Struktur der EF im frühen Kindesalter diskutiert.

4 Studie 1: Erfassung und Entwicklung der Exekutiven Funktionen

Die Entwicklung von Kindern besser zu verstehen, ist ein wichtiges Ziel der Entwicklungspsychologie. Nur wenn klar ist, wie der normale Entwicklungsverlauf aussieht, können Abweichungen festgestellt und Maßnahmen getroffen werden, um Kinder in ihrer Entwicklung besser zu unterstützen (Anderson, 2002). Querschnitts- und Längsschnittstudien können zum Erkenntnisgewinn beitragen, benötigen dafür aber sensible, kindgerechte Messinstrumente, die Veränderungen in den Fähigkeiten von Kindern verlässlich abbilden.

Obwohl sich die Mehrheit aller Studien zur Entwicklung der EF dem Kindergartenalter widmet, verlangen die inkonsistenten Ergebnisse zu den spezifischen Entwicklungsverläufen und Einflussfaktoren nach weiteren Untersuchungen (Best & Miller, 2010; Garon et al., 2008). Diese Inkonsistenzen sind vor allem auf die Verwendung von unterschiedlichen Messverfahren und Leistungsindikatoren zurückzuführen (Baker, Segalowitz & Ferlisi, 2001; Huizinga et al., 2006). Es wird davon ausgegangen, dass die eingesetzten Messverfahren unterschiedlich gut in der Lage sind, Entwicklungsfortschritte zu identifizieren (Diamond, 2013). So bleibt unklar, inwieweit Ergebnisse zu Entwicklungsverläufen und -sequenzen primär auf Unterschiede im Fokus, in der Sensibilität und im Anforderungsgrad der genutzten Aufgaben zurückzuführen sind. Ein Vergleich von Studienergebnissen wird dadurch nahezu unmöglich (Best & Miller, 2010; Morra et al., 2018).

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, einen genaueren Einblick in die Entwicklung der EF von Kindern zwischen 3 und 6 Jahren zu gewinnen. Dabei waren sowohl der Entwicklungsverlauf, die Sequenz, in der die verschiedenen Fähigkeiten akquiriert werden, sowie qualitative und quantitative Veränderungen in den EF von Interesse. Darüber hinaus wurden Zusammenhänge zwischen den einzelnen EF sowie zwischen verschiedenen sozioökonomischen Variablen und den EF untersucht, da diese maßgeblich mit der Entwicklung der EF in Zusammenhang stehen (Lawson et al., 2018). Im Gegensatz zu den meisten vorliegenden Studien wurde in der vorliegenden Studie der Vergleich von Altersgruppen vorgenommen, die im Alter im Durchschnitt sechs Monate auseinanderliegen (vgl. aber Diamond & Taylor, 1996). Verglichen mit Studien, die über die Entwicklung von einem Jahr Vergleiche ziehen, ließ dies eine engmaschigere Analyse der Entwicklungsfortschritte zu. Außerdem wurden die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting mit jeweils mindestens zwei verschiedenen Messverfahren erfasst. So konnten genauere Einblicke in Entwicklungsverläufe gewonnen, die Sequenzen in der Entwicklung der einzelnen Komponenten zueinander in Bezug gesetzt und die

Ergebnisse aus unterschiedlichen Messverfahren, die vermeintlich dasselbe Konstrukt erfassen, miteinander verglichen werden.

Des Weiteren wurde die Eignung der eingesetzten Testverfahren zur Erfassung der EF in dieser Altersspanne und ihr möglicher Einfluss auf die erlangten Befunde untersucht. Dafür wurden die kognitiven Prozesse, die die eingesetzten Messverfahren im Einzelnen erfordern, eingehend analysiert. Im Zentrum stand dabei die Frage, wie gut die einzelnen Messverfahren in den unterschiedlichen Altersgruppen funktionieren und inwieweit sie geeignet sind, entwicklungsbedingte Unterschiede in den EF nachzuweisen. In diesem Zuge wurde die Alterssensitivität über Decken- und Bodeneffekte sowie die Abbruchraten der Aufgaben in den Altersgruppen verglichen.

Darüber hinaus wurden die Zusammenhänge zwischen den EF auf Kindebene und dem sozioökonomischen Status der Familie untersucht. Um einen tieferen Einblick in den Zusammenhang zwischen den EF und sozioökonomischen Variablen zu erhalten (Raver, Blair & Willoughby, 2013), wurden im Gegensatz zu anderen Studien verschiedene Indikatoren für den sozioökonomischen Status herangezogen und ihre spezifischen Zusammenhänge mit den EF verglichen.

Konkret wurden in dieser Studie die folgenden drei Hypothesen geprüft: 1) Es zeigen sich für alle drei exekutiven Kernfunktionen eine signifikante Leistungssteigerung mit zunehmendem Alter. 2) Es finden sich signifikante Korrelationen zwischen den Leistungen in den EF-Tests unabhängig davon, ob diese dieselbe exekutive Kernfunktion erfassen oder nicht. 3) Es bestehen signifikante Korrelationen zwischen den EF-Tests und dem sozioökonomischen Status der Kinder.

4.1 Methoden

4.1.1 Stichprobe

Die Stichprobe wurde im Rahmen der Interventionsstudie *EMIL Baden-Württemberg* rekrutiert, mit welcher das ZNL TransferZentrum für Neurowissenschaften und Lernen (Universität Ulm) von der Baden-Württemberg Stiftung beauftragt wurde. Die Rekrutierung lief über Kindertageseinrichtungen, welche sich für die Teilnahme an *EMIL* beworben haben. Aus den über 100 Bewerbungen wurden 25 Kindertageseinrichtungen aus städtischen und ländlichen Regionen in Baden-Württemberg für die Teilnahme ausgelost.

Insgesamt nahmen $N = 530$ Kinder im Alter zwischen 3 und 6 Jahren ($M_{\text{Alter}} = 57$ Monate, $SD_{\text{Alter}} = 10.7$, 50% Mädchen) an der Prä-Messung von *EMIL* teil. Für alle teilnehmenden Kinder lagen Einverständniserklärungen der Erziehungsberechtigten vor. Die Kinder wurden in sechs Altersgruppen aufgeteilt, welche sich in ihrem Alter im Mittel um jeweils ein halbes Jahr unterschieden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Größe

der einzelnen Altersgruppen und der Gesamtstichprobe sowie das Durchschnittsalter in Monaten und die Standardabweichung.

Tabelle 3

Übersicht über die sechs Altersgruppen (Durchschnittsalter und Standardabweichung)

	Altersgruppe						Total
	3.5 Jahre	4 Jahre	4.5 Jahre	5 Jahre	5.5 Jahre	6 Jahre	
N	97	68	85	108	94	78	530
M_{Monate}	40	48	54	60	66	72	57
SD_{Monate}	2.0	1.8	1.7	1.9	1.7	1.5	10.7

4.1.2 Messverfahren und Fragebögen

Erfassung der Exekutiven Funktionen

Insgesamt wurden sieben neuropsychologische Tests zur Erfassung der EF durchgeführt, welche zum Teil aus mehreren Untertests bestanden. Bei der Auswahl der Tests wurde darauf geachtet, dass diese bereits in anderen Studien erfolgreich bei Kindern im Kindergartenalter eingesetzt wurden. Jede der drei Kernfunktionen sollte dabei durch mindestens zwei unterschiedliche Aufgaben gemessen werden. Darüber hinaus sollten verschiedene Aspekte der Kernfunktionen erfasst werden. Konkret bedeutet dies die Auswahl von Aufgaben, die in Bezug auf die Inhibition sowohl die Konflikthinhibition als auch der Belohnungsaufschub (Carlson & Moses, 2001) und in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis sowohl die phonologische als auch die räumlich-visuelle Komponente (Baddeley, 1986) erfassten. Die eingesetzten Tests werden im Folgenden im Detail vorgestellt. Es wird beschrieben, wie die Tests durchgeführt und ausgewertet wurden. Darüber hinaus wird erörtert, welche kognitiven Prozesse in den einzelnen Aufgaben gefordert sind.

Tower (adaptiert von Carlson, 2005; Kochanska et al., 1996). In dem Test wurde das Kind aufgefordert, gemeinsam mit dem Testleiter aus Holzbausteinen einen Turm aufzubauen. Der Testleiter erklärte dem Kind zunächst, dass immer abwechselnd ein Stein von dem Kind und ihm selbst gelegt werden sollte. In einem Testdurchlauf, in dem ein Turm aus sechs Steinen gelegt wurde, wurde sichergestellt, dass das Kind diese Regel verstanden hat. Bei dem anschließenden Turmbau aus 15 Steinen wartete der Testleiter mit dem Legen seines Bausteins, bis das Kind ihm verbal, durch eine Geste oder durch Abwarten zu verstehen gab, dass er nun an der Reihe ist. Legte das Kind zwei oder mehr Steine direkt nacheinander, wurde es vom Testleiter nicht darauf hingewiesen oder die Regel wiederholt. Wurden alle 15 Bausteine zu einem Turm verbaut, legte der Testleiter seine Hand auf den obersten Stein und erklärte, dass nun dieser Turm abgebaut und aus

den Steinen direkt daneben ein neuer Turm aufgebaut werden sollte. Er wiederholte die Regel, dass sich der Testleiter und das Kind dabei mit dem Legen eines Steins abwechseln. Auch hier legte der Testleiter erst einen Stein, wenn er dazu vom Kind aufgefordert wurde. Es wurde für jeden der beiden Türme gezählt, wie viele Steine richtig vom Kind gelegt wurden und wie viele es den Testleiter legen ließ. Die maximal zu erreichende Punktzahl pro Durchgang war 13, da der Testleiter immer den ersten Stein legte. Es konnten also insgesamt 26 Punkte erreicht werden. Abbildung 6 zeigt die Versuchsmaterialien und die Durchführung des *Towers*. Im Gegensatz zu Kochanska et al. (1996) wurden in dieser Studie nur zwei und nicht drei Durchläufe durchgeführt und 15 anstelle von 20 Bausteinen eingesetzt. Die Pilotierung zeigte, dass der Turm mit 20 Steinen bei unsorgfältigem Aufbau schnell instabil wurde, was zum vorzeitigen Einsturz des Turmes und zu einer Unterbrechung führte. Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, nur 15 Bausteine zur Verfügung zu stellen. Beim *Tower* ging es um die Verhaltenssteuerung in sozialer Interaktion. Um die Regel einhalten zu können, musste das Kind eine Handlung initiieren, wenn es an der Reihe war, und eine Handlung hemmen, wenn es nicht an der Reihe war (Kochanska et al., 1996). Dafür musste das Kind den präpotenten Impuls, selbst die Steine zu legen und nicht auf den Testleiter zu warten, unterdrücken (Carlson & Moses, 2001). Damit stand die Inhibition bei diesem Test im Vordergrund, auch wenn die Aufrechterhaltung der Regel ebenfalls das Arbeitsgedächtnis forderte.



Abbildung 6. Versuchsmaterial und Aufbau von *Tower* (links) und die Durchführung (rechts).

Sticker Choice (adaptiert von Prencipe & Zelazo, 2005). In diesem Test wurde das Kind vor die Wahl gestellt, nun sofort einen Sticker zu bekommen oder am Ende der Testung zwei Sticker. Die drei Sticker wurden vor das Kind hingelegt, wobei der eine Sticker abseits der anderen beiden lag, um eine Unterscheidung deutlicher zu machen. Die Sticker waren alle gleich groß und zeigten mit der Abbildung nach unten, so dass das Kind in seiner Wahl nicht durch die Attraktivität des Stickers beeinflusst wurde. Es wurde erklärt, dass das

Kind - falls es sich für den einzelnen Sticker entscheidet - diesen sofort erhält. Sollte es sich dafür entscheiden, lieber nach der Testung zwei Sticker zu erhalten, würden diese in einen Umschlag gelegt und darin bis zum Ende der Testung aufbewahrt. Entschied sich das Kind für den einen Sticker, wurde es nach dem nächsten Test erneut vor eine Wahl gestellt. Diesmal wurden vier Sticker vor dem Kind hingelegt (einer davon wieder deutlich abseits der anderen platziert) und es wurde gefragt, ob es nun sofort einen Sticker haben wolle oder am Ende der Testung drei Sticker. Die Erklärung erfolgte nach demselben Muster wie oben beschrieben. Entschied sich das Kind im ersten Durchgang zu warten, erhielt es zwei Punkte. Entschied es sich im ersten Durchgang nicht zu warten und im zweiten Durchgang zu warten, erhielt es einen Punkt. Entschied sich das Kind in keinem der Durchgänge zu warten, erhielt es null Punkte. Mit der *Sticker Choice*-Aufgabe wurde die Fähigkeit zur Inhibition gemäß des Prinzips des Belohnungsaufschubs in einer affektiven Entscheidungssituation getestet (Prencipe & Zelazo, 2005). Die Kinder waren gefordert, den Impuls, eine sofortige Belohnung in Form eines Stickers zu erhalten, zu unterdrücken, um so die doppelte bzw. dreifache Menge von Stickern zu erhalten.

Hearts & Flowers (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2007). Die computergestützte Aufgabe bestand aus drei Bedingungen: *kongruent*, *inkongruent* und *gemischt*. Bei jeder Bedingung erschien auf dem Bildschirm ein Symbol (ein rotes Herz bzw. eine blaue Blume). Abhängig von der Position dieses Reizes (links oder rechts) musste das Kind entsprechend der geltenden Regel einen Knopf (links oder rechts) drücken. Die Regel, unter welchen Umständen der linke oder der rechte Knopf zu drücken war, änderte sich nach jeder Bedingung.

In der ersten *kongruenten Bedingung* sah das Kind ein auf der rechten oder linken Seite des Bildschirmzentrums erscheinendes rotes Herz. Erschien das Herz auf der rechten Seite, sollte es die rechte von zwei Tasten an einem Portkästchen drücken. Erschien das Herz auf der linken Seite, sollte es die linke Taste drücken. Diese Bedingung diente der Etablierung eines stabilen Reaktionsmusters und einer dominanten Antwort (drücken auf der Seite, auf der das Herz zu sehen war). Weil die erwünschte Antwort hier mit der ohnehin dominanten Antworttendenz übereinstimmte und zuvor noch keine anderen Regeln formuliert worden waren, ist die Anforderungen an die Inhibition und das Arbeitsgedächtnis im ersten Block vergleichsweise gering.

Anschließend wurde die *inkongruente Bedingung* präsentiert. Nun erschienen anstelle der roten Herzen blaue Blumen. Wurde die Blume auf der rechten Seite sichtbar, sollte das Kind nun die linke Taste drücken. Erschien die Blume auf der linken Seite, sollte das Kind nun die rechte Taste drücken. Diese Bedingung diente der Erfassung der Inhibition, weil das Kind eine ohnehin dominante und durch die Lernerfahrung im ersten

Block noch verstärkte Tendenz, immer auf der Seite den Knopf zu drücken, auf der die Blume zu sehen war, hemmen musste. Darüber hinaus musste das Kind die neue, nicht dominante Regel im Arbeitsgedächtnis aufrechterhalten.

In der *gemischten Bedingung* erschienen abwechselnd rote Herzen und blaue Blumen auf der rechten oder linken Bildschirmhälfte. Das Kind sollte nun die beiden zuvor gelernten Regeln parallel anwenden und musste dafür flexibel zwischen ihnen hin- und herschalten, je nachdem, ob ein rotes Herz oder eine blaue Blume gezeigt wurde (Davidson et al., 2006; Oberle & Schonert-Reichl, 2013; Wright & Diamond, 2014). Das flexible Anpassen der Reaktion an den Stimulus erforderte vor allem Shifting (Calderon, Jambaqué, Bonnet & Angeard, 2014). Dafür mussten beide Regeln aufrechterhalten werden, was die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis zusätzlich erhöhte.

Jede Bedingung bestand aus 10 Probetrials mit Feedback und 20 Test-Trials ohne Feedback. Als abhängiges Maß diente die Korrektheit der Reaktion. Es konnten also 20 Punkte pro Bedingung bzw. 60 Punkte insgesamt erreicht werden. Zusätzlich wurde zur Kontrolle die Reaktionszeit der Kinder bei jedem Trial erfasst. Reagierte das Kind schneller als 200 Millisekunden nach dem Erscheinen des Stimulus, erfolgte die Reaktion gemäß Davidson et al. (2006) zu schnell, um wirklich als Reaktion auf den Stimulus zu gelten und wurde deshalb als Fehler gewertet. Abbildung 7 zeigt den schematischen Versuchsaufbau des *Hearts & Flowers*.

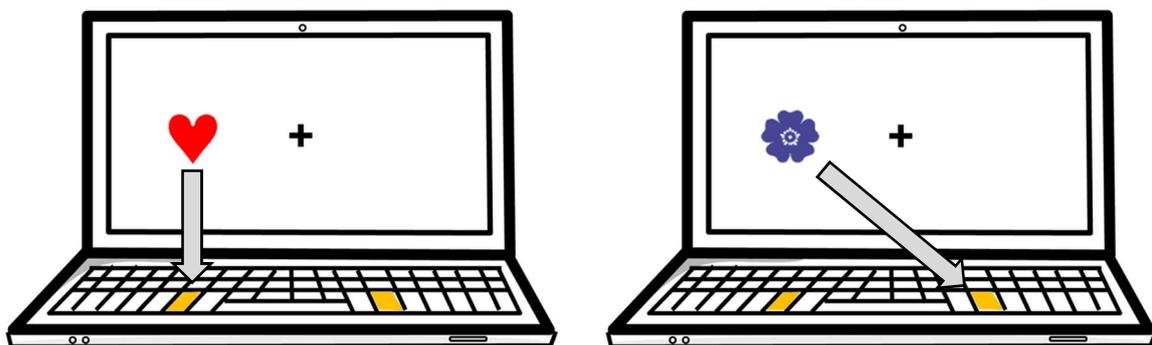


Abbildung 7. Schematischer Versuchsaufbau des *Hearts & Flowers kongruent* (links) und *inkongruent* (rechts).

Dimensional Change Card Sort (DCCS; Zelazo, 2006). Bei dieser Sortieraufgabe wurden dem Kind Karten mit einem roten Laster oder einem blauen Stern gezeigt. Das Kind wurde aufgefordert, diese Karten nach wechselnden Regeln in zwei Behälter zu sortieren. Einer der Behälter zeigte bivalent zur den zu sortierenden Karten einen blauen Laster, der andere zeigte ebenfalls bivalent einen roten Stern. In der ersten Kondition, dem *Farben-Spiel*, sollte das Kind sechs Karten nach Farbe sortieren (die roten Laster in den Behälter

mit dem roten Stern und die blauen Sterne in den Behälter mit dem blauen Laster). In der zweiten Kondition, dem *Formen-Spiel*, sollte das Kind sechs Karten anhand der abgebildeten Form in die zwei Behälter sortieren (die roten Laster in den Behälter mit dem blauen Laster und die blauen Sterne in den Behälter mit dem roten Stern). Sofern das Kind mindestens fünf der sechs Karten im Formen-Spiel korrekt sortiert hatte, wurde die dritte Bedingung, das *Fortgeschrittenen-Spiel*, durchgeführt. Die Hälfte der zu sortierenden Karten zeigte nun einen schwarzen Rand um die Abbildung. Dem Kind wurde erklärt, dass alle Karten, die einen schwarzen Rand haben, nach ihrer Farbe und alle Karten ohne Rand nach ihrer Form sortiert werden sollten. Das Kind wurde dann aufgefordert, zwölf Karten unter flexibler Anwendung der Regeln zu sortieren. Die Karten, die das Kind in den drei Konditionen zur Verfügung hat, waren so vorsortiert, dass sie immer in der gleichen Reihenfolge vorlagen. Für jede korrekt sortierte Karte erhielt das Kind einen Punkt. Es war somit eine maximale Punktzahl von 24 zu erreichen. Der *DCCS* diente der Erfassung von Shifting (Anderson & Reidy, 2012; Chevalier & Blaye, 2009; Diamond et al., 2005; Perone et al., 2015; White et al., 2017). Abbildung 8 zeigt die Versuchsmaterialien und die Durchführung des *DCCS*. Der Wechsel der Regel von der ersten zur zweiten Bedingung wie auch der Wechsel von Karte zu Karte in der dritten Bedingung erforderte die flexible Anpassung von Verhalten. Da sich das Kind in der dritten Bedingung mehrere Regeln parallel merken musste, erhöhte sich hier auch die Anforderung an das Arbeitsgedächtnis.



Abbildung 8. Versuchsmaterial und Aufbau des *DCCS* (links) und die Durchführung (rechts).

Zahlen nachsprechen vorwärts (ZNV; Petermann & Petermann, 2007). Bei dem Test wurden dem Kind vom Testleiter Zahlenreihen von zunehmender Länge vorgelesen. Dem Kind wurde dabei gesagt, dass die Zahlen die Namen von freundlichen Monstern seien, die auf dem Zahlenplaneten wohnen. Das Kind wurde aufgefordert, diese vollständig und in derselben Reihenfolge zu wiederholen, um ein Monster zu rufen. Der Testleiter begann mit dem Verlesen von zwei Zahlen in einer Geschwindigkeit von einer Zahl pro Sekunde.

Konnte das Kind die Zahlen korrekt wiedergeben, zeigte der Testleiter ihm eine kleine Bildkarte eines Monsters. Wiederholte das Kind zwei Zahlenreihen derselben Länge korrekt, erhöhte sich die Länge der Zahlenreihe um jeweils eine Zahl. Für jede korrekt wiederholte Reihe erhielt das Kind einen Punkt. Die maximal zu erreichende Punktzahl betrug 12. Abbildung 9 zeigt die Versuchsmaterialien und die Durchführung der Aufgabe. Der ZNV ist ein gängiges Instrument zur Erfassung der phonologischen Schleife des Arbeitsgedächtnisses (Bull et al., 2011; Wiebe et al., 2008). Er erfordert allein die Aufrechterhaltung von Informationen, nicht die mentale Weiterverarbeitung (Gathercole et al., 2004).



Abbildung 9. Versuchsmaterial des Zahlen nachsprechen vorwärts und rückwärts (links) und die Durchführung (rechts).

Zahlen nachsprechen rückwärts (ZNR; Petermann & Petermann, 2007). Im Gegensatz zum zuvor beschriebenen ZNV, wurde das Kind aufgefordert, die Zahlen in umgekehrter Reihenfolge zu wiederholen. Nach zwei korrekten Wiedergaben der verlesenen Zahlen in umgekehrter Reihenfolge, verlängerte sich die Zahlenreihe um eine Zahl. Für jede korrekte Reihe erhielt das Kind einen Punkt. Es konnten maximal 6 Punkte erreicht werden. Dieser Test ist ein viel genutztes Instrument zur Erfassung des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bei Vor- und Grundschulkindern (z. B. Usai et al., 2014; van der Ven et al., 2013). Die Aufgabe erforderte neben der Aufrechterhaltung von Information auch Updating, da das Kind die gehörte Abfolge mental umdrehen muss, um sie rückwärts aufsagen zu können. Darüber hinaus wurde ein gewisses Maß an Inhibition verlangt, da die Tendenz die Zahlen in korrekter Reihenfolge zu wiederholen, unterdrückt werden musste (Carlson, 2005).

Block Recall (Milner, 1971). Zwischen dem Testleiter und dem Kind befand sich eine Platte, auf der in scheinbar beliebiger Reihenfolge neun Holzquader aufgeklebt waren. Der Testleiter tippte zunächst zwei der Holzquader mit einem dünnen Holzstab in einer festgelegten Reihenfolge an (ein Quader pro Sekunde). Das Kind wurde aufgefordert, dieselben Quader in derselben Reihenfolge mit seinem eigenen Holzstab anzutippen. War das Kind in der Lage, drei verschiedene Sequenzen der gleichen Länge richtig nach zu tippen, erhöhte sich die Sequenz um einen weiteren Quader. Das Kind erhielt einen Punkt für jede richtig nachgetippte Sequenz. Die maximal zu erreichende Punktzahl betrug 16. Abbildung 10 zeigt die Versuchsmaterialien und die Durchführung des *Block Recall*. Dieser Test diente der Erfassung der räumlich-visuellen Arbeitsgedächtnisspanne (z. B. Alloway, Gathercole & Pickering, 2006; Alloway & Temple, 2007), da die Kinder die gesehene Sequenz mental aufrechterhalten müssen, um diese anschließend nachtippen zu können.

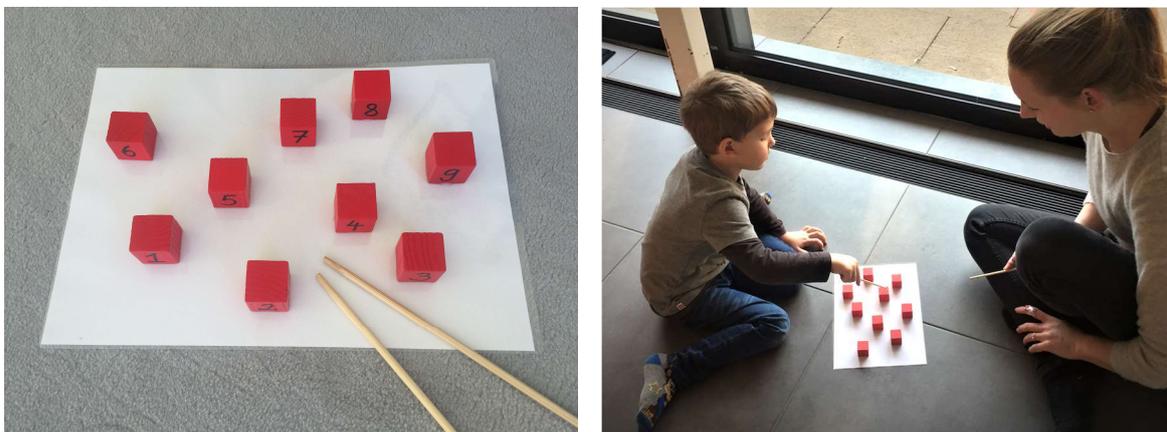


Abbildung 10. Versuchsmaterial des *Block Recall* (links) und die Durchführung (rechts).

Bei jeder der eingesetzten Aufgabe steht die Erfassung eines bestimmten exekutiven Prozesses im Vordergrund. Die Beschreibung der Aufgaben macht jedoch deutlich, dass neben diesem noch weitere kognitive Prozesse gefordert sind. Tabelle 4 gibt einen Überblick darüber, welche Aufgabe welchen der drei exekutiven Hauptprozesse erfassen soll sowie welche weiteren kognitiven Prozesse bei der Bearbeitung der Aufgabe eine Rolle spielen. Daraus resultierend wurden die Tests den drei exekutiven Kernfunktionen wie folgt zugeteilt: *Tower*, *Sticker Choice* und *Hearts & Flowers inkongruent* erfassen Inhibition, *ZNV*, *ZNR* und *Block Recall* erfassen Arbeitsgedächtnis und *Hearts & Flowers gemischt* und *DCCS* erfassen Shifting.

Tabelle 4

Zuordnung der Messverfahren zu den drei exekutiven Kernfunktionen

Messverfahren	Exekutiver Hauptprozess	Weitere exekutive Prozesse
Tower	Verhaltensinhibition	Arbeitsgedächtnis: Aufrechterhaltung der Regel
Sticker Choice	Belohnungsaufschub	Arbeitsgedächtnis: Abwägen der Möglichkeiten
Hearts & Flowers inkongruent	Conflict Inhibition	Arbeitsgedächtnis: Aufrechterhaltung der Regel
Zahlen nachsprechen vorwärts (ZNV)	phonologisches Arbeitsgedächtnis	---
Zahlen nachsprechen rückwärts (ZNR)	phonologisches Updating	Inhibition: Hemmung die Zahlen vorwärts zu wiederholen
Block Recall	räumlich-visuelles Arbeitsgedächtnis	---
Hearts & Flowers gemischt	Kognitive Flexibilität	Arbeitsgedächtnis: Aufrechterhaltung beider Regeln Inhibition: Hemmung des gerade nicht geltenden Regel
Dimensional Change Card Sort (DCCS)	Shifting	Arbeitsgedächtnis: Aufrechterhaltung beider Regeln Inhibition: Hemmung der gerade nicht geltenden Regel

Erfassung des sozioökonomischen Status

Der sozioökonomische Status des Kindes wurde über einem selbstentwickelten Fragebogen (s. Anhang 10.1) erfasst, der von den Erziehungsberechtigten ausgefüllt wurde. Mit Hilfe des Fragebogens wurden Informationen zum Bildungsstand und Berufsstand beider Erziehungsberechtigten (sofern vorhanden), zum Nettoeinkommen, welches der Familie monatlich zur Verfügung steht, sowie zur Familiensprache erhoben. Es lagen neben der deutschen Version auch eine englische, eine türkische und eine russische Version des Fragebogens vor.

4.1.3 Durchführung

Die Datenerhebungen wurden in Form von Einzeltestungen in einem ruhigen Raum in der Kindertagesstätte des teilnehmenden Kindes von einer geschulten wissenschaftlichen Hilfskraft durchgeführt. Die Tests wurden aufgrund der Begründung von Carlson und Moses (2001) immer in derselben Reihenfolge erhoben. Die Reihenfolge wurde so festgelegt, dass in aufeinanderfolgenden Tests stets unterschiedliche Komponenten der EF gefordert wurden, um Ermüdungserscheinungen entgegenzuwirken (Powell & Carey, 2017).

Bei den beiden jüngsten Altersgruppen (3.5- und 4-Jährige) wurden zwei der sieben Tests (*Hearts & Flowers* und *ZNR*) nicht erhoben. Der *Hearts & Flowers* wurde aufgrund der Altersempfehlung der Entwickler (Diamond et al., 2007) und der zu vermuteten kognitiven Überforderungen der beiden jüngsten Altersgruppen bei diesen weggelassen. Für den *ZNR*, der im Allgemeinen ab einem Alter von 4 Jahren eingesetzt wird (Alloway, 2007; Gathercole, Brown & Pickering, 2003), berichten Bull, Espy und Wiebe (2008) und Usai et al. (2014), dass in ihren Studien ein Großteil der 4-jährigen Kinder nicht in der Lage waren, zwei Zahlen in umgekehrter Reihenfolge zu nennen. Dies hatte eine stark eingeschränkte Variabilität in dieser Altersgruppe zur Folge. Aufgrund der Befunde wurde die Entscheidung getroffen, beide Tests erst ab einem Alter von 4.5 Jahren durchzuführen. Die 3.5- und 4-jährigen Kinder nahmen in der folgenden Reihenfolge an den Tests teil: 1) *Tower*, 2) *Sticker Choice*, 3) *ZNV*, 4) ggf. *Sticker Choice*, 5) *DCCS* und 6) *Block Recall*. Den Kindern ab 4.5 Jahren wurden die Tests in der folgenden Reihenfolge präsentiert: 1) *Tower*, 2) *Sticker Choice*, 3) *Hearts & Flowers*, 4) ggf. *Sticker Choice*, 5) *ZNV*, 6) *ZNR*, 7) *DCCS* und 8) *Block Recall*.

Da sich die Anzahl der Tests für die jüngeren von den älteren Kindern unterschied, dauerte die Untersuchung unterschiedlich lang. Bei den jüngeren Kindern dauerte die Erhebung im Durchschnitt 20 Minuten, bei den älteren im Durchschnitt 30 Minuten. Am Ende der Testung erhielten alle Kinder zum Dank für ihre Teilnahme ein kleines Geschenk.

