

**Der Zusammenhang zwischen musikalischem Training
und exekutiven Funktionen im Kindes-
und jungen Erwachsenenalter**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

des Fachbereichs Psychologie und Sportwissenschaft

der Justus-Liebig-Universität Gießen

Vorgelegt von

Ulrike Anna Sophie Frischen

Juli 2020

GutachterInnen:

Prof. Dr. Gudrun Schwarzer (Justus-Liebig-Universität Gießen, Psychologie)

Prof. Dr. Gunter Kreutz (Universität Oldenburg, Systematische Musikwissenschaft)

Prof. Dr. Marcus Hasselhorn (DIPF| Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation, Frankfurt)

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Joachim Stiensmeier-Pelster (Justus-Liebig-Universität Gießen, Psychologie)

Prof. Dr. Rudolf Stark (Justus-Liebig-Universität Gießen, Psychologie)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Menschen von Herzen danken, die mich während meiner Promotionsphase und beim Anfertigen dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt dabei meinen Betreuerinnen Prof. Dr. Gudrun Schwarzer und Dr. Franziska Degé, die mich während der Durchführung des Forschungsprojektes und der Anfertigung der Dissertation ausgezeichnet beraten und unterstützt haben. Franziska Degé möchte ich außerdem ganz besonders für die Entwicklung und die Vorarbeit zu diesem Forschungsprojekt sowie für die Einwerbung der Drittmittel danken, die mir diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht haben.

Des Weiteren möchte ich den GutachterInnen sowie allen Mitgliedern der Prüfungskommission für die Begutachtung und Beurteilung dieser Arbeit danken.

Außerdem möchte ich mich bei allen KollegInnen dafür bedanken, dass sie mich so herzlich in ihr Team aufgenommen haben und mich während der gesamten Zeit sowohl mit hilfreichen Anregungen und produktiven Gesprächen als auch mit lieben Worten und fröhlichen Büro- oder Flurgesprächen begleitet haben. Es war für mich außerordentlich schön, teil eures Teams zu sein und in dieser Abteilung nicht nur auf aufgeschlossene und hilfsbereite KollegInnen zu treffen, sondern auch Freundschaften schließen zu können. Ohne euch hätte ich das alles niemals geschafft – ihr seid absolut spitze!

Darüber hinaus danke ich allen Kooperationspartnern, die an dem Forschungsprojekt beteiligt waren und ganz besonders allen Kindern und Familien, die an meinen Studien teilgenommen und somit einen maßgeblichen Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit geleistet haben.

Meinen Eltern, Geschwistern und Freunden danke ich für ihre Ermutigungen und Zusprüche während der letzten Jahre. Danke, dass ihr immer für mich da seid und an mich glaubt. Euch im Rücken zu haben, gibt mir unglaublich viel Kraft.

Abstract

Executive functions are a set of cognitive processes, that we need for controlling attention and goal-directed behavior. Since executive functions are crucial predictors for academic success, intelligence, health, and quality of life, it seems indispensable to foster executive functions early in childhood to guarantee the best individual development. Different kinds of training already showed positive effects on executive functions. In this context, it became apparent that the effectiveness of a training is considerably affected by certain parameters.

Playing music is not only a complex cognitive activity requiring executive functions to a great extent, but also includes all the aspects that seem important for the success of a training. Therefore, it is possible that playing music is an activity that shows positive effects on executive functions. Several studies already revealed positive associations between music training and different components of executive functions. Moreover, recent training studies suggest an influence of music training on executive functions. However, in this context, there is still a need for well-designed studies that allow for causal conclusions. Additionally, previous studies draw an inconclusive picture about which components of executive functions can be influenced by a music training explicitly. It also remains unclear whether there is a specific aspect within a music training that causes the effects or whether different kinds of music training can influence different components of executive functions. Moreover, previous studies concentrated on pure analytic cold executive functions so that there is no answer to what extent music training is also related to hot executive functions, which comprise motivational and emotional aspects.

The aim of the present work is to investigate the associations between music training and executive functions addressing the unanswered questions. For this purpose, three studies were conducted with two of them containing a music training. Study 1 was designed to clarify causal relations between instrumental music training and executive functions in children aged between 6 and 7 years. This study aimed to find out which components of executive functions can be influenced in this age group. Study 2 was conducted to investigate whether different music trainings can influence different executive functions in preschoolers or whether one specific aspect or rather one specific music training causes the effects. In Study 3, two different samples from late childhood and young adulthood were investigated to find out whether there are relations to hot executive functions in addition to relations to cold executive functions.

The results of this work show that instrumental music training can promote specific executive functions in childhood. Furthermore, it becomes apparent that particularly rhythm training has positive effects on executive functions in pre-school age. Regarding the question which executive functions are promoted in childhood, the assumption that the influence of different components depends on the respective developmental trajectory seems feasible. Concerning hot executive functions, the results of this work indicate that this construct is not related to the amount of musical training. Rather, the age at which music making begins seems to be one determining factor. Especially the early start of music training is positively associated with hot executive functions. In this context, further studies, and new measuring instruments to assess hot executive functions are needed in order to make more reliable statements.

Overall, this work significantly contributes to the current state of research and shows that making music together can be an effective activity to strengthen executive functions in childhood and that these positive effects may even last into adulthood.

Zusammenfassung

Exekutive Funktionen sind eine Reihe kognitiver Kontrollprozesse, die für die bewusste Steuerung der Aufmerksamkeit sowie für zielgerichtetes Denken und Handeln benötigt werden. Da sie wichtige Prädiktoren für schulischen Erfolg, Intelligenz, Gesundheit und Lebensqualität sind, erscheint es unabdingbar exekutive Funktionen bereits in der früheren Kindheit zu stärken, um eine bestmögliche individuelle Entwicklung zu gewährleisten. Verschiedene Arten von Trainings zeigten bereits einen positiven Einfluss auf exekutive Funktionen in der Kindheit. Hierbei kristallisierte sich heraus, dass der Erfolg eines Trainings von dessen Rahmenbedingungen beeinflusst wird.

Musizieren ist nicht nur eine kognitiv herausfordernde Aktivität, die in hohem Maße exekutive Funktionen beansprucht, sondern beinhaltet auch alle Bedingungen, die für den Erfolg eines Trainings wichtig erscheinen. Daher ist es möglich, dass auch Musizieren eine Aktivität ist, die sich positiv auf die Entwicklung der exekutiven Funktionen auswirkt. Erste Studienergebnisse zeigen bereits Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und verschiedenen Komponenten der exekutiven Funktionen und deuten außerdem darauf hin, dass Musizieren zu einer Förderung der exekutiven Funktionen beitragen kann. Zur besseren Prüfung dieser kausalen Zusammenhänge fehlen aber noch Studien mit einem methodisch gut kontrollierten Design. Darüber hinaus zeigen bisherige Studienergebnisse ein uneindeutiges Bild welche exekutiven Funktionen genau von einem musikalischen Training profitieren. Ebenso erscheint unklar, ob es einen bestimmten Aspekt innerhalb eines musikalischen Trainings gibt, der sich insbesondere auf exekutive Funktionen auswirkt oder ob verschiedene Arten musikalischen Trainings unterschiedliche exekutive Funktionen beeinflussen können. Des Weiteren lag der Fokus vorheriger Studien auf den rein analytischen kalten exekutive Funktionen, sodass noch offen ist, inwiefern auch ein Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen, welche motivationale und emotionale Komponenten beinhalten, besteht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, die aufgezeigten Forschungslücken zu schließen und bislang ungeklärte Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen zu prüfen. Hierzu wurden drei Studien konzipiert und durchgeführt, von denen zwei ein musikalisches Training enthielten. Mit Studie 1 sollte insbesondere der kausale Zusammenhang zwischen Instrumentalunterricht als Form musikalischen Trainings und exekutiven Funktionen bei Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren untersucht werden. Darüber hinaus diente diese Studie dazu, herauszufinden,

welche Komponenten der exekutiven Funktionen in diesem Alter von einem musikalischen Training profitieren. Studie 2 sollte dazu beitragen, herauszufinden, inwiefern verschiedene musikalische Trainings im Vorschulalter unterschiedliche exekutive Funktionen beeinflussen oder ob möglicherweise ein bestimmter Aspekt bzw. ein bestimmtes musikalisches Training exekutive Funktionen besonders effektiv fördern kann. Mit Studie 3 wurde mit zwei verschiedenen Stichproben im späteren Kindes- und jungen Erwachsenenalter geprüft, inwiefern neben den Zusammenhängen zwischen musikalischem Training und kalten exekutiven Funktionen auch Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen bestehen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass Instrumentalunterricht spezifische exekutive Funktionen im Kindesalter fördern kann. Des Weiteren weisen die Ergebnisse dieser Arbeit darauf hin, dass insbesondere ein Rhythmustraining positive Auswirkungen auf exekutive Funktionen im Vorschulalter hat. Im Hinblick auf die Frage welche exekutiven Funktionen im Kindesalter gefördert werden erscheint die Vermutung, dass die Beeinflussung verschiedener Komponenten von den jeweiligen Entwicklungsverläufen abhängig ist, naheliegend. Bezogen auf die heißen exekutiven Funktionen deuten die Ergebnisse dieser Arbeit darauf hin, dass diese nicht mit der Menge an musikalischem Training zusammenhängt. Eher scheint das Alter, in dem mit dem Musizieren begonnen wird, ausschlaggebend zu sein, sodass der frühe Beginn des Musizierens positiv mit heißen exekutiven Funktionen assoziiert ist. In diesem Zusammenhang werden noch weitere Studien und neue Messinstrumente zur Erfassung der heißen exekutiven Funktionen benötigt, um verlässlichere Aussagen treffen zu können.

Insgesamt betrachtet trägt diese Arbeit erheblich zum derzeitigen Erkenntnisstand über den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen bei und zeigt, dass gemeinsames Musizieren ein geeignetes Mittel sein kann, um exekutive Funktionen in der Kindheit zu stärken und dass diese positiven Einflüsse möglicherweise sogar bis ins Erwachsenenalter andauern.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	13
1.1 EXEKUTIVE FUNKTIONEN.....	15
1.1.1 Einteilung und Messung der exekutiven Funktionen	17
1.1.2 Heiße Exekutive Funktionen.....	22
1.1.3 Entwicklung der exekutiven Funktionen	24
1.1.4 Bedeutung und Förderung der exekutiven Funktionen	26
1.2 MUSIKALISCHES TRAINING UND EXEKUTIVE FUNKTIONEN.....	28
1.2.1 Korrelative und querschnittliche Studien	29
1.2.2 Längsschnittliche Trainingsstudien	35
1.3 ZIELE DER VORLIEGENDEN ARBEIT	46
2 DER EINFLUSS VON INSTRUMENTALUNTERRICHT AUF EXEKUTIVE FUNKTIONEN BEI 6- BIS 7-JÄHRIGEN KINDERN (STUDIE 1)	48
2.1 HINTERGRUND.....	48
2.2 ZIELE DER STUDIE	49
2.3 METHODE.....	51
2.3.1 Stichprobe	51
2.3.2 Messinstrumente	52
2.3.3 Interventionen.....	56
2.3.4 Durchführung.....	60
2.4 ERGEBNISSE	60
2.4.1 Voranalysen	61
2.4.2 Hauptanalysen	63
2.5 DISKUSSION	69
2.5.1 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse	69
2.5.2 Limitationen und Ausblick.....	72
2.5.3 Schlussfolgerung	73
3 DER EINFLUSS UNTERSCHIEDLICHER MUSIKALISCHER INTERVENTIONEN AUF EXEKUTIVE FUNKTIONEN IM VORSCHULALTER (STUDIE 2)	74
3.1 HINTERGRUND.....	74
3.2 ZIELE DER STUDIE	75
3.3 METHODE.....	76
3.3.1 Stichprobe	76
3.3.2 Messinstrumente	77
3.3.3 Interventionen.....	80
3.3.4 Durchführung.....	81
3.4 ERGEBNISSE	82
3.4.1 Voranalysen	82
3.4.2 Hauptanalysen	84
3.5 DISKUSSION	87
3.5.1 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse	87
3.5.2 Limitationen und Ausblick.....	90
3.5.3 Schlussfolgerung	90
4 DER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MUSIKALISCHEM TRAINING UND HEIßEN SOWIE KALTEN EXEKUTIVEN FUNKTIONEN IM SPÄTEN KINDES- UND JUNGEN ERWACHSENENALTER (STUDIE 3)	92
4.1 HINTERGRUND.....	92
4.2 ZIELE DER STUDIE	94
4.3 METHODE STUDIE 3A.....	95

4.3.1 Stichprobe	95
4.3.2 Messinstrumente	96
4.3.3 Durchführung.....	101
4.4 ERGEBNISSE STUDIE 3A	101
4.4.1 Voranalysen	102
4.4.2 Hauptanalysen	102
4.5 INTERPRETATION UND EINORDNUNG DER ERGEBNISSE STUDIE 3A.....	105
4.6 METHODE STUDIE 3B.....	107
4.6.1 Stichprobe	107
4.6.2 Messinstrumente	107
4.6.3 Durchführung.....	107
4.7 ERGEBNISSE STUDIE 3B	108
4.7.1 Voranalysen	108
4.7.2 Hauptanalysen	109
4.8 INTERPRETATION UND EINORDNUNG DER ERGEBNISSE STUDIE 3B.....	111
4.9 GESAMTDISKUSSION STUDIE 3	112
4.9.1 Limitationen und Ausblick.....	114
4.9.2 Schlussfolgerung	115
5 GESAMTDISKUSSION DER ARBEIT	116
5.1 MUSIZIEREN ALS GEEIGNETE METHODE ZUR FÖRDERUNG EXEKUTIVER FUNKTIONEN.....	120
5.2 BEEINFLUSSBARKEIT EXEKUTIVER FUNKTIONEN WÄHREND DYNAMISCHER ENTWICKLUNGSPHASEN.....	123
5.3 MUSIKALISCHES TRAINING, EXEKUTIVE FUNKTIONEN UND DER DISKURS UM TRANSFEREFFEKTE	125
5.4 GRENZEN DER EIGENEN ARBEIT	126
5.5 UNBEANTWORTETE FRAGEN UND ANSCHLIEßENDE FRAGESTELLUNGEN	128
5.6 FAZIT	130
LITERATUR	132
ANHANG A	144
ANHANG B	151
PUBLIKATIONSLISTE	155
EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Übersicht über die Einteilung der exekutiven Funktionen (angepasste Darstellung nach Diamond, 2013).....	21
Abbildung 2. Grundformen des Chamäleons	59
Abbildung 3. Chamäleon, zusammengesetzt aus den Grundformen.....	60
Abbildung 4. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Tests zur Verhaltensinhibition (Untertest Inhibition aus der NEPSY-II) für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.	65
Abbildung 5. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Tests zur selektiven Aufmerksamkeit (Untertest Auditory Attention aus der NEPSY-II) für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.	66
Abbildung 6. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Corsi Block Tests aus der AGTB 5-12 für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.	68
Abbildung 7. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Statuen-Tests aus der NEPSY-II für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.	85
Abbildung 8. Eichhörnchen, gemalt mit wasservermalbaren Buntstiften	151
Abbildung 9. Tukan, gemalt mit Ölkreiden und wasservermalbarer Farbe	152
Abbildung 10. Gans, gemalt mit Ölkreiden.....	153
Abbildung 11. Häschen aus Papier-Schnipseln.....	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Deskriptive Statistik und Inferenzstatistik für die Gruppenvergleiche der Kontrollvariablen (Studie 1).....	62
Tabelle 2 Deskriptive und Inferenzstatistik für die Gruppenvergleiche der abhängigen Variablen zum Vortest (Studie 1).....	62
Tabelle 3 Deskriptive Werte der abhängigen Variablen für die Gruppen zum Vor- (T0) und Nachtest (T1) (Studie 1)	63
Tabelle 4 Deskriptive und Inferenzstatistische Darstellung der Kontrollvariablen für die einzelnen Gruppen (Studie 2).....	83
Tabelle 5 Deskriptive Werte für die abhängigen Variablen der einzelnen Gruppen zum Vortest (T0) und zum Nachtest (T1) (Studie 2)	86
Tabelle 6 Korrelationen zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen (Studie 3a)	104
Tabelle 7 Korrelationen (und Partialkorrelationen in Klammern) zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen (Studie 3b).....	110
Tabelle 8 Übersicht über die Instrumentalgruppen	144
Tabelle 9 Übersicht über die Zeichengruppen.....	144
Tabelle 10 Deskriptive Statistik der abhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene) .	145
Tabelle 11 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene)	146
Tabelle 12 Korrelationsmatrix der abhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene) ...	147
Tabelle 13 Deskriptive Statistik der abhängigen Variablen (Studie 3b, Kinder)	148
Tabelle 14 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Studie3b, Kinder)	149
Tabelle 15 Korrelationsmatrix der abhängigen Variablen (Studie 3b, Kinder)	150