Der Fragebogen für die Erziehungsberechtigten zur Erfassung der sozioökonomischen Daten wurde im Anschluss an die Datenerhebung über die pädagogischen Fachkräfte an diese ausgegeben. Für die Rücksendung des ausgefüllten Fragebogens an das Forschungszentrum konnten die Erziehungsberechtigten entweder einen vorfrankierten Rückumschlag nutzen, welcher dem Bogen beigelegt war, oder diesen in einem verschlossenen Umschlag in der Kindertagesstätte ihres Kindes abgeben.

4.1.4 Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mit IBM SPSS Statistics für Windows Version 22 (IBM Corp., 2013) durchgeführt. Zunächst wurde anhand von Chi-Quadrat-Tests überprüft, ob sich Unterschiede in den sozioökonomischen Daten zwischen den sechs Altersgruppen zeigen. Im nächsten Schritt wurden für alle Performanzindikatoren der EF Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Fehlende Werte wurden nicht imputiert. Korrelationen zwischen den Tests der EF sowie mit sozioökonomischen Variablen wurden nach Spearman berechnet.

Alle Indikatoren wurden mit dem Shapiro-Wilk-Test auf ihre Verteilung und mit dem Levene-Test auf die Homogenität der Varianzen geprüft. Der Shapiro-Wilk-Test zeigte, dass keine der Variablen normalverteilt war, weder für die gesamte Stichprobe noch für die

einzelnen Altersgruppen ($p_s < .001$). Der Levene-Test zur Überprüfung der Homogenität der Varianzen zeigte, dass die Daten für sechs Tests (*Tower*, *Sticker Choice*, *Hearts & Flowers inkongruent* und *gemischt*, *DCCS* und *Block Recall*) keine Varianzhomogenität aufwiesen ($p_s < .01$). Da darüber hinaus die Stichprobengrößen in den einzelnen Altersgruppen voneinander abwichen, wurde die robustere Welch-ANOVA zur Berechnung von Altersunterschieden und Post-Hoc-Analysen nach Games-Howell-Tests durchgeführt (Field, 2013). Der Games-Howell-Test kontrolliert für den Fehler 1. Art bei multiplen Vergleichen und hält das voreingestellte Signifikanzniveau aufrecht, auch wenn sich die Größe der einzelnen Stichproben unterscheidet (Lee & Lee, 2018).

Für die deskriptiven Analysen der Alterssensitivität der Messinstrumente und der Entwicklungssequenzen der drei Kernfunktionen wurden mit Hilfe von Microsoft Excel (2016) die prozentualen Anteile an korrekten Antworten unter Berücksichtigung der maximal zu erreichenden Punktzahl berechnet und grafisch dargestellt.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Beschreibung der Stichprobe

Mit Hilfe des Elternfragebogens (s. Kapitel 4.1.2) wurden über die Erziehungsberechtigten Daten zum sozioökonomischen Hintergrund der Stichprobe erfragt. Es ist anzumerken, dass die Rücklaufquote für den Fragebogen 90% betrug. Auskunft über das Familieneinkommen fehlte für 32% aller Kinder. Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Stichprobengröße, das Durchschnittsalter und die Geschlechterverteilung der Kinder, die Schul- und Berufsbildung beider Erziehungsberechtigten, die Familiensprache und das Familieneinkommen über alle Altersgruppen hinweg sowie für jede der sechs Altersgruppen separat. Die Schul- und Berufsbildung der Stichprobe repräsentierte die Bevölkerung in Baden-Württemberg gut (vgl. Ballreich, 2015). Das Einkommen lag im mittleren bis hohen Bereich und im Allgemeinen etwas höher als der landesweite Durchschnitt (Eisenreich, 2015).

Chi-Quadrat-Tests wurden durchgeführt, um eventuelle Abweichungen in den sozioökonomischen Daten zwischen den sechs Altersgruppen zu erkennen. Die Ergebnisse zeigten, dass allein in Bezug auf die Schulbildung der Mutter signifikante Unterschiede bestehen ($\text{Chi-Quadrat}(18) = 38.39$, $p = .00$, Kontingenzkoeffizient = .27). Da der Wert des Kontingenzkoeffizienten jedoch unter .30 liegt, wird von einem nicht sehr starken Zusammenhang ausgegangen.

Tabelle 5

Stichprobenbeschreibung und Chi-Quadrat-Vergleiche zwischen den Altersgruppen

	Altersgruppe							Chi ² -Test		
	Total	3.5	4	4.5	5	5.5	6	x ²	df	p
<i>N</i>	530	97	68	85	108	94	78			
Alter in Monaten										
<i>M</i>	56.5	40.1	47.7	53.8	59.8	65.7	71.8			
<i>SD</i>	10.7	2.5	1.8	1.7	1.9	1.7	1.5	--	--	
Geschlecht %										
weiblich	50.0	38.1	51.5	50.6	55.6	48.9	56.4	8.18	5	.15
männlich	50.0	61.9	48.5	49.4	44.4	51.1	43.6			
Schulbildung Mutter %										
kein Schulabschluss	1.7	0.0	0.0	2.4	0.9	2.1	5.1	38.39	18	.00
Hauptschulabschluss	20.2	15.5	13.2	29.4	15.7	26.6	20.5			
Realschulabschluss	35.5	25.8	44.1	34.1	41.7	36.2	32.1			
Abitur/Fachhochschulreife	31.7	47.4	30.9	24.7	29.6	26.6	29.5			
fehlende Angabe	10.9	11.3	11.8	9.4	12.0	8.5	12.8			
Schulbildung Vater %										
kein Schulabschluss	2.3	2.1	1.5	1.2	1.9	3.2	3.8	12.19	18	.84
Hauptschulabschluss	25.3	24.7	22.1	32.9	20.4	26.6	25.6			
Realschulabschluss	24.5	19.6	26.5	24.7	29.6	26.6	19.2			
Abitur/Fachhochschulreife	35.5	39.2	36.8	31.8	36.1	33.0	35.9			
fehlende Angabe	12.5	14.4	13.2	9.4	12.0	10.6	15.4			
Berufliche Bildung Mutter %										
kein Abschluss	10.4	9.3	7.4	10.6	7.4	9.6	19.2	35.34	30	.23
Berufsausbildung	54.2	49.5	60.3	57.6	52.8	56.4	50.0			
Meister/Techniker/ Fachschulabschluss	5.5	5.2	7.4	8.2	6.5	5.3	0.0			
Fachhochschul- bzw. Berufsakademiestudium	9.8	17.5	7.4	5.9	9.3	9.6	7.7			
Universitätsstudium	7.2	6.2	2.9	7.1	10.2	8.5	6.4			
Promotion/Habilitation	0.9	0.0	1.5	1.2	0.9	0.0	2.6			
fehlende Angabe	12.1	12.4	13.2	9.4	13.0	10.6	14.1			
Berufliche Bildung Vater %										
kein Abschluss	7.0	6.2	4.4	4.7	8.3	9.6	7.7	28.54	30	.54
Berufsausbildung	36.8	42.3	39.7	37.6	33.3	37.2	30.8			
Meister/Techniker/ Fachschulabschluss	15.7	7.2	17.6	21.2	13.9	18.1	17.9			
Fachhochschul- bzw. Berufsakademiestudium	14.7	19.6	14.7	15.3	13.0	9.6	16.7			
Universitätsstudium	8.9	10.3	7.4	9.4	13.9	6.4	3.8			
Promotion/Habilitation	2.8	0.0	2.9	2.4	2.8	4.3	5.1			
fehlende Angabe	14.2	14.4	13.2	9.4	14.8	14.9	17.9			
Familiensprache %										
Deutsch	80.4	81.4	77.9	81.2	78.7	81.9	80.8	1.38	5	.93
andere Sprache	9.4	7.2	11.8	10.6	10.2	9.6	7.7			
fehlende Angabe	10.2	11.3	10.3	8.2	11.1	8.5	11.5			
Nettoeinkommen %										
weniger als 1500 €	9.3	11.4	5.8	6.0	8.3	10.7	12.7	28.84	36	.80
1501 - 2000 €	9.2	7.2	7.4	8.2	14.8	7.4	9.0			
2001 - 3000 €	22.1	27.8	27.9	20.0	15.7	23.4	19.2			
3001 - 4000 €	16.0	15.5	16.2	17.6	18.5	14.9	12.8			
4001 € und mehr	11.5	13.4	10.3	10.6	13.9	9.6	10.3			
fehlende Angabe	31.9	24.7	32.4	37.6	28.7	34.0	35.9			

4.2.2 Deskriptive Ergebnisse

Fehlende Werte sind vor allem auf den vorzeitigen Abbruch der Testsituation aufgrund von Überforderung oder fehlender Motivation des Kindes zurückzuführen. Bei der Mehrheit der Aufgaben ist der prozentuale Anteil an fehlenden Werten gering (< 1% bei *Tower* und *Sticker Choice*, < 3% bei *DCCS*, *ZNV*, *ZNR* und *Block Recall*). Der *Hearts & Flowers* hat mit 12-13% den höchsten Anteil an fehlenden Werten. Obgleich der Test nur bei Kindern durchgeführt wurde, die das 4. Lebensjahr schon erreicht hatten, brachen mehr als 12% der Kinder vor der Beendigung der ersten 20 Trials der *kongruenten* Bedingung den Test ab. Grund dafür ist höchstwahrscheinlich die Länge und die Monotonie des Tests.

Im nächsten Schritt wurden die Durchschnittswerte und Standardabweichungen sowohl für die gesamte Stichprobe als auch für die sechs Altersgruppen separat berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6 dargestellt. Die gesamte Stichprobe erreichte im *Tower* im Durchschnitt 24.47 der 26 Punkte. Die 5-Jährigen erreichen minimal höhere Werte als die 5.5- und die 6-Jährigen. Sie haben die niedrigste Standardabweichung von allen Altersgruppen. Für den *Sticker Choice* zeigt sich im Allgemeinen eine Leistungssteigerung mit zunehmendem Alter. Allein zwischen den 4.5- und den 5-Jährigen ist kein Unterschied in der Leistung zu beobachten. Die Werte für den *Hearts & Flowers kongruent* liegen in allen Altersgruppen über dem Zufallsniveau (10 Punkte). Beim *Hearts & Flowers inkongruent* liegen die 4.5-Jährigen mit einem Mittelwert von 11.68 von 20 Punkten gerade über dem Zufallsniveau. Wie bei der *kongruenten* Bedingung steigern sich die Kinder mit zunehmendem Alter. Beim *Hearts & Flowers gemischt* schneiden drei der vier Altersgruppen geringfügig besser ab als im *Hearts & Flowers inkongruent*. Allein die älteste Gruppe erreicht im Mittel weniger Punkte als in der *inkongruenten* Bedingung. Für den *DCCS* ist ebenfalls eine konstante Leistungssteigerung mit zunehmendem Alter zu beobachten. Auch die ältesten Kinder liegen mit ihrer durchschnittlichen Leistung (17.81) von dem Maximalwert von 24 Punkten entfernt. Beim *ZNV* gelingt es den 3.5-Jährigen im Mittel, eine Sequenz aus 3 Zahlen korrekt zwei Mal hintereinander korrekt wiederzugeben (3.94). Eine Sequenz aus vier Zahlen wird ab einem Alter von 5 Jahren von den vielen Kindern gemeistert (5.77), aber verlässlich erst ab einem Alter von 5.5 Jahren. Die meisten 6-Jährigen scheitern an einer Sequenz aus fünf Zahlen (6.62). Beim *ZNR* schaffen es die meisten Kinder ab einem Alter von 5.5 Jahren zwei Mal hintereinander eine Zahlenfolge aus zwei Zahlen in umgekehrter Reihenfolge korrekt wiederzugeben (1.61). Beim *Block Recall* sind die meisten Kinder ab 4 Jahren in der Lage eine Sequenz aus zwei Blöcken korrekt nach zu tippen (5.47). Ab einem Alter von 5.5 Jahren meistern die Kinder verlässlich Sequenzen aus drei Blöcken (8.28) und ab 6 Jahren in manchen Fällen schon Sequenzen aus vier Blöcken (9.69).

Tabelle 6

Deskriptive Ergebnisse nach Altersgruppe und Messinstrument

	Tower	Sticker Choice	H&F kon.		H&F inkon.		H&F gemischt	DCCS	ZNV	ZNR	Block Recall
			0-20	0-20	0-20	0-20					
Range	0-26	0-2	0-20	0-20	0-20	0-20	0-24	0-12	0-6	0-16	
N	95	94	---	---	---	---	92	83	---	92	
M	21.83	1.13	---	---	---	---	10.08	3.94	---	3.08	
(SD)	(5.78)	(0.94)	---	---	---	---	(5.76)	(1.84)	---	(2.43)	
N	68	67	---	---	---	---	67	67	---	68	
M	24.06	1.19	---	---	---	---	13.78	4.87	---	5.47	
(SD)	(3.96)	(0.89)	---	---	---	---	(5.69)	(1.61)	---	(3.08)	
N	85	85	71	71	71	71	85	84	82	84	
M	24.69	1.53	15.79	11.68	12.63	12.63	15.42	5.49	0.77	7.14	
(SD)	(3.27)	(0.81)	(5.04)	(6.93)	(4.69)	(4.69)	(4.58)	(1.53)	(1.26)	(2.86)	
N	109	108	96	96	95	95	108	108	108	108	
M	25.53	1.53	16.11	13.91	14.08	14.08	15.56	5.77	1.17	7.68	
(SD)	(1.12)	(0.79)	(5.54)	(6.72)	(4.47)	(4.47)	(4.10)	(1.82)	(1.34)	(3.08)	
N	94	94	83	83	82	82	93	94	92	94	
M	25.29	1.66	17.45	15.31	15.34	15.34	16.73	6.57	1.61	8.28	
(SD)	(3.09)	(0.67)	(4.75)	(6.38)	(3.94)	(3.94)	(3.28)	(1.57)	(1.44)	(2.73)	
N	78	77	71	70	70	70	78	78	78	78	
M	25.35	1.86	19.06	17.93	16.83	16.83	17.81	6.62	2.32	9.69	
(SD)	(2.29)	(0.50)	(2.37)	(4.03)	(3.77)	(3.77)	(2.53)	(1.43)	(1.40)	(2.79)	
N	528	525	321	320	318	318	523	514	360	524	
M	24.47	1.49	17.04	14.66	14.69	14.69	14.89	5.59	1.44	6.90	
(SD)	(3.76)	(1.81)	(4.82)	(6.53)	(5.08)	(5.08)	(5.08)	(1.89)	(1.46)	(3.52)	

Altersgruppe

Anmerkungen. H&F = Hearts & Flowers, kon. = kongruent, inkon. = inkongruent, ZNV = Zahlen nachsprechen vorwärts, ZNR = Zahlen nachsprechen rückwärts, DCCS = Dimensional Change Card Sort.

Aus den deskriptiven Analysen wird ersichtlich, dass die Performanz für nahezu alle Tests und Untertests mit zunehmendem Alter ansteigt. Die einzige Ausnahme bildet der *Tower*. Hier zeigen die Kinder ab einem Alter von 5 Jahren keine Verbesserungen mehr in ihrer Leistung. Des Weiteren sind die niedrigen Werte beim *ZNR* auffällig. Hier ist zwar eine Leistungssteigerung mit dem Alter festzustellen, doch schaffen es die 4.5- und 5-Jährigen im Durchschnitt gerade einmal eine Sequenz aus zwei Zahlen rückwärts wiederzugeben.

4.2.3 Altersunterschiede in den Exekutiven Funktionen

Um Unterschiede in den EF-Leistungen zwischen den Altersgruppen zu untersuchen, wurden Varianzanalysen und Post-Hoc-Vergleiche durchgeführt. Letztere wurden aufgrund der fehlenden Varianzhomogenität (s. Kapitel 4.1.4) mit Games-Howell-Tests ausgeführt (Field, 2013). Tabelle 7 gibt die Durchschnittswerte der einzelnen Altersgruppen und die Ergebnisse der Welch-ANOVAs wieder. Die Ergebnisse der Post-Hoc-Vergleiche sind in Abbildung 11 grafisch dargestellt.

Es fanden sich für alle EF-Tests hochsignifikante Alterseffekte zwischen den Altersgruppen ($ps < .001$). Beim *Tower* schnitten die 3.5-Jährigen signifikant schlechter ab als die anderen Altersgruppen. Ein weiterer signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen den 4-jährigen und den 5-jährigen Kindern. Die drei ältesten Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Beim *Sticker Choice* zeigten sich allein signifikante Unterschiede zwischen Gruppen, die sich um ein oder anderthalb Jahre unterschieden (3.5- und 4.5-Jährige, 4- und 5.5-Jährige sowie 5- und 6-Jährige). Beim *Hearts & Flowers kongruent* unterschieden sich die drei jüngeren Altersgruppen nicht signifikant in ihrer Leistung. Im Altersvergleich erzielten nur die 6-Jährigen signifikant mehr Punkte. Ähnliches zeigte sich für den *Hearts & Flowers inkongruent*. Hier unterschieden sich zusätzlich die 4.5-Jährigen signifikant in ihrer Leistung von den 5.5-Jährigen. Beim *Hearts & Flowers gemischt* fanden sich ebenfalls allein signifikante Leistungsunterschiede zwischen Altersgruppen, die sich um mindestens ein Jahr in ihrem Durchschnittsalter unterschieden (4.5- und 5.5-Jährige sowie 5- und 6-Jährige). Für den *ZNV* zeigten sich sowohl zwischen angrenzenden Altersgruppen als auch über größere Altersabstände hinweg signifikante Unterschiede. So schnitten die 4-Jährigen besser als die 3.5-Jährigen, die 4-Jährigen besser als die 5-Jährigen und die 5.5-Jährigen besser als die 5-Jährigen ab. Beim *ZNR* erzielten die 4.5-Jährigen im Durchschnitt weniger Punkte als die 5.5- und die 6-Jährigen sowie die 5.5-Jährigen weniger Punkte als die 6-Jährigen. Beim *DCCS* zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den 3.5- und 4-Jährigen, zwischen den 4- und den 5.5- bzw. den 6-Jährigen sowie zwischen den 5- und 6-Jährigen. Für den *Block Recall* fanden sich drei signifikante Leistungsanstiege zwischen angrenzenden Altersgruppen (3.5- und 4-Jährige, 4- und 4.5-Jährige sowie 5.5- und 6-Jährige).

Tabelle 7

Durchschnittswerte pro Altersgruppe und Ergebnisse der Welch-ANOVA

	Altersgruppe												Welch-ANOVA
	3.5 Jahre		4 Jahre		4.5 Jahre		5 Jahre		5.5 Jahre		6 Jahre		
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	
Tower	21.83	5.78	24.06	3.96	24.68	3.27	25.53	1.12	25.29	3.09	25.35	2.29	$F(5, 213.14) = 9.58, p < .001$
Sticker Choice	1.13	0.94	1.19	0.89	1.53	0.81	1.53	0.79	1.66	0.67	1.86	0.48	$F(5, 233.58) = 12.26, p < .001$
Hearts & Flowers kongruent	---	---	---	---	15.79	5.04	16.11	5.54	17.45	4.75	19.06	2.37	$F(3, 167.46) = 13.25, p < .001$
Hearts & Flowers inkongruent	---	---	---	---	11.68	6.93	13.91	6.72	15.31	6.38	17.93	4.03	$F(3, 171.03) = 17.32, p < .001$
ZNV	3.94	1.84	4.87	1.61	5.49	1.53	5.77	1.82	6.57	1.57	6.62	1.43	$F(5, 230.55) = 30.98, p < .001$
ZNR	---	---	---	---	0.77	1.26	1.17	1.34	1.61	1.44	2.32	1.39	$F(3, 192.36) = 19.85, p < .001$
Block Recall	3.08	2.43	5.47	3.08	7.14	2.86	7.68	3.08	8.28	2.73	9.69	2.69	$F(5, 233.75) = 70.26, p < .001$
Hearts & Flowers gemischt	---	---	---	---	12.63	4.69	14.08	4.47	15.34	3.94	16.83	3.77	$F(3, 170.10) = 12.91, p < .001$
DCCS	10.08	5.76	13.78	5.69	15.42	4.58	15.56	4.10	16.73	3.28	17.81	2.53	$F(5, 230.84) = 30.49, p < .001$

Anmerkungen. ZNV = Zahlen nachsprechen vorwärts, ZNR = Zahlen nachsprechen rückwärts, DCCS = Dimensional Change Card Sort.

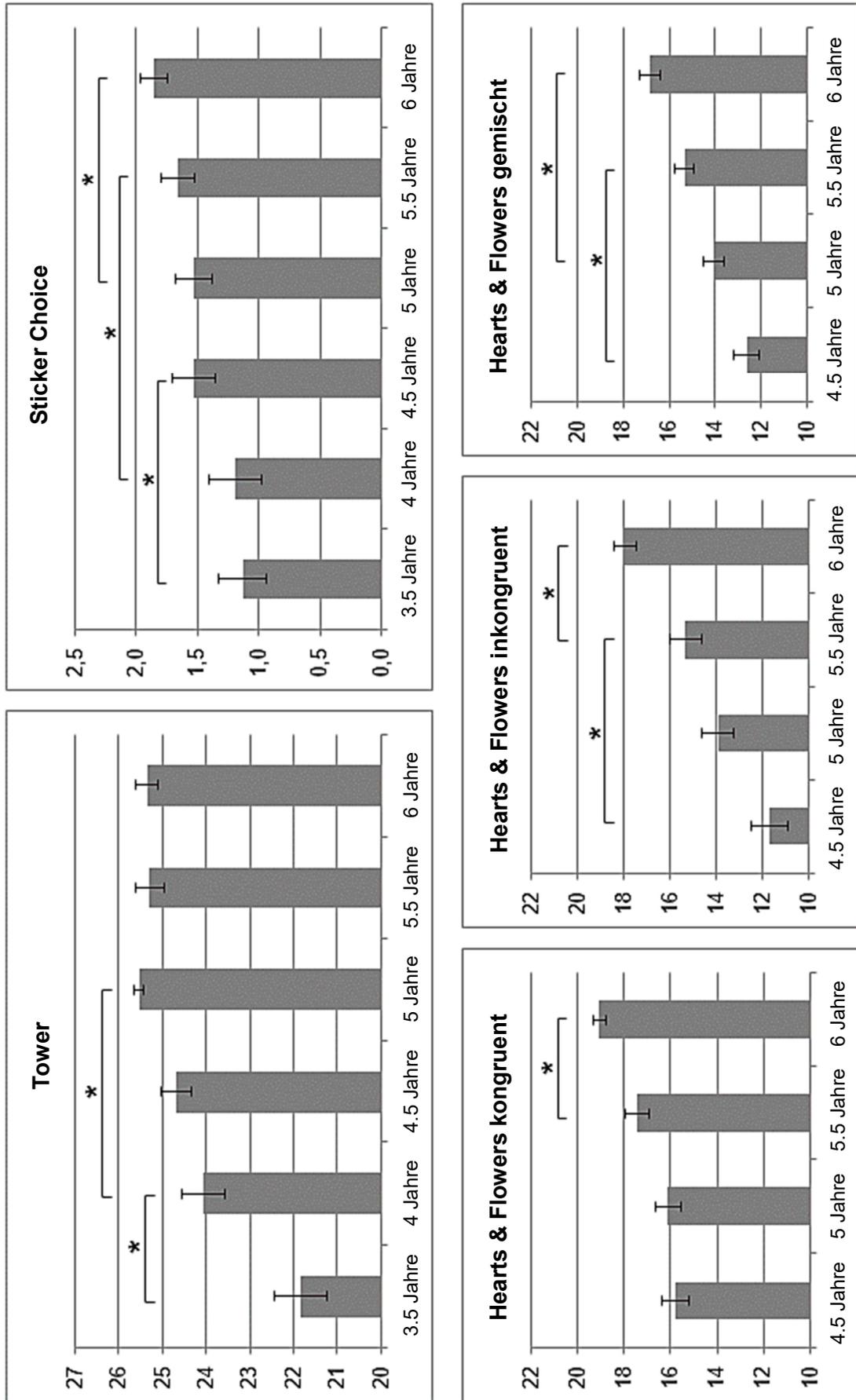


Abbildung 11. Grafische Darstellung der Rohwerte und der signifikanten Unterschiede pro (Sub-)Test. Von allen signifikanten Unterschieden zwischen den Altersgruppen sind nur diejenigen Lesbarkeit nur diejenigen dargestellt, die den minimalsten Altersunterschied darstellen.

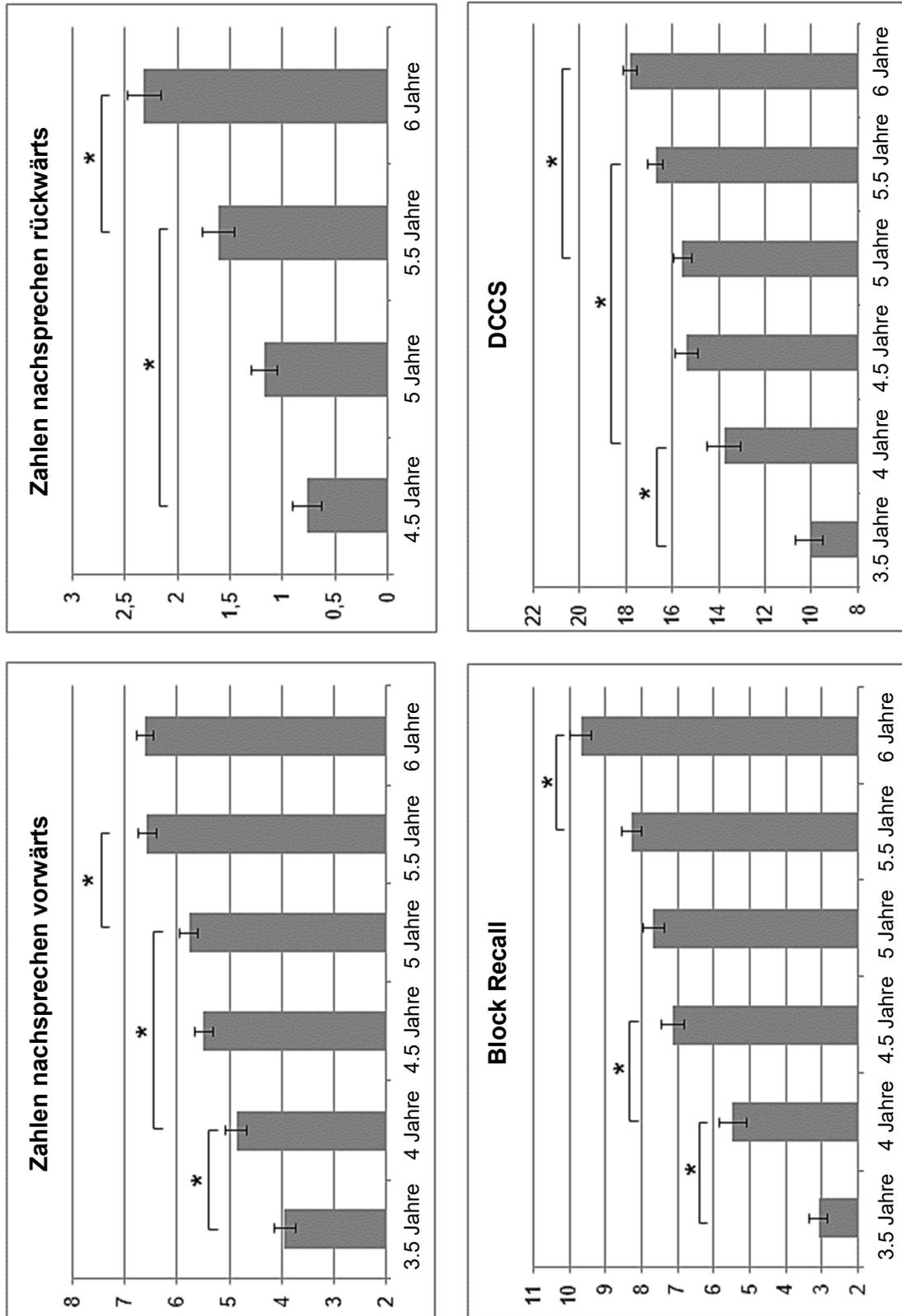


Abbildung 11 (Fortsetzung). Grafische Darstellung der Rohwerte und der signifikanten Unterschiede pro (Sub-) Test. Von allen signifikanten Unterschieden zwischen den Altersgruppen sind nur diejenigen dargestellt, die den minimalsten Altersunterschied darstellen.

4.2.4 Alterssensitivität der Messinstrumente im Vergleich

Um eine genauere Einschätzung der Schwierigkeit sowie der Sensitivität der eingesetzten Tests zu erlangen, wurde berechnet, wie der prozentuale Anteil an korrekten Antworten für die einzelnen Messverfahren in den Altersgruppen ausfällt. Dafür wurde die maximal zu erreichende Punktzahl der einzelnen Aufgabe zu der im Mittel erreichten Punktzahl der sechs Altersgruppen in Bezug gesetzt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 12 grafisch dargestellt.

Zwei der drei Tests zur Erfassung von Inhibition (dargestellt in Blautönen) zeigten sich für alle sechs Altersgruppen am einfachsten. Der Deckeneffekt für den *Tower*, der sich schon in den vorherigen Analysen zeigte, wurde erneut sichtbar. Ab einem Alter von 5 Jahren erreichten die Kinder hier im Durchschnitt mehr als 97% der möglichen Punkte. Der *Sticker Choice* zeigte sich im Vergleich zum *Tower* etwas sensitiver für Alterseffekte. Hier erreichten erst die 6-jährigen Kinder mehr als 90% der möglichen Punkte. Der *Hearts & Flowers inkongruent* als dritter Test zur Erfassung von Inhibition folgte einem nahezu linearen Anstieg. Nur zwischen 5.5 zu 6 Jahren zeigte sich ein etwas steilerer Anstieg in der Leistung der Kinder. Für die 6-Jährigen zeigte sich auch in diesem Test mit im Durchschnitt 90% der möglichen Punkte eine Tendenz zum Deckeneffekt.

Die beiden Tests zur Erfassung von Shifting sind in Rottönen dargestellt. Von den beiden Untertests des *Hearts & Flowers* zeigte sich erwartungsgemäß die *gemischte* Bedingung herausfordernder als die *inkongruente* Bedingung. Die 4.5-Jährigen erreichten in beiden Bedingungen mehr als 50% der Punkte, reagierten also in mehr als der Hälfte der Trials und damit überzufällig häufig korrekt. Die 6-Jährigen erzielten im Durchschnitt über 84% der möglichen Punkte. Beim *DCCS* erreichten die 3-Jährigen weniger als 50% der Maximalpunktzahl. Die 4-Jährigen kamen auf 57% der Maximalpunktzahl und lagen damit knapp über dem Zufallsniveau. Die 5.5-Jährigen erzielten bereits 70% und die 6-Jährigen 74% der möglichen Punkte.