1 Einleitung

Kinder optimal zu fördern, damit sie als leistungsfähige und erfolgreiche Individuen heranwachsen können, ist ein primäres Ziel unserer Gesellschaft. Doch was benötigen Kinder, um erfolgreich zu sein? Und wie können Programme aussehen, um sie bestmöglich in ihrer Entwicklung zu unterstützen? Zur Frage welche Fähigkeiten insbesondere zum Erfolg von Kindern beitragen, nennen Diamond und Lee (2011) die vier Schlüsselkompetenzen Kreativität, Flexibilität, Selbstkontrolle und Disziplin. Kinder benötigen Kreativität, um neue Ideen und Lösungen finden zu können oder Flexibilität, um verschiedene Perspektiven einnehmen und sich an äußere Umstände anpassen zu können. Selbstkontrolle hilft ihnen dabei, sich nicht ablenken zu lassen und Dinge zu vermeiden, die sie später bereuen würden und Disziplin wird benötigt, um langfristige Ziele verfolgen und Aufgaben beenden zu können. Bei allen genannten Kompetenzen handelt es sich um Komponenten der *exekutiven Funktionen*. Dieser Terminus beschreibt eine Reihe kognitiver Kontrollprozesse, die die Steuerung der Aufmerksamkeit sowie zielgerichtetes Denken und Handeln ermöglichen (Diamond, 2013). Obwohl eine allgemeingültige Definition fehlt, die festlegt, welche Aufgaben genau zu den exekutiven Funktionen zählen, scheint sich das Modell nach Miyake et al. (2000) zu etablieren, nach welchem sich exekutive Funktionen in die drei Hauptkomponenten *Inhibition*, *Arbeitsgedächtnis* und *Flexibilität* unterteilen lassen.

Seit den 2000er Jahren steigt das Forschungsinteresse an den exekutiven Funktionen, gemessen an veröffentlichten Publikationen, stark an (Hunter & Sparrow, 2012). Dies mag damit zusammenhängen, dass exekutive Funktionen wichtige Prädiktoren für bedeutende Aspekte des Lebens wie körperliches Wohlbefinden (Davis, Marra, Najafzadeh, & Liu-Ambrose, 2010) oder schulischen Erfolg (Borella, Carretti, & Pelegrina, 2010) zu sein scheinen. Dementsprechend erscheint es äußerst wichtig, exekutive Funktionen bereits im Kindesalter zu fördern, um eine bestmögliche Entwicklung zu ermöglichen. Zwar handelt es sich bei den exekutiven Funktionen – ähnlich wie bei Intelligenz – um ein relativ stabiles Konstrukt (Moffitt et al., 2011), doch zeigen Studienergebnisse, dass spezielle Trainingsmaßnahmen exekutive Funktionen in der Kindheit positiv beeinflussen können (Diamond & Lee, 2011; Diamond & Ling, 2016). Dabei stellen Diamond und Lee (2011) heraus, dass es einige Aspekte gibt, welche für ein erfolgreiches Training essenziell sind wie beispielsweise kontinuierliches Üben, ein ansteigendes Schwierigkeitsniveau oder die Einbettung der Aktivität in einen sozialen Kontext.

Gemeinsames Musizieren erfordert auf der einen Seite ein hohes Maß an Aufmerksamkeitskontrolle und die Beanspruchung verschiedener exekutiver Funktionen (Jäncke, 2009; Okada & Slevc, 2018) und erfüllt auf der anderen auch die von Diamond und Lee (2011) postulierten Aspekte für ein erfolgreiches Training der exekutiven Funktionen. Beispielsweise wird beim Musizieren selektive Aufmerksamkeit benötigt, wenn sich beim gemeinsamen Spiel auf die eigene Stimme fokussiert wird oder Verhaltensinhibition, um nur dann zu spielen, wenn man an der Reihe ist oder bei einem Vorzeichenwechsel den Impuls, die vorherige Note zu spielen, zu unterdrücken und dem Vorzeichen entsprechend den nun erforderlichen Ton zu spielen. Ebenso wird das Arbeitsgedächtnis benötigt, da beim Spielen von Noten, diese vorausgelesen werden und musikalisches Material und die dazugehörigen Griffe zum Spielen der Töne erinnert werden müssen. Die Rahmenbedingungen, die für ein erfolgreiches Training erforderlich sind, werden in einem musikalischen Training auf natürliche Art und Weise vereint. Schließlich ist ohne kontinuierliches Üben kein musikalischer Fortschritt zu erwarten und zudem wird das musikalische Material immer anspruchsvoller, je fortgeschrittener der oder die Musizierende ist. Des Weiteren ist ein musikalisches Training problemlos in der Gruppe durchführbar und bereitet darüber hinaus Freude. Dementsprechend ist es denkbar, dass musikalisches Training ebenfalls zu einer Förderung der exekutiven Funktionen beitragen kann.

Bei Betrachtung des aktuellen Forschungsstands deuten korrelative Studien bereits darauf hin, dass Musizieren mit verschiedenen Komponenten der exekutiven Funktionen positiv im Kindes- (z.B. Degé, Kubicek & Schwarzer, 2011a) und Erwachsenenalter (z.B. Amer, Kalender, Hasher, Trehub & Wong, 2013) assoziiert ist. Da diese Studien aufgrund ihres Designs keine kausalen Zusammenhänge klären können, darf auf Basis ihrer Befunde keine Aussage darüber getroffen werden, inwiefern Musizieren exekutive Funktionen fördern kann. Erste Trainingsstudien legen nahe, dass exekutive Funktionen durch musikpraktische Tätigkeiten positiv beeinflusst werden können (Bugos, Perlstein, McCrae, Brophy, & Bedenbaugh, 2007; Holochwost et al., 2017; Jaschke, Honing & Scherder, 2018). Da diese Studien aber meist gemischte Formen eines musikalischen Trainings (z.B. Instrumentalunterricht gepaart mit Musiktheorie) anwendeten und nicht immer eine Randomisierung auf Versuchspersonenebene vorgenommen wurde (z.B. Jaschke et al., 2018) oder die Studien ohne aktive Kontrollgruppe durchgeführt wurden (z.B. Holochwost et al., 2017), ist der kausale Zusammenhang zwischen Instrumen-

talunterricht – wie er als Freizeitbeschäftigung ausgeübt wird – und den exekutiven Funktionen noch nicht abschließend geklärt. Ebenso zeigen bisherige Studien inkonsistente Befunde welche exekutiven Funktionen genau durch ein musikalisches Training beeinflusst werden. Darüber hinaus wäre es erstrebenswert, herauszufinden, ob es beim Musizieren einen Aspekt gibt, der insbesondere zu einer Förderung der exekutiven Funktionen führt oder ob möglicherweise durch verschiedene Arten von Musiktrainings unterschiedliche exekutiven Funktionen angesprochen werden könnten. Eine weitere Forschungslücke betreffend den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und den exekutiven Funktionen besteht darin, dass sich vorausgegangene Arbeiten beinahe ausschließlich mit den abstrakten, rein analytischen sogenannten *kalten exekutiven Funktionen* beschäftigten und die sogenannten *heißen exekutiven Funktionen*, welche motivationale oder emotionale Aspekte miteinbeziehen (Peterson & Welsh, 2014), außer Acht gelassen wurden.

Folglich werden mit der vorliegenden Arbeit drei größere Ziele verfolgt. Erstens soll diese Arbeit dazu dienen, den kausalen Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen im Kindesalter zu klären und hierbei auch zu untersuchen, welche Komponenten der exekutiven Funktionen von einem musikalischen Training profitieren. Zweitens soll geprüft werden, inwiefern verschiedene musikalische Trainings differenziell auf exekutive Funktionen einwirken können. Drittens soll untersucht werden, ob Musizieren neben den kalten auch mit den heißen exekutiven Funktionen assoziiert ist. Um den formulierten Zielen nachzukommen, wurden drei Studien durchgeführt, von welchen zwei ein musikalisches Training beinhalteten, um den Einfluss von verschiedenen musikpraktischen Ansätzen auf exekutive Funktionen zu untersuchen. Bei der dritten Studie wurde ein korrelativer Ansatz gewählt, um mögliche Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen bei Erwachsenen und Kindern zu prüfen.

1.1 Exekutive Funktionen

Bei den exekutiven Funktionen handelt es sich um eine Reihe kognitiver Kontrollprozesse, die wir benötigen, um unsere Aufmerksamkeit bewusst zu steuern und zielgerichtet Denken und Handeln ermöglichen. Exekutive Funktionen kommen immer dann zum Einsatz, wenn automatische Reaktionen, also der „Autopilot“, oder instinktive Handlungen nicht zielführend sind, sondern eine bewusste und angepasste Reaktion bzw. Handlung erforderlich ist (Diamond, 2013). Mit dem Begriff der exekutiven Funktionen

werden in der Regel viele verschiedene kognitive Prozesse beschrieben wie Inhibition, selektive Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität, Arbeitsgedächtnis, Flüssigkeit, Planen und Organisieren. Dabei ist nicht einheitlich definiert, welche Komponenten genau zu den exekutiven Funktionen zählen (Hunter & Sparrow, 2012). Es scheint aber, dass sich insbesondere in der jüngeren Vergangenheit an drei Hauptkomponenten, nämlich der Inhibition, dem Shifting (bzw. Flexibilität) und Updating (bzw. Arbeitsgedächtnis) orientiert wird (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000). Darüber hinaus konnten Miyake et al. (2000) mit ihrer Faktorenanalyse zeigen, dass es sich bei exekutiven Funktionen einerseits um differenzierbare unterschiedliche Fähigkeiten handelt, die andererseits aber auch moderat miteinander korreliert sind. Anschließende faktorenanalytische Untersuchungen deuten ferner darauf hin, dass es einen allgemeinen Faktor der exekutiven Funktionen gibt, der mit allen Komponenten der exekutiven Funktionen assoziiert ist. Dieser scheint perfekt mit der latenten Variablen zu Inhibition zu korrelieren. Daneben zeichnen sich eine Updating-spezifische Komponente sowie eine Shifting-spezifische Komponente ab. Dementsprechend ließen sich die exekutiven Funktionen auch in einen allgemeinen Faktor und zwei weitere spezifische Faktoren gliedern (Miyake & Friedman, 2012). Forschungsarbeiten, die exekutive Funktionen im Kindesalter untersuchten, zeigten, dass exekutive Funktionen in der früheren Kindheit eher ein einfaktorielles Konstrukt zu sein scheinen, bei welchem Inhibition und Updating-Prozesse des Arbeitsgedächtnisses auf denselben Faktor laden. Shifting-Prozesse wurden in diesen Studien nicht gemessen bzw. nicht miteinbezogen, da diese Bodeneffekte zeigten (z.B. Wiebe, Espy & Charak, 2008) und sich diese Komponente erst im Laufe der Kindheit entwickelt (Senn, Espy & Kaufmann 2004).

In der späteren Kindheit – ungefähr ab dem Schuleintrittsalter – lässt sich wahrscheinlich zwischen zwei trennbaren Faktoren der exekutiven Funktionen unterscheiden (Lee et al., 2012; Senn et al., 2004; Simanowski & Krajewski, 2019; St Clair-Thompson & Gathercole, 2006), wobei nicht eindeutig ist, um welche zwei Faktoren es sich dabei handelt. In allen Studien konnte Updating als einer der Faktoren nachgewiesen werden. Dabei deuten die Ergebnisse einiger Studien auf Inhibition als zweiten Faktor hin (St Clair-Thompson & Gathercole, 2006; Senn et al., 2004) oder dass Inhibition und Shifting gemeinsam auf den zweiten Faktor laden (Lee et al., 2012; Simanowski & Krajewski, 2019), während andere Studienergebnisse darauf hinweisen, dass Updating und Shifting zwei Faktoren darstellen, aber Inhibition nicht als Faktor in das Modell mit einzieht (Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006; van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2007).

Die unterschiedlichen Ergebnisse dieser Studien könnten darin begründet liegen, dass verschiedene Testaufgaben für unterschiedliche Maße der exekutiven Funktionen herangezogen wurden. Außerdem könnte auch die Problematik der *task impurity*, also der Aufgabenverunreinigung (Miyake & Friedman, 2012), durch welche das „saubere“ messen der einzelnen Komponenten erschwer ist, Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben.

Die Vermutung, dass exekutiven Funktionen in der Kindheit eher ein Faktor zugrunde liegt und im Schul- und Erwachsenenalter sich mehrere, trennbare Faktoren voneinander abzeichnen, könnte mit der Entwicklung der exekutiven Funktionen einhergehen (siehe Kapitel 1.1.2). Dadurch, dass exekutive Funktionen auf der einen Seite einen gemeinsamen Faktor teilen, sich auf der anderen Seite aber zumindest ab der späteren Kindheit auch in spezifische Faktoren trennen lassen, können sie sowohl als ein einheitliches Modell (*Unity*) als auch als voneinander differenzierbare Prozesse (*Diversity*) betrachtet werden (Miyake et al., 2000). Da es unklar erscheint, ab wann genau sich die einzelnen Funktionen trennen und in welche Faktoren sich diese insbesondere im Kindesalter gliedern lassen, wird für diese Arbeit angelehnt an Miyake et al. (2000) zunächst von einem mehrfaktoriellen Modell ausgegangen.