Die Leistungen der Kinder bei den drei Tests zur Erfassung von Updating (dargestellt in Grüntönen) lagen im Vergleich unter denen der übrigen EF-Aufgaben. Besonders der *ZNR* stellte eine große Herausforderung für die Kinder dar. Die 4.5-Jährigen erzielten hier gerade einmal 13% der möglichen Punkte. Im Vergleich erwies sich der *ZNV* als weitaus weniger herausfordernd. Die 4.5-Jährigen erreichten hier 46% der Punkte. Für den *Block Recall* zeigte sich verglichen mit der weiteren Entwicklung ein steiler Leistungsanstieg zwischen 3.5 und 4.5 Jahren. In dieser Zeit verdoppelte sich der Anteil an korrekt nachgetippten Blocksequenzen. Sowohl der *ZNV* als auch der *Block Recall* ließen mit 55% bzw. 60% der Maximalpunktzahl auch bei den ältesten Kindern noch Raum für Verbesserungen.

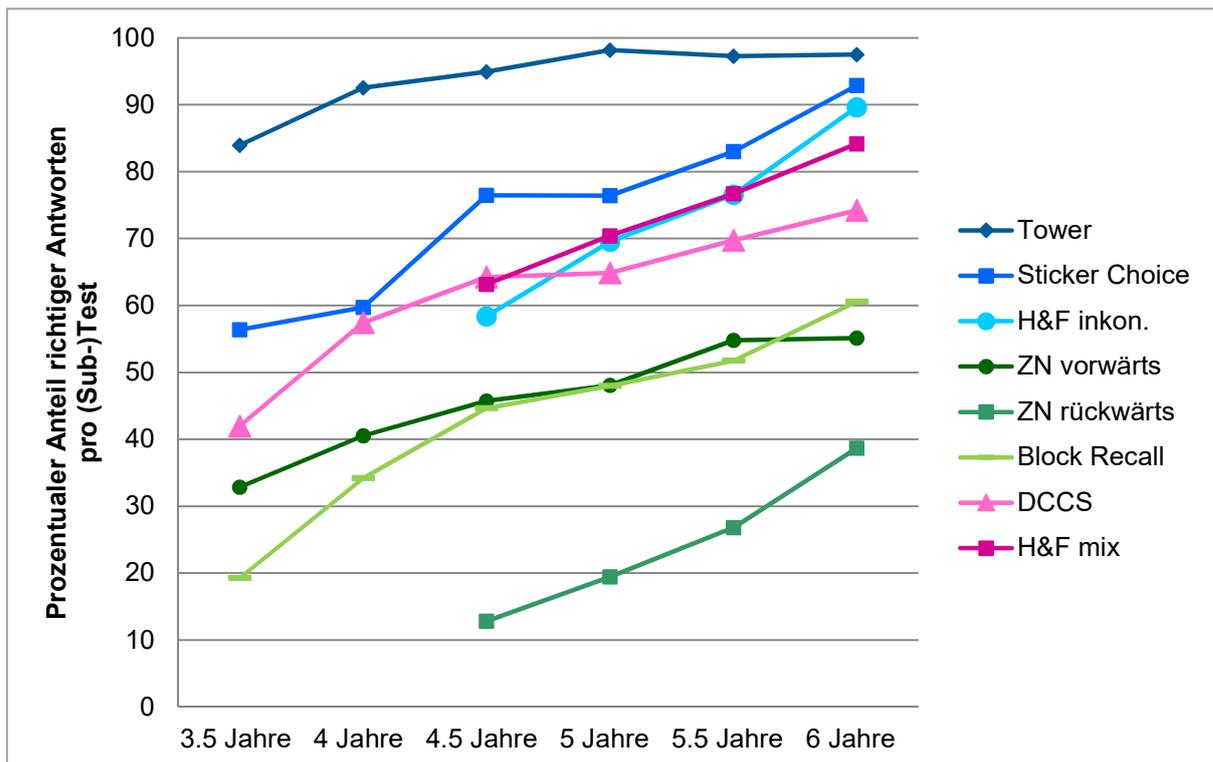


Abbildung 12. Prozentuale Anteile korrekter Antworten pro (Sub-)Test im Altersvergleich.

4.2.5 Korrelationen

Um die Zusammenhänge zwischen den EF zu prüfen, wurden Korrelationen nach Spearman zwischen den Variablen berechnet (s. Tabelle 8). Die Korrelationen zwischen den Rohwerten fast aller Tests erreichten das Signifikanzniveau von $p < .05$. Nur für den *Sticker Choice* fanden sich keine signifikanten Korrelationen mit dem *Tower*, dem *Hearts & Flowers inkongruent* und dem *Hearts & Flowers gemischt*. Die mit Abstand höchsten Korrelationen zeigten sich zwischen der *inkongruenten* und der *gemischten* Bedingung des *Hearts & Flowers* ($r = .66$).

Für die gesamte Stichprobe zeigten sich signifikante Korrelationen zwischen Alter und allen acht (Sub-)Tests zur Erfassung der EF. Aus diesem Grund wurden neben den Korrelationen zwischen den Rohwerten auch partielle Korrelationen unter Kontrolle des Alters berechnet. Unter Betrachtung der partiellen Korrelationen wurde keine der Zusammenhänge zwischen dem *Sticker Choice* und den anderen Tests mehr signifikant. Für den *Tower* fand sich nur noch eine signifikante Korrelation mit dem *Block Recall*, eine Tendenz mit dem *ZNR* sowie mit dem *Sticker Choice*. Bemerkenswert ist zudem der *DCCS*, der bei Betrachtung der Rohwerte mit allen Tests signifikante Korrelationen zeigte, aber unter Kontrolle des Alters nur noch mit dem *Hearts & Flowers gemischt*, dem *ZNR* und dem *Block Recall* korrelierte.

Von besonderem Interesse waren die Korrelationen zwischen den Aufgaben, die dasselbe EF-Konstrukt (Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting) erfassen sollten. Die drei

Tests zur Erfassung der Inhibition (*Tower*, *Sticker Choice*, *Hearts & Flowers inkongruent*) korrelierten gar nicht oder nur sehr schwach miteinander. Unter Berücksichtigung des Alters fanden sich keine signifikanten Korrelationen mehr, nur noch eine Tendenz zwischen *Tower* und *Sticker Choice*. Die Korrelationen zwischen den erreichten Rohwerten der drei Tests zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses (*ZNV*, *ZNR* und *Block Recall*) waren zunächst moderat. Nach Kontrolle des Alters halbierten sich die Korrelationen mit dem *Block Recall*, blieben aber signifikant. Ein ähnliches Bild zeigte sich für die beiden Tests zur Erfassung von Shifting (*Hearts & Flowers gemischt* und *DCCS*): Die moderate Korrelation zwischen den Rohwerten verringerte sich zwar deutlich, hielt sich aber ebenfalls über dem Signifikanzniveau.

Tabelle 8

Rohe und partielle Korrelationen zwischen den Exekutiven Funktionen und der Schul- und Berufsbildung der Eltern sowie des Familieneinkommens

	Tower	Sticker Choice	H&F inkon.	H&F gemischt	ZNV	ZNR	DCCS	Block Recall
Sticker Choice	.03 (-.09 [†])	---						
H&F inkon.	.15** (.01)	.08 (-.04)	---					
H&F gemischt	.14* (.02)	.08 (-.02)	.66** (.61**)	---				
ZNV	.15** (.05)	.18** (.05)	.30** (.14*)	.33** (.19**)	---			
ZNR	.22** (.09 [†])	.16** (.05)	.41** (.30**)	.40** (.30**)	.43** (.29**)	---		
DCCS	.15** (.01)	.11* (.00)	.20** (.06)	.24** (.13*)	.27** (.11*)	.18** (.03)	---	
Block Recall	.33** (.16**)	.16** (-.00)	.32** (.12*)	.30** (.13*)	.42** (.20**)	.37** (.18**)	.31** (.12**)	---
Alter	.36** <i>N</i> = 528	.29** <i>N</i> = 525	.40** <i>N</i> = 320	.34** <i>N</i> = 318	.49** <i>N</i> = 514	.41** <i>N</i> = 360	.38** <i>N</i> = 523	.57** <i>N</i> = 524
Schulbildung Mutter	.00 <i>N</i> = 470	-.01 <i>N</i> = 468	.16** <i>N</i> = 285	.19** <i>N</i> = 283	.11* <i>N</i> = 458	.24** <i>N</i> = 321	-.07 <i>N</i> = 466	-.02 <i>N</i> = 467
Schulbildung Vater	.03 <i>N</i> = 462	.01 <i>N</i> = 460	.17** <i>N</i> = 281	.19** <i>N</i> = 279	.14** <i>N</i> = 450	.20** <i>N</i> = 317	.07 <i>N</i> = 458	.01 <i>N</i> = 459
Beruf. Bildung Mutter	.02 <i>N</i> = 464	-.02 <i>N</i> = 462	.07 <i>N</i> = 282	.08 <i>N</i> = 280	.15** <i>N</i> = 452	.20** <i>N</i> = 317	-.04 <i>N</i> = 460	-.01 <i>N</i> = 461
Beruf. Bildung Vater	.03 <i>N</i> = 453	.05 <i>N</i> = 451	.09 <i>N</i> = 273	.12 [†] <i>N</i> = 271	.16** <i>N</i> = 441	.18** <i>N</i> = 308	.10* <i>N</i> = 449	.06 <i>N</i> = 450
Familien-einkommen	.03 <i>N</i> = 359	.04 <i>N</i> = 357	.03 <i>N</i> = 210	.10 <i>N</i> = 209	.13* <i>N</i> = 350	.06 <i>N</i> = 240	.03 <i>N</i> = 355	.08 <i>N</i> = 357

Anmerkungen. Rohe Korrelationen nach Spearman. Partielle Korrelationen unter Kontrolle von Alter in Klammern. H&F = Hearts & Flowers, inkon. = inkongruent, ZNV = Zahlen nachsprechen vorwärts, ZNR = Zahlen nachsprechen rückwärts, DCCS = Dimensional Change Card Sort.

[†] *p*-Wert < .10; * *p*-Wert < .05; ** *p*-Wert < .01.

Zusätzlich wurden die Korrelationen zwischen den EF-Tests und den sozioökonomischen Variablen berechnet. Die Schulbildung von beiden Elternteilen (separat betrachtet) korrelierte signifikant mit denselben vier der acht Tests: *Hearts & Flowers inkongruent*, *Hearts & Flowers gemischt*, *ZNV* und *ZNR*. Die berufliche Bildung der Mutter korrelierte signifikant mit dem *ZNV* und *ZNR*. Die berufliche Bildung des Vaters korrelierte ebenfalls signifikant mit dem *ZNV* und *ZNR* sowie mit dem *DCCS*. Für den *Hearts & Flowers gemischt* zeigte sich eine Tendenz. Das familiäre Einkommen korrelierte signifikant mit dem *ZNV*.

4.3 Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war die engmaschige Analyse der Entwicklung der EF im Kindergartenalter. In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus Studie 1 für die Entwicklung der EF zwischen 3 und 6 Jahren zunächst auf Konstruktebene diskutiert (Kapitel 4.3.1). Darauf aufbauend werden die eingesetzten Verfahren in Bezug auf ihre Leistungssensitivität, ihre Alterspassung und ihre Konstruktspezifität hin beleuchtet (Kapitel 4.3.2 und 4.3.3). Als dritten Punkt wird auf die gefundenen Zusammenhänge zwischen den EF der Kinder und dem sozioökonomischen Status der Familie eingegangen. Zuletzt werden die Stärken und Schwächen der Studie kritisch dargestellt (Kapitel 4.3.5) und Fazit gezogen (Kapitel 4.3.6).

4.3.1 Altersbedingte Leistungszuwächse in den Exekutiven Funktionen

Bezüglich der Entwicklung der EF repliziert die vorliegende Studie die Befunde vieler vorrausgegangener Studien, die für Kinder zwischen 3 und 6 Jahren altersbedingte Leistungszuwächse finden (z. B. Bassett, Denham, Wyatt & Warren-Khot, 2012; Carlson, 2005; Evers et al., 2016; Sabbagh et al., 2006). Dass ältere Kinder besser abschneiden als jüngere Kinder, konnte dabei für alle drei der exekutiven Kernfunktionen (Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting) nachgewiesen werden. Damit wurde Hypothese 1 bestätigt.

Post-Hoc-Vergleiche zwischen den einzelnen Altersgruppen, die sich im Durchschnitt um sechs Monate in ihrem Alter unterschieden, lieferten einen genaueren Einblick in den querschnittlichen Entwicklungsverlauf der EF. Die Ergebnisse belegen, dass sich die Komponenten der EF unterschiedlich entwickeln. Während für manche Konstrukte zwischen nahezu allen Altersgruppen Leistungsdifferenzen nachgewiesen werden konnten, zeigten sich für andere nur über größere Altersabstände hinweg Unterschiede. So fanden sich für das phonologische und das räumlich-visuelle Arbeitsgedächtnis (gemessen mit *ZNV* und *Block Recall*) vermehrt signifikante Unterschiede zwischen angrenzenden Altersgruppen; für Inhibition (gemessen mit *Sticker Choice*) und Shifting (gemessen mit

dem *Hearts & Flowers gemischt*) waren hingegen nur über größere Altersabstände hinweg Leistungsfortschritte nachweisbar.

Die Entwicklung scheint für die Mehrheit der untersuchten Konstrukte nicht linear zu verlaufen. Die Leistungsunterschiede zwischen den Altersgruppen legen Sprünge und Plateaus in der Entwicklung der EF nahe. So ließen sich starke Leistungszuwächse von mindestens 15% für Inhibition (gemessen mit *Sticker Choice*) zwischen 4 und 4.5 Jahren, für Shifting (gemessen mit *DCCS*) zwischen 3.5 und 4 Jahren sowie für das räumlich-visuelle Arbeitsgedächtnis (gemessen mit *Block Recall*) zwischen 3.5 und 4 Jahren ablesen. Wenig Veränderung war vor allem zwischen 4.5 und 5 Jahren zu beobachten. In dieser Phase fanden sich für Inhibition (gemessen mit *Sticker Choice*), das phonologische Arbeitsgedächtnis (gemessen mit *ZNV*) und Shifting (gemessen mit *DCCS*) Leistungszuwächse von weniger als 3%. Eine lineare Entwicklung über die Spanne von 4 bis 6 Jahren war allein für Shifting (gemessen mit *Hearts & Flowers gemischt*) abzulesen. Allerdings gilt es hier zu beachten, dass die Analysen ausschließlich auf Querschnittsdaten beruhen und daher nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese Unterschiede auf Stichprobendifferenzen beruhen.

Aus der Analyse der Alterssensitivität können - unter Vorbehalt - Hinweise auf die Entwicklungssequenz der drei EF abgeleitet werden. Der Vergleich zwischen den Aufgaben zu Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting legt nahe, dass sich Inhibition als erstes Konstrukt der EF entwickelt. Für die Inhibitionsaufgaben zeigte sich fast durchgängig für alle Altersgruppen der höchste Prozentsatz an korrekten Antworten. Ab einem Alter von 5 Jahren (für den *Tower*) beziehungsweise 6 Jahren (für den *Sticker Choice* und den *Hearts & Flowers inkongruent*) erreichten die Kinder nahezu perfekte Leistungen. Als zweites Konstrukt scheint sich Shifting auszubilden und als drittes Konstrukt das Arbeitsgedächtnis. Für Shifting fanden sich weder extrem niedrige Leistungen für die jüngeren noch extrem gute Leistungen für die älteren Gruppen. Von den drei Konstrukten, die als Indikatoren für Arbeitsgedächtnis erfasst wurden, zeigten das phonologische Arbeitsgedächtnis (gemessen mit *ZNV*) und das räumlich-visuelle Arbeitsgedächtnis (gemessen mit *Block Recall*) vergleichbare Entwicklungsverläufe. Phonologisches Updating (gemessen mit *ZNR*) hingegen bereitete Kindern im Alter von 4.5 Jahren noch deutliche Schwierigkeiten und zeigte auch über das 6. Lebensjahr hinaus noch deutlichen Raum für Steigerung.

Die Hinweise zur Entwicklungssequenz decken sich für Inhibition mit den Aussagen von Diamond (2013), die postuliert, dass sich die Inhibition als erste der drei exekutiven Kernfunktionen ausbildet. Übereinstimmung besteht auch mit Befunden aus neurowissenschaftlichen Studien zur Entwicklung der einzelnen Regionen des PFC. Diese konnten nachweisen, dass sich der orbitofrontale PFC, welchem die Inhibition zugeordnet wird (Wallis et al., 2001), früher ausbildet als der dorsolaterale PFC, welcher den

Funktionen des Arbeitsgedächtnisses zugeordnet wird (D'Esposito et al., 1999; Petrides, 2005). Shifting sollte sich laut dem Modell von Diamond (2013) aufbauend auf den Fähigkeiten zur Inhibition und zum Arbeitsgedächtnis entwickeln. Dafür fanden sich im Rahmen der vorliegenden Studie keine Belege. Vielmehr scheinen die Ergebnisse zur Entwicklungssequenz stark von den eingesetzten Messverfahren abzuhängen (Best & Miller, 2010). Ob für die verschiedenen Konstrukte, die unter den Begriffen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting zusammengefasst werden, also überhaupt allgemeine Aussagen zur Entwicklungssequenz getroffen werden können, muss in weiteren Studien untersucht werden. Erst eine längsschnittliche Untersuchung an einer großen Stichprobe kann hierüber möglicherweise Aufschluss geben.

4.3.2 Alterssensible Erfassung der Exekutiven Funktionen

Aus den Ergebnissen leitet sich die wichtige Frage ab, inwieweit die identifizierten Entwicklungsverläufe und -sequenzen die tatsächlichen Entwicklungen der einzelnen EF bzw. den diesen zugeordneten Konstrukten widerspiegeln oder (zumindest teilweise) auch auf die eingesetzten Messverfahren zurückzuführen sind. Um dieser Möglichkeit nachzugehen, werden im Folgenden die Messverfahren in Bezug auf ihre Sensitivität für Leistungsunterschiede analysiert. Um herauszufinden, wie die Aufgaben im Vergleich zu anderen Studien mit ähnlichen Altersgruppen funktionieren, werden die entsprechenden Ergebnisse zudem mit Befunden aus vorherigen Untersuchungen verglichen.

Der *Tower* konnte als einziger Test aufgrund von Deckeneffekten für die älteren Altersgruppen keine signifikanten Leistungsveränderungen ab einem Alter von 4.5 Jahren nachweisen. Sein Anspruch an die Inhibition ist in der hier verwendeten Form möglicherweise nicht herausfordernd genug, um Entwicklungen über das Alter von 4.5 Jahren hinaus zu identifizieren. Es könnte sein, dass das in der Aufgabe geforderte regelkonforme Abwechseln für Kinder ab einem gewissen Alter kaum noch kognitive Kontrolle erfordert, da dieses Verhalten besonders im Kontext Kindergarten fast täglich geübt wird. Eine andere Erklärung könnte auch die vorgenommene Adaption der Aufgabe sein, in deren Folge anstelle von 20 nur 15 Bausteine verwendet wurden. Eine Studie von Carlson und Moses (2001) zeigte, dass bereits 4-Jährige bei diesem Test unter Verwendung von 20 Bausteinen 80% der möglichen Punkte erreichten. Die Leistungen der Kinder der vorliegenden Studie lagen noch 15% über diesem Wert. Ein Deckeneffekt wäre aber vermutlich auch bei Carlson und Moses aufgetreten, wenn sie ältere Kinder untersucht hätten. Ein Einsatz dieser Aufgabe über 5 Jahre hinaus scheint also auch ohne Adaption nicht sinnvoll.

Auch für den zweiten Test zur Erfassung von Inhibition, den *Sticker Choice*, zeigten sich für die älteren Kinder Deckeneffekte. Auch hier ist der Anspruch an die Inhibition, sich

nicht sofort für die kleinere Anzahl von Stickern zu entscheiden, sondern später eine größere Anzahl zu bekommen, möglicherweise zu gering, um die weitere Entwicklung über das Alter von 6 Jahren hinaus abbilden zu können. Aufgrund der Adaption des *Sticker Choice* von Prencipe und Zelazo (2005) können die Ergebnisse nur schwer mit denen anderen Studien verglichen werden. Hongwanishkul et al. (2005) berichten in ihrer Studie, in wie vielen von neun Fällen sich Kinder zwischen 3 und 5 Jahren für das Warten entschieden. Im Vergleich schnitt die vorliegende Stichprobe insgesamt besser ab, was auf die niedrigere Anzahl an Trials zurückzuführen sein könnte. Die Höhe der Unterschiede zwischen den drei Altersgruppen der 3-, 4- und 5-Jährigen sind allerdings mit der Studie von Hongwanishkul und Kollegen (2005) vergleichbar.

Andere Studien, die sich der Entwicklung von Inhibition im Kindesalter widmeten, konnten durchaus eine Weiterentwicklung der inhibitorischen Fähigkeiten auch über das Alter von 5 bzw. 6 Jahre hinaus nachweisen (Best & Miller, 2010). Die Mehrheit dieser Studien setzten computerisierte Aufgaben ein, die eine Erfassung sowohl von der Anzahl korrekter Antworten wie auch der Reaktionszeit ermöglichten. In der vorliegenden Studie stellte der *Hearts & Flowers* die einzige computerbasierte Aufgabe dar. Hier zeigte sich für die *inkongruente* Bedingung dieser Aufgabe, die zur Erfassung von Inhibition eingesetzt wurde, bei der ältesten Gruppe für die Anzahl der korrekten Antworten eine Tendenz zum Deckeneffekt, was sich mit den Befunden von Diamond et al. (2007) deckt. Für die Untersuchung von Kindern über 6 Jahren ist daher die Erfassung der Reaktionsgeschwindigkeit zusätzlich zur der Anzahl an korrekten Antworten wichtig, um die weitere Entwicklung abbilden zu können (Diamond & Kirkham, 2005).

Von den Messverfahren zur Erfassung von Arbeitsgedächtnis stellte der *ZNR* eine besonders große Herausforderung für die Kinder dar. So zeigten sich, wie auch in anderen Studien (z. B. Bull et al., 2008; Usai et al., 2014), Bodeneffekte für die 4.5- und 5-Jährigen, obwohl dieser Test von anderen Autoren bereits erfolgreich mit Kindern von 4 und 5 Jahren eingesetzt wurde (Alloway, 2007; Gathercole et al., 2003). Der verlässliche Einsatz des Tests in der Form, wie sie in der vorliegenden Studie verwendet wurde, ist nach den Befunden der vorliegenden Studie für Kinder unter 5 Jahren nicht gesichert und erst ab dem Vor- und Grundschulalter empfehlenswert. Als einer der wenigen Tests, der tatsächlich Updating, also die mentale Manipulation von Informationen, erfordert, ist es von großer Wichtigkeit, dass ein Test zur Erfassung dieser Kompetenz verlässlich auch schon bei jüngeren Kindern eingesetzt werden kann. Eine Anpassung der Instruktion oder auch eine Minimierung des Anspruchs des *ZNR* führt möglicherweise zu weniger Bodeneffekten und einer besseren Abbildung von Entwicklungsverläufen.

Die anderen Aufgaben *DCCS*, *Hearts & Flowers gemischt*, *ZNV* und *Block Recall* bereiteten den jüngsten Altersgruppen keine Schwierigkeiten, forderten aber auch die

ältesten Kinder noch hinreichend heraus. Für alle dieser Tests zeigt sich eine hohe Übereinstimmung mit Befunden aus anderen Studien: *DCCS* (Hongwanishkul et al., 2005), *Hearts & Flowers gemischt* (Diamond et al., 2007), *ZNV* (Bull et al., 2008) und *Block Recall* (Bull et al., 2008; Logie & Pearson, 1997). Folglich scheinen diese Tests gut für Studien geeignet, welche die Entwicklungsverläufe der EF im Kindergarten sowie möglicherweise bis ins 1. Schuljahr untersuchen wollen.

Bei der Bewertung von Messinstrumenten ist nicht nur die Sensitivität für Leistungsunterschiede, sondern auch die Durchführbarkeit mit der Altersgruppe von großer Bedeutung (Willoughby, Wirth & Blair, 2012). Hohe Dropout-Raten aufgrund von zeitintensiven Erhebungen können zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen, wenn Kinder aufgrund von motivationalen oder emotionalen Faktoren Erhebung nicht zu Ende führen. Der *Hearts & Flowers* konnte zwar verlässlich Leistungsunterschiede abbilden, hatte aber mit 12% den höchsten Anteil an fehlenden Werten. Der computerbasierte Test war mit insgesamt 60 Trials für die Kinder sehr lang und die Aufgabenstellung eher monoton. Der Anteil an Kindern, die den Test vorzeitig abbrachen, zeigte sich besonders hoch für die 4.5-Jährigen, sank aber mit zunehmendem Alter. Dies legt nahe, den Tests erst bei Kindern ab einem Alter von 5 Jahren einzusetzen.

4.3.3 Spezifische Erfassung exekutiver Prozesse

Angesichts des Einflusses, den die Testauswahl zur Erfassung der EF auf die Ergebnisse von Studien hat, wird die Nutzung von Tests nahegelegt, die ein gegebenes Konstrukt möglichst spezifisch erfassen (Miller et al., 2012). Die gewählten Aufgaben sollten dabei so rein wie möglich die Fähigkeit zur Inhibition, zum Updating oder zum Shifting erfordern (Miyake & Friedman, 2012). Unterschiedliche Bezeichnungen und kontroverse Befunde über die vermeintlich erfassten Konstrukte erschweren dabei die Auswahl geeigneter Verfahren (Morra et al., 2018; Willoughby & Blair, 2016). So herrschen beispielsweise unterschiedliche Vorstellungen darüber, ob der *ZNV* tatsächlich Arbeitsgedächtnisleistungen erfasst, da hier die reine Wiedergabe und keine mentale Manipulation von Informationen gefordert ist. Bull und Kollegen (2008) sehen den Test darum als eine Messung der Speicherkapazität der phonologischen Schleife an und nur die Rückwärtsversion als Arbeitsgedächtnismessung im Sinne der EF. Carlson (2005) wiederum bezeichnet den *ZNV* als Test zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses und bewertet diesen als eine reinere Arbeitsgedächtnis-Aufgabe als den *ZNR*, da hier kein Anspruch an die Inhibitionsleistungen gestellt wird, da die (dem Kind näherliegende) Wiedergabe der Zahlen in der gehörten Reihenfolge nicht wie beim *ZNR* unterdrückt werden muss. Tatsächlich zeigten sich in der vorliegenden Studie für den *ZNR* höhere

Korrelationen mit den Inhibitionsaufgaben als für den ZNV. Besonders deutlich wurde der Unterschied in den Zusammenhängen mit dem *Hearts & Flowers inkongruent*.

Das Problem der Testunreinheit ist in den meisten Aufgaben zur Erfassung der EF präsent (Miyake & Friedman, 2012) und muss für die Messverfahren der Entwicklungsforschung noch genauer untersucht werden. Korrelationen sind gute Indikatoren dafür, ob unterschiedliche Tests dasselbe Konstrukt erfassen. Die Mehrheit der eingesetzten Tests korrelierte schwach bis mittelstark. Am stärksten korrelierten Untertests des gleichen Messverfahrens (*Hearts & Flowers*) sowie die drei Tests zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses (ZNV, ZNR und *Block Recall*). Dieses Ergebnis steht im Einklang mit anderen Studien in dieser Altersgruppe (Carlson & Moses, 2001; Miller et al., 2012; Tamm & Peugh, 2018). Entgegen der Hypothese 2 zeigten sich nicht zwischen allen EF-Tests signifikante Zusammenhänge. Hier fallen besonders die Tests zur Erfassung von Inhibition auf, welche zum Teil nicht das Signifikanzniveau erreichten. Die fehlenden beziehungsweise sehr schwach signifikanten Korrelationen zwischen den drei Inhibitionsaufgaben legen nahe, dass sich die in den einzelnen Tests geforderten Fähigkeiten unterscheiden.

Laut Carlson und Moses (2001) lassen sich Messverfahren zur Erfassung von Inhibition tatsächlich in zwei Kategorien unterteilen: 1) die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und 2) die Fähigkeit, bei einem Konflikt eine naheliegende Reaktion zugunsten einer alternativen Reaktion zu unterdrücken. Während der *Sticker Choice* Belohnungsaufschub verlangt, erfordert der *Hearts & Flowers inkongruent* die Fähigkeit, in einer Konfliktsituation, statt dem präpotenten Impuls zu folgen, ein anderes Verhalten zu zeigen. Dies würde die fehlende Korrelation zwischen den beiden Maßen erklären. Beim *Tower* als drittem Maß für Inhibition muss zwar eine präpotente Reaktion (gleich den nächsten Baustein zu legen) gehemmt, aber anders als beim *Hearts & Flowers inkongruent* kein alternatives Verhalten gezeigt werden. Durch die in beiden Aufgaben geforderte Inhibition einer präpotenten Reaktion decken sich die beim *Tower* geforderten Prozesse möglicherweise eher mit denen des *Hearts & Flowers inkongruent* als mit denen des *Sticker Choice*, wofür die signifikante (wenn auch sehr schwache) Korrelation mit dem *Hearts & Flowers inkongruent* und der fehlende Zusammenhang mit *Sticker Choice* sprechen würde.

Eine weitere Unterteilung von Inhibitionsaufgaben kann anhand des Konzeptes der heißen und kalten EF vorgenommen werden (Zelazo & Müller, 2002). Zelazo und Carlson (2012) unterscheiden zwischen heißen und kalten exekutiven Prozessen, abhängig davon, ob emotionale oder motivationale Faktoren bei der Bearbeitung einer Aufgabe eine Rolle spielen oder nicht (s. Kapitel 2.2). Während der *Hearts & Flowers inkongruent* durch die Abwesenheit von Feedback, Belohnung oder Verlust eher die kalten EF fordert, spielen beim *Sticker Choice* auch heiße Prozesse eine Rolle (Zelazo & Carlson, 2012). *Sticker*

Choice fordert affektive Entscheidungsfindung nach dem Prinzip des Belohnungsaufschubs (Prencipe & Zelazo, 2005). Der Entscheidungsprozess ist damit deutlich von den Emotionen und der Motivation des Kindes geprägt. Dies ist eine mögliche Erklärung dafür, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *Sticker Choice* als Maß für heiße EF und dem *Hearts & Flowers inkongruent* als Maß für kalte EF gefunden wurde. *Tower* ist im Gegensatz zu den anderen Messverfahren, die eingesetzt wurden, in ein soziales Setting eingebettet. Das Kind ist aufgefordert, mit dem Testleiter direkt zu interagieren und gemeinsam ein Ziel zu erreichen. Die Aufgabe hat durch die Zielsetzung des Turmbaus auf der einen und die Verzögerung des Prozesses durch den Testleiter auf der anderen Seite das Potenzial, das Kind zu frustrieren. Sowohl das soziale Setting als auch die potenzielle Frustration sprechen dafür, dass beim *Tower* heiße EF gefordert sind. Doch sind diese heißen EF-Prozesse eventuell nicht dieselben wie beim *Sticker Choice*. Dies könnte erklären, warum auch diese beiden Aufgaben, obwohl sie übereinstimmend eher heiße EF messen, nicht signifikant miteinander korrelieren. Eine genauere Analyse der Zusammenhänge zwischen Aufgaben, die eher die Regulation von Motivation oder die Regulation von Emotionen erfordern, wäre für das Forschungsfeld sehr interessant.

4.3.4 Zusammenhänge mit sozioökonomischen Status

Zusätzlich wurde in Studie 1 untersucht, inwieweit sozioökonomische Variablen mit den EF in Verbindung stehen. Viele der Studien, die einen Zusammenhang zwischen EF und dem sozioökonomischen Status nachweisen konnten, fassten Variablen für den Bildungshintergrund der Eltern und das Familieneinkommen zu einem Indikator zusammen (Hughes et al., 2009; Kishiyama, Boyce, Jimenez, Perry & Knight, 2009; Noble, McCandliss & Farah, 2007). So bleibt unklar, ob die Zusammenhänge primär auf die zeitlich stabileren Indikatoren wie Schulbildung oder auf die zeitlich instabileren Indikatoren wie Familieneinkommen (z. B. aufgrund von Arbeitslosigkeit, Elternzeit, beruflicher Aufstieg) zurückzuführen sind (Raver et al., 2013). Aus diesem Grund wurden die einzelnen Indikatoren in der vorliegenden Studie separat betrachtet.

Von allen möglichen Korrelationen erreichten weniger als die Hälfte das Signifikanzniveau. Somit kann Hypothese 3 nur teilweise bestätigt werden. Allgemein fanden sich eher schwache Korrelationen zwischen sozioökonomischen Variablen und den EF. Diese lassen sich eventuell darauf zurückführen, dass es sich - trotz des guten Abbilds der Population in Baden-Württemberg - um eine Stichprobe mit eingeschränkter Varianz im sozioökonomischen Status handelte. Es ist zu vermuten, dass in allen teilnehmenden Familien ein gewisser Mindeststandard erfüllt war, über welchen hinaus sich weder negative noch positive Auswirkungen auf die kognitive Entwicklung des Kindes ergeben (Hughes & Ensor, 2009).

Es zeigten sich deutliche Unterschiede in den Zusammenhängen zwischen den einzelnen Indikatoren für den sozioökonomischen Status und den EF. So korrelierte die Schulbildung von beiden Elternteilen (separat betrachtet) signifikant mit den gleichen vier der acht EF-Tests. Die berufliche Bildung der Eltern hing signifikant mit zwei (für die Mutter) beziehungsweise drei (für den Vater) der EF-Tests zusammen. Die signifikanten Korrelationen mit elterlicher Schulbildung ergaben sich für insgesamt vier Tests, welche jeweils unterschiedliche EF-Komponenten erfassten. Es kann also nicht gefolgert werden, dass die elterliche Schulbildung besonders mit einer bestimmten EF-Komponente in Zusammenhang steht. Was die EF-Aufgaben gemeinsam haben ist, dass sie eher die kalten EF erfassen. Der hier auftretende Unterschied in den Zusammenhängen zwischen kalten und heißen EF-Aufgaben wurde bislang noch nicht berichtet und sollte in weiteren Studien genauer untersucht werden. Als weiteren Indikator für sozioökonomischen Status wurde das familiäre Nettoeinkommen herangezogen. Das Einkommen korrelierte nur mit einem der EF-Tests (ZNV) schwach. Im Allgemeinen sprechen die Ergebnisse also dafür, dass die Bildung der Eltern stärker mit der Entwicklung der EF in Zusammenhang steht als das Familieneinkommen. Dieser Befund steht im Einklang mit den Ergebnissen der Meta-Analyse von Lawson et al. (2018) und legt nahe, dass stabilere Faktoren wie Bildung bessere Indikatoren für die Entwicklung kindlicher EF sind als stärker fluktuierende Maße wie Familieneinkommen.

4.3.5 Stärken und Schwächen

Eine Stärke der Studie besteht darin, dass es gelang, eine Stichprobe von ausreichender Größe ($N = 530$) zu rekrutieren, um feinere Altersvergleiche innerhalb des Kindergartenalters anzustellen. Die Analysen basieren außerdem auf einer Stichprobe, die in ihren sozioökonomischen Status der Verteilung in Baden-Württemberg sehr nahekommt. So ist die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Bevölkerung im Bundesland eher gegeben, als es bei Studien zu den EF sonst oft der Fall ist. Die Rekrutierung über Kindertagesstätten in ländlichen und städtischen Regionen in allen vier Regierungspräsidien in Kombination mit der Durchführung der Erhebungen vor Ort zur Entlastung der Eltern haben sich dabei als sinnvolle Maßnahmen erwiesen.

Eine wichtige Einschränkung der vorliegenden Studie ist das querschnittliche Studiendesign. Dies lässt im Gegensatz zu Längsschnittstudien nur eingeschränkt Aussagen über die Entwicklung zu, da ein Vergleich verschiedener Stichproben und nicht die Verfolgung einer Stichprobe über mehrere Messzeitpunkte hinweg stattfindet. Eine Längsschnittstudie könnte weitere interessante Einblicke in die intraindividuelle Stabilität und Entwicklung von Kindern in Bezug auf ihre EF liefern.

Eine weitere Schwäche besteht darin, dass nicht alle Kinder alle Aufgaben bearbeitet haben. Bei den Kindern unter 4 Jahren wurde der computerbasierte Test *Hearts & Flowers* zur Erfassung von Inhibition und Shifting sowie der *ZNR* zur Erfassung von phonologischem Updating nicht erhoben, da auf der Basis vorangegangener Studien angenommen werden musste, dass diese Aufgaben das konzeptuelle Verständnis der Kinder in diesem Alter übersteigen. Die Auswahl von passenden Messverfahren, die bei allen untersuchten Altersgruppen gleichermaßen eingesetzt werden können, ist herausfordernd, bietet aber den wichtigen Vorteil, dass die Entwicklungsverläufe über längere Zeiträume verlässlicher nachvollzogen werden können als es beim Einsatz unterschiedlicher oder unpassender Messverfahren der Fall ist.

4.3.6 Fazit von Studie 1

Studie 1 bietet einen guten Einblick in die feinere Entwicklung der EF im Kindergartenalter sowie in die Möglichkeiten und Grenzen der Messbarkeit von EF in dieser Altersgruppe. Es lässt sich schlussfolgern, dass nur mit sensiblen, altersgerechten, konstruktsspezifischen Aufgaben die kleinen Entwicklungsschritte, die Kinder in dieser Zeit in Bezug auf ihre EF durchlaufen, verlässlich abgebildet werden können. Das ultimative Ziel weiterer Forschung auf diesem Gebiet muss daher sein, vorhandene und neue Aufgaben genauer einzuordnen, so dass Studien abhängig von ihrem jeweiligen Ziel (z. B. Untersuchung der normativen Entwicklung, Diagnose von Entwicklungsstörungen, Evaluation von Interventionen), ihrer Altersgruppe und dem interessierenden Konstrukt passende Messverfahren auswählen können, die normiert und in ihrer Durchführung standardisiert sind. Dafür bedarf es sowohl einer systematischen Untersuchung und Weiterentwicklung bestehender Messverfahren als auch der Entwicklung neuer Instrumente, um die im Augenblick bestehenden Lücken in der Erfassung der EF für bestimmte Konstrukte und Altersgruppen zu schließen.

5 Studie 2: Latente Struktur der Exekutiven Funktionen

Neben dem verlässlichen Nachzeichen des Entwicklungsverlaufs der EF in der frühen Kindheit bildet ein zweites wichtiges Ziel des Forschungsfelds, die Struktur der EF in dieser Altersgruppe zu bestimmen. Das Unity & Diversity-Modell von Miyake und Kollegen (2000) mit drei separaten, aber zusammenhängen Faktoren hat seit seiner Postulierung viel Anklang gefunden und stellt in den meisten EF-Studien die theoretische Basis dar. Dem Modell liegt eine Stichprobe von 137 jungen Erwachsenen zu Grunde, bei denen mit Hilfe von CFA die latente Faktorstruktur der EF bestimmt wurde. Es zeigte sich, dass ein Modell mit drei Faktoren die beste Passung zeigte, die Miyake und Kollegen als Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting bezeichneten. Diese sind in ihrer Funktion voneinander abgrenzbar, zeigen jedoch auf latenter Ebene moderate Zusammenhänge ($r_s = .42$ bis $.63$). Keine der Korrelationen in der CFA konnten auf 1.0 gesetzt werden, ohne dass sich die Passung des Modells maßgeblich verschlechterte (Miyake et al., 2000).

Auch in der Entwicklungsforschung legen die meisten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Unity & Diversity-Modell zugrunde (Diamond, 2016; Karr et al., 2018). Dabei gibt es bislang keine Hinweise aus Studien mit Kindergartenkindern, welche die latente Struktur der EF mit Hilfe von CFA prüften, die drauf schließen lassen, dass schon in der frühen Kindheit ein dreifaktorielle Struktur besteht (Blair, 2016). Studien fanden entweder eine einfaktorielle oder eine zweifaktorielle Struktur (s. Kapitel 2.5). Erst ab dem späten Grundschul- beziehungsweise frühen Jugendalter konnte eine dreifaktorielle Struktur nachgewiesen werden (Lee et al., 2013). Aufgrund der Befunde wird davon ausgegangen, dass sich die EF über das Kindesalter hinweg zunehmend ausdifferenzieren und die drei von Miyake und Kollegen (2000) identifizierten Kernfunktionen erst mit der Zeit voneinander abgegrenzt werden können (z. B. Bull et al., 2011; Röthlisberger et al., 2013; Schoemaker et al., 2013; Shing et al., 2010)

Es gibt verschiedene methodische Herausforderungen, die die Untersuchung der EF-Struktur in der frühen Kindheit und die Interpretation vorliegender Studienergebnisse erschweren. So fand in manchen Studien keine Überprüfung alternativer Modelle statt (z. B. Hughes et al., 2009, die allein ein einfaktorielles Modell testeten). So bleibt unklar, ob andere Modelle nicht eventuell eine bessere Passung gezeigt hätten (Monette et al., 2015). Des Weiteren verzichtete ein maßgeblicher Teil der Studien mit Kindergartenkindern auf Indikatoren für den Faktor Shifting. Somit war allein der Vergleich eines einfaktoriellen Modells mit einem zweifaktoriellen Modell mit separaten Faktoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis möglich. In diesem Zusammenhang sind vor allem die Studie von Miller et al. (2012) und Usai et al. (2014) interessant, die zeigten, dass der Verzicht von Indikatoren für den Faktor Shifting die Identifikation eines einfaktoriellen Modells

wahrscheinlicher macht. Darüber hinaus scheint die Auswahl der Tests, die als Indikatoren für die einzelnen Faktoren verwendet werden, Einfluss auf die Ergebnisse nehmen. Manche Studien verwendeten nur einen einzigen Indikator pro Faktor (z. B. Willoughby et al., 2010). Die meisten Studien widmen sich den von Miyake et al. (2000) identifizierten Kernfunktionen, auch wenn sich sowohl in der Benennung als auch in der Zuweisung der Indikatoren zu den Faktoren Inkonsistenzen zeigen (Karr et al., 2018). Die herrschende Uneinigkeit über die kognitiven Prozesse, die die einzelnen Tests erfordern, kann die Ergebnisse somit ebenfalls beeinflussen.

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Untersuchung der latenten Struktur der EF im Kindergartenalter mit CFA. Im Gegensatz zu früheren Studien (Hughes et al., 2009; Wiebe et al., 2008; Wiebe et al., 2011) und gemäß den aktuelleren Studien von Miller et al. (2012), Usai et al. (2014) und Monette et al. (2015) wurden auch Messverfahren als Indikatoren für Shifting aufgenommen. So konnte geprüft werden, ob der Einschluss von Indikatoren für Shifting zur Identifikation eines mehrfaktoriellen Modells führt. Darüber hinaus wurden mindestens zwei Indikatoren pro Faktor aufgenommen, um die Chance, ein mehrfaktorielles Modell zu identifizieren, nicht einzuschränken. Außerdem wurden im Gegensatz zu anderen Studien (Hughes et al., 2009) verschiedene Modelle berechnet, um die Passung der einzelnen Modelle zu den Daten vergleichen zu können. Aus der Literatur wurden dafür die vier zentralsten Modelle identifiziert. Das erste war ein einfaktorielles Modell, in dem die Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting auf einen gemeinsamen EF-Faktor laden. Dieses Modell wurde bislang in beiden Studien von Wiebe et al. (2008; 2011) nachgewiesen. Das zweite Modell war ein zweifaktorielles Modell, in welchem Inhibition einen separaten Faktor und Arbeitsgedächtnis und Shifting einen gemeinsamen Faktor darstellen. Sowohl Miller et al. (2012) als auch Monette et al. (2015) und Usai et al. (2014) haben dieses in ihren Studien identifiziert. Das dritte Modell war ein zweifaktorielles Modell, in dem Arbeitsgedächtnis einen separaten Faktor und Inhibition und Shifting einen gemeinsamen Faktor formt. Dieses Modell wurde ebenfalls in drei Studien (Lee et al., 2013; Lee et al., 2012; van der Ven et al., 2013) als passend ausgewiesen. Als viertes Modell wurde das ursprüngliche Unity & Diversity-Modell von Miyake et al. (2000) mit den drei separaten Faktoren Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting geprüft, welches bislang nicht für Kindergartenkinder nachgewiesen werden konnte. Da ein zweifaktorielles Modell mit separatem Shifting-Faktor aufgrund theoretischer Überlegungen (Diamond, 2013) und empirischer Befunde (Lee et al., 2013; Müller & Kerns, 2015; van der Ven et al., 2013) nicht sinnvoll erschien, wurde dies in der vorliegenden Studie nicht geprüft.

Über die Prüfung und den Vergleich dieser vier Modelle hinaus sollten die Ergebnisse von Miller et al. (2012) und Usai et al. (2014), welche nahelegen, dass der Verzicht auf Indikatoren für den Faktor Shifting zu einer systematischen Verzerrung der Ergebnisse

führt, mit dem vorliegenden Datensatz repliziert werden. Dafür wurden zusätzlich ein einfaktorielles mit einem gemeinsamen EF-Faktor sowie ein zweifaktorielles Modell mit Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis berechnet und miteinander verglichen. Tabelle 9 stellt die resultierenden sechs Modelle dar, welche in der vorliegenden Studie geprüft werden. Sie gibt außerdem an, in welchen Studien diese bislang als das passendste Modell identifiziert wurden.

Aufgrund der früheren Befunde aus den aufgeführten Studien wurden die folgenden zwei Hypothesen aufgestellt: 1) Werden allein Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis aufgenommen, zeigt ein einfaktorielles Modell die beste Passung. 2) Werden Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting aufgenommen, zeigt ein zweifaktorielles Modell die beste Passung. Dabei wird offengelassen, wie sich die beiden Faktoren genau zusammensetzen.

Tabelle 9

Übersicht über die getesteten Strukturmodelle

Modell-Nr.	Modell-Spezifikation	identifiziert von
Modelle mit Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis		
1	einfaktorielles Modell mit einem gemeinsamen EF-Faktor	Bull et al., 2011; Hughes et al., 2010; Miller et al., 2012; Shing et al., 2010; Wiebe et al., 2008, 2011
2	zweifaktorielles Modell mit separaten Faktoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis	--
Modelle mit Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting		
3	einfaktorielles Modell mit einem gemeinsamen EF-Faktor	Willoughby et al., 2010, 2012
4	zweifaktorielles Modell mit Arbeitsgedächtnis als separatem Faktor und gemeinsamen Faktor für Inhibition und Shifting	Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2013
5	zweifaktorielles Modell mit Inhibition als separatem Faktor und gemeinsamen Faktor für Arbeitsgedächtnis und Shifting	Lee et al., 2012; Lee, Bull, und Ho, 2013; Van der Ven et al., 2013
6	dreifaktorielles Modell mit separaten Faktoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting	--

5.1 Methoden

5.1.1 Stichprobe

Für Studie 2 wurde eine Stichprobe von $N = 392$ ausgewertet. Dabei handelt es sich um eine Teilstichprobe der 530 Kinder aus Studie 1, welche an der Prä-Messung von *EMIL* teilgenommen haben. Um CFA zur Berechnung von allen sechs Strukturmodellen durchführen zu können, konnten nur die Kinder eingeschlossen werden, von denen Daten zu allen EF-Tests vorlagen. Aus diesem Grund wurden die Kinder von 3 bis 4 Jahren ausgeschlossen, da sie nicht an allen EF-Tests teilgenommen haben (s. Kapitel 4.1.3). Von den 4- bis 6-jährigen Kinder waren $N = 205$ Mädchen (52%) und $N = 187$ Jungen (48%). Zum Testzeitpunkt waren die Kinder im Durchschnitt $M = 61.6$ Monate ($SD = 7.18$) alt.

5.1.2 Durchführung & Messverfahren

Die Vorgehensweise bei der Rekrutierung und der Durchführung sowie die verwendeten Messverfahren waren dieselben wie in Studie 1 (s. Kapitel 4.1.2 und 4.1.3). In Tabelle 10 ist dargestellt, für welche der drei EF-Faktoren die verwendeten Messverfahren als Indikatoren verwendet wurden. Diese Zuordnung beruht auf der Einordnung der Autoren der einzelnen Aufgaben. Wie von Willoughby, Blair, et al. (2012) empfohlen, wurden für jeden der drei Faktoren mindestens zwei Indikatoren inkludiert. Die Modelle 1 bis 6 sind in Abbildung 13 dargestellt.

Tabelle 10

Zuordnung der Messverfahren als Indikatoren zu den drei EF-Faktoren

Messverfahren	Erfasstes Konstrukt	Indikator für Faktor
Tower (Kochanska et al., 1996; Carlson, 2005)	Verhaltensinhibition	
Sticker Choice (Prencipe & Zelazo, 2005)	Belohnungsaufschub	Inhibition
Hearts & Flowers inkongruent (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2007)	Conflict Inhibition	
Zahlen nachsprechen vorwärts (Binet & Simon, 1916, 1980)	phonologisches Arbeitsgedächtnis	
Zahlen nachsprechen rückwärts (Binet & Simon, 1916, 1980)	phonologisches Updating	Arbeitsgedächtnis
Block Recall (Milner, 1971)	visuelles Arbeitsgedächtnis	
Hearts & Flowers gemischt (Davidson et al., 2006; Diamond et al., 2007)	Kognitive Flexibilität	Shifting
DCCS (Zelazo, 2006)	Flexibilität im Regelgebrauch	

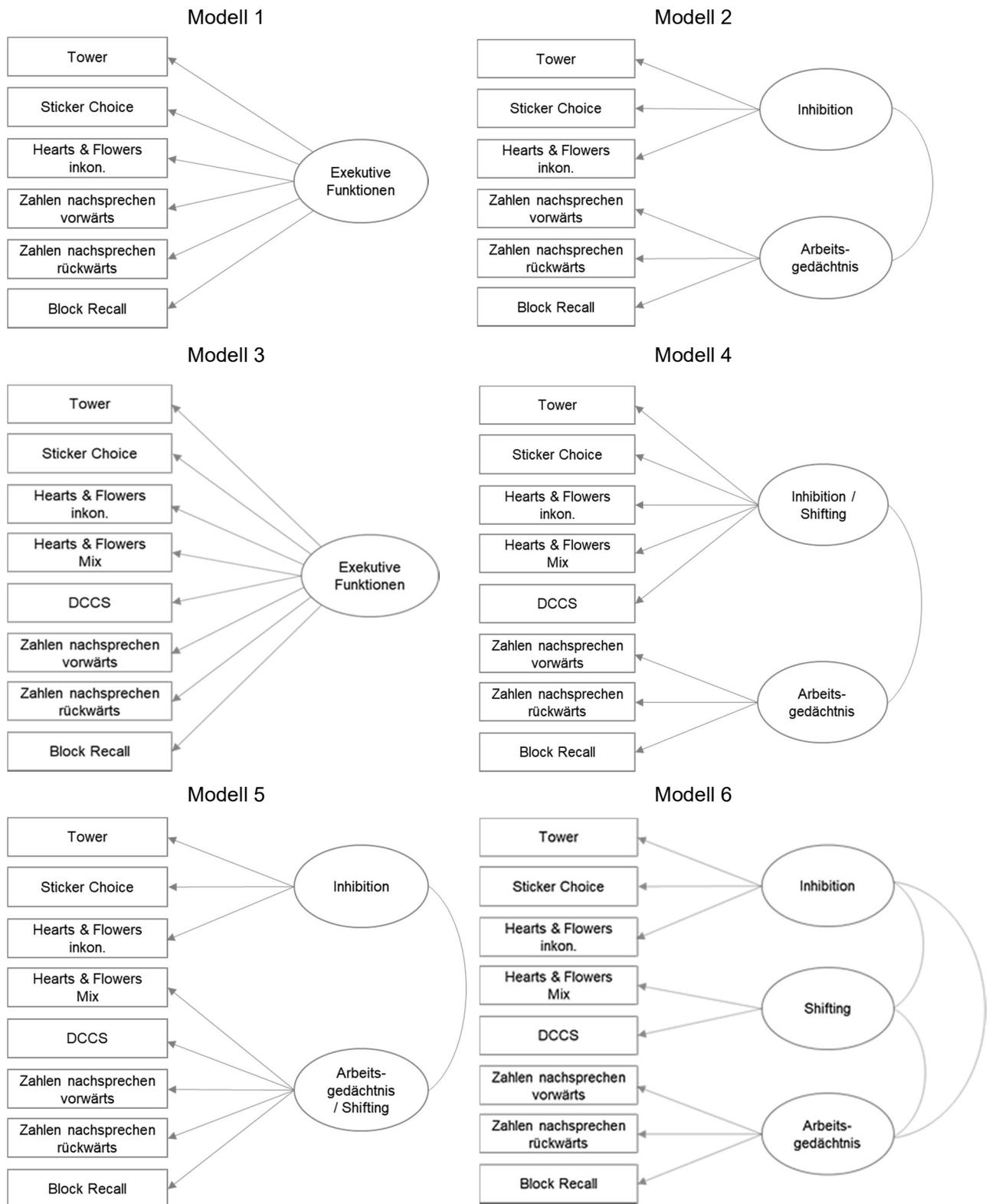


Abbildung 13. Modelle zur Prüfung der latenten Faktorstruktur der EF. Latente Faktoren sind als Ellipsen dargestellt und Indikatoren als Rechtecke. Fehlerterme sind nicht dargestellt, um die Abbildung übersichtlich zu halten.

5.1.1 Statistische Analysen

Zunächst wurden einfache und partielle Korrelationen unter Kontrolle von Alter zwischen den Messverfahren der EF berechnet, um einen Einblick in die Höhe der Zusammenhänge zwischen den einzelnen EF-Tests zu erhalten. Im nächsten Schritt wurden CFA für alle sechs Modelle durchgeführt, um diese auf ihre Güte hin zu prüfen. Die CFA prüft die Passung erhobener Daten zu einer theoriebasierten Annahme zur latenten Struktur (Byrne, 2013). Im Gegensatz zu anderen statistischen Methoden (wie etwa Hauptkomponentenanalysen) reduziert die Verwendung von CFA das Problem der Aufgabenunreinheit, welches bezeichnend ist für die EF-Forschung (Usai et al., 2014). Die Modelle wurden mit der Maximum-Likelihood-Methode berechnet, da diese ausgesprochen robust gegenüber Verletzungen der Normalverteilungsannahme ist (Byrne, 2013). Die Passung der Modelle wurde anhand der folgenden Maße bewertet (Schermelleh-Engel, Moosbrugger & Müller, 2003): Chi-Quadrat (χ^2), Comparative Fit Index (CFI), Root-mean-square Error of Approximation (RMSEA), Akaike's information criterion (AIC) und Standardized Root-mean-square Residual (SRMR). Der Fit wurde als gut erachtet, wenn der Chi-Quadrat-Wert (χ^2) nicht signifikant ist. Die statistische Signifikanzmaß (p) wurde auf .05 festgelegt. Der CFI sollte größer als .95 sein (Bentler, 1990). Die RMSEA sollte kleiner als .08 sein und den Wert .05 im 90% Konfidenzintervall enthalten (Browne & Cudeck, 1993). Der SRMR sollte kleiner als .05 sein (Schermelleh-Engel et al., 2003). Sowohl für Chi-Quadrat als auch für den AIC gilt, dass ein kleinerer Wert für einen besseren Fit steht (Kline, 2011).

Abhängig von der Passung der Modelle zu den Daten werden im nächsten Schritt die Modelle, die einen gutem Fit zeigen, mit Hilfe des Chi-Quadrat-Differenz-Tests verglichen. Statistische Vergleiche mit dem Chi-Quadrat-Differenz-Test können dabei zwischen den Modellen 1 und 2 sowie zwischen den Modellen 3 bis 6 durchgeführt werden, da diese über die jeweils gleiche Anzahl von Indikatoren verfügen. Einfacheren Modellen wird bei nicht signifikanten Unterschieden im Fit aus Gründen der Parsimonität den Vorzug gegeben (Byrne, 2013).

5.2 Ergebnisse

Es werden zunächst die Korrelationen zwischen den eingesetzten Messverfahren dargestellt. Im Anschluss werden die Ergebnisse der CFA für die sechs Modelle sowie die Resultate der Chi-Quadrat-Vergleiche beschrieben.

5.2.1 Korrelationen

In Tabelle 11 werden die Korrelationen unter den verschiedenen Messverfahren zur Erfassung der EF dargestellt. Die Tabelle enthält sowohl rohe Korrelationen als auch partielle Korrelationen kontrolliert für das Alter des Kindes.

Die signifikanten Korrelationen zwischen den Aufgaben fielen im Allgemeinen eher schwach aus. Mittlere bis hohe Korrelationen zeigten sich zwischen den beiden Bedingungen des *Hearts & Flowers* (*inkongruent* und *gemischt*) und zwischen den drei Arbeitsgedächtnis-Aufgaben (*ZNV*, *ZNR* und *Block Recall*). Allein die beiden Inhibitionsaufgaben *Tower* und *Sticker Choice* korrelierten nicht signifikant miteinander. Zwischen den drei Aufgaben zur Erfassung von Inhibition zeigte sich allein zwischen *Tower* und *Hearts & Flowers inkongruent* eine signifikante, wenn auch schwache Korrelation. Wurde für das Alter der Kinder kontrolliert, wurden die Zusammenhänge im Allgemeinen schwächer und erreichten in manchen Fällen auch nicht mehr das Signifikanzniveau. So verschwanden alle signifikanten Zusammenhänge für den *Tower* sowie die Mehrheit für den *Sticker Choice*.

Tabelle 11

Rohe Korrelationen nach Spearman und partielle Korrelationen kontrolliert für Alter zwischen EF-Tests

	Tower	Sticker Choice	H&F inkon.	ZNV	ZNR	Block Recall	H&F gemischt	DCCS
Sticker Choice	-.01 (-.02)	---						
H&F inkon.	.15** (.00)	.08 (.02)	---					
ZNV	.11* (.02)	.13** (.08)	.30** (.22**)	---				
ZNR	.22** (.09)	.16** (.09)	.41** (.29**)	.43** (.33**)	---			
Block Recall	.19** (.06)	.10* (.12*)	.32** (.21**)	.27** (.17**)	.37** (.29**)	---		
H&F gemischt	.14* (-.01)	.08 (.03)	.66** (.62**)	.33** (.22**)	.40** (.30**)	.30** (.22**)	---	
DCCS	.02 (-.10†)	.10† (.09)	.20** (.17**)	.12* (.12*)	.18** (.18**)	.15** (.12*)	.24** (.28**)	---
Alter	.18** N = 392	.18** N = 390	.40** N = 320	.33** N = 390	.41** N = 360	.32** N = 391	.34** N = 318	.21** N = 391

Anmerkungen. Partielle Korrelationen unter Kontrolle von Alter in Klammern ($N = 310$). Korrelationen zwischen Tests, die dasselbe Konstrukt erfassen (Inhibition, Arbeitsgedächtnis, Shifting) sind grau hinterlegt. H&F = Hearts & Flowers, inkon. = inkongruent, ZNV = Zahlen nachsprechen vorwärts, ZNR = Zahlen nachsprechen rückwärts, DCCS = Dimensional Change Card Sort. † p -Wert < .10; * p -Wert < .05; ** p -Wert < .01

5.2.2 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Tabelle 12 zeigt die Ladungen der einzelnen Indikatoren auf den verschiedenen Faktoren für alle sechs berechneten Modelle. Korrelationen zwischen den Fehlertermen wurden für solche Indikatoren zugelassen, die auf denselben Aufgaben beruhen (*Hearts & Flowers inkongruent* und *gemischt*, ZNV und ZNR). So wurden die aufgabenspezifischen Residualvarianzen, die auf die gemeinsame Methode zurückzuführen sind, berücksichtigt (Monette et al., 2015; van der Ven et al., 2013).

Für den Faktor der Inhibition fanden sich, wie schon aufgrund der schwach ausgeprägten Interkorrelationen zu erwarten war, nicht für jedes Modell signifikante Ladungen für den Indikator *Tower* (Modelle 4, 5 und 6). Zeigten sich signifikante oder tendenziell signifikante Ladungen, fielen diese sowohl für *Tower* als auch für *Sticker Choice* oft niedrig ($< .25$) aus.

Tabelle 12

Parameterschätzer für Messmodelle

	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4	Modell 5	Modell 6
	1-Faktor	2-Faktoren ^b 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis	1-Faktor	2-Faktoren ^{ab} 1) Arbeitsgedächtnis 2) Inhibition & Shifting	2-Faktoren ^{ab} 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis & Shifting	3-Faktoren ^{ab} 1) Inhibition 2) Arbeitsgedächtnis 3) Shifting
IN: Tower	.14*	.12*	.12 [†]	.11	.11 [†]	.10 [†]
IN: Sticker Choice	.20**	.14 [†]	.22***	.22***	.19***	.17*
IN: H&F inkon.	.55***	.38*	.58***	.61***	.50***	.42***
AG: ZNV	.56***	.52***	.53***	.54***	.53***	.54***
AG: ZNR	.74***	.69***	.70***	.72***	.70***	.71***
AG: Block Recall	.51***	.54***	.52***	.52***	.52***	.52***
SH: H&F gemischt	---	---	.60***	.63***	.60***	.38***
SH: DCCS	---	---	.41***	.43***	.41***	.50***
						IN-AG: 1.38
Korrelationen	---	1.52	---	0.93	1.18	IN-SH: 1.16
						AG-SH: 0.76

^a Residualvarianzen korrelieren lassen zwischen *Hearts & Flowers inkongruent* und *gemischt*.

^b Residualvarianzen korrelieren lassen zwischen ZNV und ZNR.

^c Parameter sind standardisierte Faktorladungen. Die erste Angabe steht für den latenten Faktor (IN = Inhibition, AG = Arbeitsgedächtnis, SH = Shifting), die zweite für die manifestierte Variable (H&F = *Hearts & Flowers*). Die Kovarianzen zwischen den exogenen Variablen sind nicht dargestellt, aber im Modell einbezogen. [†] p -Wert $< .10$; * p -Wert $< .05$; ** p -Wert $< .01$; *** p -Wert $< .001$.

Tabelle 13 bietet einen Überblick über die verschiedenen Fit Indizes, die zur Bewertung der Passung der sechs Modelle herangezogen wurden. Wurden nur Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis aufgenommen, zeigte das einfaktorielles Modell den besten Fit. Modell 2 zeigte zwar einen guten Fit war durch einen Korrelationskoeffizienten von > 1 zwischen den latenten Faktoren Inhibition und Arbeitsgedächtnis unzulässig. Das Modell 1 mit den Faktorladungen ist in Abbildung 14 dargestellt.