1.1.1 Einteilung und Messung der exekutiven Funktionen

Für die Definition der einzelnen Komponenten wird sich an Diamonds (2013) ausdifferenziertem Konzept der exekutiven Funktionen orientiert. In Übereinkunft mit Miyake et al. (2000) geht auch sie von drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen aus, nämlich Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität. Dabei sind Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität nicht synonym mit Updating und Shifting zu verwenden. Eher versteht Updating und Shifting als Teilfunktionen der nach ihrer Definition etwas weiter gefassten Hauptkomponenten Arbeitsgedächtnis und Flexibilität.

Dabei ist mit Inhibition die Fähigkeit gemeint, die Aufmerksamkeit bewusst zu kontrollieren, automatische Reaktionen und Impulse zu unterdrücken und dafür eine angepasste Reaktion zu zeigen. Für die Kontrolle der Aufmerksamkeit meint dies beispielsweise die Aufmerksamkeit selektiv auf einen Reiz zu fokussieren und andere, irrelevante Reize ausblenden zu können (*selektive Aufmerksamkeit*) oder mentale Repräsentationen wie auch ungewollte Gedanken, Emotionen oder Erinnerungen zu unterdrücken, die für die Bearbeitung einer Aufgabe nicht zielführend sind (*kognitive Inhibition*). Selektive Aufmerksamkeit und kognitive Inhibition gehören zur sogenannten *Interferenzkontrolle*,

welche einen Aspekt der Inhibition darstellt. Ein zweiter Aspekt ist daneben die *Verhaltensinhibition*. Hierzu zählen beispielsweise Fähigkeiten wie impulsives Verhalten zu hemmen (z.B. eine automatische Antworttendenz zugunsten einer an die Situation angepasste Antwort unterdrücken), Versuchungen zu widerstehen, Belohnungen aufzuschieben und langfristige Aufgaben beenden zu können. Entsprechend der verschiedenen Teilaspekte der Inhibition, gibt es vielfältige Messverfahren zur Erfassung dieser Fähigkeiten. Zur Messung der Interferenzkontrolle kann beispielsweise eine sogenannte *Flanker*-Aufgabe (Eriksen & Eriksen, 1974) eingesetzt werden, bei welcher die selektive Aufmerksamkeit gemessen wird, indem auf einen Zielreiz unter Ausblendung der ablenkenden Reize reagiert werden muss. Bei einer *Stroop*-Aufgabe (MacLeod, 1991) hingegen soll beispielsweise die Farbe eines Wortes genannt werden, in der es geschrieben ist, wobei das Wort selbst eine andere Farbe beschreibt. Zur Messung von Aspekten der Verhaltensinhibition kann unter anderem eine *Go/NoGo*-Aufgabe (Cragg & Nation, 2008) eingesetzt werden, bei der auf einen Zielreiz möglichst schnell reagiert, aber die Reaktion bei einem anderen, ähnlich aussehenden Reiz, gehemmt werden muss. Ein weiteres Maß der Verhaltensinhibition ist der Belohnungsaufschub. Tests zum Belohnungsaufschub messen, inwiefern Individuen in der Lage sind eine sofortige kleinere Belohnung zugunsten einer späteren größeren Belohnung (z.B. eine Süßigkeit jetzt oder zwei Süßigkeiten nach einem gewissen Zeitabstand) aufzuschieben (Mischel, Shoda, & Rodriguez, 1989; Forstmeier, Drobetz, & Maercker, 2011).

Im Zusammenhang mit den exekutiven Funktionen ist mit dem Arbeitsgedächtnis die kurzzeitige Speicherung und Manipulation von Informationen gemeint – oder anders gesagt – die Verarbeitung von Informationen, die perzeptuell nicht länger präsent sind. Dabei spielt insbesondere der Prozess des *Updatings* – also das Löschen und Erneuern von Informationen – eine Rolle (Diamond, 2013; Miyake et al., 2000). Darüber hinaus zählt Diamond (2013) auch die Prozesse der Verknüpfung von alten und neuen Informationen, das in Beziehung setzen von Informationen, um generelle Prinzipien ableiten zu können, sowie das Zerlegen und Rekombinieren von Elementen zum Arbeitsgedächtnis dazu. Angelehnt an Baddeleys Modell des Arbeitsgedächtnisses (Baddeley & Hitch, 1994) geht auch sie von zwei verschiedenen Verarbeitungssystemen aus, die sich durch die Qualität des Inhalts – nämlich verbalen und visuell-räumlichen Inhalt – unterscheiden lassen. Arbeitsgedächtnis und Inhibition hängen eng miteinander zusammen und lassen sich nur schwer getrennt voneinander erfassen. So wird das Arbeitsgedächtnis für inhibitorische Prozesse benötigt, um die Reize zu erinnern, auf die nicht reagiert bzw. auf die

eine angepasste Reaktion gezeigt werden soll. Andersherum ist es für die Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses unabdingbar, sich auf die relevanten Informationen fokussieren zu können und sich nicht durch externe Reize oder interne Repräsentationen ablenken zu lassen.

Typische Aufgaben zur Messung des Arbeitsgedächtnisses sind beispielsweise die *Zahlenspanne Rückwärts* zur Messung des verbalen Arbeitsgedächtnisses, bei welcher Ziffern in umgekehrter Reihenfolge wiederholt werden müssen oder der *Corsi-Block-Test* (Corsi, 1972), welcher eingesetzt wird, um das räumlich-visuelle Arbeitsgedächtnis zu messen. Bei diesem Test sind 9 Blöcke unregelmäßig auf einem Brett befestigt. Den Versuchspersonen wird durch Antippen der Blöcke eine bestimmte Reihenfolge präsentiert, die sie nach dem Ende der präsentierten Sequenz nachtippen sollen. Des Weiteren werden häufig *N-back-Aufgaben* zur Messung des Arbeitsgedächtnisses eingesetzt. Bei diesem Aufgabentypus wird eine Reihe von Stimuli (z.B. Ziffern) einzeln auf einem Bildschirm präsentiert. Eine Reaktion der Versuchsperson ist immer dann erforderlich, wenn sich ein Stimulus nach einer gewissen Anzahl (*N*) präsentierter Stimuli wiederholt (z.B. ist bei einer *3-back-Aufgabe* eine Reaktion gefordert, wenn eine präsentierte Ziffer identisch mit der drittletzten Ziffer ist).

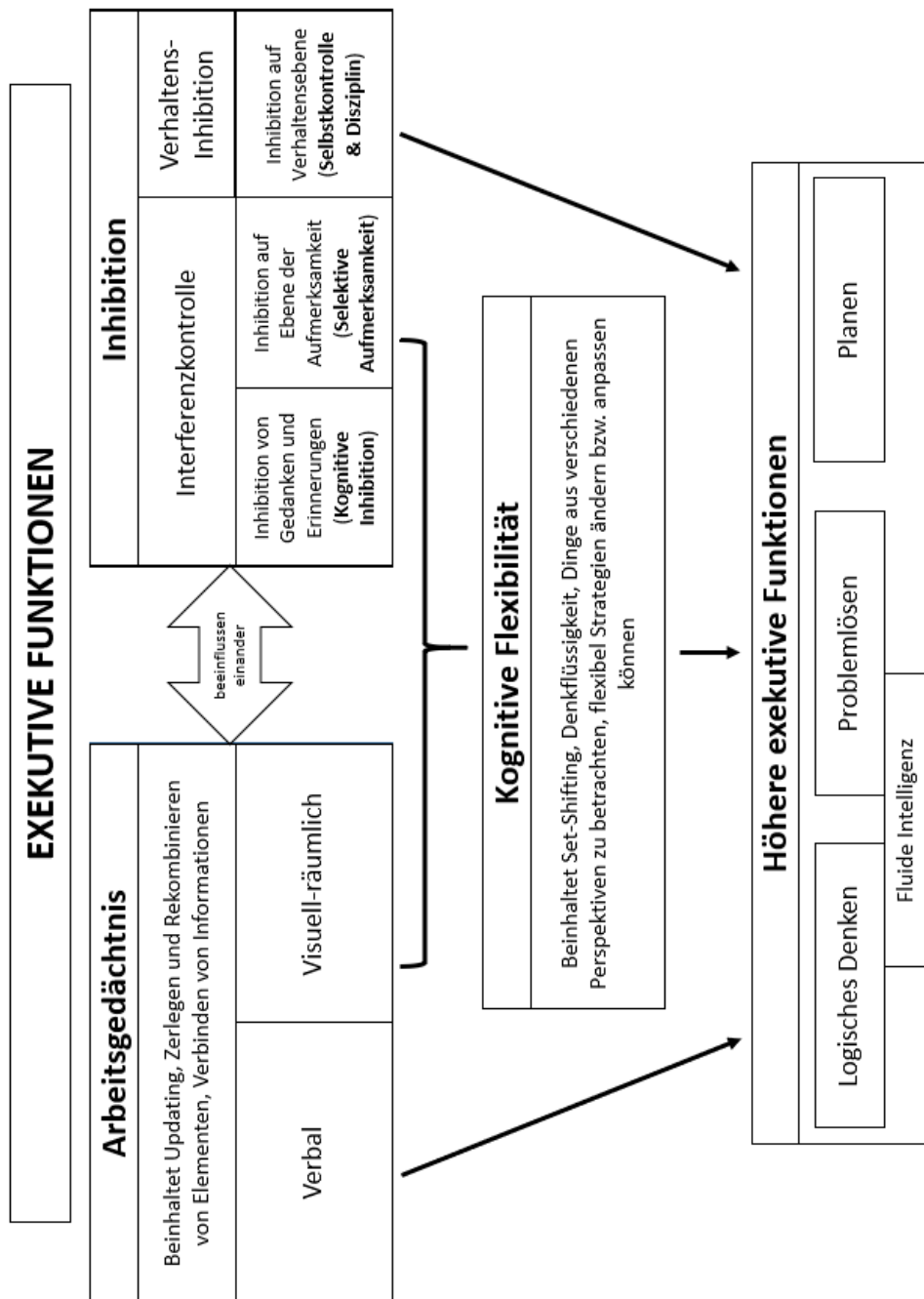
Die dritte Hauptkomponente der exekutiven Funktionen ist die kognitive Flexibilität. Hiermit ist unter anderem die Fähigkeit gemeint, flexibel zwischen Aufgaben oder mentalen Repräsentationen hin- und herzuwechseln, was auch als *task-switching* oder *Set-Shifting* bezeichnet wird. Weitere Aspekte der kognitiven Flexibilität sind Fähigkeiten der Perspektivenübernahme oder auch des Ideenreichtums und der Denkflüssigkeit (Diamond, 2013). Aufgaben zur kognitiven Flexibilität sind komplexer als Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis oder zur Inhibition, da diese das Aufrechterhalten von Regeln im Arbeitsgedächtnis sowie inhibitorische Prozesse beanspruchen und voraussetzen. Dementsprechend entwickelt sich die kognitive Flexibilität auch als letzte der drei Hauptkomponenten (siehe Kapitel 1.1.2).

Etablierte Testverfahren, die zur Erfassung der kognitiven Flexibilität eingesetzt werden, sind beispielsweise Kartensortieraufgaben, welche Set-Shifting bzw. den Aufgabenwechsel messen wie beispielsweise der *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST; Milner, 1963). Der WCST ist ein Kartensortiertest, bei welchem jede Karte anhand von verschiedenen Kriterien (Farbe, Form, oder Anzahl) sortiert werden kann. Die Versuchspersonen müssen bei diesem Test durch Feedback des Versuchsleiters bzw. der Versuchsleiterin

herausfinden, nach welchem Kriterium sie die Karten sortieren müssen und flexibel darauf reagieren, wenn das Kriterium zur Sortierung geändert wird. Im Kindesalter werden zur Messung von Shifting-Leistungen häufig vereinfachte Varianten dieses Kartensortier-tests eingesetzt, wie zum Beispiel der *Dimensional Change Card Sort (DCCS)* (Zelazo, 2006). Weitere Aufgaben zur Erfassung der kognitiven Flexibilität dienen zur Messung des Ideenreichtums bzw. der Denkflüssigkeit, wie beispielsweise figurale (Ruff, 1996) oder verbale Flüssigkeit (Benton & Hamsher, 1976). Aufgaben zur Messung der figuralen Flüssigkeit bestehen beispielsweise darin, dass Versuchspersonen möglichst viele verschiedene Muster durch das Verbinden von Punkten erstellen (Ruff, 1996). Die verbale Flüssigkeit kann gemessen werden, indem Individuen möglichst viele Wörter in einer gewissen Zeit nennen sollen, die mit einem bestimmten Anfangsbuchstaben (z.B. dem Buchstaben „F“) beginnen (Benton & Hamsher, 1976).

Auf den beschriebenen Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen bauen komplexere exekutive Funktionen wie logisches Denken, Problemlösen und Planen auf. Dabei entsprechen logisches Denken und Problemlösen der fluiden Intelligenz (Diamond, 2013). Das beschriebene Konzept der exekutiven Funktionen wird in Abbildung 1 veranschaulicht.

Wie bereits angedeutet besteht bei der Messung der exekutiven Funktionen das Problem der *task impurity*, also der Aufgabenunreinheit. Damit ist gemeint, dass bei den meisten Testverfahren nicht nur eine einzelne Komponente der exekutiven Funktionen gemessen wird, sondern gleich mehrere exekutive Funktionen gleichzeitig erfasst werden. Darüber hinaus können auch weitere, für die Aufgabe spezifische Fähigkeiten, die nicht für die zu messende exekutive Funktion relevant sind (z.B. eine schnelle Artikulation bei verbalen Aufgaben oder eine schnelle Graphomotorik bei Schreibaufgaben), Varianz erzeugen und ebenso die reine Messung der exekutiven Funktion beeinträchtigen (Miyake et al., 2000).



Anmerkung: Heiße exekutive Funktionen sind in der Abbildung nicht gesondert aufgeführt, da jede Komponente der exekutiven Funktionen als heiß oder kalt gemessen werden könnte.

Abbildung 1. Übersicht über die Einteilung der exekutiven Funktionen (angepasste Darstellung nach Diamond, 2013).