Werden Messverfahren zur Indikation aller drei EF mit in die Analysen einbezogen, sind von den vier Modellen allein zwei zulässig: das einfaktorielles Modell (Modell 3) und das zweifaktorielles Modell (Modell 4) mit einem gemeinsamen Faktor für Inhibition und Shifting und einem separaten Faktor für Arbeitsgedächtnis. Die Modelle 5 und 6 zeigten zwar einen guten Fit, waren aber durch einen Korrelationskoeffizienten > 1 zwischen den latenten Faktoren unzulässig. Die beiden gültigen Modelle 3 und 4 sind mit den jeweiligen Faktorladungen in Abbildung 15 dargestellt.

Tabelle 13

Fit-Indizes für Messmodelle und Vergleich der Modellpassung

Modell		χ^2	p	df	CFI	RMSEA (90% CI)	AIC	SRMR
Inhibition & Arbeitsgedächtnis								
1	<i>1-Faktor IN & AG</i>	9.77	.37	9	.997	.015 (.000-.060)	9973.67	.025
2 ^c	2-Faktoren IN – AG ^b	7.12	.42	7	.999	.007 (.000-.063)	9974.94	.022
Inhibition & Arbeitsgedächtnis & Shifting								
3	<i>1-Faktor IN & AG & SH^{ab}</i>	18.09	.45	18	1.000	.004 (.000-.045)	13780.61	.028
4	2-Faktoren IN & SH - AG ^{ab}	17.76	.40	17	.998	.011 (.000-.048)	13782.10	.028
5 ^c	2-Faktoren SH & AG - IN ^{ab}	17.08	.45	17	1.000	.003 (.000-.046)	13781.65	.027
6 ^c	3-Faktoren IN - AG - SH ^{ab}	11.98	.68	15	1.000	.000 (.000-.038)	13780.70	.023

Anmerkungen. CFI = comparative fit index; RMSEA = root mean square error of approximation; CI = confidence interval; AIC = Akaike information criterion; SRMR = standardized root mean residual. Das jeweils bevorzugte Modell ist kursiv dargestellt.

^a Residualvarianzen korrelieren lassen zwischen *Hearts & Flowers inkongruent* und *gemischt*.

^b Residualvarianzen korrelieren lassen zwischen *ZNV* und *ZNR*.

^c Keine positiv definitive Kovarianzmatrix.

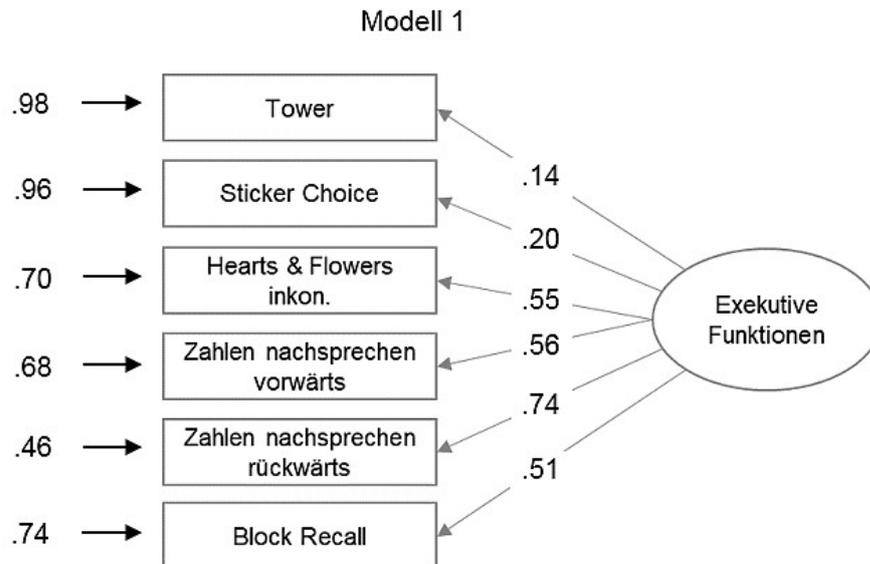


Abbildung 14. Modell 1 als das einzige zu den Daten passende Modell unter Einzug von Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis. Standardisierte Schätzer sind dargestellt. Alle Schätzer sind signifikant ($p < .05$). Fehlervarianzen sind links abgebildet.

5.2.3 Chi-Quadrat-Vergleich

Die Berechnung von Chi-Quadrat-Vergleichstests ist nur zwischen Modellen mit derselben Anzahl an Indikatoren möglich. Aus diesem Grund wurden die Passungen von Modell 1 und 2 sowie die Passungen der Modelle 3 bis 6 miteinander verglichen.

Da von den beiden Modellen 1 und 2 mit Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis nur eines gültig war, war ein Chi-Quadrat-Vergleich nicht notwendig. Von den anderen vier Modellen mit Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting waren zwei Modelle (Modell 3 und Modell 4) gültig. Aus diesem Grund wurde der Chi-Quadrat-Vergleichstest für diese beiden Modelle durchgeführt. Der Vergleich des Chi-Quadrats zwischen Modell 3 und Modell 4 zeigte sich nicht signifikant ($\Delta\chi^2 = .44$, $\Delta df = 1$, $p = .51$). Das komplexere Modell 4 mit zwei latenten Faktoren verfügte also über keinen signifikant besseren Fit als das einfachere Modell 3 mit einem latenten Faktor. Aus Gründen der Parsimonität wurde daher dem einfacheren Modell 3 den Vorzug gegeben.

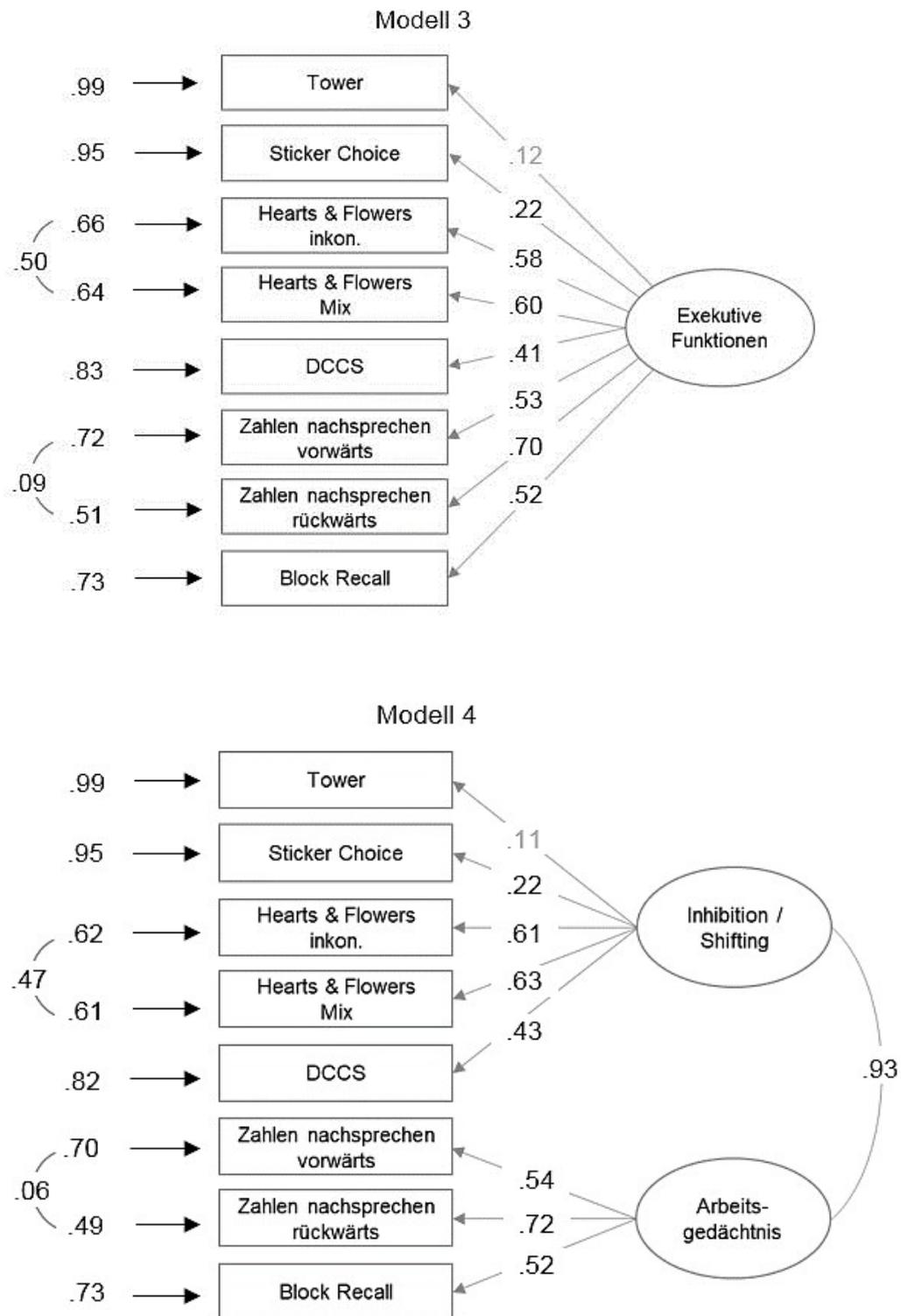


Abbildung 15. Modell 3 und 4 als die beiden zu den Daten passenden Modelle unter Einzug von Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting. Standardisierte Schätzer sind dargestellt. Schätzer in Schwarz sind signifikant ($p < .05$), Schätzer in Grau nicht. Fehlervarianzen sind links abgebildet.

5.3 Diskussion

Die Multidimensionalität des Konstrukts der EF führt zu fortwährenden Diskussionen über deren zugrunde liegende Struktur (Anderson & Reidy, 2012; Banich, 2009; Karr et al., 2018). In den meisten entwicklungspsychologischen Studien wird das Unity & Diversity-Modell nach Miyake et al. (2000) angenommen, obwohl die darin postulierte dreifaktorielle Struktur der EF für Kinder unter 7 Jahren bislang nicht nachgewiesen werden konnte (Blair, 2016; Karr et al., 2018). Während einige Studien mit Stichproben im Kindergartenalter ein unitäres Modell als passendstes identifizierten, zeigte in anderen ein zweifaktorielles Modell einen besseren Fit. Als Grund für die inkohärenten Ergebnisse zur Struktur der EF in der frühen Kindheit werden oft die unterschiedlichen Messmethoden angeführt (z. B. Miyake & Friedman, 2012; Monette et al., 2015). Betrachtet man die Studien genauer, fallen auch noch weitere methodische Unterschiede auf, die für die inkonsistenten Ergebnisse verantwortlich sein könnte, wie etwa der Verzicht auf Indikatoren für alle drei Kernfunktionen, eine zu geringe Anzahl an Indikatoren pro Faktor oder die fehlende Testung von Alternativmodellen (s. Kapitel 2.5).

Ziel der vorliegenden Studie war es, die latente EF-Faktorstruktur bei einer Stichprobe von Kindern zwischen 4 und 6 Jahren zu prüfen und dabei die oben genannten methodischen Einschränkungen für die Interpretation der Ergebnisse zu vermeiden. Zur Prüfung der latenten Struktur der EF wurden sechs zentrale Modelle aus der Entwicklungsliteratur identifiziert und ihre Passung mit Hilfe von CFA statistisch geprüft. Zwei Modelle enthielten allein Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis, während die anderen vier Modelle ebenfalls Indikatoren für Shifting einbezogen. Die Modelle mit denselben Indikatoren wurden in ihrer Passung miteinander verglichen. Mit dieser Replikation der Vorgehensweise von Miller et al. (2012) und Usai et al. (2014) sollte geprüft werden, ob sich die Chancen, ein einfaktorielles Modell als passendstes zu identifizieren, tatsächlich durch den Verzicht auf Indikatoren für den Faktor Shifting erhöhen.

Zunächst werden die Ergebnisse aus Studie 2 zur latenten Struktur der EF zusammengefasst dargestellt und mit Befunden anderer Studien in Bezug gesetzt (Kapitel 5.3.1). Darauf aufbauend wird die Auswahl der eingesetzten Messverfahren und ihr potentieller Einfluss auf die erlangten Ergebnisse diskutiert (Kapitel 5.3.2). Abschließend werden die Stärken und Schwächen der Studie kritisch dargestellt (Kapitel 5.3.3) und Fazit gezogen (Kapitel 5.3.4)

5.3.1 Latente Struktur der Exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit

Unabhängig von den aufgenommenen Indikatoren zeigte ein einfaktorielles Modell die beste Passung zu den erhobenen Daten. Die Ergebnisse weisen also darauf hin, dass die EF bei Kindern zwischen 4 und 6 Jahren eine unitäre Struktur bilden und noch nicht

eindeutig voneinander abgrenzbar sind. Hypothese 1, welche besagte, dass die Aufnahme von Indikatoren allein für Inhibition und Arbeitsgedächtnis eher zur Identifikation eines einfaktoriellen Modells führt, wurde demnach bestätigt. Hypothese 2 wiederum, welche besagte, dass die Aufnahme von Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting zur Identifikation eines zweifaktoriellen Modelles führt, ließ sich nicht bestätigen. Die Ergebnisse der Studien von Miller et al. (2012) und Usai et al. (2014), welche diese Annahme nahegelegt hatten, konnten in diesem Punkt folglich nicht repliziert werden.

Wie in anderen Studien (z. B. Willoughby, Blair, et al., 2012) bescheinigten die Fit-Indizes einem zweifaktoriellen Modelle mit einem separatem Faktor für Arbeitsgedächtnis und einem gemeinsamem Faktor für Inhibition und Shifting, wie es auch von Lee et al. (2013; 2012) und van der Ven et al. (2013) gefunden wurde, ebenfalls eine sehr gute Passung zu den Daten. Da sich statistisch aber kein signifikanter Unterschied in der Passung der beiden Modelle zeigte, wurde dem sparsameren einfaktoriellen Modell den Vorzug gegeben. Darüber hinaus sprach die hohe Korrelation von $r > .90$ zwischen dem Faktor für Inhibition-Shifting und dem Faktor für Arbeitsgedächtnis gegen das zweifaktorielle Modell. Wenn die Korrelation höher als $r = .85$ ausfällt, wie es in der vorliegenden Studie der Fall ist, spricht man von Kollinearität (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2013). Die Kollinearität stützt die Annahme, dass sich die Faktoren in der untersuchten Altersgruppe von 4 bis 6 Jahren nicht klar voneinander separieren lassen, und spricht damit für eine einfaktorielle Struktur in der frühen Kindheit.

Ausgehend von verschiedenen Theorien, die eine zeitlich voranschreitende Ausdifferenzierung der EF postulieren (z. B. Zelazo & Müller, 2002), und von empirischen Befunden, die eine zweifaktorielle Struktur bereits im Kindergartenalter finden (z. B. Monette et al., 2015; Usai et al., 2014), stellt sich zum einen die Frage, ab welchem Alter eine zweifaktorielle Struktur nachgewiesen werden kann, und zum anderen, zu welchem Zeitpunkt diese in eine dreifaktorielle Struktur übergeht. Betrachtet man die Studien mit Stichproben im Kindergartenalter, so zeigen sich keine systematischen Unterschiede in den Ergebnissen abhängig von den jeweils untersuchten Altersgruppen, die auf eine zunehmende Ausdifferenzierung hinweisen würden (z. B. höhere Frequenz von einfaktoriellen Modellen bei Studien mit Kindern unter 5 Jahren). So fand die Querschnittsstudie von Wiebe et al. (2008) beim Vergleich der EF-Struktur in zwei Altersgruppen weder Unterschiede zwischen 2 und 4 noch zwischen 4 und 6 Jahre alten Kindern. Befunde aus Längsschnittstudien können durch das Konstanthalten der Stichprobe und der eingesetzten Messverfahren noch verlässlichere Hinweise darauf geben, ob und wie sich die EF mit der Zeit ausdifferenzieren. Doch auch von den drei vorliegenden Längsschnittstudien konnte keine über zwei Messzeitpunkte hinweg eine Veränderung im identifizierten Strukturmodell nachweisen - weder zwischen 4- und 6-

Jährigen (Hughes et al., 2009), noch zwischen 5- und 6-Jährigen (Usai et al., 2014) oder zwischen 6- und 7-Jährigen (van der Ven et al., 2013).

Im Allgemeinen kann also festgehalten werden, dass sich zwischen 3 und 7 Jahren keine systematische Veränderung der Struktur von EF im Sinne einer Verlagerung von einem einfaktoriellen zu einem zweifaktoriellen Modell abzeichnet. Dabei legt sowohl die Mehrzahl der vorliegenden Studie als auch die eigene ein unitäres Modell für die EF in der frühen Kindheit nahe. Das Konstrukt der EF scheint in diesem Alter also noch nicht konsistent differenzierbar und kann erst zu einem späteren Zeitpunkt verlässlich in unterschiedliche Komponenten abgrenzt werden (Bull et al., 2011; Müller & Kerns, 2015; Röthlisberger et al., 2013; Schoemaker et al., 2013).

5.3.2 Einfluss der Indikatorwahl auf die Faktorstruktur

Doch auch wenn die Mehrheit der Studien eine unitäre Struktur nahelegt, gibt es zunehmend Hinweise darauf, dass bereits im Kindergartenalter zwei Faktoren unterschieden werden können. Allerdings verhindern methodische Schwächen bislang einen eindeutigen Nachweis einer zweifaktoriellen Struktur (Karr et al., 2018). So wurden in etwa der Hälfte der Studien mit Kindern bis 7 Jahren entweder zu wenige Indikatoren pro EF-Komponente einbezogen und/oder mindestens eine der drei postulierten exekutiven Kernfunktionen überhaupt nicht erfasst. Beide Schwächen treten interessanterweise nur bei den Studien, die bis einschließlich 2011 veröffentlicht wurden, sowie in der Studie von Willoughby, Blair, et al. (2012) auf.

In der Entwicklungsforschung generell wird die Inklusion von zwei Indikatoren pro Faktor als Minimum angesehen (Monette et al., 2015). Studien mit erwachsenen Stichproben beziehen meist mindestens drei Indikatoren pro Faktor ein (Karr et al., 2018). Dieser Unterschied mag darauf zurückzuführen sein, dass die Durchführung von drei Aufgaben pro Faktor eine große Belastung für Kindergartenkinder darstellt und möglicherweise zu erhöhten Abbruchraten führt (Senn et al., 2004). Wird jedoch nur einen einzigen Indikator pro Faktor einbezogen, wie es z. B. bei Hughes et al. (2009) der Fall war, können mehrfaktorielle Modelle gar nicht erst getestet und damit auch nicht ausgeschlossen werden (Karr et al., 2018).

Darüber hinaus lässt sich ein deutlicher Unterschied in den Ergebnissen zur EF-Struktur zwischen Studien mit Indikatoren für zwei oder für drei Faktoren feststellen. Von den sechs Studien, die Indikatoren für zwei Faktoren inkludierten, zeigte das zweifaktorielle Modell lediglich in der Studie von Lerner und Lonigan (2014) den besten Fit. In den übrigen fünf Studien wurde dem einfaktoriellen Modell den Vorzug gegeben (Bull et al., 2011; Fuhs & Day, 2011; Shing et al., 2010; Wiebe et al., 2008; Wiebe et al., 2011). Von den neun Studien, die Indikatoren für drei Faktoren inkludierten, zeigte das einfaktorielle Modell

lediglich in den Studien von Hughes et al. (2009) und Willoughby et al. (2010; 2012) den besten Fit. Ein zweifaktorielles Modell zeigte zwar ebenfalls eine gute Passung, aber keine signifikant bessere als das sparsamere einfaktorielle Modell. In den übrigen sechs Studien (Lee et al., 2013; Lee et al., 2012; Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014; van der Ven et al., 2013) wies das zweifaktorielle Modell die beste Passung auf. Dies deutet auf einen systematischen Einfluss der erfassten EF-Komponenten und der Anzahl der Indikatoren auf die Ergebnisse hin (Miller et al., 2012; Monette et al., 2015).

Wichtig ist aber nicht nur die Anzahl der verwendeten Aufgaben als Indikatoren für bestimmter EF-Faktoren, sondern auch deren Auswahl. Bisher wurden lediglich in zwei Studien mit Stichproben im Kindergartenalter exakt dieselben Aufgaben eingesetzt, was ebenfalls zur Identifikation derselben Struktur führte (Lee et al., 2013; Lee et al., 2012). Andere Studien nutzten zwar zu einem Teil die gleichen Aufgaben (z. B. zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses einen Zahlen-Spannen- oder Wort-Spannen-Test), im Allgemeinen zeigen sich aber wenige Überschneidungen in den eingesetzten Messinstrumenten.

In der vorliegenden Studie führte der Einbezug von zwei Aufgaben zur Erfassung von Shifting entgegen der Erwartung zu keiner Veränderung im identifizierten Strukturmodell. In beiden Fällen zeigte sich ein einfaktorielles Modell als das passendste. Dies könnte laut Miller et al. (2012) auf die Aufgabenauswahl zurückzuführen sein. Für die EF-Aufgaben zur Erfassung von Arbeitsgedächtnis und Shifting zeigten sich zwar signifikante Zusammenhänge, doch weder gingen die Korrelationen über eine mittlere Stärke hinaus noch fielen diese höher aus als mit Aufgaben, die andere Konstrukte erfassen. Das bestätigt die Annahme, dass die EF im Kindergartenalter tatsächlich noch nicht ausreichend differenzierbar sind. Zwischen den drei Indikatoren für Inhibition (*Tower*, *Sticker Choice*, *Hearts & Flowers inkongruent*) zeigten sich keine oder nur sehr schwache Korrelationen, was darauf schließen lässt, dass diese Aufgaben möglicherweise unterschiedliche Teil-Aspekte von Inhibition erfassen. Die niedrigen Korrelationen mit anderen Aufgaben gepaart mit der eingeschränkten Varianz in der Leistung der Kinder (s. Studie 1) führte für den *Tower* und den *Sticker Choice* allgemein zu sehr geringen Faktorladungen, die zum Teil auch unter dem Signifikanzniveau blieben.

Schwierigkeiten bei der Messung und Identifizierung des Faktors Inhibition sind keine Seltenheit (Carlson, White & Davis-Unger, 2014; Huizinga et al., 2006). Miyake (2009) stellt in Frage, ob Inhibition tatsächlich als ein distinkter Faktor betrachtet werden kann – eine Annahme, die sich auch in den vielfältigen Unterscheidungen innerhalb des Konstrukts Inhibition (Carlson et al., 2015; Diamond, 2013; Nigg, 2017) widerspiegelt (s. Kapitel 2.1). Zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler argumentieren, dass Inhibition in vielen Variationen gemessen wird, abhängig von dem genauen Paradigma, das verwendet wird (Best & Miller, 2010; Kipp, 2005; Nigg, 2000). Die drei Studien, die Inhibition als

eigenständigen Faktor identifiziert haben (Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014), setzten zwischen zwei und vier Inhibitionsaufgaben ein. Dazu gehörten sowohl Aufgaben, die eher Konflikthinhibition, also die Unterdrückung einer präpotenten Reaktion zugunsten der korrekten erforderten (*Go/No-Go*, *Day & Night* und *Simon*), als auch Aufgaben, die eher der Interferenz- und Aufmerksamkeitskontrolle zuzuordnen sind (Varianten des *Stroop-Tests*, *Flanker*, *Preschool Continuous Performance Test*, *Tower of London* und *Tower of Hanoi*). Die Aufnahme von Messverfahren, die unterschiedliche inhibitorische Prozesse messen, hätte die Identifikation eines Inhibitionsfaktors erschweren können. Die Tatsache, dass dies in diesen drei Studien nicht der Fall war, spricht dafür, dass die in den verwendeten Inhibitionsaufgaben geforderten Prozesse ähnlich genug sind, um einen gemeinsamen latenten Faktor zu formen.

Wie in der Diskussion zu Studie 1 deutlich wurde (s. Kapitel 4.3.3), kann man durchaus annehmen, dass die im vorliegenden Fall eingesetzten Aufgaben zur Erfassung von Inhibition verschiedene Facetten dieser Fähigkeit erfassen. Während beim *Hearts & Flowers inkongruent* die Unterdrückung einer präpotenten Reaktion zugunsten einer weniger automatisierten Reaktion gefordert ist, muss beim *Tower* in einer sozialen Situation gemäß der geltenden Regel die präpotente Reaktion (den nächsten Baustein zu legen) inhibiert werden, um dem Testleiter die Chance zu geben, seinen Stein zu legen. Beim *Tower* geht es also darum, ein bestimmtes Verhalten zu unterdrücken, und nicht darum, stattdessen ein anderes Verhalten zu zeigen, wie es beim *Hearts & Flowers inkongruent* der Fall ist. Dies könnte die schwache, aber signifikante Korrelation zwischen den beiden Aufgaben erklären. Der *Sticker Choice* erfasst die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub, für den die Fähigkeit, eine vorrangige Reaktion unterdrücken zu können, durchaus wichtig ist. Doch spielen bei diesem Test motivationale Prozesse eine sehr viel größere Rolle, da es um die persönliche Gewinnmaximierung geht. Dieser Unterschied zu den anderen beiden Aufgaben ist ein möglicher Grund für die fehlenden Zusammenhänge.

Der Einfluss der Methodik auf die resultierende EF-Struktur rückte im Laufe der letzten Jahre verstärkt in den Fokus der Diskussion. Während die Forderungen nach der Berücksichtigung aller EF-Komponenten und einer ausreichenden Anzahl an Aufgaben zur Messung jeder Komponente relativ leicht zu adressieren sind, bleibt die Unsicherheit in Bezug auf die Auswahl der Messverfahren, die als spezifische Indikatoren für die einzelnen Faktoren dienen sollen. Solange nicht feststeht, welche Messverfahren welche exekutiven Prozesse in welchem Maß bei Kindergartenkindern fordern, wird die Interpretation der Ergebnisse zur EF-Struktur in dieser Altersgruppe beeinträchtigt bleiben.

5.3.3 Stärken und Schwächen

Für die vorliegende Studie wurden von der Gesamtstichprobe von 3 bis 6 Jahre alten Kindern allein die Daten für Kinder zwischen 4 und 6 Jahren ausgewertet. Der Ausschluss von Kindern unter 4 Jahren beruhte auf dem Umstand, dass diese nur eine einzige Aufgabe zur Erfassung von Shifting bearbeitet hatten. Der Einschluss von allein einem einzigen Indikator pro Faktor hätte eine große methodische Schwäche dargestellt, die die Interpretation der Ergebnisse stark eingeschränkt hätte. Dies konnte mit dem Ausschluss der 3-Jährigen aus der Auswertung umgangen werden.

Wie die meisten Studien untersuchte auch die vorliegende die Struktur der EF im Querschnitt. Strukturanalysen im Längsschnitt können wichtige Einblicke in die Stabilität der EF-Struktur liefern, wurden bislang aber selten durchgeführt. Auch ein Vergleich der latenten Struktur von jüngeren und älteren Kindern, wie z. B. von Huizinga et al. (2006); Usai et al. (2014) und Shing et al. (2010) vorgenommen, hätte weitere wertvolle Erkenntnisse über die Veränderung der EF-Struktur im Verlauf der frühen Kindheit liefern können. Dies schien aber aufgrund der Reduzierung der Stichprobengröße und dem damit einhergehenden Powerverlust für die Durchführung der statistischen Analysen wenig sinnvoll.

In der vorliegenden Studie wurden die EF-Komponenten Inhibition und Arbeitsgedächtnis mit je drei, Shifting jedoch nur mit zwei Messverfahren erfasst. Bei nur zwei Indikatoren pro Faktor kann laut Karr et al. (2018) die Identifikation von mehrfaktoriellen Modellen erschwert sein. Auf der anderen Seite gibt es besonders für die Erfassung von Shifting in der Altersstufe von 4 bis 6 Jahren nur eine sehr begrenzte Anzahl an reliablen Aufgaben. Die Aufnahme von mehr als zwei bzw. drei Indikatoren pro Faktor, wie sie von Karr et al. (2018) empfohlen wird, sowie die Nutzung alternativer Aufgaben zur Erfassung von Inhibition hätte in der vorliegenden Studie möglicherweise zu etwas anderen Ergebnissen geführt.

5.3.4 Fazit von Studie 2

Die vorliegende Studie liefert relevante Befunde für die Debatte darüber, ob die EF im Wesentlichen als unitäre Funktion betrachtet werden können oder trennbare kognitive Mechanismen darstellen. Die Ergebnisse legen nahe, dass eine Differenzierung der EF in die drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting bei Kindern zwischen 4 und 6 Jahren, wie sie im Allgemeinen angenommen wird, nicht haltbar ist. Auch eine Separierung in zwei distinkte Kernfunktionen, wie sie andere Befunde nahelegen, konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden. Darüber hinaus macht die Studie einmal mehr deutlich, wie stark methodische Entscheidungen die Ergebnisse prägen und den Grad der Interpretierbarkeit beeinflussen. Über die Aufnahme einer ausreichenden

Anzahl von Indikatoren pro Kernfunktion hinaus müssen für die zu untersuchende Altersgruppe passende sowie möglichst spezifische und reliable Messverfahren ausgewählt werden, um belastbare Ergebnisse ermitteln zu können. Die Wahl geeigneter Messverfahren zur Erfassung der EF stellt jedoch vor allem in der Forschung mit jüngeren Kindern noch immer eine große Herausforderung dar. Die Identifikation dieser Herausforderung mag ein erster wichtiger Schritt sein, um diese in Zukunft zu adressieren.

6 Gesamtdiskussion und Fazit

Von Jahr zu Jahr steigt die Anzahl an Publikationen, die sich der Selbststeuerung widmen. Dafür mögen zum Teil die zahlreichen Studien verantwortlich sein, die nachweisen, wie prädiktiv die exekutiven Fähigkeiten für den weiteren Lebensverlauf sind (Blair & Razza, 2007; Carlson et al., 2015; Fitzpatrick et al., 2014). Doch trotz des stetig steigenden Interesses an den EF sind noch viele zentrale Fragen offen (s. Reviews von Blair, 2016; Hughes, 2011; Karr et al., 2018; Morra et al., 2018; Nigg, 2017): Wie ist das Konstrukt EF genau definiert und wie kann es am besten operationalisiert werden? Wie verläuft die Entwicklung der exekutiven Prozesse in den verschiedenen Altersbereichen? Welche Faktoren stehen mit der Entwicklung in Zusammenhang und nehmen auf sie Einfluss? Wie sieht die Struktur der EF in der frühen Kindheit aus und wie verändert sie sich über die Lebensspanne?

Die vorliegende Arbeit hat es sich zum Ziel gesetzt, die bedeutende Entwicklungsphase zwischen 3 und 6 Jahren näher zu untersuchen und zur Beantwortung der oben aufgeführten Fragen beizutragen. Dafür wurden die Daten des ersten Messzeitpunktes aus dem Interventionsprojekt *EMIL Baden-Württemberg* in zwei Studien ausgewertet. Studie 1 beschäftigte sich vordergründig mit der Erfassung und Entwicklung der EF bei Kindern zwischen 3 und 6 Jahren. Studie 2 widmete sich der latenten Struktur der EF bei Kindern zwischen 4 und 6 Jahren.