1.1.2 Heiße Exekutive Funktionen

Bei Gebrauch des Begriffs der exekutiven Funktionen sind im klassischen Sinne meist rein analytische Denkprozesse gemeint, welche mit abstrakten, dekontextualisierten Testaufgaben gemessen werden, wie beispielsweise dem *WCST* oder einer *Stroop*-Aufgabe (Zelazo & Carlson, 2012). Allerdings beinhalten Probleme in der realen Welt auch emotionale und motivationale Komponenten, die im Grad ihrer Bedeutung je nach Aufgabe und Kontext variieren können. Individuen unterscheiden sich in ihrer Empfänglichkeit für solche durch die Umwelt hervorgerufen *heißen* Faktoren, die Einfluss auf das Lösen von Problemen nehmen (Welsh & Peterson, 2014). Dementsprechend wurde das Modell der exekutiven Funktionen erweitert und neben den sogenannten *kalten exekutiven Funktionen*, mit welchen das rein analytische Denken gemeint ist, das Konzept der sogenannten *heißen exekutiven Funktionen*, bei welchen die Aufgaben zusätzlich eine affektive oder motivationale Komponente beinhalten, mit integriert. Letztere kommen insbesondere immer dann zum Einsatz, wenn ein Problem oder eine Aufgabe für ein Individuum von emotionaler Bedeutung ist. Die Einteilung zwischen kalten und heißen exekutiven Funktionen ist dabei nicht unbedingt dichotom zu sehen. Vielmehr können zu lösende Aufgaben sowohl kalte als auch heiße Komponenten beinhalten (Zelazo & Cunningham, 2007). Folglich sind die heißen exekutiven Funktionen in Abbildung 1 mit integriert, da alle dargestellten Komponenten sowohl kalt als auch heiß gemessen werden könnten.

Typischerweise werden heiße exekutive Funktionen mit Testverfahren gemessen, die affektives Entscheidungsverhalten über Ereignisse, die mit bedeutsamen Konsequenzen, wie z.B. einem Gewinn und/oder einem Verlust, einhergehen, beinhalten (Hongwanishkul, Happaney, Lee, & Zelazo, 2005). Die meisten dieser Aufgaben wurden ursprünglich dazu konzipiert, um Patienten mit einer Schädigung im orbitofrontalen oder ventromedialen präfrontalen Cortex zu untersuchen. In solchen Läsionsstudien zeigte sich, dass Patienten mit einer Beeinträchtigung in diesen Bereichen eine normale Leistung in kalten, analytischen Aufgaben aufwiesen, aber eine verminderte Leistung in Aufgaben zu affektivem Entscheidungsverhalten (z.B. Bechara, Damasio, Tranel, & Anderson, 1998). Obwohl jene Studien darauf hindeuten, dass kalte und heiße exekutive Funktionen voneinander trennbar sind, wird davon ausgegangen, dass sie an einer gemeinsamen adaptiven Funktion zusammenarbeiten. Demnach sei ein typischer Ansatz zur Lösung

heißer, motivational bedeutsamer Probleme das Problem zunächst zu reflektieren, aus einem neutralerem Blickwinkel zu betrachten und anschließend mit Hilfe kalter exekutiver Funktionen zu lösen (Zelazo & Cunningham, 2007).

Ab welchem Alter sich kalte und heiße exekutive Funktionen voneinander trennen lassen ist unklar. Einige Studien deuten darauf hin, dass kalte und heiße exekutive Funktionen auch in der Kindheit zwar korrelierte, aber voneinander unterscheidbare Konstrukte sind (z.B. Brock, Rimm-Kaufman, Nathanson, & Grimm, 2009; Willoughby, Kupersmidt, Voegler-Lee, & Bryant, 2011), wohingegen andere Studien keinen Nachweis zu einer Differenzierung zwischen heißen und kalten exekutiven Funktionen finden konnten (Allan & Lonigan, 2011; Sulik et al., 2009). Letztere könnten wiederum ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei exekutiven Funktionen in der frühen Kindheit eher um ein einheitliches Konstrukt handelt, welches sich erst ab dem Schuleintrittsalter zu differenzieren beginnt (Zelazo & Carlson, 2012). In diesem Zusammenhang sei aber auch darauf hingewiesen, dass das Konstrukt der heißen exekutiven Funktionen im Gegensatz zu den kalten exekutiven Funktionen noch recht jung und dementsprechend die Organisation weniger gut erforscht und verstanden ist wie die der kalten exekutiven Funktionen (Peterson & Welsh, 2014).

Etablierte Testverfahren zur Messung heißer exekutiver Funktionen sind zum Beispiel Glücksspiel-Aufgaben (Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994), Aufgaben zu risikoreichem Entscheiden (Rogers et al., 1999) oder sogenanntes *Delay Discounting* (Monterosso, Ehrman, Napier, Brien, & Childress, 2001), das mit Belohnungsaufschub assoziiert ist (Hongwanishkul et al., 2005). Die bekannteste und am häufigsten eingesetzte Aufgabe ist die *Iowa Gambling Task (IGT)* (Bechara et al., 1994), mit welcher die Entscheidungsfindung unter unbekanntem und bekanntem Risiko gemessen werden kann. In der *IGT* werden Versuchspersonen instruiert, möglichst viel hypothetisches Geld zu erspielen, indem sie Karten von verschiedenen Kartenstapeln ziehen. Durch jedes Ziehen einer Karte kann die Versuchsperson gleichzeitig Geld verlieren und Geld gewinnen. Dabei unterscheiden sich die Eigenschaften der Kartenstapel, sodass zwei zwar mit einem höheren Geldgewinn (100\$), aber auch einem höheren Risiko Geld zu verlieren und zwei Kartenstapel mit einem geringeren Geldgewinn (50\$) und gleichzeitig einem geringeren Risiko Geld zu verlieren, verbunden sind. Langfristig gesehen, sind die Kartenstapel mit den niedrigeren Gewinnen und dem geringeren Risiko vorteilhafter und mit einem Nettogewinn assoziiert sind, wohingegen die Kartenstapel mit dem höheren Gewinn und dem höheren Verlustrisiko weniger vorteilhaft sind und zu einem Netto-Verlust führen. Die

Versuchspersonen werden nicht über die Eigenschaften der Kartenstapel aufgeklärt, erlernen sie aber im Laufe dieses Tests, sodass die ersten Trials als Entscheidungsfindung unter unbekanntem Risiko und die späteren Trials als Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko gewertet werden können (Gansler, Jerram, Vannorsdall, & Schretlen, 2011).

Im Gegensatz zu Aufgaben, welche mit einem Gewinn-Verlust-Kontext assoziiert sind, müssen bei Aufgaben zum Belohnungsaufschub Entscheidungen darüber getroffen werden, ob eine sofortige, aber geringere Belohnung oder eine spätere, dafür größere Belohnung bevorzugt wird. Dabei können verschiedene Belohnungen eingesetzt und auch die Zeitspanne der verzögerten Belohnung variiert werden (Prencipe & Zelazo, 2005). Obwohl Aufgaben zum Belohnungsaufschub ursprünglich konzipiert wurden, um die Selbstkontrolle im Kindesalter zu untersuchen (Mischel et al., 1989), wurden inzwischen auch Testverfahren entwickelt, um diese Fähigkeit auch im Erwachsenenalter zu messen (Forstmeier et al., 2011).

1.1.3 Entwicklung der exekutiven Funktionen

Erste Ansätze kalter exekutiver Funktionen entfalten sich bereits in der frühen Kindheit – ungefähr ab dem Ende des ersten Lebensjahres. Beispielsweise sind 9-12 Monate alte Säuglinge in der Lage den Inhalt ihres Arbeitsgedächtnisses erneuern, wie *A-aber-nicht-B*-Aufgaben zeigen konnten (Diamond, 1985). Die weitere Entwicklung der exekutiven Funktionen dauert über eine große Altersspanne an, wobei einige Komponenten bis ins Erwachsenenalter reifen (Crone & van der Molen, 2004; Zelazo & Müller, 2011). Es gibt Hinweise darauf, dass es bestimmte Zeitfenster gibt, in welchen eine besonders dynamische Entwicklung der exekutiven Funktionen erfolgt. Hierbei scheint insbesondere das Kindesalter eine übergeordnete Rolle zu spielen. So deuten Studienergebnisse darauf hin, dass eine besonders starke Entwicklung der exekutiven Funktionen im Vorschul- und frühen Schulalter stattfindet (Garon, Bryson, & Smith, 2008; Romine & Reynolds, 2005). Darüber hinaus fanden Romine & Reynolds (2005) noch weitere für die Entwicklung bedeutsame Altersspannen. Demnach finde auch im späten Kindes- und frühen Jugendalter (bis ca. 14 Jahre) eine moderate bis starke Entwicklung statt. Ab ca. dem 14. Lebensjahr werde diese Entwicklung schwächer, halte aber bis ungefähr zum 17. Lebensjahr weiter an.

Inwiefern sich einzelne Komponenten der exekutiven in ihrer Entwicklung unterscheiden, konnte noch nicht abschließend geklärt werden. Einerseits sprechen Studienergebnisse dafür, dass sich alle drei Hauptkomponenten gleichzeitig ab dem Vorschulalter entwickeln (Carlson, 2005) und die Verbesserung in den jeweiligen Komponenten eher von der Aufgabenkomplexität abhängig ist (Zelazo & Müller, 2011). Andererseits gehen Forschungslinien auch davon aus, dass die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen unterschiedliche Entwicklungsverläufe aufweisen (Best & Miller, 2010). Verfolgt man letzteren Ansatz, so zeigt sich, dass insbesondere während der Vorschulzeit die Inhibition eine Schlüsselkomponente der exekutiven Funktionen einnimmt (Wiebe, Espy, & Charak, 2008) und sich während dieser Zeit bis hin zu den ersten Schuljahren sehr stark entwickelt. Anschließend ist die weitere Reifung dieser Komponente weniger dynamisch (Best & Miller, 2010). Die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses beginnt wie bereits angesprochen sehr früh in der Kindheit (Diamond, 1985), wobei komplexere Prozesse bis ins junge Erwachsenenalter reifen (Diamond, 2013). Anders als bei der Inhibition scheint diese Komponente ab der frühen Kindheit einen linearen Entwicklungsverlauf zu zeigen. (Best & Miller, 2010). Verglichen mit der Inhibition und dem Arbeitsgedächtnis weist die kognitive Flexibilität den längsten Entwicklungsverlauf auf und ist im Vorschulalter erst wenig entwickelt (Senn et al., 2004). Zwar können Kinder in diesem Alter bereits einfache Shifting-Aufgaben bewältigen, doch bildet sich die Fähigkeit, komplexere Aufgaben zu verarbeiten erst im späteren Alter weiter aus (Crone, Ridderinkhof, Worm, Somsen, & van der Molen, 2004). Ähnlich verhält es sich mit Aufgaben, die die Flüssigkeit oder das Planen und Organisieren betreffen und im Vergleich zur Inhibition einen langsameren Entwicklungsverlauf zeigen (Romine & Reynolds, 2005).

Im Gegensatz zu den kalten exekutiven Funktionen zeigen heiße exekutive Funktionen spätere und langsamere Entwicklungsverläufe. So weisen die Ergebnisse verschiedener Studien zur Entscheidungsfindung darauf hin, dass sich die Leistung in der *IGT* mit zunehmendem Alter verbessert (z.B. Crone & van der Molen, 2004; Prencipe et al., 2011), wobei die beste Leistung erst im Erwachsenenalter erreicht wird (Crone & van der Molen, 2004). Da für die Aufgabenbewältigung heißer exekutiver Funktionen ebenso kalte, analytische Prozesse benötigt werden, scheinen die Befunde, dass heiße exekutive einen verzögerten Entwicklungsverlauf aufweisen, naheliegend (Peterson & Welsh, 2014). Dementgegen zeichnen sich erste Ansätze der heißen exekutiven Funktionen bereits im Vorschulalter ab, wenn 4-jährige Kinder in der Lage sind, auf das sofortige Essen einer

Süßigkeit verzichten können und dafür später zwei Süßigkeiten erhalten (Mischel et al., 1989).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es einerseits Hinweise darauf gibt, dass die Entwicklung der exekutiven Funktionen von der Aufgabenkomplexität abhängig ist (Zelazo & Müller, 2011), andererseits Forschungsergebnisse ebenso nahelegen, dass sich die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen zeitlich versetzt zueinander entwickeln (Best & Miller, 2010). Möglicherweise lassen sich beide Ansätze miteinander vereinen, sodass man annehmen könnte, dass sich die einzelnen Komponenten in ihrem Entwicklungsverlauf unterscheiden und gleichzeitig die Entwicklung auch mit der Aufgabenkomplexität zusammenhängt (Zelazo & Müller, 2011). Darüber hinaus geht man davon aus, dass insbesondere während der Vorschuljahre bis hin zum Schuleintrittsalter eine dynamische Entwicklung der exekutiven Funktionen stattfindet (Diamond, 2013; Garon et al., 2008; Zelazo, Müller, Frye, & Marcovitch, 2003). Dementsprechend könnte es sich bei dieser Altersspanne um eine sensible Phase handeln, während welcher ein Training einen besonderen Einfluss auf die Entwicklung von (einigen) exekutiven Funktionen ausüben könnte (Hensch, 2004).

1.1.4 Bedeutung und Förderung der exekutiven Funktionen

Exekutive Funktionen stellen wichtige Prädiktoren für den Erfolg eines Individuums in verschiedenen Lebensaspekten dar (Diamond, 2013). So zeigten sich beispielsweise positive Assoziationen zu schulischem Erfolg (Borella et al., 2010), IQ (Ardila, Pineda, & Rosselli, 2000), Gesundheit (Miller, Barnes, & Beaver, 2011) oder der Lebensqualität (Davis et al., 2010). Dementgegen können Beeinträchtigungen in den exekutiven Funktionen mit mentalen Dysfunktionen wie beispielsweise ADHS (Diamond, 2005), Depression (Taylor Tavares et al., 2007) oder Drogenabhängigkeit (Baler & Volkow, 2006) einhergehen. Schlechtere exekutive Funktionen in der Kindheit können weitreichende Konsequenzen für den Erfolg als erwachsenes Individuum voraussagen. So konnten Moffitt et al. (2011) zeigen, dass eine geringere Selbstkontrolle im Kindesalter schlechtere Gesundheit, ein geringeres Einkommen und kriminelles Verhalten im Alter von 32 Jahren vorhersagt. Folglich erscheint es wichtig, exekutive Funktionen bereits in der frühen Kindheit zu fördern, um den späteren Entwicklungsverlauf positiv zu beeinflussen und gegebenenfalls bereits bestehende Defizite möglichst früh auszugleichen bzw. diese erst gar nicht aufkommen zu lassen.

Obwohl die Ergebnisse von Moffitt et al. (2011) nahelegen, dass es sich bei den exekutiven Funktionen um ein relativ stabiles Konstrukt handelt, haben Studien auch gezeigt, dass es möglich ist, exekutive Funktionen durch unterschiedliche Arten von Trainings positiv zu beeinflussen (Diamond & Lee, 2011; Diamond & Ling, 2016). Dabei erwiesen sich verschiedene Arten von Interventionen als wirksam wie speziell entwickelte Curricula (z.B. Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007, Lillard & Else-Quest, 2006), Computerspiele (z.B. Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009; Thorell, Lindqvist, Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009), Achtsamkeitstraining (Flook et al., 2010) oder Kampfsport (Lakes & Hoyt, 2004). In ihrem Review kommen Diamond und Lee (2011) zu dem Schluss, dass es verschiedene Faktoren gibt, die die Wirksamkeit eines Trainings ausmachen. Dabei nennen sie zum einen, dass ein solches Training die Interessen von Kindern ansprechen, ihnen Freude bringen und die Ausübung der Tätigkeit sie stolz machen sollte. Zum anderen sei es förderlich, wenn die Aktivität nicht auf die Förderung der exekutiven Funktionen selbst ausgelegt, sondern in einen sozialen Kontext eingebettet sei und ebenso die emotionale und soziale Entwicklung fördere. Darüber hinaus müsse das Training kontinuierlich stattfinden und einen ansteigenden Schwierigkeitsgrad vorweisen, da es keine Verbesserung gebe ohne eine Herausforderung. Dabei gehen sie auf Vygotskys *Zone der proximalen Entwicklung* ein, welche das kognitive Potential eines Kindes beschreibt. Nach Vygotskys Theorie ist die Zone der proximalen Entwicklung durch den aktuellen Entwicklungsstand, also Aufgaben, die ein Kind spontan alleine lösen kann und denen, die ein Kind unter Anleitung einer kompetenteren Person (z.B. Eltern oder Lehrkräfte) erreichen kann, festgelegt (Vygotsky, 1978). Eine erfolgreiche Fördermaßnahme sollte folglich sowohl das kognitive Potential eines Kindes möglichst ausschöpfen als auch von einer professionellen Lehrkraft angeleitet werden.

Wenn man das Musizieren unter den genannten Gesichtspunkten betrachtet, so wirkt es, als könnte gemeinsames Musizieren eine ausgezeichnete Aktivität sein, um exekutive Funktionen zu fördern. Das Spielen eines Instruments erfordert nämlich den Einsatz einer ganzen Reihe verschiedener exekutiver Funktionen wie Inhibition, selektive Aufmerksamkeit, Flexibilität, Planen und Überwachen (Jäncke, 2009; Okada & Slevc, 2018). Beispielsweise werden inhibitorische Fähigkeiten benötigt, um nur dann zu spielen, wenn man an der Reihe ist oder wenn sich der Rhythmus in einem Stück ändert und Musizierende verhindern müssen, den alten Rhythmus weiter zu spielen. Inhibitorische Prozesse kommen auch dann zum Einsatz, wenn eine unabhängige bimanuelle Kontrolle (z.B. beim Klavierspiel) erforderlich ist. Selektive Aufmerksamkeit wird benötigt, um das

eigene Spiel oder andere Stimmen genau zu verfolgen und irrelevante Reize auszublenden. Das Arbeitsgedächtnis ist unter anderem beim Notenlesen involviert, da es erforderlich ist die Noten ein Stück voranzulesen, um das eigene Spiel und die damit verbundenen motorischen Handlungen planen zu können. Kognitive Flexibilität kommt dann zum Einsatz, wenn mit mehreren Spielern gemeinsam musiziert wird und es notwendig ist zwischen verschiedenen Stimmen die Aufmerksamkeit hin und her zu lenken und zwischen Harmonien, Notenschlüsseln oder Spielanweisungen zu wechseln.

Um die eigene Spielfähigkeit zu verbessern, ist es erforderlich regelmäßig zu üben und wenn man in einer musikalischen Gruppe spielt (z.B. Ensemble, Band, Orchester) regelmäßig an den Proben teilzunehmen. Es verlangt viel Ausdauer und Geduld, um auf seinem Instrument besser zu werden, sodass beim Instrumentallernen ebenso Disziplin und Frustrationstoleranz gefordert sind. Darüber hinaus lässt sich Musikunterricht in der Regel problemlos in einer Gruppe durchführen, sodass ein sozialer Kontext gegeben ist. Außerdem kann das Erreichen von Zielen – wie das erfolgreiche Lernen eines Stückes – und das Vorspielen (z.B. bei Musikschulkonzerten) Kinder stolz machen und ihr Selbstbewusstsein fördern.

Zusammenfassend ist also festzuhalten, dass ein gruppenbasiertes musikalisches Training alle von Diamond und Lee (2011) herausgestellten förderlichen Faktoren und Rahmenbedingungen auf natürliche Art und Weise beinhaltet und dementsprechend eine ideale Intervention sein könnte, um exekutive Funktionen in der Kindheit zu fördern.

1.2 Musikalisches Training und Exekutive Funktionen

Ergebnisse empirischer Studien unterstützen die Vermutung, dass ein Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen bei Erwachsenen und Kindern besteht (z.B. Amer et al., 2013; Degé et al., 2011a) und deuten darüber hinaus darauf hin, dass exekutive Funktionen durch Musizieren beeinflusst werden können (z.B. Holochwost et al., 2017). Dabei wurde sich insbesondere auf die Untersuchung kalter exekutiver Funktionen konzentriert. Im Zusammenhang mit musikalischem Training wurden hingegen heiße exekutive Funktionen erst sehr selten betrachtet (Hou, He, Chen, & Dong, 2017; Smayda, Worthy, & Chandrasekaran, 2018).

1.2.1 Korrelative und querschnittliche Studien

Kalte exekutive Funktionen. Eine querschnittliche Untersuchung mit Erwachsenen zeigte, dass professionelle MusikerInnen in verschiedenen Tests zur Inhibition und dem visuellen Arbeitsgedächtnis im Vergleich zu Nicht-MusikerInnen signifikant besser abschnitten (Amer et al., 2013). In dieser Studie wurden 19 professionelle MusikerInnen mittleren Alters ($M = 59.15$ Jahre, $SD = 7.11$ Jahre) mit 24 Erwachsenen mittleren Alters ($M = 60.83$ Jahre, $SD = 6.56$ Jahre) ohne musikalische Ausbildung untersucht. Die Gruppen unterschieden sich dabei nicht im Hinblick auf das Alter, die akademische Ausbildung oder verbale Fähigkeiten. Mit beiden Gruppen wurden drei verschiedene Testverfahren zur Messung inhibitorischer Fähigkeiten sowie eine Aufgabe zum visuellen Arbeitsgedächtnis durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Gruppe der MusikerInnen in zwei von drei Tests zur Inhibition und in dem Test zum visuellen Arbeitsgedächtnis besser abschnitten als die Nicht-MusikerInnen. Nur in der dritten Aufgabe zur Messung inhibitorischer Fähigkeiten (ein *Go/NoGo*-Paradigma) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden werden. Folglich schlossen die Autoren aus ihren Ergebnissen, dass professionelle MusikerInnen besser ausgeprägte exekutive Funktionen haben als Nicht-MusikerInnen im gleichen Alter.

In Bezug auf die Inhibition konnten Bialystok und DePape (2009) ähnliche Ergebnisse für jüngere Erwachsene finden. Sie erweiterten das Studiendesign dahingehend, dass sie MusikerInnen mit BilingualistInnen verglichen, da Bilingualismus ebenso wie Musizieren mit besseren kognitiven Leistungen assoziiert ist (z.B. Carlson & Meltzoff, 2008; Colzato et al., 2008) und dementsprechend BilingualistInnen eine adäquate Kontrollgruppe darstellen. In ihrer Forschungsarbeit absolvierten monolinguale MusikerInnen und bilinguale MusikerInnen sowie monolinguale und bilinguale Nicht-MusikerInnen zwei Aufgaben zur Messung inhibitorischer Fähigkeiten. Dabei wurde eine der beiden Aufgaben visuell und die andere auditiv präsentiert. Die Ergebnisse zeigten, dass die mono- und bilingualen MusikerInnen in der visuell präsentierten Aufgabe signifikant besser abschnitten als die monolingualen Nicht-MusikerInnen, aber nicht als die bilingualen Nicht-MusikerInnen. In der auditiv präsentierten Aufgabe hingegen schnitten die mono- und bilingualen MusikerInnen sowohl signifikant besser als die monolingualen Nicht-MusikerInnen als auch signifikant besser als die bilingualen Nicht-MusikerInnen ab. Dementsprechend legen auch diese Studienergebnisse nahe, dass MusikerInnen Vorteile in einigen Aufgaben der exekutiven Funktionen zu haben scheinen und sich diese sogar im Vergleich zu einer adäquaten Kontrollgruppe zeigen.

Auf Basis der Ergebnisse von Bialystok und DePape (2009) stellte sich nachfolgend die Frage, ob der Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen nur mit auditiven Aufgaben zusammenhängt oder ob dieser Zusammenhang generell für exekutive Funktionen gilt – unabhängig vom Aufgabentypus. Um dieser Frage nachzugehen rekrutierten Slevc, Davey, Buschkuehl und Jaeggi (2016) 96 Studierende mit einer unterschiedlich großen Menge an musikalischem Training und ließen diese jeweils zwei Tests zu den Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen absolvieren. Dabei wurde jede Komponente mit einer auditiven und einer visuellen Aufgabe getestet. Neben der musikpraktischen Erfahrung erhoben die Autoren außerdem die musikalischen Fähigkeiten über den *Musical Ear Test* (Wallentin, Nielsen, Friis-Olivarius, Vuust, & Vuust, 2010) und berechneten anschließend eine kombinierte Score aus der Menge musikalischen Trainings und musikalischen Fähigkeiten. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass musikalisches Training und musikalische Fähigkeiten positiv mit beiden Aufgaben des Arbeitsgedächtnisses zusammenhingen. In Bezug auf die Inhibition und die kognitive Flexibilität zeigte sich hingegen kein eindeutiger Zusammenhang. Dadurch, dass aber sowohl die auditive als auch die visuelle Aufgabe zur Messung des Arbeitsgedächtnisses positiv mit den musikalischen Fähigkeiten assoziiert waren, weisen die Ergebnisse darauf hin, dass der Zusammenhang zwischen musikalischen Fähigkeiten und exekutiven Funktionen nicht nur auf auditive Aufgaben begrenzt ist. Im Gegensatz zu den zuvor berichteten Studien, weisen die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass musikalisches Training nicht mit einer breiten Reihe an exekutiven Funktionen, sondern nur mit dem Arbeitsgedächtnis als spezifische Komponente assoziiert ist.

In einer Folgestudie konnten Okada & Slevc (2018) wiederum zeigen, dass musikalisches Training im Erwachsenenalter insbesondere mit besseren Leistungen im Arbeitsgedächtnis zusammenhängt. Sie erfassten von 150 Teilnehmenden den musikalischen Hintergrund und die Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen. Um dem Problem der Aufgabenverunreinigung entgegen zu treten, erfassten sie exekutive Funktionen latent, indem sie jeweils drei Aufgaben für Arbeitsgedächtnis, Shifting und Inhibition anwendeten. Zunächst ergab eine Faktorenanalyse, dass die angewendeten Aufgaben tatsächlich auf drei verschiedene Faktoren luden, wobei die Faktorladungen für die Inhibition am geringsten waren. Anschließende Analysen eines gemischten Modells ergaben, dass musikalisches Training positiv mit der latenten Variablen des Arbeitsgedächtnisses, aber nicht mit den latenten Variablen Inhibition und Shifting zusammenhängt. Bezogen auf die Inhibition zeigte sich ein Zusammenhang zu einer einzelnen Testaufgabe, welcher

verschwand, nachdem Kovariaten in das Modell miteinbezogen wurden. Ähnliche wie in den vorausgegangenen Studien sprechen die Ergebnisse dieser Studie dafür, dass im Erwachsenenalter musikalisches Training insbesondere mit dem Arbeitsgedächtnis assoziiert ist, aber weniger mit anderen Komponenten der exekutiven Funktionen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen D'Souza, Moradzadeh, & Wiseheart (2018), die ebenfalls herausfanden, dass musikalisches Training im Erwachsenenalter mit einer besseren Leistung im Arbeitsgedächtnis, nicht aber mit besseren Leistungen in der Inhibition zusammenhängt. In ihrer Studie verglichen sie die Leistungen von mono- und bilingualen MusikerInnen mit mono- und bilingualen Nicht-MusikerInnen in Bezug auf das Arbeitsgedächtnis und inhibitorische Fähigkeiten. Die Ergebnisse wiesen darauf hin, dass die MusikerInnen im Vergleich zu den Nicht-MusikerInnen in den Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis geringfügig besser abschnitten. Demgegenüber zeigte sich aber kein Vorteil im Arbeitsgedächtnis zugunsten der bilingualen Versuchsteilnehmer. Ebenso war auch die Kombination aus Bilingualität und aktivem Musizieren nicht vorteilhafter für die Arbeitsgedächtnisleistung als Musizieren allein. Bezogen auf die inhibitorischen Fähigkeiten konnten keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Dementsprechend würden die Ergebnisse dieser Studie ebenso dafürsprechen, dass Musizieren insbesondere mit dem Arbeitsgedächtnis und weniger mit allgemein besser ausgeprägten exekutiven Funktionen assoziiert ist.

Dementgegen weisen die Ergebnisse von Zuk, Benjamin, Kenyon und Gaab (2014) darauf hin, dass musikalisches Training nicht nur mit dem Arbeitsgedächtnis, sondern auch mit weiteren exekutiven Funktionen assoziiert ist. In Ihrer Studie verglichen sie jeweils Erwachsene und Jugendliche mit und ohne musikalisches Training in ihrer Testleistung zu Inhibition, verbaler und nonverbaler Flüssigkeit, dem Arbeitsgedächtnis und der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Die Ergebnisse zeigten, dass im Erwachsenenalter die MusikerInnen-Gruppe signifikant besser in den Tests zum Arbeitsgedächtnis sowie der verbalen und figuralen Flüssigkeit abschnitten als die Nicht-MusikerInnen. Ebenso deuteten auch die Ergebnisse der Jugendlichen auf verbesserte Leistungen in einigen Tests der exekutiven Funktionen zugunsten der Jugendlichen mit musikpraktischer Erfahrung hin. So schnitten die Jugendlichen mit musikpraktischer Erfahrung in verbaler Flüssigkeit und in der Verarbeitungsgeschwindigkeit besser ab als die Jugendlichen ohne musikpraktische Erfahrung. In beiden Altersgruppen wurde hingegen kein Vorteil seitens der MusikerInnen in den Aufgaben zur Inhibition. Zusammengefasst weisen die Ergebnisse dieser Studie darauf hin, dass musikalisches Training mit einer Verbesserung in

einigen Komponenten der exekutiven Funktionen sowohl im Erwachsenen als auch im Kindesalter einhergeht.

Weitere korrelative Studien im Kindes- bzw. Jugendalter berichteten ebenfalls gemischte Ergebnisse. Während die Studie von Degé, Kubicek & Schwarzer (2011a) zeigte, dass Musikunterricht mit einer ganzen Reihe verschiedener exekutiven Funktionen zusammenhängt, und zwar mit selektiver Aufmerksamkeit, Verhaltensinhibition, Planen, Shifting und figuraler Flüssigkeit, wiesen die Ergebnisse von Schellenberg (2011) wiederum darauf hin, dass Musikunterricht mit dem Arbeitsgedächtnis, aber nicht mit anderen exekutiven Funktionen zusammenhängt. In beiden Studien wurden dabei 9- bis 12-jährige Kinder mit unterschiedlich viel musikalischem Training untersucht. Die konträren Ergebnisse der Studien könnten dabei in der unterschiedlichen Methodik begründet liegen. Während in der Studie von Degé et al. (2011) die musikpraktische Erfahrung als kontinuierliches Maß erfasst wurde, unterteilte Schellenberg (2011) die Stichprobe in zwei Gruppen, nämlich Kinder mit mindestens zwei Jahren musikpraktischer Erfahrung und Kinder ohne musikpraktische Erfahrung. Des Weiteren wurden in der Studie von Degé et al. (2011) die exekutiven Funktionen mit einer Testbatterie gemessen, die speziell für Kinder entwickelt wurde und um das Alter korrigierte Normwerte bereitstellte. Dadurch kann ausgeschlossen werden, dass Alterseffekte, welche bei einer Altersspanne zwischen 9 und 12 Jahren wahrscheinlich sind, einen möglichen Zusammenhang verdecken.