Im Folgenden werden die Beiträge der zentralen Ergebnisse aus beiden Studien zu den aktuellen Diskussionen im Forschungsfeld zur Definition, Erfassung, Entwicklung und Struktur der EF herausgearbeitet. Die gewonnenen Einsichten werden zu den bereits vorliegenden Studien in Bezug gesetzt und die Übereinstimmungen und Diskrepanzen dargestellt. Auf dieser Basis werden Implikationen für die weitere Entwicklungsforschung zu den EF abgeleitet. Danach werden die Grenzen der hier vorgestellten Studien aufgezeigt sowie ein Ausblick auf mögliche weiterführende Untersuchungen gegeben.

6.1 Schärfung der Definition der Exekutiven Funktionen

Die vielfältigen und oft sehr breit gefassten Definitionen sowie die mangelnde Abgrenzung von verwandten Konstrukten im Feld der Selbststeuerungsforschung machen die EF schwer greifbar (Garon et al., 2008; Jurado & Rosselli, 2007; Nigg, 2017; Senn et al., 2004). Nicht nur im Vergleich mit der Erwachsenenforschung, auch innerhalb der Forschung mit Kindern unterscheiden sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zum Teil massiv in ihrem Verständnis und ihrer Verwendung einzelner Begriffe. Dabei wird gerade in Bezug auf die Forschung mit Kindern immer diskutiert, ob die Begriffe, wie sie in der Erwachsenenforschung verwendet werden (z. B. Updating und Shifting), auch für

jüngere Altersgruppen passen. Oft bestehen Zweifel, ob in der frühen Kindheit schon von denselben Prozessen gesprochen werden kann, wie sie für Erwachsene charakteristisch sind, oder ob es sich in diesem Alter noch um Vorläuferfunktionen solcher Prozesse handelt. Diamond (2013) beispielsweise fasst ihre Definitionen der drei exekutiven Kernfunktionen aus diesem Grund bewusst weit und verwendet anstelle von Updating den Begriff Arbeitsgedächtnis und anstelle von Shifting den Begriff Kognitive Flexibilität. Dieser Ansatz bringt die Einschränkung mit sich, dass die unter diesen breiteren Begriffen zusammengefassten Prozesse nicht differenziert beforscht und abgebildet werden können. Denn Uneinigkeit in der Definition und im Verständnis der EF schlägt sich auch in der Art der Erfassung der einzelnen Funktionen und Prozesse nieder, was sowohl die Bestimmung von Entwicklungssequenzen als auch die Untersuchung der Struktur der EF erschwert.

Reviews wie von Diamond (2013), Garon et al. (2008), Jurado und Rosselli (2007) und Nigg (2017) mit extensiven Darstellungen der derzeitigen Lage und Vorschlägen für einheitliche Begriffsdefinition sind dafür überaus wichtig. Allerdings können solche Vorstöße wenig ausrichten, wenn die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Forschungsfeld der EF nicht gewillt sind, in die Diskussion miteinzusteigen und die offenen Punkte in ihrer Forschung aktiv zu anzugehen. Dabei wäre eine allgemein anerkannte Begriffsbestimmung nicht nur für die Ausarbeitung neuer Studien zur genaueren Abbildung von Entwicklungsverläufen wie auch der Struktur in der frühen Kindheit, sondern auch für die Interpretation vorliegender Ergebnisse überaus hilfreich (Karr et al., 2018).

6.2 Reliable und sensitive Erfassung der Exekutiven Funktionen im frühen Kindesalter

Die reliable Erfassung der EF bei Kindern ist im Angesicht der Rolle, die die EF bei der kognitiven und sozialen Entwicklung spielen, von großer Bedeutung. So erwiesen sich individuelle Variationen innerhalb des Normalbereichs als prädiktiv für die spätere sozial-emotionale Entwicklung von z. B. *Theory of Mind* (Carlson et al., 2015) sowie für mathematische und sprachliche Fähigkeiten (Blair & Razza, 2007). Über die letzten drei Jahrzehnte wurden viele neue Aufgaben entwickelt, um die EF bei Kindern unter 7 Jahren zu erfassen. Manche bauen dabei auf Verfahren auf, die bereits erfolgreich bei Erwachsenen im Einsatz sind (z. B. der *DCCS*, welcher auf dem Prinzip des *Wisconsin Card Sorting Test* basiert), während andere speziell für Kinder im Kindergartenalter konzipiert wurden (z. B. *Peg Tapping*-Aufgabe). Bislang gab es nur wenige Versuche, die Messverfahren nach ihrer Güte und ihrer Alterspassung zu bewerten (vgl. Carlson, 2005; Ikeda, Okuzumi & Kokubun, 2014). Gerade für Kinder zwischen 3 und 6 Jahren klaffen die Einschätzungen des Anspruchs und der Eignung von Aufgaben oft weit auseinander, und es zeigen sich widersprüchliche Ergebnisse zur Leistungssensitivität und Reliabilität. Die

detaillierte Analyse des Aufgabenanspruchs ist daher ein wichtiger Schritt, um die Eignung von Testverfahren zu bewerten (s. Kapitel 4.3.2).

Die Ergebnisse aus Studie 1 machen deutlich, dass nicht alle eingesetzten Verfahren gleich gut in der Lage waren, die Leistungsunterschiede zwischen den Altersgruppen abzubilden. Die Decken- und Bodeneffekte lassen feststellen, dass der Anspruch mancher Aufgaben nicht den Fähigkeiten der Kinder zwischen 3 und 6 Jahren entsprach. Gut geeignet scheinen die Aufgaben *ZNV* und *Block Recall* zur Erfassung des Arbeitsgedächtnisses, der *Hearts & Flowers inkongruent* zur Erfassung von Inhibition und der *Hearts & Flowers gemischt* sowie auch der *DCCS* zur Erfassung von Shifting. Die durchgeführte Analyse der Alterssensitivität liefert wichtige Hinweise darauf, welche Aufgaben in der frühen Kindheit und ggf. auch darüber hinaus eingesetzt werden können. So scheinen die Aufgaben *DCCS*, *ZNV* und *ZNR* sowie der *Block Recall* auch über das Alter von 6 Jahren hinaus noch ausreichend Varianz zuzulassen, um zur Erfassung der EF verwendet zu werden. Beim *Hearts & Flowers* erreichten die ältesten Kinder zwar über 80% der möglichen Punkte, werden aber Reaktionszeiten als Leistungsindikator herangezogen, ist dieser Test auch noch über das Kindergarten- und Grundschulalter hinaus einsetzbar (Shing et al., 2010). Die Herausforderungen bei der Testauswahl für Kinder im Kindergartenalter und die Konsequenzen für Entwicklungsstudien werden in Kapitel 6.3 weiter ausgeführt.

Trotz zahlreicher Bemühungen um eine altersangemessene, reliable, vor allem aber „reine“ Erfassung unterschiedlicher exekutiver Prozesse, besteht nach wie vor Bedarf an der Weiterentwicklung und Optimierung von Messinstrumenten. Die Befunde der Korrelationsanalysen aus Studie 1 und Studie 2 belegen, dass Messverfahren, die auf theoretischer Basis derselben Funktion zugewiesen werden, nicht immer signifikante Zusammenhänge zeigen. Dies wird in beiden Analysen besonders für die Kernfunktion Inhibition deutlich. Besonders die CFA in Studie 2 zeigen dabei, wie stark Einschränkungen in der Zuordnung eines Indikators zu einem bestimmten Faktor die Interpretation der Ergebnisse einschränken kann (s. Kapitel 6.3.). Ein wichtiger Ansatz besteht in der genaueren Analyse bestehender Messverfahren. So könnten beispielsweise systematische Manipulationen von Tests nicht nur Aufschluss über die Alterspassung bringen, sondern auch darüber, welche exekutiven Prozesse in den Aufgaben genau gefordert sind. Untersuchungen mit gezielter Variation einer bestimmten Aufgabe wurden bislang z. B. für den *DCCS* (Zelazo, 2006; Zelazo et al., 2003), den *Flanker* (Oeri, Voelke & Roebbers, 2018) und den *Day & Night* (Ling, Wong & Diamond, 2016) durchgeführt. Auch die Untersuchung von Hirnaktivität in den unterschiedlichen Bereichen des PFC während der Bearbeitung von exekutiven Aufgaben mit neurophysiologischen Verfahren wie EEG könnte Aufschluss darüber bringen, welche kognitiven Prozesse gefordert werden.

6.3 Entwicklung der Exekutiven Funktionen zwischen 3 und 6 Jahren

Die Kindergartenzeit ist von vielfältigen Veränderungen geprägt. So gehen die Verbesserungen in den EF mit Fortschritten in anderen kognitiven Domänen einher. Kinder entwickeln ihre sprachlichen Fähigkeiten, ihr konzeptuelles Verständnis, ihre Kapazität für mentale Repräsentationen und ihre Verarbeitungsgeschwindigkeit (Chevalier & Clark, 2018). Verbesserungen in diesen Bereichen tragen mit dazu bei, dass Kinder zunehmend besser in der Lage sind, das Ziel einer Aufgabe zu verstehen und ihre kognitiven Ressourcen zur Erreichung dieses Ziels einzusetzen.

In Bezug auf die Entwicklungssequenz der EF bestätigen die Ergebnisse aus Studie 1 die Annahme von z. B. Garon et al. (2008), dass sich Inhibition als erste der drei Kernfunktionen ausbildet. Dabei entwickelt sich zunächst die Fähigkeit, eine präpotente Reaktion allein zu unterdrücken, und darauf aufbauend die Fähigkeit, eine präpotente Reaktion zu unterdrücken, um stattdessen eine andere Reaktion auszuführen. Die Fähigkeit zum Shifting scheint sich als zweites zu entwickeln, eventuell aufbauend auf der dafür nötigen Fähigkeit zur Inhibition. Hier zeigt sich für beide eingesetzten Aufgaben ein ähnlicher Entwicklungsverlauf, was darauf schließen lässt, dass auch ähnliche Prozesse gefordert sind. Dass sich Shifting hier entgegen der Vorstellung von Diamond (2002, 2013) als zweite und nicht als letzte Funktion ausbildet, kann auf die verwendeten Messverfahren zurückzuführen sein. Beide Shifting-Aufgaben werden in der hier verwendeten Form für Altersgruppen im Kindergartenalter empfohlen, während die Arbeitsgedächtnis-Aufgaben auch noch im Grundschulalter Anwendung finden und sich folglich besonders herausfordernd für die untersuchten Kindergartenkinder erwiesen. Es wurden keine Unterschiede zwischen der Entwicklung des phonologischen und des räumlich-visuellen Arbeitsgedächtnisse gefunden, wohl aber zwischen Aufgaben, die die bloße Speicherung und Wiedergabe von Informationen fordern, und solchen, die eine Weiterverarbeitung der Informationen verlangen. Im Einklang mit den Befunden von Bull et al. (2008) und Usai et al. (2014) überfordert die Manipulation von Informationen, was im Allgemeinen als Updating bezeichnet wird, Kinder unter 5 Jahren noch sehr, weshalb die Verwendung des Begriffs Arbeitsgedächtnis als allumfassenderer Term für Kindergartenkinder durchaus sinnvoll zu sein scheint (Diamond, 2013; Garon et al., 2008).

Für die Mehrheit der untersuchten Konstrukte zeigt sich kein linearer Entwicklungsverlauf. Die zu beobachtenden Sprünge und Plateaus in der Entwicklung der EF sprechen dafür, dass sich in den Altersgruppen die verschiedenen exekutiven Prozesse mit unterschiedlicher Geschwindigkeit entwickeln. Dieser Unterschied zu einigen Vorstudien, die besonders für die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses einen linearen Verlauf nahelegen

(Boudreau et al., 2018; Garon et al., 2014; Gathercole et al., 2004), könnte auf die feinere Untersuchung der Entwicklung in Halbjahresschritten zurückzuführen sein.

Die Entwicklung der EF wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst (s. Kapitel 2.4.3). Der sozioökonomische Status von Familien nimmt nachweislich Einfluss auf die Entwicklung der EF der Kinder (Bassett, Denham, Wyatt & Warren-Khot, 2012; Cadavid-Ruiz, Del Río, Egido & Galindo, 2016; Farah et al., 2006). In Übereinstimmung mit früheren Befunden fanden sich in Studie 1 schwache Korrelationen zwischen einzelnen EF-Aufgaben und den sozioökonomischen Variablen. Die meisten signifikanten Zusammenhänge zeigten sich mit der Schulbildung der Eltern. Kinder von Eltern mit höherem Schulabschluss zeigen besser entwickelte EF als Kinder von Eltern mit niedrigerem Schulabschluss. Die Anzahl und die Höhe der Korrelationen fielen dabei für Mütter und Väter ähnlich aus, was darauf hinweist, dass das Bildungsniveau von Vater und Mutter vergleichbar stark mit den EF des Kindes in Verbindung steht. Für das Familieneinkommen zeigten sich nur schwache Korrelationen, was sich mit den Befunden der aktuellen Meta-Analyse von Lawson et al. (2018) deckt. Der Unterschied in der Anzahl und Höhe der signifikanten Korrelationen legt nahe, dass der stabilere Indikator der elterlichen Schulbildung ein besserer Prädiktor für die Entwicklung kindlicher EF ist, als der eher von Fluktuationen unterworfenen Indikator Familieneinkommen (Raver et al., 2013).

Die allgemein schwachen Korrelationen lassen sich eventuell darauf zurückführen, dass es sich - trotz des guten Abbilds der Population in Baden-Württemberg - um eine Stichprobe mit eingeschränkter Varianz im sozioökonomischen Status handelte. Es ist zu vermuten, dass in allen teilnehmenden Familien ein gewisser sozioökonomischer Standard erfüllt ist, über welchen hinaus sich weder negative noch positive Auswirkungen auf die kognitive Entwicklung des Kindes ergeben (Hughes & Ensor, 2009).

6.4 Unity & Diversity in der frühen Kindheit

Lange herrschte die Annahme vor, dass das aus den drei Kernfunktionen Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting bestehende Unity & Diversity-Modell von Miyake und Kollegen (2000), welches auf Daten von Erwachsenen beruht, auch auf jüngere Altersgruppen übertragen werden könne. Eine dreifaktorielle Struktur konnte jedoch bislang erst für Stichproben im späten Kindesalter beziehungsweise im frühen Jugendalter verlässlich nachgewiesen werden (Duan et al., 2010; Lehto et al., 2003; Rose et al., 2011). Befunde aus Kohorten- und Längsschnittstudien (Huizinga et al., 2006; Lee et al., 2013; Shing et al., 2010) sprechen für eine zunehmende Differenzierung der EF von einem unitären in voneinander abgrenzbare Faktoren, wie es unter anderem von Zelazo und Müller (2002) postuliert wurde. Die sukzessive Separierung der Funktionen lässt sich auch aus den Veränderungen in der Organisation der kognitiven Systeme über die Kindheit und

Jugend hinweg ablesen (Chevalier & Clark, 2018). So zeigen neurophysiologische Studien, eine mit dem Alter zunehmende Differenzierung in der Aktivierung neuronalen Netzwerke, die mit den EF in Verbindung gebracht werden (Durstun & Casey, 2006; Fair et al., 2007). Korrelationsstudien weisen ebenfalls durch die mit dem Alter abnehmenden Zusammenhänge zwischen Aufgaben, die sich auf verschiedene exekutive Kernfunktionen richten, auf eine entwicklungsabhängige Ausdifferenzierung hin (Davidson et al., 2006; Tsujimoto, Kuwajima & Sawaguchi, 2007).

Wie die Struktur im frühen Kindesalter genau aussieht und aus welchen Faktoren sie im Einzelnen besteht, bleibt trotz großer Forschungsbemühungen unklar. Bisher konnte für Kinder zwischen 3 und 7 Jahren entweder eine ein- oder zweifaktorielle Struktur identifiziert werden. Bei genauerer Betrachtung fallen bei Studien, die eine einfaktorielle Struktur fanden, methodischen Schwächen bezüglich der Indikatorauswahl auf (Miller et al., 2012). Neuere Studien hingegen, die den methodischen Anforderungen bezüglich der Anzahl und der Passung von Indikatoren zu den postulierten Faktoren besser gerecht wurden, weisen durchgängig auf eine zweifaktorielle Struktur hin, unterscheiden sich aber durchaus in den identifizierten Faktoren (Lee et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014).

In Studie 2 wurde die latente Struktur der EF bei Kindern zwischen 4 und 6 Jahren mit Hilfe von CFA ermittelt. Die Ergebnisse deuten auf eine unitäre Faktorstruktur der EF hin. Das bedeutet, dass die Indikatoren für alle drei exekutiven Kernfunktionen auf einen übergreifenden Faktor laden. Dieses Ergebnis zeigte sich im Gegensatz zu Miller et al. (2012) unabhängig davon, ob Indikatoren für Shifting in die CFA aufgenommen wurden oder nicht. Wie schon in anderen Studien (Lee et al., 2013; van der Ven et al., 2013) zeigte auch ein zweifaktorielles Modell mit Arbeitsgedächtnis als separatem Faktor und einem gemeinsamen Faktor für Inhibition und Shifting einen sehr guten, aber keinen signifikant besseren Fit als das einfaktorielle Modell. Des Weiteren zeigte sich eine hohe Kollinearität zwischen den beiden identifizierten Faktoren, was gegen ein mehrfaktorielles Modell spricht. Insofern war das einfaktorielle Modell mit einem unitären EF-Faktor zu bevorzugen.

Da die methodischen Anforderungen bezüglich der Anzahl an Indikatoren pro Faktor erfüllt waren, stellt sich noch die Frage nach der Eignung der gewählten Aufgaben zur Erfassung der EF. Besonders die Aufgaben zur Messung von Inhibition (*Tower* und *Sticker Choice*) sind auf Basis der Befunde zur Alterssensitivität (Studie 1) und die schwachen beziehungsweise nichtexistenten Korrelationen zwischen beiden Aufgaben (s. Studie 1 und 2) kritisch zu betrachten. Eventuell messen die verwendeten Aufgaben tatsächlich unterschiedliche Aspekte der Inhibition, wie theoretische Differenzierungen des Konstrukts Inhibition (s. Kapitel 2.1.1) und die genaueren Aufgabenanalysen (s. Kapitel 4.3.3 und Kapitel 5.3.2) nahelegen. Inwieweit die Testauswahl die Identifikation eines separaten Faktors für Inhibition tatsächlich beeinflusst hat, bleibt vorerst jedoch unklar. Auf der einen

Seite konnten vier Studien einen separaten Inhibitionsfaktor identifizieren (Lerner & Lonigan, 2014; Miller et al., 2012; Monette et al., 2015; Usai et al., 2014), obwohl sie sehr diverse Aufgaben zur Erfassung von Inhibition einsetzten. Auf der anderen Seite formten in der Studie von Huizinga et al. (2006) die drei Aufgaben, die zur Erfassung von Inhibition erhoben wurden, auch drei einzelne Faktoren. Dieses Bild zeigte sich nicht nur für Kinder im Kindergartenalter, sondern auch im Grundschulalter. Bislang überwiegen also die Hinweise darauf, dass Inhibition in der Kindheit noch kein einheitliches Konstrukt darstellt. Ob die Inhibition allerdings keinen, einen einzelnen oder mehrere separate Faktoren bildet, muss in künftigen Studien geprüft werden.

Zusammenfassend machen bisherige Befunde und die Ergebnisse der Studie 2 übereinstimmend deutlich, dass die Struktur in der frühen Kindheit bislang nicht eindeutig bestimmt werden konnte, auch wenn vieles für eine ein- oder zweifaktorielle Lösung bei Kindern unter 7 Jahren spricht. Diese Ergebnisse sind aufgrund von methodischen Schwächen jedoch mit Vorsicht zu interpretieren und lassen keine endgültigen Rückschlüsse auf die Struktur der EF in der frühen Kindheit zu. Sie geben allerdings wichtige Aufschlüsse darüber, welche Punkte in zukünftigen Studien Beachtung finden sollten, um das Forschungsfeld voranzubringen. So legen die Befunde zur Struktur der EF nahe, dass das Verständnis der Struktur der EF zunächst ein genaueres Verständnis ihrer Erfassung erfordert (Karr et al., 2018). Weiterhin ist auf die Konsistenz in der Wahl der Tests zur Messung der EF zu achten. Während bestimmte Tests bereits in mehreren Studien verwendet wurden (wie z. B. *Stroop*- und *Zahlenspannen*-Aufgaben), wurden bislang nur selten komplette Forschungsdesigns repliziert. Darüber hinaus stellt sich die grundsätzliche Frage, ob die Annahme von drei exekutiven Kernfunktionen, die die seit der Veröffentlichung des Unity & Diversity-Modells von Miyake und Kollegen (2000) das Feld fast vollständig dominiert, die Entwicklungsforschung überhaupt effektiv voranbringt und eine Distanzierung von diesem Modell nicht dem weiteren Erkenntnisgewinn zuträglich wäre (Karr et al., 2018). Generell haben bislang nur wenige Studien zusätzliche oder alternative Konstrukte innerhalb der EF untersucht, aber besonders für die frühe Kindheit ist – trotz einiger Inkonsistenzen in den Bezeichnungen – eine klare Fokussierung auf die drei Kernfunktionen zu erkennen. Möglicherweise besteht ein Publikationsbias zugunsten von Studien, die modell- beziehungsweise theoriekonforme Ergebnisse liefern, also entweder dem Unity & Diversity-Modell entsprechen oder die Theorie einer sukzessiven Ausdifferenzierung der EF stützen (Karr et al., 2018). Gerade im Angesicht der vielen methodischen Herausforderungen zeigten die publizierten Studien oft auch bei kleinen Stichproben eine überraschend exzellente Passung zu den postulierten Modellen. Zukünftige Forschung sollten erwägen, weitere Konstrukte wie Planen, Problemlösen oder Fluency (Packwood et al., 2011) zu berücksichtigen, die in früheren Arbeiten zwar

postuliert, aber bislang noch nicht konsequent im Rahmen von Faktorenanalysen untersucht wurden. Darüber hinaus sollte der Frage nachgegangen werden, ob die Subkomponenten, die unter dem Sammelbegriff EF zusammengefasst werden, nicht in sich Sammelbegriffe für unterschiedliche Funktionen sein könnten und individuelle Untersuchungen wert sind. In Bezug auf die frühe Kindheit scheint hier besonders die weitere Erforschung der potentiellen Mehrdimensionalität des Konstrukts Inhibition von Interesse zu sein (Karr et al., 2018).

6.5 Grenzen der vorliegenden Studie und Ausblick

Wie alle Studien hat auch die vorliegende Arbeit Limitationen, die im Folgenden dargelegt und diskutiert werden sollen.

Die rekrutierte Stichprobe schöpfte die Kapazitäten des Projektes maximal aus. Dennoch sollte erwähnt werden, dass eine etwas größere Teilstichprobe in Studie 2 den Vergleich der latenten Struktur der EF von den jüngeren (4 bis 5 Jahre) und den älteren (5 bis 6 Jahre) Kindern zugelassen hätte, was einen großen Mehrwert bedeutet hätte.

Das querschnittliche Studiendesign mit der Erfassung der EF zu nur einem Messzeitpunkt ist eine Schwäche der vorliegenden Studie. Aufgrund des Studiendesigns können weder Aussagen über individuelle Entwicklungsverläufe noch über Veränderungen in der latenten EF-Struktur mit zunehmendem Alter getroffen werden. Längsschnittliche Daten zur Entwicklung der EF über einen Zeitraum von sechs Monaten liegen innerhalb der *EMIL*-Studie für einen Teil der Kinder vor und sollen in einem nächsten Schritt in Bezug auf die individuelle Entwicklung und Stabilität der EF ausgewertet werden.

Die EF wurden mit leistungsbasierten Verhaltenstests erfasst, was den Vorteil bietet, dass diese Messung standardisiert durchgeführt wird und so wenig Raum für Verzerrung der Ergebnisse durch den Testleiter bleibt (Carlson, 2005). Auf der anderen Seite korrelieren Verhaltenstests in der Regel wenig mit Einschätzungen von Bezugspersonen, die die EF des Kindes im Alltag bewerten und die kindlichen Fähigkeiten möglicherweise ökologisch valider abbilden (z. B. Evers et al., 2016). Die zusätzliche Einschätzung durch Eltern oder der pädagogischen Fachkraft des Kindes im Kindergarten hätte unter Umständen ein wirklichkeitsnäheres Bild der Fähigkeiten der Kinder entstehen lassen (Anderson & Reidy, 2012; McClelland et al., 2015).

In allen Altersgruppen wurden Inhibition und Arbeitsgedächtnis mit mindestens zwei Aufgaben erfasst. Für Shifting stand mit dem *DCCS* jedoch für Kinder unter 4 Jahren nur eine passende Aufgabe zur Verfügung. Die Aufnahme einer weiteren Aufgabe zur Erfassung von Shifting passend für Kinder unter 4 Jahren hätte die Berechnung der CFA für die gesamte Stichprobe ermöglicht. Aus der Literatur konnte zum Zeitpunkt der Studie

keine reliable Aufgabe zur Erfassung von Shifting für deutschsprachige Kinder in der vorliegenden Altersgruppe identifiziert werden. Für die Zukunft wäre es wünschenswert, weitere valide Messverfahren für den Einsatz bei Kinder unter 4 Jahren zu entwickeln, um die latente EF-Struktur auch schon in jüngeren Altersgruppen prüfen zu können.

Die Tests sollten die einzelnen Kernfunktionen möglichst spezifisch erfassen sowie deren verschiedenen Teilkomponenten, die aus ihrer Definition hervorgehen (z. B. das visuelle und das auditive Arbeitsgedächtnis), messen. Die Ergebnisse zeigen, dass dieses Vorhaben nur zum Teil gelungen ist. Wie schon in anderen Studien zeigten die Analysen in Bezug auf Inhibition einige Schwächen der eingesetzten Messverfahren in Bezug auf deren Leistungssensitivität und Konstruktvalidität. So ergaben sich Deckeneffekte für zwei der drei Inhibitionsaufgaben sowie gar keine oder nur schwache signifikante Korrelationen untereinander. Dies schränkte die Chancen ein, mit der CFA einen separaten Faktor für Inhibition zu identifizieren. Mit dem Einsatz von computerbasierten Aufgaben, die neben der Anzahl an richtigen Antworten auch die Reaktionszeit als einen zweiten, sensiblen Indikator für Leistungsunterschiede liefern, könnte dieses Problem in zukünftigen Studien umgangen werden.

6.6 Gesamtfazit

EF hängen eng mit einer ganzen Reihe von bedeutsamen Outcomes zusammen, wie körperlicher und seelischer Gesundheit, akademischem Erfolg und sozial-emotionalen Kompetenzen (Blair, 2016). Defizite in den EF dienen daher als Frühwarnsystem für eine ungünstige Entwicklung von Kindern (Diamond, 2013). Mögliche Defizite können jedoch nur erkannt werden, wenn wir über Messverfahren verfügen, die die normative Entwicklung und damit auch Entwicklungsverzögerungen verlässlich nachweisen können (Nigg, 2017).

Um beides zu erreichen, braucht es nicht nur reliable und normierte Paradigmen, sondern auch Klarheit im Verständnis dieses komplexen Konstrukts. Beiden Punkten muss sich das Forschungsfeld in den nächsten Jahren widmen, um zunächst die Entwicklung und Struktur der EF in der frühen Kindheit verlässlicher und kohärenter abbilden und - darauf aufbauend - ihr Potenzial als Frühwarnsystem für Verzögerungen und ungünstige Trajektorien in der Entwicklung voll entfalten zu können.