Insgesamt kann für die bisher berichteten Studien festgehalten werden, dass Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und kalten exekutiven Funktionen im Erwachsenen- und Kindesalter bestehen, die Forschungslage aber unklar erscheint, wenn es darum geht, welche exekutiven Funktionen mit musikpraktischer Erfahrung assoziiert sind. Während einige Studien darauf hindeuten, dass musikalisches Training nur mit dem Arbeitsgedächtnis assoziiert ist (D'Souza et al., 2018; Schellenberg, 2011; Slevc et al., 2016), zeigen andere Studienergebnisse auch Zusammenhänge zu weiteren exekutiven Funktionen (Amer et al., 2013; Degé, Kubicek, et al., 2011; Zuk et al., 2014). Die unterschiedlichen Studienergebnisse können dabei in der unterschiedlich angewandten Methodik (z.B. Testaufgaben, Bestimmung der unabhängigen Variablen) begründet liegen.

Heiße exekutive Funktionen. Bislang untersuchten nur äußerst wenige Studien den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen und kamen darüber hinaus zu zum Teil kontrastierenden Ergebnissen (Hou et al.,

2017; Smayda et al., 2018). Hou et al. (2017) untersuchten in ihrer Studie 154 Bachelor-Studierende mit unterschiedlicher Menge an musikalischem Training in Bezug auf ihre Fähigkeit Entscheidungen in einem Gewinn-Verlust-Kontext zu treffen. Sie unterteilten die Stichprobe in drei Gruppen, nämlich Studierende, welche vor dem 7. Lebensjahr mit dem Musikunterricht begonnen hatten, Studierende, die nach dem 8. Lebensjahr mit dem Musikunterricht begonnen hatten und Studierende, die keinen Musikunterricht erhalten hatten. Alle Gruppen absolvierten eine computerbasierte Version der *IGT*, mit welcher das Entscheidungsverhalten in Abhängigkeit von unbekanntem und bekanntem Risiko gemessen wurde. Des Weiteren wurden verschiedene Kontrollvariablen wie Alter, Geschlecht, Arbeitsgedächtnis, Intelligenz, Emotionserkennung und die Dauer des Musikunterrichts erfasst. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die Gruppe, die vor dem 7. Lebensjahr mit dem Musikunterricht begonnen hatte, besser in beiden Bedingungen der *IGT* abschnitt. Zwar bildeten sich zwischen den Gruppen auch Unterschiede in der Arbeitsgedächtnisleistung und in der Dauer des Musikunterrichts jeweils zugunsten der Studierende ab, die früh mit dem Musikunterricht begonnen hatten, doch zeigten diese Kontrollvariablen keinen Einfluss auf das Ergebnis der *IGT*. Die Autoren schlussfolgerten daher, dass insbesondere frühes Musizieren positiv mit dem Treffen von weniger risikoreichen Entscheidungen assoziiert ist. Sie begründeten dieses Ergebnis mit der Vermutung, dass das Gehirn in jungen Jahren noch sehr plastisch ist und bereits frühere Studien gezeigt hatten, dass das Musizieren vor dem 7. Lebensjahr mit einer plastischen Veränderung von Hirnstrukturen assoziiert ist (Steele, Bailey, Zatorre, & Penhune, 2013).

In einer ähnlich angelegten Studie verglichen Smayda et al. (2018) junge Erwachsene, die früh mit dem Musikunterricht begonnen hatten (vor dem 8. Lebensjahr), mit jungen Erwachsenen, die später mit dem Musikunterricht begonnen hatten (nach dem 8. Lebensjahr) und Erwachsenen, die keinen Musikunterricht erhalten hatten ebenfalls in Bezug auf ihre Leistung in der *IGT*. Als Kontrollvariablen erfassten sie die Dauer des musikalischen Trainings sowie die Leistung des Arbeitsgedächtnisses und inhibitorische Fähigkeiten. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Hou et al. (2017) weisen ihre Ergebnisse darauf hin, dass die Gruppe, die später mit dem Musikunterricht begonnen hatte, signifikant besser in der *IGT* abschnitt als die Gruppe ohne musikalisches Training. Dieser Vorteil zeigte sich allerdings nur für die letzten beiden Blöcke der Aufgabe, wenn die Eigenschaften der Kartendecks und somit die unterschiedlichen Verlust-Risiken bereits erlernt wurden. Da sich die Gruppen in den Kontrollvariablen nicht unterschieden, kann

davon ausgegangen werden, dass diese die Leistung in der *IGT* nicht beeinflussten. Folglich schlossen die Autoren aus ihren Ergebnissen, dass insbesondere ein späterer Beginn des Musikunterrichts mit verbesserter Entscheidungsfähigkeit in einem Belohnungs-Verlust-Kontext assoziiert ist. Dabei begründeten sie ihren Befund mit der späteren Reifung des präfrontalen Cortex, einer Hirnregion, die mit Entscheidungsverhalten assoziiert ist (Bechara et al., 1994). Entsprechend der Theorie der kritischen Phasen (Hensch, 2005) könnte sich der Beginn des Musikunterrichts während der dynamischen Entwicklungsphase dieser Hirnregion positiv auf die Fähigkeit Entscheidungen zu treffen ausgewirkt haben.

Die Ergebnisse beider Studien zeigen, dass nicht die Menge an musikalischem Training, sondern das Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wird, mit der Fähigkeit, weniger risikoreiche Entscheidungen zu treffen, zusammenhängt. Dabei kommen die Studien aber zu konträren Erkenntnissen, inwiefern der besonders frühe oder eher ein späterer Beginn des Musikunterrichts mit dieser Fähigkeit positiv assoziiert ist.

Zusammenfassung der korrelativen und querschnittlichen Untersuchungen. Insgesamt betrachtet weisen korrelative und querschnittliche Studien auf Zusammenhänge zwischen musikpraktischer Erfahrung und verschiedenen kalten exekutiven Funktionen im Erwachsenen- und Kindesalter hin, doch kommen die Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen, inwiefern musikpraktische Erfahrung nur mit dem Arbeitsgedächtnis als einzelner Komponenten (z.B. Okada & Slevc, 2018; Schellenberg, 2011) oder mit einer ganzen Reihe an exekutiven Funktionen (z.B. Degé et al., 2011) zusammenhängen. Im Hinblick auf die heißen exekutiven Funktionen deuten erste Studien mit Erwachsenen auf einen Zusammenhang zwischen dem Alter, in welchem mit dem Unterricht begonnen wurde und dem Entscheidungsverhalten hin, wobei noch ungeklärt ist ob der frühere oder spätere Beginn des Musizierens mit dem Treffen weniger risikoreicher Entscheidungen zusammenhängt. Darüber hinaus lassen korrelative und querschnittliche Studien keine Rückschlüsse auf kausale Zusammenhänge zu. Dementsprechend ist auf Basis der bislang zitierten Studien unklar, inwiefern Musizieren zu einer Verbesserung der exekutiven Funktionen führen kann oder ob die gefundenen Zusammenhänge darauf beruhen, dass Individuen mit besseren exekutiven Funktionen eher dazu neigen das Spielen eines Musikinstruments zu erlernen.

1.2.2 Längsschnittliche Trainingsstudien

Um kausale Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen aufdecken zu können, werden experimentelle Trainingsstudien mit adäquaten Kontrollgruppen benötigt. Mögliche Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge können nur auf diese Weise geprüft werden, da so gewährleistet werden kann, dass die Ursache (das musikalische Training) der Wirkung (Verbesserung in den exekutiven Funktionen) vorausgeht, was als Grundvoraussetzung für die Prüfung von kausalen Zusammenhängen gilt. Um den Einfluss des Trainings untersuchen zu können, muss die abhängige Variable (also die exekutiven Funktionen) vor und nach dem Training erfasst werden. Darüber hinaus ist es erforderlich eine Kontrollgruppe zu implementieren, die kein Training erhält, um nachweisen zu können, dass es sich bei einer möglichen Verbesserung nicht um einen Retest- oder einen reinen Entwicklungseffekt handelt, sondern die Verbesserung durch das Training hervorgerufen wurde (Schäfer, 2016). Durch Heranziehen einer weiteren Kontrollgruppe, welche im gleichen Umfang eine andere Art von Training erhält, kann außerdem nachgewiesen werden, dass es sich um einen spezifischen Einfluss des Musiktrainings handelt und die Verbesserung nicht allein durch einen sogenannten *Schooling*-Effekt – also die Verbesserung aufgrund der Tatsache, dass die Versuchspersonen überhaupt eine Art von zusätzlichem Unterricht erhalten haben – verursacht wurde (Cahan & Cohen, 1989). Darüber hinaus wäre ohne die Implementierung einer aktiven Kontrollgruppe ebenso die Beeinflussung durch einen *Hawthorne*-Effekt denkbar, bei welchem das Wissen, dass man an einer Studie teilnimmt – bzw. das Wissen, dass man Teil der Interventionsgruppe ist – zu einer höheren Motivation an der Studienteilnahme und dementsprechend zu einer besseren Testleistung führen könnte (Carey, 1967; Pennrock, 1930). Des Weiteren ist eine Randomisierung der Versuchspersonen auf die Interventions- und Kontrollgruppe(n) erforderlich, um auf diese Weise potenzielle Störvariablen über die Gruppen hinweg ungefähr gleich zu verteilen (Schäfer, 2016). Bezogen auf den Zusammenhang von Musikunterricht und kognitive Fähigkeiten im Allgemeinen könnten mögliche Störvariablen beispielsweise im sozioökonomischen Status der Eltern (Schellenberg, 2006) oder der Persönlichkeit der Kinder liegen (Corrigall, Schellenberg, & Misura, 2013). Um den Einfluss musikalischen Trainings auf exekutive Funktionen bestmöglich untersuchen zu können, müsste ein experimentelles Trainingsdesign mit mindestens zwei Messzeitpunkten (vor und nach dem Training), einer aktiven Kontrollgruppe und einer Randomisierung der Versuchspersonen durchgeführt werden.

Ergebnisse aus Trainingsstudien mit Erwachsenen und Schulkindern. Einige Studien untersuchten bereits den Zusammenhang zwischen Musikunterricht und exekutiven Funktionen in einem Trainingsansatz bei Erwachsenen (Bugos, Perlstein, McCrae, Brophy, & Bedenbaugh, 2007) und Kindern (z.B. Holochwost et al., 2017). Dabei zeigte beispielsweise die Studie von Bugos et al. (2007), dass sechs Monate Klavierunterricht bei älteren Erwachsenen zu einer Verbesserung einiger exekutiven Funktionen führt. In der Studie wurden 39 Versuchspersonen zufällig auf die Experimental- und die Kontrollgruppe aufgeteilt. Die exekutiven Funktionen Arbeitsgedächtnis, Flexibilität und die Verarbeitungsgeschwindigkeit wurden zum Vortest, zum Nachtest und nach einem dreimonatigen Retentionsintervall nach dem Nachtest gemessen. Dabei zeigte sich eine Verbesserung vom Vor- zum Nachtest zugunsten der Trainingsgruppe in den Bereichen zum Planen, zur kognitiven Flexibilität und zur Verarbeitungsgeschwindigkeit. Diese blieb für den Test zum Planen und zur kognitiven Flexibilität auch noch nach dem dreimonatigen Retentionsintervall bestehen. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse dieser Studie also, dass Klavierunterricht bei älteren Erwachsenen einige Bereiche der exekutiven Funktionen positiv beeinflusst und diese Effekte zum Teil auch nach der Beendigung des Unterrichts zumindest kurzzeitig bestehen bleiben. Inwiefern es sich bei den Ergebnissen um einen musikspezifischen Effekt handelt, kann aufgrund einer fehlenden aktiven Kontrollgruppe nicht geschlossen werden. Dementsprechend wäre es möglich, dass die Ergebnisse durch einen Schooling- oder einen Hawthorne-Effekt beeinflusst wurden.

Erste Trainingsstudien mit Kindern deuten auf ähnliche Befunde hin. Einige dieser Studien fokussierten sich dabei auf bestimmte Komponenten der exekutiven Funktionen, wie das Arbeitsgedächtnis (Degé, Wehrum, Stark, & Schwarzer, 2011b; Roden, Kreutz & Bongard, 2012), wohingegen andere mehrere Komponenten der exekutiven Funktionen erfassten (Holochwost et al., 2017; Jaschke et al., 2018; Shen et al., 2019). Hierbei zeigte sich, dass zwar meist einige, aber nicht alle Komponenten der getesteten exekutiven Funktionen durch ein musikalisches Training beeinflusst werden (z.B. Holochwost et al., 2017). Neben den vielfältigen positiv berichteten Befunden, weisen Studien Ergebnisse hingegen auch darauf hin, dass ein musikalisches Kurzzeittraining keinen bedeutenden Einfluss auf exekutive Funktionen nimmt (D'Souza & Wiseheart, 2018).

Das Arbeitsgedächtnis betreffend zeigte die Studie von Degé et al. (2011b) darauf hin, dass ein in der Schule implementiertes umfassendes Musikprogramm sowohl das visuelle als auch das auditive Arbeitsgedächtnis fördern kann. In dieser Studie nahmen Kinder im Alter von 9 bis 11 Jahren teil, die entweder ein intensives Schulmusikprogramm, welches Instrumentalspiel, Musiktheorie, Chor oder Orchester und Ensemble-spiel beinhaltete, oder nur den regulären Unterricht besuchten und kein zusätzliches Musikprogramm erhielten. Vor dem Beginn und zwei Jahre nach dem Musikprogramm wurden alle Kinder in ihren Fähigkeiten des visuellen und des auditiven Arbeitsgedächtnisses getestet. Dabei wurden potenziell beeinflussende Variablen wie Alter, Geschlecht, sozioökonomischer Status, Freizeitaktivitäten, Intelligenz, Lernmotivation (Arbeitsvermeidung) und musikalische Begabung kontrolliert. Die Ergebnisse zeigten, dass die Kinder des Musikprogramms nach zwei Schuljahren sowohl besser in den Tests zum visuellen als auch zum auditiven Arbeitsgedächtnis abschnitten als die Kinder ohne zusätzliches musikalisches Training. Dementsprechend weisen die Befunde dieser Studie darauf hin, dass ein umfassendes in der Schule implementiertes Musikcurriculum das Arbeitsgedächtnis von Kindern positiv beeinflusst. Ebenso wie die Studie von Bugos et al. (2007) weist aber auch diese Studie methodische Limitationen auf. Zum einen ist durch den Vergleich der Experimentalgruppe mit einer untrainierten Kontrollgruppe unklar, inwiefern ein Beschulungs- oder ein Hawthorne-Effekt die Ergebnisse beeinflusst haben könnte. Zum anderen konnte aufgrund des schulbasierten Studiendesigns keine Randomisierung der Versuchspersonen vorgenommen werden. Daher ist unklar, ob sich die Kinder, die sich freiwillig zu dem zusätzlichen Musikcurriculum anmeldeten, in potenziell beeinflussenden Variablen, die nicht kontrolliert wurden, von der Kontrollgruppe unterschieden. Beispielsweise wäre es denkbar, dass die Kinder, die an dem zusätzlichem Musikprogramm teilnahmen, bestimmte Persönlichkeitsmerkmale aufwiesen, die einerseits mit einem besonderen musikalischen Interesse und andererseits auch mit besseren kognitiven Leistungen assoziiert sind und somit die Ergebnisse beeinflussten (Corrigall et al., 2013; Corrigall & Schellenberg, 2015; Swaminathan, Schellenberg, & Khalil, 2017).