7 Literatur

- Alloway, T. P. (2007). Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *Journal of experimental child psychology*, 96(1), 20-36. doi:10.1016/j.jecp.2006.07.002
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child development*, 77(6), 1698-1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Willis, C. & Adams, A.-M. (2004). A structural analysis of working memory and related cognitive skills in young children. *Journal of experimental child psychology*, 87(2), 85-106. doi:10.1016/j.jecp.2003.10.002
- Alloway, T. P. & Temple, K. J. (2007). A comparison of working memory skills and learning in children with developmental coordination disorder and moderate learning difficulties. *Applied Cognitive Psychology*, 21(4), 473-487. doi:10.1002/acp.1284
- Anderson, P. J. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82. doi:10.1076/chin.8.2.71.8724
- Anderson, P. J. & Reidy, N. (2012). Assessing executive function in preschoolers. *Neuropsychology review*, 22(4), 345-360. doi:10.1007/s11065-012-9220-3
- Aron, A. R., Robbins, T. W. & Poldrack, R. A. (2004). Inhibition and the right inferior frontal cortex. *Trends in cognitive sciences*, 8(4), 170-177. doi:10.1016/j.tics.2004.02.010
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2013). *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*. (14. Auflage ed.). Berlin: Springer.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*: Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47-89). New York (NY): Academic Press.
- Baggetta, P. & Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and operationalization of executive function. *Mind, Brain, and Education*, 10(1), 10-33. doi:10.1111/mbe.12100
- Baker, K., Segalowitz, S. & Ferlisi, M. (2001). The effect of differing scoring methods for the Tower of London task on developmental patterns of performance. *The Clinical Neuropsychologist*, 15(3), 309-313. doi:10.1076/clin.15.3.309.10273
- Banich, M. T. (2009). Executive function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94. doi:10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x
- Bassett, H. H., Denham, S., Wyatt, T. M. & Warren-Khot, H. K. (2012). Refining the Preschool Self-regulation Assessment for Use in Preschool Classrooms. *Infant and Child Development*, 21(6), 596-616. doi:Doi 10.1002/lcd.1763

- Bassett, H. H., Denham, S., Wyatt, T. M. & Warren-Khot, H. K. (2012). Refining the Preschool Self-regulation Assessment for use in preschool classrooms. *Infant and Child Development*, 21(6), 596-616. doi:10.1002/icd.1763
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D. & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351-355. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00534.x
- Beck, D. M., Schaefer, C., Pang, K. & Carlson, S. M. (2011). Executive Function in Preschool Children: Test-Retest Reliability. *Journal of Cognition and Development*, 12(2), 169-193. doi:10.1080/15248372.2011.563485
- Bell, M. A. & Adams, S. E. (1999). Comparable performance on looking and reaching versions of the A-not-B task at 8 months of age. *Infant Behavior and Development*, 22(2), 221-235. doi:10.1016/S0163-6383(99)00010-7
- Bell, M. A. & Deater-Deckard, K. (2007). Biological systems and the development of self-regulation: Integrating behavior, genetics, and psychophysiology. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 28(5), 409-420. doi:10.1097/DBP.0b013e3181131fc7
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological bulletin*, 107(2), 238. doi:10.1037/0033-2909.107.2.238
- Best, J. R. & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81(6), 1641-1660. doi:10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x
- Bierman, K. L., Nix, R. L., Domitrovich, C. E., Welsh, J. A. & Gest, S. D. (2015). The head start REDI project and school readiness. In A. J. Reynolds, A. J. Rolnick & J. A. Temple (Eds.), *Health and education in early childhood: Predictors, interventions, and policies* (pp. 208-233). Cambridge, UK Cambridge University Press.
- Binet, A. & Simon, T. (1916/1980). *The Development of Intelligence in Children*. Nashville, TN: Williams Printing Company.
- Blair, C. (2016). Developmental Science and Executive Function. *Current Directions in Psychological Science*, 25(1), 3-7. doi:10.1177/0963721415622634
- Blair, C. & Razza, R. P. (2007). Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten. *Child development*, 78(2), 647-663. doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01019.x
- Blair, C. & Ursache, A. (2011). A bidirectional model of executive functions and self-regulation. *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications*, 2, 300-320.
- Blair, C., Zelazo, P. D. & Greenberg, M. T. (2005). The measurement of executive function in early childhood. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 561-571. doi:10.1207/s15326942dn2802_1

- Blakey, E., Visser, I. & Carroll, D. J. (2016). Different executive functions support different kinds of cognitive flexibility: Evidence from 2-, 3-, and 4-year-olds. *Child development*, 87(2), 513-526. doi:10.1111/cdev.12468
- Bodrova, E. & Leong, D. J. (2007). *Tools of the Mind*: Pearson.
- Boudreau, A. M., Dempsey, E. E., Smith, I. M. & Garon, N. M. (2018). A novel working memory task for preschoolers: sensitivity to age differences from 3-5 years. *Child Neuropsychology*, 24(6), 799-822. doi:10.1080/09297049.2017.1333592
- Bridgett, D. J., Oddi, K. B., Laake, L. M., Murdock, K. W. & Bachmann, M. N. (2013). Integrating and differentiating aspects of self-regulation: Effortful control, executive functioning, and links to negative affectivity. *Emotion*, 13(1), 47-63. doi:10.1037/a0029536
- Brocki, K. C. & Bohlin, G. (2004). Executive functions in children aged 6 to 13: A dimensional and developmental study. *Developmental Neuropsychology*, 26(2), 571-593. doi:10.1207/s15326942dn2602_3
- Browne, M. W. & Cudeck, R. (1993). Alternative ways of assessing model fit. In K. A. Bollen & J. S. Long (Eds.), *Testing structural equation models* (pp. 136–162). Beverly Hills, CA: Sage.
- Bull, R., Espy, K. A. & Wiebe, S. A. (2008). Short-Term Memory, Working Memory, and Executive Functioning in Preschoolers: Longitudinal Predictors of Mathematical Achievement at Age 7 Years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228. doi:10.1080/87565640801982312
- Bull, R., Espy, K. A., Wiebe, S. A., Sheffield, T. D. & Nelson, J. M. (2011). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: Sources of variation in emergent mathematic achievement. *Developmental science*, 14(4), 679-692. doi:10.1111/j.1467-7687.2010.01012.x
- Bull, R. & Scerif, G. (2001). Executive functioning as a predictor of children's mathematics ability: Inhibition, switching, and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 19(3), 273-293. doi:10.1207/S15326942dn1903_3
- Byrne, B. M. (2013). *Structural equation modeling with Mplus: Basic concepts, applications, and programming*. New York: Routledge.
- Cadavid-Ruiz, N., Del Río, P., Egido, J. & Galindo, P. (2016). Age related changes in the executive function of Colombian children. *Universitas Psychologica*, 15(SPE5), 1-10.
- Calderon, J., Jambaqué, I., Bonnet, D. & Angeard, N. (2014). Executive functions development in 5-to 7-year-old children with transposition of the great arteries: a longitudinal study. *Developmental Neuropsychology*, 39(5), 365-384. doi:10.1080/87565641.2014.916709

- Carlson, S. M. (2003). Executive Function in Context: Development, Measurement, Theory, and Experience. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), 138-151. doi:10.1111/j.0037-976X.2003.00270.x
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616. doi:10.1207/s15326942dn2802_3
- Carlson, S. M., Claxton, L. J. & Moses, L. J. (2015). The relation between executive function and theory of mind is more than skin deep. *Journal of Cognition and Development*, 16(1), 186-197. doi:10.1080/15248372.2013.824883
- Carlson, S. M., Mandell, D. J. & Williams, L. (2004). Executive Function and Theory of Mind: Stability and Prediction From Ages 2 to 3. *Developmental psychology*, 40(6), 1105-1122. doi:10.1037/0012-1649.40.6.1105
- Carlson, S. M. & Moses, L. J. (2001). Individual Differences in Inhibitory Control and Children's Theory of Mind. *Child development*, 72(4), 1032-1053. doi:10.1111/1467-8624.00333
- Carlson, S. M., Moses, L. J. & Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, 11(2), 73-92. doi:10.1002/icd.298
- Carlson, S. M. & Wang, T. S. (2007). Inhibitory control and emotion regulation in preschool children. *Cognitive Development*, 22(4), 489-510.
- Carlson, S. M., White, R. E. & Davis-Unger, A. C. (2014). Evidence for a relation between executive function and pretense representation in preschool children. *Cognitive Development*, 29, 1-16. doi:10.1016/j.cogdev.2013.09.001
- Casey, B. J., Giedd, J. N. & Thomas, K. M. (2000). Structural and functional brain development and its relation to cognitive development. *Biological psychology*, 54(1-3), 241-257. doi:10.1016/S0301-0511(00)00058-2
- Center on the Developing Child at Harvard University. (2011). Building the Brain's "Air Traffic Control" System: How Early Experiences Shape the Development of Executive Function: Working Paper No. 11.
- Chaytor, N., Schmitter-Edgecombe, M. & Burr, R. (2006). Improving the ecological validity of executive functioning assessment. *Archives of clinical neuropsychology*, 21(3), 217-227. doi:10.1016/j.acn.2005.12.002
- Chevalier, N. & Blaye, A. (2009). Setting Goals to Switch Between Tasks: Effect of Cue Transparency on Children's Cognitive Flexibility. *Developmental psychology*, 45(3), 782-797. doi:10.1037/A0015409

- Chevalier, N. & Clark, C. A. C. (2018). Executive Function in Early and Middle Childhood. In S. A. Wiebe & J. Karbach (Eds.), *Executive function. Development across the life span* (1st ed.). New York: Routledge.
- Chou, L.-N., Kuo, P.-H., Lin, C. C. & Chen, W. J. (2010). Genetic and environmental influences on the Wisconsin Card Sorting Test performance in healthy adolescents: a twin/sibling study. *Behavior Genetics*, *40*(1), 22. doi:10.1007/s10519-009-9299-3
- Ciairano, S., Visu-Petra, L. & Settanni, M. (2007). Executive inhibitory control and cooperative behavior during early school years: A follow-up study. *Journal of abnormal child psychology*, *35*(3), 335-345. doi:10.1007/s10802-006-9094-z
- Clark, C. A., Pritchard, V. E. & Woodward, L. J. (2010). Preschool executive functioning abilities predict early mathematics achievement. *Developmental psychology*, *46*(5), 1176-1191. doi:10.1037/a0019672
- Clark, C. A., Sheffield, T. D., Chevalier, N., Nelson, J. M., Wiebe, S. A. & Espy, K. A. (2013). Charting early trajectories of executive control with the shape school. *Developmental psychology*, *49*(8), 1481. doi:10.1037/a0030578
- Cowan, N., AuBuchon, A. M., Gilchrist, A. L., Ricker, T. J. & Saults, J. S. (2011). Age differences in visual working memory capacity: Not based on encoding limitations. *Developmental science*, *14*(5), 1066-1074. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01060.x
- Cragg, L. & Chevalier, N. (2012). The processes underlying flexibility in childhood. *The quarterly journal of experimental psychology*, *65*(2), 209-232. doi:10.1080/17470210903204618
- Crone, E. A., Wendelken, C., Donohue, S., van Leijenhorst, L. & Bunge, S. A. (2006). Neurocognitive development of the ability to manipulate information in working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*(24), 9315-9320. doi:10.1073/pnas.0510088103
- Cuevas, K. & Bell, M. A. (2010). Developmental progression of looking and reaching performance on the A-not-B task. *Developmental psychology*, *46*(5), 1363. doi:10.1037/a0020185
- Cuevas, K., Deater-Deckard, K., Kim-Spoon, J., Watson, A. J., Morasch, K. C. & Bell, M. A. (2014). What's mom got to do with it? Contributions of maternal executive function and caregiving to the development of executive function across early childhood. *Developmental science*, *17*(2), 224-238. doi:10.1111/desc.12073
- D'Esposito, M., Postle, B. R., Ballard, D. & Lease, J. (1999). Maintenance versus manipulation of information held in working memory: an event-related fMRI study. *Brain and cognition*, *41*(1), 66-86. doi:10.1006/brcg.1999.1096
- Daseking, M. & Petermann, F. (2013). *Verhaltensinventar zur Beurteilung exekutiver Funktionen für das Kindergartenalter (BRIEF-P)*.

- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C. & Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*, 44(11), 2037-2078. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood- Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D. Stuss & R. Knight (Eds.), *Principles of frontal lobe function*. New York, NY: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2006). The Early Development of Executive Functions. In E. Bialystok, Craik, F.I.M. (Ed.), *Lifespan cognition: Mechanism of change* (pp. 70-95). Oxford: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of psychology*, 64, 135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750
- Diamond, A. (2016). Why improving and assessing executive functions early in life is critical. In J. A. Griffin, P. McCardle & L. S. Freund (Eds.), *Executive function in preschool age children: Integrating measurement, neurodevelopment and translational research*. Washington, DC: American Psychological Association (pp. 11-44). Washington, DC: American Psychological Association.
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J. & Munro, S. (2007). Preschool program improves cognitive control. *Science*, 318(5855), 1387-1388. doi:10.1126/science.1151148
- Diamond, A., Carlson, S. M. & Beck, D. M. (2005). Preschool children's performance in task switching on the dimensional change card sort task: separating the dimensions aids the ability to switch. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 689-729. doi:10.1207/s15326942dn2802_7
- Diamond, A. & Kirkham, N. (2005). Not quite as grown-up as we like to think: Parallels between cognition in childhood and adulthood. *Psychological science*, 16(4), 291-297. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.01530.x
- Diamond, A., Kirkham, N. & Amso, D. (2002). Conditions under which young children can hold two rules in mind and inhibit a prepotent response. *Developmental psychology*, 38(3), 352-362. doi:10.1037//0012-1649.38.3.352
- Diamond, A. & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental cognitive neuroscience*, 18, 34-48. doi:10.1016/j.dcn.2015.11.005
- Diamond, A., Prevor, M. B., Callender, G. & Druin, D. P. (1997). Prefrontal cortex cognitive deficits in children treated early and continuously for PKU. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, i-206.

- Diamond, A. & Taylor, C. (1996). Development of an aspect of executive control: development of the abilities to remember what I said and to "do as I say, not as I do". *Developmental Psychobiology*, 29(4), 315-334. doi:10.1002/(SICI)1098-2302(199605)29:4<315::AID-DEV2>3.0.CO;2-T
- Doebel, S. & Zelazo, P. D. (2015). A meta-analysis of the Dimensional Change Card Sort: Implications for developmental theories and the measurement of executive function in children. *Developmental Review*, 38, 241-268. doi:10.1016/j.dr.2015.09.001
- Duan, X., Wei, S., Wang, G. & Shi, J. (2010). The relationship between executive functions and intelligence on 11-to 12-year-old children. *Psychological Test and Assessment Modeling*, 52(4), 419-431.
- Duckworth, A. L. & Kern, M. L. (2011). A meta-analysis of the convergent validity of self-control measures. *Journal of Research in Personality*, 45(3), 259-268. doi:10.1016/j.jrp.2011.02.004
- Duncan, G. J. & Magnuson, K. (2012). Socioeconomic status and cognitive functioning: moving from correlation to causation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 3(3), 377-386. doi:10.1002/wcs.1176
- Durston, S. & Casey, B. J. (2006). What have we learned about cognitive development from neuroimaging? *Neuropsychologia*, 44(11), 2149-2157. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2005.10.010
- Eisenberg, N., Hofer, C. & Vaughan, J. (2007). Effortful control and its socioemotional consequences. In J. J. Gross (Ed.), *Handbook of emotion regulation* (Vol. 2, pp. 287-306). New York, NY: Guilford Press.
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L. & Eggum, N. D. (2010). Emotion-related self-regulation and its relation to children's maladjustment. *Annual review of clinical psychology*, 6, 495-525.
- Eisenreich, D. (2015). Einkommen und Konsumausgaben privater Haushalte in Baden-Württemberg: Ergebnisse der Einkommens und Verbrauchsstichprobe 2013. *Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg*, 12, 43-47.
- Espy, K. A. (1997). The shape school: Assessing executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 13(4), 495-499. doi:10.1080/87565649709540690
- Espy, K. A., Kaufmann, P. M., McDiarmid, M. D. & Glisky, M. L. (1999). Executive functioning in preschool children: Performance on A-not-B and other delayed response format tasks. *Developmental Cognitive Neuroscience Laboratory-Faculty and Staff Publications*, 22.
- Espy, K. A., Sheffield, T. D., Wiebe, S. A., Clark, C. A. & Moehr, M. J. (2011). Executive control and dimensions of problem behaviors in preschool children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(1), 33-46. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02265.x

- Evers, W. F., Walk, L. M., Quante, S. & Hille, K. (2016). Relations between Measures of Executive Functions and Self-regulation in Preschoolers. *Diskurs Kindheits-und Jugendforschung*, 11(4).
- Fair, D. A., Dosenbach, N. U., Church, J. A., Cohen, A. L., Brahmbhatt, S., Miezin, F. M., . . . Schlaggar, B. L. (2007). Development of distinct control networks through segregation and integration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13507-13512. doi:10.1073/pnas.0705843104
- Farah, M. J., Shera, D. M., Savage, J. H., Betancourt, L., Giannetta, J. M., Brodsky, N. L., . . . Hurt, H. (2006). Childhood poverty: Specific associations with neurocognitive development. *Brain research*, 1110(1), 166-174. doi:10.1016/j.brainres.2006.06.072
- Fay-Stammbach, T., Hawes, D. J. & Meredith, P. (2014). Parenting influences on executive function in early childhood: A review. *Child development perspectives*, 8(4), 258-264. doi:10.1111/cdep.12095
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). London, UK: SAGE Publications Ltd.
- Finch, J. E. & Obradović, J. (2017). Unique effects of socioeconomic and emotional parental challenges on children's executive functions. *Journal of applied developmental psychology*, 52, 126-137. doi:10.1016/j.appdev.2017.07.004
- Fitzpatrick, C., McKinnon, R. D., Blair, C. & Willoughby, M. T. (2014). Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? *Learning and Instruction*, 30, 25-31. doi:10.1016/j.learninstruc.2013.11.003
- Fleischman, J. (2002). *Phineas Gage: A gruesome but true story about brain science*. New York: Houghton Mifflin Harcourt.
- Friedman, N. P. (2016). Research on individual differences in executive functions. *Linguistic approaches to bilingualism*, 6(5), 535-548. doi:10.1075/lab.15041.fri
- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: a latent-variable analysis. *Journal of experimental psychology: General*, 133(1), 101.
- Friedman, N. P. & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, 86, 186-204. doi:10.1016/j.cortex.2016.04.023
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., Defries, J. C., Corley, R. P. & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of experimental psychology: General*, 137(2), 201-225. doi:10.1037/0096-3445.137.2.201

- Fuhs, M. W. & Day, J. D. (2011). Verbal ability and executive functioning development in preschoolers at head start. *Developmental psychology*, 47(2), 404-416. doi:10.1037/a0021065
- Garon, N. M., Bryson, S. E. & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*, 134(1), 31-60. doi:10.1037/0033-2909.134.1.31
- Garon, N. M., Piccinin, C. & Smith, I. M. (2016). Does the BRIEF-P predict specific executive function components in preschoolers? *Applied Neuropsychology: Child*, 5(2), 110-118. doi:10.1080/21622965.2014.1002923
- Garon, N. M., Smith, I. M. & Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, 20(6), 713-736. doi:10.1080/09297049.2013.857650
- Gathercole, S. E., Brown, L. & Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 109-122.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B. & Wearing, H. (2004). The Structure of Working Memory From 4 to 15 Years of Age. *Developmental psychology*, 40(2), 177-190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177
- Gerstadt, C., Hong, Y. & Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153. doi:10.1016/0010-0277(94)90068-X
- Gioia, G. A. & Isquith, P. K. (2004). Ecological Assessment of Executive Function in Traumatic Brain Injury. *Developmental Neuropsychology*, 25(1-2), 135-158. doi:10.1080/87565641.2004.9651925
- Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., . . . Thompson, P. M. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(21), 8174-8179. doi:10.1073/pnas.0402680101
- Greene, C. M., Braet, W., Johnson, K. A. & Bellgrove, M. A. (2008). Imaging the genetics of executive function. *Biological psychology*, 79(1), 30-42.
- Grob, A. & Hagemann-von Arx, P. (2018). Intelligence and Development Scales für Kinder und Jugendlichen (IDS-2). *Bern: Hogrefe*.
- Groot, A. S., De Sonneville, L. M., Stins, J. F. & Boomsma, D. I. (2004). Familial influences on sustained attention and inhibition in preschoolers. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(2), 306-314.

- Gyurak, A., Goodkind, M. S., Madan, A., Kramer, J. H., Miller, B. L. & Levenson, R. W. (2009). Do tests of executive functioning predict ability to downregulate emotions spontaneously and when instructed to suppress? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 9(2), 144-152.
- Hackman, D. A., Gallop, R., Evans, G. W. & Farah, M. J. (2015). Socioeconomic status and executive function: Developmental trajectories and mediation. *Developmental science*, 18(5), 686-702. doi:10.1111/desc.12246
- Hanania, R. & Smith, L. B. (2010). Selective attention and attention switching: Towards a unified developmental approach. *Developmental science*, 13(4), 622-635. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00921.x
- Happaney, K., Zelazo, P. D. & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: Current themes and future directions. *Brain and cognition*, 55(1), 1-10. doi:10.1016/j.bandc.2004.01.001
- Hofmann, W. J., Schmeichel, B. J. & Baddeley, A. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends in cognitive sciences*, 16(3), 174-180. doi:10.1016/j.tics.2012.01.006
- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S. & Zelazo, P. D. (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children: age-related changes and individual differences. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 617-644. doi:10.1207/s15326942dn2802_4
- Hughes, C. H. (1998a). Executive function in preschoolers: Links with theory of mind and verbal ability. *British journal of developmental psychology*, 16(2), 233-253. doi:10.1111/j.2044-835X.1998.tb00921.x
- Hughes, C. H. (1998b). Finding your marbles: Does preschoolers' strategic behavior predict later understanding of mind? *Developmental psychology*, 34(6), 1326. doi:10.1037/0012-1649.34.6.1326
- Hughes, C. H. (2011). Changes and challenges in 20 years of research into the development of executive functions. *Infant and Child Development*, 20(3), 251-271. doi:10.1002/icd.736
- Hughes, C. H. & Ensor, R. A. (2007). Executive function and theory of mind: Predictive relations from ages 2 to 4. *Developmental psychology*, 43(6), 1447-1459. doi:10.1037/0012-1649.43.6.1447
- Hughes, C. H. & Ensor, R. A. (2009). How Do Families Help or Hinder the Emergence of Early Executive Function? *New Directions for Child and Adolescent Development*, 123, 35-50. doi:10.1002/cd.234

- Hughes, C. H., Ensor, R. A., Wilson, A. & Graham, A. (2009). Tracking executive function across the transition to school: A latent variable approach. *Developmental Neuropsychology*, 35(1), 20-36. doi:10.1080/87565640903325691
- Hughes, C. H. & Graham, A. (2002). Measuring Executive Functions in Childhood-Problems and Solutions. *Child and Adolescent Mental Health*, 7(3), 131-142.
- Huizinga, M., Dolan, C. V. & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017-2036. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010
- IBM Corp. (2013). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0.
- Ikeda, Y., Okuzumi, H. & Kokubun, M. (2014). Age-related trends of inhibitory control in Stroop-like big–small task in 3 to 12-year-old children and young adults. *Frontiers in psychology*, 5, 1-6. doi:10.3389/fpsyg.2014.00227
- Inzlicht, M., Schmeichel, B. J. & Macrae, C. N. (2014). Why self-control seems (but may not be) limited. *Trends in cognitive sciences*, 18(3), 127-133. doi:10.1016/j.tics.2013.12.009
- Isquith, P. K., Gioia, G. A. & Espy, K. A. (2004). Executive function in preschool children: examination through everyday behavior. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 403-422. doi:10.1207/s15326942dn2601_3
- Jones, L. B., Rothbart, M. K. & Posner, M. I. (2003). Development of executive attention in preschool children. *Developmental science*, 6(5), 498-504. doi:10.1111/1467-7687.00307
- Jurado, M. B. & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychology review*, 17(3), 213-233. doi:10.1007/s11065-007-9040-z
- Karr, J. E., Areshenkoff, C. N., Rast, P., Hofer, S. M., Iverson, G. L. & Garcia-Barrera, M. A. (2018). The unity and diversity of executive functions: A systematic review and re-analysis of latent variable studies. *Psychological bulletin*, 144(11), 1147. doi:10.1037/bul0000160
- Kipp, K. (2005). A developmental perspective on the measurement of cognitive deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biological psychiatry*, 57(11), 1256-1260. doi:10.1016/j.biopsych.2005.03.012
- Kirkham, N. Z., Cruess, L. & Diamond, A. (2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task. *Developmental science*, 6(5), 449-467. doi:10.1111/1467-7687.00300
- Kishiyama, M. M., Boyce, W. T., Jimenez, A. M., Perry, L. M. & Knight, R. T. (2009). Socioeconomic disparities affect prefrontal function in children. *Journal of cognitive neuroscience*, 21(6), 1106-1115. doi:10.1162/jocn.2009.21101

- Klenberg, L., Korkman, M. & Lahti-Nuutila, P. (2001). Differential development of attention and executive functions in 3- to 12-year-old Finnish children. *Developmental Neuropsychology*, 20(1), 407-428. doi:10.1207/S15326942DN2001_6
- Kline, R. B. (2011). *Methodology in the Social Sciences. Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Press.
- Kloo, D., Perner, J., Kerschhuber, A., Dabernig, S. & Aichhorn, M. (2008). Sorting between dimensions: Conditions of cognitive flexibility in preschoolers. *Journal of experimental child psychology*, 100(2), 115-134. doi:10.1016/j.jecp.2007.12.003
- Kochanska, G. & Knaack, A. (2003). Effortful control as a personality characteristic of young children: Antecedents, correlates, and consequences. *Journal of personality*, 71(6), 1087-1112. doi:10.1111/1467-6494.7106008
- Kochanska, G., Murray, K., Jacques, T. Y., Koenig, A. L. & Vandegest, K. A. (1996). Inhibitory control in young children and its role in emerging internalization. *Child development*, 67(2), 490-507. doi:10.2307/1131828
- Kochanska, G., Murray, K. T. & Harlan, E. T. (2000). Effortful control in early childhood: continuity and change, antecedents, and implications for social development. *Developmental psychology*, 36(2), 220-232.
- Lawson, G. M., Hook, C. J. & Farah, M. J. (2018). A meta-analysis of the relationship between socioeconomic status and executive function performance among children. *Developmental science*, 21(2), e12529. doi:10.1111/desc.12529
- Lee, K., Bull, R. & Ho, R. M. (2013). Developmental changes in executive functioning. *Child development*, 84(6), 1933-1953. doi:10.1111/cdev.12096
- Lee, K., Ng, S. F., Pe, M. L., Ang, S. Y., Hasshim, M. N. A. M. & Bull, R. (2012). The cognitive underpinnings of emerging mathematical skills: Executive functioning, patterns, numeracy, and arithmetic. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1), 82-99. doi:10.1111/j.2044-8279.2010.02016.x
- Lee, S. & Lee, D. K. (2018). What is the proper way to apply the multiple comparison test? *Korean journal of anesthesiology*, 71(5), 353. doi:10.4097/kja.d.18.00242
- Lehto, J. E., Juujärvi, P., Kooistra, L. & Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British journal of developmental psychology*, 21, 59-80. doi:10.1348/026151003321164627
- Lerner, M. D. & Lonigan, C. J. (2014). Executive function among preschool children: Unitary versus distinct abilities. *Journal of psychopathology and behavioral assessment*, 36(4), 626-639. doi:10.1007/s10862-014-9424-3

- Leve, L. D., DeGarmo, D. S., Bridgett, D. J., Neiderhiser, J. M., Shaw, D. S., Harold, G. T., . . . Reiss, D. (2013). Using an adoption design to separate genetic, prenatal, and temperament influences on toddler executive function. *Developmental psychology*, 49(6), 1045-1057. doi:10.1037/a0029390
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2nd ed. ed.). New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B., Loring, D. W. & Fischer, J. S. (2004). *Neuropsychological assessment* (4 ed.). New York: Oxford University Press.
- Liew, J. (2012). Effortful control, executive functions, and education: Bringing self-regulatory and social-emotional competencies to the table. *Child development perspectives*, 6(2), 105-111. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00196.x
- Ling, D. S., Wong, C. D. & Diamond, A. (2016). Do children need reminders on the day–night task, or simply some way to prevent them from responding too quickly? *Cognitive Development*, 37, 67-72. doi: 10.1016/j.cogdev.2015.10.003
- Logie, R. H. & Pearson, D. G. (1997). The inner eye and the inner scribe of visuo-spatial working memory: Evidence from developmental fractionation. *European Journal of cognitive psychology*, 9(3), 241-257. doi:10.1080/713752559
- Luria, A. R. (1966). *Higher cortical functions in man*. Oxford, UK: Basic Books Inc.
- Luria, A. R. (1973). The frontal lobes and the regulation of behavior. In K. H. Pribram & A. R. Luria (Eds.), *Psychophysiology of the frontal lobes* (pp. 3-26). New York: Academic Press.
- Luria, A. R., Pribram, K. & Homskaya, E. (1964). An experimental analysis of the behavioral disturbance produced by a left frontal arachnoidal endothelioma (meningioma). *Neuropsychologia*, 2(4), 257-280. doi:10.1016/0028-3932(64)90034-X
- McClelland, M. M. & Cameron, C. E. (2012). Self-Regulation in Early Childhood: Improving Conceptual Clarity and Developing Ecologically Valid Measures. *Child development perspectives*, 6(2), 136-142. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00191.x
- McClelland, M. M., Cameron, C. E., Wanless, S. B. & Murray, A. (2007). Executive function, behavioral self-regulation, and social-emotional competence. In O. N. Saracho & B. Spodek (Eds.), *Contemporary perspectives on social learning in early childhood education* (Vol. 1, pp. 113-137). Greenwich, CT: Information Age.
- McClelland, M. M., Geldhof, G. J., Cameron, C. E. & Wanless, S. B. (2015). Development and Self-Regulation. In W. F. Overton & P. C. Molenaar (Eds.), *Theory and method. Handbook of child psychology and developmental science* (7. ed., Vol. 1, pp. 523–565). Hoboken, NJ:: John Wiley & Sons.

- McEvoy, R. E., Rogers, S. J. & Pennington, B. F. (1993). Executive function and social communication deficits in young autistic children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 34(4), 563-578. doi:10.1111/j.1469-7610.1993.tb01036.x
- Miller, E. K. & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167-202. doi:10.1146/annurev.neuro.24.1.167
- Miller, M. R., Giesbrecht, G. F., Muller, U., McInerney, R. J. & Kerns, K. A. (2012). A Latent Variable Approach to Determining the Structure of Executive Function in Preschool Children. *Journal of Cognition and Development*, 13(3), 395-423. doi:10.1080/15248372.2011.585478
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British medical bulletin*, 27, 272-277. doi:10.1093/oxfordjournals.bmb.a070866
- Mischel, W. & Ebbesen, E. B. (1970). Attention in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology*, 16(2), 329-337. doi:10.1037/h0029815
- Miyake, A. (2009). *Individual differences in executive function: Basic findings and implications for self-regulation research*. Paper presented at the meeting of the Association for Psychological Science, San Francisco (CA).
- Miyake, A. & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8-14. doi:10.1177/0963721411429458
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. doi:10.1006/cogp.1999.0734
- Moilanen, K. L., Shaw, D. S., Dishion, T. J., Gardner, F. & Wilson, M. (2010). Predictors of longitudinal growth in inhibitory control in early childhood. *Social Development*, 19(2), 326-347. doi:10.1111/j.1467-9507.2009.00536.x
- Monette, S., Bigras, M. & Lafrenière, M.-A. (2015). Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *Journal of experimental child psychology*, 140, 120-139. doi:10.1016/j.jecp.2015.07.005
- Moriguchi, Y. & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in human neuroscience*, 7, Article ID 867. doi:10.3389/fnhum.2013.00867
- Morra, S., Panesi, S., Traverso, L. & Usai, M. C. (2018). Which tasks measure what? Reflections on executive function development and a commentary on Podjarny, Kamawar, and Andrews (2017). *Journal of experimental child psychology*, 167, 246-258. doi:10.1016/j.jecp.2017.11.004

- Müller, U. & Kerns, K. (2015). The development of executive function. In L. S. Liben, U. Müller & R. M. Lerner (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science* (7th ed., Vol. 2: Cognitive processes, pp. 571–623). Hoboken, NJ: Wiley.
- Müller, U., Steven Dick, A., Gela, K., Overton, W. F. & Zelazo, P. D. (2006). The role of negative priming in preschoolers' flexible rule use on the dimensional change card sort task. *Child development*, 77(2), 395-412. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00878.x
- Nagahama, Y., Okada, T., Katsumi, Y., Hayashi, T., Yamauchi, H., Oyanagi, C., . . . Shibasaki, H. (2001). Dissociable mechanisms of attentional control within the human prefrontal cortex. *Cerebral Cortex*, 11(1), 85-92. doi:10.1093/cercor/11.1.85
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological bulletin*, 126(2), 220. doi:10.1037//0033-2909.126.2.220
- Nigg, J. T. (2017). Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(4), 361-383. doi:10.1111/jcpp.12675
- Noble, K. G., McCandliss, B. D. & Farah, M. J. (2007). Socioeconomic gradients predict individual differences in neurocognitive abilities. *Developmental science*, 10(4), 464-480. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00600.x
- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). Boston, MA: Springer.
- O'Toole, S. E., Monks, C. P. & Tsermentseli, S. (2017). Executive function and theory of mind as predictors of aggressive and prosocial behavior and peer acceptance in early childhood. *Social Development*, 26(4), 907-920. doi:10.1111/sode.12231
- Oberle, E. & Schonert-Reichl, K. A. (2013). Relations among peer acceptance, inhibitory control, and math achievement in early adolescence. *Journal of applied developmental psychology*, 34(1), 45-51. doi:10.1016/j.appdev.2012.09.003
- Obradović, J., Finch, J. E., Portilla, X. A., Rasheed, M. A., Tirado-Strayer, N. & Yousafzai, A. K. (2018). Early Executive Functioning in a Global Context: Developmental Continuity and Family Protective Factors. *Developmental science*, e12795. doi:10.1111/desc.12795
- Oeri, N., Voelke, A. E. & Roebbers, C. M. (2018). Inhibition and behavioral self-regulation: An inextricably linked couple in preschool years. *Cognitive Development*, 47, 1-7. doi:10.1016/j.cogdev.2018.01.004

- Otero, T. M. & Barker, L. A. (2014). The frontal lobes and executive functioning. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of executive functioning* (pp. 29-44). New York: Springer.
- Packwood, S., Hodgetts, H. M. & Tremblay, S. (2011). A multiperspective approach to the conceptualization of executive functions. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 33(4), 456-470. doi:10.1080/13803395.2010.533157
- Pauen, S. (2016). Understanding early development of self-regulation and co-regulation: EDOS and PROSECO. *Journal of Self-Regulation and Regulation*, 2(2), 3-16.
- Pauen, S. & Bechtel-Kuehne, S. (2016). How Toddlers Acquire and Transfer Tool Knowledge: Developmental Changes and the Role of Executive Functions. *Child development*, 87(4), 1233-1249. doi:10.1111/cdev.12532
- Pelphrey, K. A., Reznick, J. S., Davis Goldman, B., Sasson, N., Morrow, J., Donahoe, A. & Hodgson, K. (2004). Development of visuospatial short-term memory in the second half of the 1st year. *Developmental psychology*, 40(5), 836-851. doi:10.1037/0012-1649.40.5.836
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., . . . Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological bulletin*, 144(1), 48-76. doi:10.1037/bul0000124
- Perner, J., Lang, B. & Kloo, D. (2002). Theory of Mind and Self-Control: More than a Common Problem of Inhibition. *Child development*, 73(2), 752-767. doi:10.1111/1467-8624.00436
- Perone, S., Molitor, S. J., Buss, A. T., Spencer, J. P. & Samuelson, L. K. (2015). Enhancing the executive functions of 3-year-olds in the dimensional change card sort task. *Child development*, 86(3), 812-827. doi:10.1111/cdev.12330
- Petermann, F. & Petermann, U. (2007). *HAWIK-IV: Hamburg-Wechsler Intelligenztest für Kinder-IV*. Bern: Huber.
- Petrides, M. (2005). Lateral prefrontal cortex: architectonic and functional organization. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 360(1456), 781-795. doi:10.1098/rstb.2005.1631
- Petrides, M. & Milner, B. (1982). Deficits on subject-ordered tasks after frontal-and temporal-lobe lesions in man. *Neuropsychologia*, 20(3), 249-262. doi:10.1016/0028-3932(82)90100-2
- Poland, S. E., Monks, C. P. & Tsermentseli, S. (2016). Cool and hot executive function as predictors of aggression in early childhood: Differentiating between the function and form of aggression. *British journal of developmental psychology*, 34(2), 181-197. doi:10.1111/bjdp.12122

- Polderman, T. J., Posthuma, D., De Sonneville, L. M., Stins, J. F., Verhulst, F. C. & Boomsma, D. I. (2007). Genetic analyses of the stability of executive functioning during childhood. *Biological psychology*, 76(1-2), 11-20. doi:10.1016/j.biopsycho.2007.05.002
- Ponitz, C. E. C., McClelland, M. M., Jewkes, A. M., Connor, C. M., Farris, C. L. & Morrison, F. J. (2008). Touch your toes! Developing a direct measure of behavioral regulation in early childhood. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(2), 141-158. doi:10.1016/j.ecresq.2007.01.004
- Powell, L. J. & Carey, S. (2017). Executive function depletion in children and its impact on theory of mind. *Cognition*, 164, 150-162. doi:10.1016/j.cognition.2017.03.022
- Prencipe, A. & Zelazo, P. D. (2005). Development of affective decision making for self and other: Evidence for the integration of first-and third-person perspectives. *Psychological science*, 16(7), 501-505. doi:10.1111/j.0956-7976.2005.01564.x
- Raver, C. C. (2004). Placing emotional self-regulation in sociocultural and socioeconomic contexts. *Child development*, 75(2), 346-353. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00676.x
- Raver, C. C., Blair, C. & Willoughby, M. (2013). Poverty as a predictor of 4-year-olds' executive function: New perspectives on models of differential susceptibility. *Developmental psychology*, 49(2), 292. doi:10.1037/a0028343
- Reed, M. A., Pien, D. L. & Rothbart, M. K. (1984). Inhibitory self-control in preschool children. *Merrill-Palmer Quarterly*, 30(2), 131-147.
- Rose, S. A., Feldman, J. F. & Jankowski, J. J. (2011). Modeling a cascade of effects: The role of speed and executive functioning in preterm/full-term differences in academic achievement. *Developmental science*, 14(5), 1161-1175. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01068.x
- Roth, R. M., Isquith, P. K. & Gioia, G. A. (2014). Assessment of executive functioning using the Behavior Rating Inventory of Executive Function (BRIEF). In *Handbook of executive functioning* (pp. 301-331). New York: Springer.
- Rothbart, M. K. (2011). *Becoming who we are: Temperament and personality in development*. New York: Guilford Press.
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A. & Evans, D. E. (2000). Temperament and personality: origins and outcomes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(1), 122-135. doi:10.1037/0022-3514.78.1.122
- Rothbart, M. K., Ahadi, S. A., Hershey, K. L. & Fisher, P. (2001). Investigations of temperament at three to seven years: the Children's Behavior Questionnaire. *Child development*, 72(5), 1394-1408. doi:10.1111/1467-8624.00355

- Rothbart, M. K. & Bates, J. (2006). Social, emotional, and personality development. In N. Eisenberg (Ed.), *Temperament* (6 ed., Vol. 3, pp. 99-166). New York, NY Wiley.
- Rothbart, M. K. & Rueda, M. R. (2005). The development of effortful control. *Developing individuality in the human brain: A tribute to Michael I. Posner*, 167-188. doi:10.1037/11108-009
- Rothbart, M. K., Sheese, B. E., Rueda, M. R. & Posner, M. I. (2011). Developing mechanisms of self-regulation in early life. *Emotion review*, 3(2), 207-213. doi:10.1177/1754073910387943
- Rothlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P., Michel, E. & Roebbers, C. M. (2012). Improving executive functions in 5- and 6-year-olds: Evaluation of a small group intervention in prekindergarten and kindergarten children. *Infant and Child Development*, 21(4), 411-429. doi:10.1002/lcd.752
- Röthlisberger, M., Neuenschwander, R., Cimeli, P. & Roebbers, C. M. (2013). Executive functions in 5-to 8-year olds: Developmental changes and relationship to academic achievement. *Journal of Educational and Developmental Psychology*, 3(2), 153-167. doi:10.5539/jedp.v3n2p153
- Röthlisberger, M., Neuschwander, R., Michel, E. & Roebbers, C. M. (2010). Exekutive Funktionen: Zugrundeliegende kognitive Prozesse und deren Korrelate bei Kindern im späten Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42(2), 99-110. doi:10.1026/0049-8637/a000010
- Rushworth, M. F., Passingham, R. & Nobre, A. (2005). Components of attentional set-switching. *Experimental psychology*, 52(2), 83-98. doi:10.1027/1618-3169.52.2.83
- Sabbagh, M. A., Xu, F., Carlson, S. M., Moses, L. J. & Lee, K. (2006). The development of executive functioning and theory of mind. A comparison of Chinese and U.S. preschoolers. *Psychological science*, 17(1), 74-81. doi:10.1111/j.1467-9280.2005.01667.x
- Salthouse, T. A., Atkinson, T. M. & Berish, D. E. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of experimental psychology: General*, 132(4), 566-594. doi:10.1037/0096-3445.132.4.566
- Sarsour, K., Sheridan, M., Jutte, D., Nuru-Jeter, A., Hinshaw, S. & Boyce, W. T. (2011). Family socioeconomic status and child executive functions: The roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(1), 120-132. doi:10.1017/S1355617710001335
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Tests of significance and descriptive goodness-of-fit measures. *Methods of psychological research online*, 8(2), 23-74.

- Schoemaker, K., Mulder, H., Deković, M. & Matthys, W. (2013). Executive functions in preschool children with externalizing behavior problems: A meta-analysis. *Journal of abnormal child psychology*, 41(3), 457-471. doi:10.1007/s10802-012-9684-x
- Schunk, D. H. & Zimmerman, B. J. (1997). Social origins of self-regulatory competence. *Educational psychologist*, 32(4), 195-208. doi:10.1207/s15326985ep3204_1
- Senn, T. E., Espy, K. A. & Kaufmann, P. M. (2004). Using path analysis to understand executive function organization in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 26(1), 445-464. doi:10.1207/s15326942dn2601_5
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 298, 199-209. doi:10.1098/rstb.1982.0082
- Shing, Y. L., Lindenberger, U., Diamond, A., Li, S.-C. & Davidson, M. C. (2010). Memory maintenance and inhibitory control differentiate from early childhood to adolescence. *Developmental Neuropsychology*, 35(6), 679-697. doi:10.1080/87565641.2010.508546
- Sowell, E. R., Thompson, P. M., Holmes, C. J., Jernigan, T. L. & Toga, A. W. (1999). In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions. *Nature neuroscience*, 2(10), 859-861. doi:10.1038/13154
- Spencer-Smith, M. & Klingberg, T. (2015). Benefits of a working memory training program for inattention in daily life: a systematic review and meta-analysis. *Plos One*, 10(3), e0119522. doi:10.1371/journal.pone.0119522
- St Clair-Thompson, H. L. & Gathercole, S. E. (2006a). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The quarterly journal of experimental psychology*, 59(4), 745-759. doi:10.1080/17470210500162854
- St Clair-Thompson, H. L. & Gathercole, S. E. (2006b). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745-759.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662. doi:10.1037/h0054651
- Stuss, D. T. (2011). Functions of the frontal lobes: relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(5), 759-765. doi:10.1017/S1355617711000695
- Tamm, L. & Peugh, J. (2018). Concordance of teacher-rated and performance-based measures of executive functioning in preschoolers. *Child Neuropsychology*, 1-15. doi:10.1080/09297049.2018.1484085

- Thorell, L. B. & Nyberg, L. (2008). The Childhood Executive Functioning Inventory (CHEXI): A new rating instrument for parents and teachers. *Developmental Neuropsychology*, 33(4), 536-552. doi:10.1080/87565640802101516
- Tominey, S. L. & McClelland, M. M. (2011). Red light, purple light: Findings from a randomized trial using circle time games to improve behavioral self-regulation in preschool. *Early Education & Development*, 22(3), 489-519. doi:10.1080/10409289.2011.574258
- Tsujimoto, S. (2008). The prefrontal cortex: functional neural development during early childhood. *Neuroscientist*, 14(4), 345-358. doi:10.1177/1073858408316002
- Tsujimoto, S., Kuwajima, M. & Sawaguchi, T. (2007). Developmental fractionation of working memory and response inhibition during childhood. *Experimental psychology*, 54(1), 30-37. doi:10.1027/1618-3169.54.1.30
- Unsworth, N. & Engle, R. W. (2007). On the division of short-term and working memory: an examination of simple and complex span and their relation to higher order abilities. *Psychological bulletin*, 133(6), 1038. doi:10.1037/0033-2909.133.6.1038
- Usai, M. C., Viterbori, P., Traverso, L. & De Franchis, V. (2014). Latent structure of executive function in five-and six-year-old children: a longitudinal study. *European Journal of Developmental Psychology*, 11(4), 447-462. doi:10.1080/17405629.2013.840578
- van der Sluis, S., de Jong, P. F. & van der Leij, A. (2007). Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*, 35(5), 427-449. doi:10.1016/j.intell.2006.09.001
- van der Ven, S. H., Kroesbergen, E. H., Boom, J. & Leseman, P. P. (2013). The structure of executive functions in children: A closer examination of inhibition, shifting, and updating. *British journal of developmental psychology*, 31(1), 70-87. doi:10.1111/j.2044-835X.2012.02079.x
- Vandierendonck, A., Liefoghe, B. & Verbruggen, F. (2010). Task switching: interplay of reconfiguration and interference control. *Psychological bulletin*, 136(4), 601. doi:10.1037/a0019791
- Walk, L. M., Evers, W. F., Quante, S. & Hille, K. (2018). Evaluation of a teacher training program to enhance executive functions in preschool children. *Plos One*, 13(5), e0197454. doi:10.1371/journal.pone.0197454
- Waller, R., Hyde, L. W., Baskin-Sommers, A. R. & Olson, S. L. (2017). Interactions between callous unemotional behaviors and executive function in early childhood predict later aggression and lower peer-liking in late-childhood. *Journal of abnormal child psychology*, 45(3), 597-609. doi:10.1007/s10802-016-0184-2

- Wallis, J., Dias, R., Robbins, T. & Roberts, A. C. (2001). Dissociable contributions of the orbitofrontal and lateral prefrontal cortex of the marmoset to performance on a detour reaching task. *European Journal of Neuroscience*, *13*(9), 1797-1808. doi:10.1046/j.0953-816x.2001.01546.x
- Watts, T. W., Duncan, G. J. & Quan, H. (2018). Revisiting the Marshmallow Test: A Conceptual Replication Investigating Links Between Early Delay of Gratification and Later Outcomes. *Psychological science*, *29*(7), 1159–1177. doi:10.1177/0956797618761661
- Welsh, J. A., Nix, R. L., Blair, C., Bierman, K. L. & Nelson, K. E. (2010). The Development of Cognitive Skills and Gains in Academic School Readiness for Children from Low-Income Families. *Journal of Educational Psychology*, *102*(1), 43-53. doi:10.1037/a0016738
- Welsh, M. C. & Peterson, E. (2014). Issues in the conceptualization and assessment of hot executive functions in childhood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *20*(2), 152-156. doi:10.1017/S1355617713001379
- Welsh, M. C., Satterlee-Cartmell, T. & Stine, M. (1999). Towers of Hanoi and London: Contribution of working memory and inhibition to performance. *Brain and cognition*, *41*(2), 231-242. doi:10.1006/brcg.1999.1123
- White, L. K., McDermott, J. M., Degnan, K. A., Henderson, H. A. & Fox, N. A. (2011). Behavioral inhibition and anxiety: The moderating roles of inhibitory control and attention shifting. *Journal of abnormal child psychology*, *39*(5), 735-747. doi:10.1007/s10802-011-9490-x
- White, R. E., Prager, E. O., Schaefer, C., Kross, E., Duckworth, A. L. & Carlson, S. M. (2017). The “Batman Effect”: Improving perseverance in young children. *Child development*, *88*(5), 1563-1571. doi:10.1111/cdev.12695
- Wiebe, S. A., Espy, K. A. & Charak, D. (2008). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Developmental psychology*, *44*(2), 575. doi:10.1037/0012-1649.44.2.575
- Wiebe, S. A., Sheffield, T., Nelson, J. M., Clark, C. A., Chevalier, N. & Espy, K. A. (2011). The structure of executive function in 3-year-olds. *Journal of experimental child psychology*, *108*(3), 436-452. doi:10.1016/j.jecp.2010.08.008
- Wiebe, S. A., Sheffield, T. D. & Espy, K. A. (2012). Separating the fish from the sharks: a longitudinal study of preschool response inhibition. *Child development*, *83*(4), 1245-1261. doi:10.1111/j.1467-8624.2012.01765.x

- Wild, K. V. & Musser, E. D. (2014). The Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery in the assessment of executive functioning. In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of executive functioning* (pp. 171-190). New York, NY: Springer Science + Business Media.
- Willoughby, M. T. & Blair, C. B. (2016). Measuring executive function in early childhood: A case for formative measurement. *Psychological assessment, 28*(3), 319. doi:10.1037/pas0000152
- Willoughby, M. T., Blair, C. B., Wirth, R. & Greenberg, M. (2010). The measurement of executive function at age 3 years: psychometric properties and criterion validity of a new battery of tasks. *Psychological assessment, 22*(2), 306-317. doi:10.1037/a0018708
- Willoughby, M. T., Blair, C. B., Wirth, R., Greenberg, M. & Investigators. (2012). The measurement of executive function at age 5: Psychometric properties and relationship to academic achievement. *Psychological assessment, 24*(1), 226-239. doi:10.1037/a0025361
- Willoughby, M. T., Kupersmidt, J. B. & Voegler-Lee, M. E. (2012). Is preschool executive function causally related to academic achievement? *Child Neuropsychology, 18*(1), 79-91.
- Willoughby, M. T., Wirth, R. & Blair, C. B. (2012). Executive function in early childhood: Longitudinal measurement invariance and developmental change. *Psychological assessment, 24*(2), 418. doi:10.1037/A0025779
- Wright, A. & Diamond, A. (2014). An effect of inhibitory load in children while keeping working memory load constant. *Frontiers in psychology, 5*(213), 1-15. doi:10.3389/fpsyg.2014.00213
- Wu, C. T., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Chaddock, L., Voss, M. W., Kramer, A. F. & Hillman, C. H. (2011). Aerobic fitness and response variability in preadolescent children performing a cognitive control task. *Neuropsychology, 25*(3), 333-341. doi:10.1037/a0022167
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature protocols, 1*(1), 297-301. doi:10.1038/nprot.2006.46
- Zelazo, P. D., Anderson, J. E., Richler, J., Wallner-Allen, K., Beaumont, J. L. & Weintraub, S. (2013). II. NIH Toolbox Cognition Battery (CB): Measuring executive function and attention. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 78*(4), 16-33. doi:10.1111/mono.12032

- Zelazo, P. D. & Carlson, S. M. (2012). Hot and Cool Executive Function in Childhood and Adolescence: Development and Plasticity. *Child development perspectives*, 6(4), 354-360. doi:10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x
- Zelazo, P. D., Frye, D. & Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11(1), 37-63. doi:10.1016/S0885-2014(96)90027-1
- Zelazo, P. D., Mueller, U., Frye, D. & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood: I. The development of executive function. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(Serial No. 274). doi:10.1111/j.0037-976X.2003.00261.x
- Zelazo, P. D. & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445–469). Oxford: Blackwell.
- Zelazo, P. D. & Müller, U. (2010). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (2nd ed., pp. 574-603). Malden, MA: Blackwell.
- Zhou, Q., Chen, S. H. & Main, A. (2012). Commonalities and differences in the research on children's effortful control and executive function: A call for an integrated model of self-regulation. *Child development perspectives*, 6(2), 112-121. doi:10.1111/j.1750-8606.2011.00176.x

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Einordnung verschiedener Begriffe im Forschungsfeld Selbststeuerung..	13
Tabelle 2.	Studien mit Konfirmatorischen Faktorenanalysen zur Bestimmung der Struktur der Exekutiven Funktionen im Kindergartenalter	32
Tabelle 3.	Übersicht über die sechs Altersgruppen (Durchschnittsalter und Standardabweichung).....	38
Tabelle 4.	Zuordnung der Messverfahren zu den drei exekutiven Kernfunktionen....	45
Tabelle 5.	Stichprobenbeschreibung und Chi-Quadrat-Vergleiche zwischen den Altersgruppen	48
Tabelle 6.	Deskriptive Ergebnisse nach Altersgruppe und Messinstrument.....	50
Tabelle 7.	Durchschnittswerte pro Altersgruppe und Ergebnisse der Welch-ANOVA	52
Tabelle 8.	Rohe und partielle Korrelationen zwischen den Exekutiven Funktionen und der Schul- und Berufsbildung der Eltern sowie des Familieneinkommens	57
Tabelle 9.	Übersicht über die getesteten Strukturmodelle	69
Tabelle 10.	Zuordnung der Messverfahren als Indikatoren zu den drei EF-Faktoren..	70
Tabelle 11.	Rohe Korrelationen nach Spearman und partielle Korrelationen kontrolliert für Alter zwischen EF-Tests	73
Tabelle 12.	Parameterschätzer für Messmodelle.....	74
Tabelle 13.	Fit-Indizes für Messmodelle und Vergleich der Modellpassung.....	75

9 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i>	Angenommener Entwicklungsverlauf der Exekutiven Funktionen über die Lebensspanne (Center on the Developing Child at Harvard University, 2011).	19
<i>Abbildung 2.</i>	Performanz beim Statuen-Test von 400 Kindern zwischen 3 und 12 Jahren. Abbildung aus Klenberg et al. (2001), S. 416.	21
<i>Abbildung 3.</i>	Performanz bei der <i>Self-ordered Pointing</i> -Aufgabe von 97 Kindern zwischen 3 und 5 Jahren. Abbildung aus Hongwanishkul et al. (2005), S. 630.	22
<i>Abbildung 4.</i>	Performanz beim DCCS-Test der NIH Toolbox Cognition Battery von 476 Kindern zwischen 3 und 15 Jahren. Abbildung aus Zelazo et al. (2013), S. 27.	24
<i>Abbildung 5.</i>	Definition der Exekutiven Funktionen und verwandten Konzepte, angenommene Zusammenhänge und Entwicklungssequenzen. Abbildung aus Diamond, 2013, S. 152.	25
<i>Abbildung 6.</i>	Versuchsmaterial und Aufbau von <i>Tower</i> (links) und die Durchführung (rechts).	39
<i>Abbildung 7.</i>	Schematischer Versuchsaufbau des <i>Hearts & Flowers kongruent</i> (links) und <i>inkongruent</i> (rechts).	41
<i>Abbildung 8.</i>	Versuchsmaterial und Aufbau des <i>DCCS</i> (links) und die Durchführung (rechts).	42
<i>Abbildung 9.</i>	Versuchsmaterial des <i>Zahlen nachsprechen vorwärts</i> und <i>rückwärts</i> (links) und die Durchführung (rechts).	43
<i>Abbildung 10.</i>	Versuchsmaterial des <i>Block Recall</i> (links) und die Durchführung (rechts).	44
<i>Abbildung 11.</i>	Grafische Darstellung der Rohwerte und der signifikanten Unterschiede pro (Sub-) Test.	53
<i>Abbildung 12.</i>	Prozentuale Anteile korrekter Antworten pro (Sub-)Test im Altersvergleich.	56
<i>Abbildung 13.</i>	Modelle zur Prüfung der latenten Faktorstruktur der EF.	71
<i>Abbildung 14.</i>	Modell 1 als das einzige zu den Daten passende Modell unter Einzug von Indikatoren für Inhibition und Arbeitsgedächtnis.	76
<i>Abbildung 15.</i>	Modell 3 und 4 als die beiden zu den Daten passenden Modelle unter Einzug von Indikatoren für Inhibition, Arbeitsgedächtnis und Shifting.	77

10 Anhang

10.1 Fragebogen für Erziehungsberechtigte



Please ask your kindergarten teachers for the English version!

Türkçe versiyonu için öğretmen isteyin!

Пожалуйста, обратитесь к учителю для русской версии!

Liebe Eltern von _____,

das Projekt „EMIL – Emotionen regulieren lernen“ widmet sich der Frage, wie sich die sozialen und kognitiven Fähigkeiten von Kindern zwischen 3 und 6 Jahren entwickeln und wie diese im Kindergarten gefördert werden können.

Dabei ist Ihr Blick als Eltern natürlich von ganz besonderer Bedeutung! Uns interessiert vor allem, womit sich Ihr Kind im Alltag beschäftigt und unter welchen Bedingungen es aufwächst. Darum würden wir uns sehr freuen, wenn Sie uns auch den „**Fragebogen zum familiären und sozialen Umfeld**“ Ihres Kindes ausfüllen.

Der Fragebogen richtet sich an die Hauptbezugsperson des Kindes. Das können Mutter oder Vater, die Großeltern, die Pflege- oder Adoptiveltern sein. Es sollte diejenige Person sein, die in der Regel für das Kind sorgt und es am besten kennt.

Haben Sie mehrere Kinder im Kindergarten im Alter zwischen 3 und 6 Jahren, die an EMIL teilnehmen, möchten wir Sie bitten, für jedes Kind jeweils einen eigenen Fragebogen auszufüllen.

Die Bearbeitungszeit beträgt ca. 5 - 10 Minuten. Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen!

Die Daten werden, wie alle anderen Erhebungen im Zuge von EMIL, durch einen Code anonymisiert. Um die Anonymisierung gewährleisten zu können, möchten wir Sie bitten, dieses Blatt vor der Rückgabe des Bogens von den anderen abzutrennen.

Bitte geben Sie den Fragebogen ohne dieses Deckblatt bis

zum 13. Dezember

in dem beiliegenden, verschlossenen Umschlag in Ihrem Kindergarten ab oder schicken Sie sie direkt an uns zurück. Bei Fragen können Sie uns jederzeit telefonisch oder per E-Mail kontaktieren.

Wir bedanken uns für Ihre Unterstützung und grüßen herzlich,


Sonja Quante


Laura Walk


Wiebke Evers


Melanie Otto

Projekt „EMIL – Emotionen regulieren lernen“

ZNL Transfer-Zentrum für Neurowissenschaften und Lernen
E-Mail: emil@znl.uni-ulm.de; Tel. 0731 500 620 08

Beim Alten Fritz 2, 89075 Ulm





ID: _____



Fragebogen zum familiären und sozialen Umfeld

01. Wer füllt den Fragebogen aus?

- Mutter Vater sonstige Bezugsperson, _____

02. Seit wann besucht das Kind den Kindergarten?

seit _____ / _____ (Monat/Jahr)

03. Wie viele Stunden pro Tag besucht das Kind den Kindergarten?

- 3-4 Std. 5-6 Std. 7-8 Std.

04. Lebt das Kind mit den leiblichen Eltern im Haushalt?

- ja, bei den leiblichen Eltern
 ja, ausschließlich oder überwiegend bei der leiblichen Mutter
 ja, ausschließlich oder überwiegend bei dem leiblichen Vater
 nein, mit keinem von beiden, sondern bei _____

05. Von wem wird das Kind überwiegend betreut? (Mehrfachnennung möglich)

- Mutter Vater sonstige: _____

06. Mein Kind spricht folgende Sprachen und hat folgende Muttersprache:

- Deutsch Muttersprache
 _____ Muttersprache
 _____ Muttersprache

07. Wie gut spricht Ihr Kind Deutsch?

- fließend es kann sich verständigen es kann sich nur schwer verständigen

08. Wie viele Kinder leben insgesamt im Haushalt?

_____ Alter der Kinder: _____

09. Welchen Bildungsabschluss haben die Eltern des Kindes?

Mutter

- keinen Schulabschluss
 Hauptschulabschluss
 Realschulabschluss
 Abitur/Fachhochschulreife
 Fach-/Hochschulabschluss
 sonstiges: _____

Vater

- keinen Schulabschluss
 Hauptabschluss
 Realschulabschluss
 Abitur/Fachhochschulreife
 Fach-/Hochschulabschluss
 sonstiges: _____





ID: _____



10. Was ist der höchste berufliche Abschluss der Eltern?

Mutter

- kein beruflicher Abschluss
- abgeschlossene Berufsausbildung
- Meister/in, Techniker/in oder gleichwertiger Fachschulabschluss
- abgeschlossenes Fachhochschul- bzw. Berufsakademiestudium
- abgeschlossenes Universitätsstudium
- Promotion, Habilitation
- sonstiges: _____

Vater

- kein beruflicher Abschluss
- abgeschlossene Berufsausbildung
- Meister/in, Techniker/in oder gleichwertiger Fachschulabschluss
- abgeschlossenes Fachhochschul- bzw. Berufsakademiestudium
- abgeschlossenes Universitätsstudium
- Promotion, Habilitation
- sonstiges: _____

11. Wie hoch ist das in Ihrem Haushalt verfügbare monatliche Nettoeinkommen, d. h. Lohn oder Gehalt nach Abzug von Steuern und Sozialversicherungsbeiträgen?

- weniger als 500 Euro
- zwischen 500 und 1000 Euro
- zwischen 100 und 1500 Euro
- 1500 bis 2000 Euro
- zwischen 2000 und 3000 Euro
- zwischen 3000 und 4000 Euro
- 4000 Euro und mehr
- keine Angabe

12. Wie viel Zeit verbringt Ihr Kind in der Regel pro Woche mit Fernsehen (TV, Video, DVD, Videos am PC)?

- Keine
- weniger als 2 Std. pro Woche
- 2 – 4 Stunden pro Woche
- 4 – 7 Stunden pro Woche
- mehr als 7 Stunden pro Woche

13. Wie viel Zeit verbringt Ihr Kind pro Woche am Computer/an der Spielekonsole?

- Keine
- weniger als 2 Std. pro Woche
- 2 – 4 Stunden pro Woche
- 4 – 7 Stunden pro Woche
- mehr als 7 Stunden pro Woche

14. Wie oft spielt Ihr Kind außerhalb des Kindergartens mit anderen Kindern (Freunde, Geschwister, Nachbarkinder)?

- täglich
- 5-6 Mal pro Woche
- 3-4 Mal pro Woche
- 1-2 Mal pro Woche
- seltener





ID: _____



15. Wie oft pro Woche nimmt Ihr Kind an welchen Freizeitangeboten teil (z.B. Kinderturnen, Fußball, Tanzen, Englischunterricht)?

	unregelmäßig	regelmäßig pro Woche		
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 1x	<input type="radio"/> 2x	<input type="radio"/> mehr als 2x
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 1x	<input type="radio"/> 2x	<input type="radio"/> mehr als 2x
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 1x	<input type="radio"/> 2x	<input type="radio"/> mehr als 2x
_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> 1x	<input type="radio"/> 2x	<input type="radio"/> mehr als 2x

16. Womit beschäftigt sich Ihr Kind zu Hause?

a. Rollenspiel (z.B. spielt mit anderen Mutter/ Vater / Kind, Einkaufsladen, Baustelle oder Zoo)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

b. So tun, als ob ... (Kind tut so, als ob es Ritter, Tiger, Prinzessin, etc. wär; nutzt Gegenstände anders: z.B. Fernbedienung als Telefonhörer)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

c. Spiel mit Gegenständen (z.B. Trommeln auf Töpfen, Autos hin- und herschieben, Gegenstände ordnen nach Größe, Farbe, etc.)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

d. Malen und/oder Basteln

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

e. Bauen (z. B. Türme aus Bauklötzen, Lego)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

f. Bewegungsspiel (Springen, Klettern, Balancieren, Rennen, Fahrrad/Laufrad fahren ...)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

g. Entspannung / Beruhigende Tätigkeiten (z.B. Massagen, Bücher anschauen/vorlesen lassen, Musik oder Geschichten anhören)

- täglich mehrmals wöchentlich 1 Mal wöchentlich 1-3 Mal im Monat seltener

Heutiges Datum: _____

11 Erklärung gemäß § 8 Abs. (1) c) und d) der Promotionsordnung der Fakultät



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386

FAKULTÄT FÜR VERHALTENS-
UND EMPIRISCHE KULTURWISSENSCHAFTEN

Promotionsausschuss der Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Doctoral Committee of the Faculty of Behavioural and Cultural Studies of Heidelberg University

Erklärung gemäß § 8 (1) c) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften

Declaration in accordance to § 8 (1) c) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University,
Faculty of Behavioural and Cultural Studies

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation selbstständig angefertigt, nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Zitate gekennzeichnet habe.

I declare that I have made the submitted dissertation independently, using only the specified tools and have correctly marked all quotations.

Erklärung gemäß § 8 (1) d) der Promotionsordnung der Universität Heidelberg für die Fakultät für Verhaltens- und Empirische Kulturwissenschaften

Declaration in accordance to § 8 (1) d) of the doctoral degree regulation of Heidelberg University,
Faculty of Behavioural and Cultural Studies

Ich erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation in dieser oder einer anderen Form nicht anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet oder einer anderen Fakultät als Dissertation vorgelegt habe.

I declare that I did not use the submitted dissertation in this or any other form as an examination paper until now and that I did not submit it in another faculty.

Vorname Nachname
First name Family name

Datum, Unterschrift
Date, Signature