Eine weitere Studie, die sich ebenfalls auf das Arbeitsgedächtnis konzentrierte, erwies zum Teil ähnliche Ergebnisse bei einer Stichprobe mit jüngeren Kindern (Roden et al., 2012). In dieser Studie wurden Grundschulkinder zufällig aus sechs verschiedenen Schulklassen, die entweder zusätzlichen Musikunterricht, zusätzlichen Unterricht in Naturwissenschaften oder keinen zusätzlichen Unterricht in der Schule erhielten, ausgewählt. Der Musikunterricht bestand im ersten Jahr aus einer grundlegenden musikalischen

Ausbildung, die gemeinsames Singen, Rhythmustraining und Höraufgaben beinhaltete. Vom zweiten Jahr an lernten die Kinder Instrumentalspiel in kleinen Gruppen. Vor dem Beginn der zusätzlichen Schulcurricula, zum Beginn des zweiten und am Ende des zweiten Jahres wurden alle Kinder in ihrem verbalen und visuellen Arbeitsgedächtnis getestet. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die Kinder des zusätzlichen Musikunterrichts in allen drei Bedingungen des Tests zum verbalen Gedächtnis besser abschnitten als die Kinder beider Kontrollgruppen. Dabei wurden verschiedene potenziell beeinflussende Variablen wie Intelligenz und der sozioökonomische Status kontrolliert. In Bezug auf das visuelle Arbeitsgedächtnis konnten die Autoren hingegen keine Gruppenunterschiede finden. Ähnlich wie in den vorausgegangenen berichteten Studien wurde auch hier die Untersuchung mit selbstselektierten Gruppen durchgeführt, wodurch eine Beeinflussung der Ergebnisse durch relevante interindividuelle Unterschiede nicht ausgeschlossen werden kann.

Ebenso zeigte eine experimentelle Studie mit Kindern im Alter zwischen 6 und 8 Jahren zeigte, dass ein 6-wöchiges Instrumentaltraining, welches auf Harmonikas durchgeführt wurde, zu einer Verbesserung des Arbeitsgedächtnisses führt (Guo, Ohsawa, Suzuki, & Sekiyama, 2018). An der Studie nahmen 40 Kinder teil, welche zufällig auf die Experimental- und eine Kontrollgruppe, die kein musikalisches Training erhielt, verteilt wurden. Die Trainingseinheiten wurden während der Mittagspause in der Schule zweimal wöchentlich mit zehn Kindern pro Gruppe durchgeführt. Vor und nach der Trainingsphase wurde das Arbeitsgedächtnis über zwei Untertests aus der *Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC)* (Wechsler, 1991), Verarbeitungsgeschwindigkeit und Inhibition, gemessen mit einer *Go/NoGo*-Aufgabe, erfasst. Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Verbesserung im Arbeitsgedächtnis zugunsten der Musikgruppe. Für die anderen Aufgaben wurde hingegen keine signifikante Verbesserung für eine der Gruppen gefunden. Ebenso wie die vorherigen Studien legen die Ergebnisse nahe, dass ein musikalisches Training die Leistung des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern fördern kann. Ein neuer Aspekt in dieser Studie ist, dass der Effekt selbst bei einem sehr kurzen Interventionsphase gefunden wurde. Da die Musikgruppe aber mit einer untrainierten Kontrollgruppe verglichen wurde, ist wiederum unklar, inwiefern es sich hierbei um einen musikspezifischen Einfluss handelt oder ob allein die zusätzliche Zuwendung von einer Lehrperson den Effekt verursachte.

Nachfolgende Trainingsstudien weisen darauf hin, dass der potenzielle Einfluss von musikpraktischen Tätigkeiten auf exekutive Funktionen nicht nur auf Aufgaben des

Arbeitsgedächtnisses beschränkt ist, sondern dass auch weitere Komponenten der exekutiven Funktionen potenziell durch musikpraktische Tätigkeiten gefördert werden können. Beispielsweise weisen die Ergebnisse von Holochwost et al. (2017) darauf hin, dass Instrumentalunterricht kombiniert mit Orchester oder Ensemble-Spiel zu einer Verbesserung der Inhibition, des visuellen Arbeitsgedächtnisses und der kognitiven Flexibilität bei Kindern der Klassenstufen 1-8 führen kann. In ihrer Studie wurden interessierte Kinder zufällig in ein Musikprogramm oder eine Kontrollgruppe, die keinen zusätzlichen Unterricht erhielt, aufgeteilt. Die Kinder des Musikprogramms erhielten einmal wöchentlich Instrumentalunterricht und einmal wöchentlich Orchester oder Ensemblestunden über einen Zeitraum von ein bis drei Jahren. Vor und nach dem Musikprogramm absolvierten alle Kinder drei verschiedene Tests zur Inhibition, drei Tests zum visuellen Arbeitsgedächtnis und zwei Tests zur kognitiven Flexibilität. Die Ergebnisse zeigten dabei, dass die Kinder des Musikprogramms die Kinder der Kontrollgruppe in allen Tests zur Inhibition, in einem Test zum visuellen Arbeitsgedächtnis und einem Test zur kognitiven Flexibilität in der Leistung übertrafen. Folglich deuten die Befunde darauf hin, dass Musikunterricht die Entwicklung verschiedener Komponenten der exekutiven Funktionen begünstigt. Dadurch, dass die Musikgruppe nicht in allen gemessenen Aufgaben besser abschnitt als die Kontrollgruppe, legen die Ergebnisse außerdem nahe, dass es aufgabenspezifische Effekte geben könnte. Ebenso wie in den vorausgegangenen Studien sei auch bei dieser Studie auf methodische Einschränkungen hingewiesen. Zwar kann durch die Randomisierung der Versuchspersonen davon ausgegangen werden, dass sich die Gruppen nicht durch potenziell beeinflussende Variablen voneinander unterscheiden, doch ist aufgrund der passiven Kontrollgruppe unklar, inwiefern es sich bei den gefundenen Effekten tatsächlich um musikspezifischen Effekt handelt. Wie auch bei vorherigen Studien angemerkt, könnte ein Beschulungs- oder ein Hawthorne-Effekt die Ergebnisse beeinflusst haben.

In einer ähnlichen Studie konnten Jaschke et al. (2018) ebenfalls zeigen, dass in der Schule implementierter Musikunterricht zu einer Verbesserung einiger Komponenten der exekutiven Funktionen bei Grundschulkindern führen kann. In dieser Studie wurde eine Block-Randomisierung eingesetzt, um Grundschulklassen zufällig auf eine Musikgruppe, eine Kunstgruppe und eine Gruppe ohne zusätzlichen Unterricht aufzuteilen. Eine vierte Gruppe, welche neben dem zusätzlichen Musikunterricht in der Schule auch privaten Musikunterricht erhielt, wurde nach der Randomisierung mit in die Studie aufgenommen. Der in der Schule implementierte Musik- und Zeichenunterricht wurde jeweils mit

der gesamten Klasse durchgeführt und fand ein bis zweimal wöchentlich über einen Zeitraum von 24 Monaten während der Schulzeit statt. Ähnlich wie in der Studie von Roden et al. (2012) bestand der Musikunterricht anteilig aus grundlegender Musikerziehung, Instrumentalspiel und Musiktheorie. Anders als in den zuvor berichteten Studien fand der Unterricht nicht in kleinen Gruppen, sondern mit der gesamten Klasse statt. Zu Beginn der Interventionsphase erfolgte die Baselinemessung, zu welcher Tests zu Inhibition, visuellem Arbeitsgedächtnis und Planen durchgeführt wurden. Diese wurden anschließend im Abstand von 6 Monaten an vier weiteren Messzeitpunkten erhoben. Darüber hinaus kontrollierten die Autoren verschiedene potenziell beeinflussenden Variablen, indem sie die Gruppen in Hinblick auf verschiedene Kontrollvariablen wie den sozioökonomischen Status, medizinische Probleme, Medikamenteneinnahme und den musikalischen Hintergrund matchten. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass beide Musikgruppen die Kontrollgruppen hinsichtlich der Tests zu Inhibition und Planen nach 18 und 24 Monaten ausstachen. Bezüglich des visuellen Arbeitsgedächtnisses zeigte sich hingegen eine Verbesserung zugunsten der Kunstgruppe. Ebenso wie vorausgegangene Studien weisen die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit darauf hin, dass schulbasierter Musikunterricht einige, aber möglicherweise nicht alle Komponenten der exekutiven Funktionen fördern kann. Obwohl in der Studie potenziell konfundierende Variablen kontrolliert wurden, kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass nicht kontrollierte relevante Variablen wie beispielsweise die Persönlichkeit (Corrigall et al., 2013), musikalische Begabung (Swaminathan et al., 2017) oder die Lernmotivation die Ergebnisse beeinflusst haben, da die Randomisierung nicht auf Kindesebene, sondern blockweise durchgeführt wurde.

Wie bereits angedeutet zeigen neben den positiven Ergebnissen einiger Studien andere Forschungsarbeiten aber auch, dass kurzzeitige musikalische Interventionen keinen bedeutsamen Einfluss auf exekutive Funktionen im Kindesalter ausüben. In einer randomisierten und kontrollierten Trainingsstudie teilten D'Souza & Wiseheart (2018) 75 Kinder zwischen 6 und 9 Jahren im Rahmen eines Sommercamps zufällig einer Musik-, einer Tanz- oder einer Kontrollgruppe zu. Die beiden Interventionsgruppen erhielten während des Sommercamps 3 Wochen lang 5 Tage die Woche ein zweistündiges gruppenbasiertes Musik- oder Tanztraining. Das Musiktraining beinhaltete dabei das Spielen von verschiedenen Instrumenten wie Ukulele, Steeldrum oder Xylophon sowie gemeinsames Singen, während es beim Tanztraining insbesondere um das Ausführen von rhythmischen Bewegungen zur Musik ging. Vor und nach dem Training absolvierten alle

Gruppen Aufgaben zu Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitiver Flexibilität. Die Ergebnisse zeigten zunächst signifikante Gruppe x Zeit Interaktionen für selektive Aufmerksamkeit als Maß zur Inhibition sowie für Set-Shifting als Maß zur kognitiven Flexibilität zugunsten beider Interventionsgruppen. Allerdings schienen diese Ergebnisse statistisch nicht robust zu sein, weswegen die Autorinnen schlossen, dass weder kurzzeitiges Musik- noch kurzzeitiges Tanztraining einen Einfluss auf exekutive Funktionen nehmen. In der Diskussion merkten sie hingegen an, dass es bezogen auf das Set-Shifting durchaus möglich wäre, dass es sich bei den gefunden Effekten doch nicht nur um statistische Artefakte handele, da beide Trainingsformen einen ähnlichen Einfluss zeigten und sowohl die Trainingsformen untereinander als auch die Trainingsformen zu der angewendeten Testaufgabe Überlappungen aufwiesen. Zwischen den Trainings bestünden diese insbesondere in der rhythmischen Synchronisation und der Koordination von Bewegungen zu zeitlichen Mustern. Da es sich bei einer der Aufgaben zum Set-Shifting um einen vorhersehbaren Aufgabenwechsel handelte, vermuten die Autorinnen, dass durch das Training zeitlich koordinierter Bewegungen ebenso die Fähigkeit auf einen festgelegten regelmäßigen Aufgabenwechsel zu reagieren. Diese Hypothese müsste aber noch in nachfolgenden Studien weiter untersucht werden.

Ergebnisse aus Trainingsstudien mit Kindern im Vorschulalter. Trainingsstudien mit jüngeren Kindern deuten darauf hin, dass musikalische Trainings im Vorschulalter insbesondere inhibitorische Fähigkeiten fördern können (z.B. Bugos & DeMarie, 2017; Moreno et al., 2011). Beispielsweise teilten Moreno et al. (2011) Vorschulkinder im Alter von 4 bis 6 Jahren zufällig einer Gruppe, die computerbasiertes Musiktraining oder einer Gruppe, die computerbasiertes Kunsttraining erhielt, zu. Das Musiktraining vermittelte Rhythmus, Tonhöhe, Melodie und allgemeine musikalische Begriffe. Dabei beruhte es nicht auf der eigenen musikalischen Produktion, sondern war hörbasiert. Über einen Zeitraum von 20 Tagen erhielten die Kinder zweimal täglich 45 Minuten lang ihr jeweiliges Training. Vor und nach dem Training absolvierten alle Kinder eine *Go/NoGo*-Aufgabe zur Messung der inhibitorischen Fähigkeiten. Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Kinder der Musikgruppe signifikant vom Vor- zum Nachtest in der Aufgabe verbesserten und zudem zum Nachtest signifikant besser abschnitten als die Kinder der Kunstgruppe. Folglich kamen die Autoren zu dem Schluss, dass computerbasiertes Musiktraining im Vorschulalter Verhaltensinhibition fördern kann. Da es sich in dieser Studie aber um ein reines Computertraining handelte, welches insbesondere auf Aufgaben zur musikalischen Wahrnehmung und nicht der eigenen Musikproduktion beruhte,

ist auf Grundlage dieser Studie unklar, in welchem Ausmaß ein musikpraktisches Training, welches auch Komponenten der Musikproduktion beinhaltet, Inhibition im Vorschulalter beeinflusst.

Folglich führten Bugos & DeMarie (2017) eine Studie durch, in welcher sie den Einfluss eines umfassenden musikpraktischen Trainings auf inhibitorische Fähigkeiten bei 4- bis 6-jährigen Kindern untersuchten. Hierzu teilten sie Vorschulkinder zufällig auf eine Musikgruppe und auf eine Kontrollgruppe, die Lego-Training erhielt, auf. Das musikpraktische Training umfasste dabei Stimmbildung, Improvisation sowie bimanuelle und grobmotorische Koordination. Über einen Zeitraum von sechs Wochen erhielten alle Kinder zweimal wöchentlich in kleinen Gruppen ihre Trainingseinheiten. Vor und nach der Trainingsphase wurden zwei verschiedene Tests zur Messung der Inhibition, nämlich der *Matching Familiar Figures Test (MFFT)* (Egeland & Weinberg, 1976) und die *Day/Night Stroop-Aufgabe* (Ikeda, Okuzumi, & Kokubun, 2014) mit allen Kindern durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass alle Kinder in beiden Aufgaben vom Vor- zum Nachtest signifikant besser wurden. Darüber hinaus zeigte sich auch, dass die Musikgruppe am Ende der Trainingsphase verglichen zur Kontrollgruppe besser im *MFFT* abschnitt. Daraus schlossen die Autorinnen, dass ein kurzzeitiges musikpraktisches Training komplexe Inhibitionsleistungen im Vorschulalter fördere. Da die Inhibition im Vorschulalter eine Schlüsselkomponente der exekutiven Funktionen zu sein scheint und sich diese Fähigkeit insbesondere in jener Altersspanne besonders stark entwickelt (Best & Miller, 2010; Wiebe et al., 2008), ist es naheliegend, dass ein Training vor allem diese Komponente im Vorschulalter beeinflusst. Andererseits deuten Forschungsergebnisse auch darauf hin, dass sich in diesem Alter alle drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen entwickeln (Carlson, 2005), sodass auch eine Beeinflussung weiterer Komponenten durch ein musikalisches Training denkbar wäre. Da die bislang angeführten Studien für das Vorschulalter ausschließlich inhibitorische Fähigkeiten untersuchten und weitere Komponenten der exekutiven Funktionen außer Acht ließen, ist auf Basis dieser Studien unklar, inwiefern auch weitere Komponenten in diesem Alter durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können.

Shen et al. (2019) führten eine Studie mit Vorschulkindern in China durch, bei welcher sie alle drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen untersuchten. In einem zweiten Teil der Studie prüften sie außerdem wie nachhaltig möglich Effekte eines musikpraktischen Trainings sind. In dieser Studie wurden in einem chinesischen Kindergarten zufällig zwei Gruppen ausgewählt, die entweder 12 Wochen ein musikpraktisches

Training im Kindergarten oder kein musikpraktisches Training erhielten. Das Musiktraining bestand aus verschiedenen Aufgaben, die Motorik, Wahrnehmung und Kognition beinhalteten und Rhythmus-, Melodie-, Intonation-, Stimmtraining und die Vermittlung grundlegender musikalischer Konzepte vereinte. Vor und nach der Trainingsphase wurden bei allen Kindern Inhibition, Arbeitsgedächtnis und die kognitive Flexibilität mit altersgerechten Aufgaben erfasst. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass die Musikgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe in allen getesteten Bereichen der exekutiven Funktionen einen größeren Zugewinn vom Vor- zum Nachtest zu verzeichnen hatte. Dementsprechend schlussfolgerten die Autoren, dass ein musikpraktisches Training im Vorschulalter alle Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen fördern kann. Im zweiten Teil der Studie erhoben die Autoren nach einem 12-wöchigen Retentionsintervall noch einmal die exekutiven Funktionen der Kinder mit den gleichen Aufgaben. Hierbei zeigten die Analysen, dass die Kinder der Musikgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe noch immer in allen Bereichen der exekutiven Funktionen besser abschnitten. Darüber hinaus zeigten sie keinen signifikanten Abfall ihrer Leistung in 3 von 4 Aufgaben, sodass die Autoren insgesamt folgerten, dass das musikalische Training nachhaltige Effekte gebracht habe. Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass auch im Vorschulalter verschiedene Komponenten der exekutiven Funktionen durch ein musikpraktisches Training gefördert werden können und diese gemessenen Effekte sogar nachhaltig zu sein scheinen. Doch sei auch bei dieser Studie auf methodische Einschränkungen hingewiesen. Dadurch, dass keine Randomisierung auf Kindesebene durchgeführt wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die entstandenen Effekte aufgrund nicht kontrollierter Unterschiede zwischen den Gruppen beeinflusst wurden. Darüber hinaus wurde die Musikgruppe wiederum mit einer untrainierten Kontrollgruppe verglichen, sodass auch in dieser Studie nicht gesichert ist, dass es sich bei den gemessenen Effekten tatsächlich um spezifische Effekte des musikalischen Trainings handelt.

Zusammenfassung der Ergebnisse aus Trainingsstudien. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die meisten Ergebnisse der bisherigen Trainingsstudien darauf hindeuten, dass verschiedene Arten von musikpraktischen Tätigkeiten exekutive Funktionen im Erwachsenen- und Kindesalter fördern können. Dabei scheinen hingegen sehr kurze Interventionen, die weniger als vier Wochen lang sind, keine Wirkung auf exekutive Funktionen im Kindesalter zu zeigen. Bezogen auf die positiv berichteten Ergebnisse sind

die Befunde vorheriger Studien dahingehend konsistent, dass nicht immer alle gemessenen Komponenten bzw. Testaufgaben der exekutiven Funktionen durch das Training beeinflusst wurden. Teilweise zeigen sich in den Studien Inkonsistenzen, wenn es darum geht welche Komponenten durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können. Im frühen Kindesalter scheint sich ein Einfluss vor allem auf inhibitorische Prozesse abzuzeichnen (Bugos & DeMarie, 2017; Jaschke et al., 2013; Moreno et al., 2011), wohingegen sich in älteren Stichproben auch Einflüsse auf weitere Komponenten zeigen (z.B. Holochwest et al., 2017). Davon ausgehend, dass die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen unterschiedliche Entwicklungsverläufe aufweisen, wäre es denkbar, dass die Wirksamkeit eines Trainings auf die einzelnen Komponenten von deren sensiblen Entwicklungsphasen abhängig ist und die inkonsistenten Studienergebnisse möglicherweise dadurch zu erklären sind, dass diese spezifischen Zeitfenster nur für einzelne Komponenten getroffen wurden.

Insbesondere legen die bisherigen Studienergebnisse einen Einfluss auf Komponenten des Arbeitsgedächtnisses nahe (Degé et al., 2011b; Guo et al., 2018; Holochwest et al., 2017). In diesem Zusammenhang ist aber unklar, ob neben dem verbalen auch das visuelle Arbeitsgedächtnis betroffen ist, da zu letzterem konträre Ergebnisse gefunden wurden (Degé et al., 2011b; Holochwest et al., 2017; Jaschke et al., 2018; Roden et al., 2012). Es lassen sich einige Ursachen vermuten, die zu den konträren Studienergebnissen beigetragen haben könnten. Dabei sei zunächst angemerkt, dass verschiedene Testverfahren angewendet wurden, um dasselbe Konstrukt zu messen, weswegen unklar ist, ob in den verschiedenen Studien tatsächlich dasselbe Konstrukt gemessen wurde. Darüber hinaus wurden in allen vier Studien verschiedene musikalische Trainings implementiert, welche sich einerseits in den beinhalteten Komponenten und andererseits auch in der methodischen Durchführung (Gruppengröße und Intensität des Trainings) unterschieden. Somit können die uneinheitlichen Studienergebnisse in der unterschiedlichen Methodik der Studien begründet liegen.

Grundsätzlich kann aus den berichteten Studienergebnisse abgeleitet werden, dass methodisch gut kontrollierte experimentelle Studien fehlen, um den kausalen Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen zu klären. Des Weiteren scheint noch unklar, inwiefern musikalisches Training nur einen Einfluss auf einzelne Komponenten, insbesondere das Arbeitsgedächtnis, zeigt oder ob möglicherweise auch weitere Komponenten der exekutiven Funktionen von einem musikalischen Trai-

ning profitieren können. In diesem Zusammenhang wäre es denkbar, dass die Wirksamkeit eines Trainings an spezifische Zeitfenster in der Entwicklung der exekutiven Funktionen gekoppelt ist und in bestimmten Altersspannen auch nur gewisse Komponenten beeinflussbar sind. Da das Arbeitsgedächtnis während der gesamten Kindheit und der Adoleszenz einen linearen Entwicklungsverlauf zu nehmen scheint, wäre es möglich, dass diese Komponenten während einer größeren Altersspanne beeinflussbar ist als beispielsweise inhibitorische Prozesse, die insbesondere während des Vorschul- und Schuleintrittsalter reifen. Diese Überlegung könnte die vielfältig gefundenen Ergebnisse zum Arbeitsgedächtnis im Vergleich zu den anderen Komponenten erklären.

Außerdem zeigt die Betrachtung des Forschungsstands, dass ausnahmslos in allen Studien Musiktrainings angewendet wurden, die aus mehreren Komponenten bestanden wie Instrumentalspiel, gemeinsamem Singen, grundlegender Musikpraxis und Musiktheorie. Diese wurden meistens in einem schulischen Kontext oder im Kindergarten implementiert. Dementsprechend ist unklar, inwiefern reiner Instrumentalunterricht, welcher von Kindern als Freizeitbeschäftigung ausgeübt wird, zu ähnlichen positiven Ergebnissen führen kann. Außerdem wäre es auch denkbar, dass spezifische Musiktrainings möglicherweise unterschiedliche exekutive Funktionen beeinflussen.

Zuletzt lässt sich aus den berichteten Studien ableiten, dass sich bislang sehr auf die rein analytischen kalten exekutiven Funktionen konzentriert wurde und Forschungsarbeiten über den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen weitestgehend fehlen.

1.3 Ziele der vorliegenden Arbeit

Wie aus der Darstellung des derzeitigen Forschungsstands erkennbar ist, bleiben im Zusammenhang von musikalischem Training und exekutiven Funktionen noch einige Fragen offen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse vorausgegangener Studien vielfältige positive Zusammenhänge zwischen Musizieren und verschiedenen Komponenten der exekutiven Funktionen im Kindes- wie auch im Erwachsenenalter. Ebenso deuten Trainingsstudien darauf hin, dass gemeinsames Musizieren exekutive Funktionen beeinflussen kann. Da die wenigsten dieser Studien experimentelle Designs mit einer Randomisierung der Versuchspersonen und der Implementierung einer aktiven Kontrollgruppe anwenden, bleibt hingegen unklar, ob tatsächlich das Musizieren zur Förderung der exekutiven Funktionen führte oder ob dieser Zusammenhang durch beeinflussende Variablen zustande kam. Ebenso besteht noch weiterer Klärungsbedarf im Hinblick auf die Frage welche exekutiven Funktionen durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können und ob die verschiedenen Entwicklungsverläufe der einzelnen Komponenten in diesem Zusammenhang eine Rolle spielt. Darüber hinaus lässt die bisherige Forschung offen, in welchem Ausmaß das Instrumentallernen außerhalb des schulischen Kontextes, also ausgeübt als Freizeitaktivität, einen Einfluss auf exekutive Funktionen im Kindesalter ausübt. Der Vergleich zwischen den einzelnen Forschungsarbeiten zeigt, dass in allen Studien unterschiedliche Arten von musikalischem Training angewendet wurden, welche zu meist aus mehreren Komponenten wie gemeinsamen Singen, Musiktheorie und Instrumentalspiel bestanden. Es wäre denkbar, dass die verschiedenen Komponenten solcher musikalischen Trainings unterschiedliche exekutive Funktionen fördern oder dass möglicherweise eine spezifische Komponente zu den positiven Studienergebnissen führte. Durch den Vergleich verschiedener musikalischer Trainings innerhalb einer Studie, ließe sich diese Überlegung untersuchen. Zuletzt bleibt auf Basis der bisherigen Forschung noch offen, inwiefern neben den Zusammenhängen zwischen Musizieren und den kalten exekutiven Funktionen auch Zusammenhänge zu heißen exekutiven Funktionen bestehen. Im Hinblick auf diese Fragestellung geben erste Studien im Erwachsenenalter zwar bereits eine Richtung an, kommen aber zu keinem einheitlichen Ergebnis. Darüber hinaus ist dieser mögliche Zusammenhang im Kindes- oder Jugendalter noch nicht geprüft worden. Dementsprechend lassen sich für die vorliegende Arbeit drei größere Ziele nennen, welche in drei voneinander unabhängigen Studien untersucht werden sollen:

Mit Studie 1 soll insbesondere der kausale Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen im Kindesalter geklärt werden. Dabei liegt das Augenmerk auf dem Einfluss von Instrumentalunterricht, wie er als Freizeitbeschäftigung – und abhängig vom Schulkontext – ausgeübt wird. Um in dieser Studie tatsächlich prüfen zu können, inwiefern Instrumentalunterricht exekutive Funktionen im Kindesalter beeinflusst, wurde versucht, methodische Lücken, die in den meisten der bisherigen Trainingsstudien bestehen, zu schließen. Hierzu wurde ein experimentelles Design, welches eine Randomisierung der Versuchspersonen sowie den Einschluss einer aktiven und einer passiven Kontrollgruppe beinhaltet, angewendet. Des Weiteren soll mit dieser Studie geklärt werden, welche Komponenten der exekutiven Funktionen in diesem Alter durch ein musikalisches Training beeinflussbar sind.

Studie 2 soll dazu dienen, mögliche differenzielle Effekte von unterschiedlichen musikalischen Trainings im Vorschulalter zu untersuchen. Hierzu wurden innerhalb derselben Studie zwei verschiedene Musiktrainings (singbasiert und rhythmusbasiert) miteinander verglichen. Um auch in dieser Studie kausale Zusammenhänge klären zu können, wurde dabei ebenso wie in Studie 1 auf ein experimentelles Design mit einer aktiven Kontrollgruppe zurückgegriffen. Des Weiteren soll diese Studie auch Aufschluss darüber geben, welche Komponenten der exekutiven Funktionen in dieser etwas jüngeren Altersgruppe von einem musikalischen Training erreicht werden.

Die Durchführung von Studie 3 soll weitere Hinweise auf einen möglichen Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen liefern. Da es bislang erst sehr wenig Forschung in Bezug auf diese spezielle Thematik gibt und Studien mit Kindern noch gänzlich fehlen, wurde diese Studie sowohl mit einer Stichprobe im Erwachsenen- als auch im Kindesalter durchgeführt. Neben der Messung heißer exekutiver Funktionen erhoben wir in beiden Stichproben ebenso kalte exekutive Funktionen, um einen Vergleich zwischen den beiden Konstrukten anstellen zu können. Da ein potenzieller Zusammenhang in Bezug auf die heißen exekutiven Funktionen noch unklar ist, wurde für diese Studie ein korrelatives Design gewählt.

2 Der Einfluss von Instrumentalunterricht auf exekutive Funktionen bei 6- bis 7-jährigen Kindern (Studie 1)

Eine ähnliche Version dieses Kapitels wurde zur Publikation eingereicht und befindet sich derzeit in Überarbeitung (nach der ersten Begutachtung).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (in Revision): Music lessons enhance executive functions in 6- to 7-year-old children. Learning and Instruction.

2.1 Hintergrund

Bisherige Studien legen sowohl einen Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen (z.B. Degé et al., 2011; Joret et al., 2016) als auch einen positiven Einfluss von musikalischem Training auf exekutive Funktionen im Kindesalter nahe (Holochwost et al., 2017; Jaschke et al., 2018). Da sich im aktuellen Diskurs generell die Frage stellt, inwiefern musikalisches Training zu einer Verbesserung kognitiver Fähigkeiten führen kann oder ob es sich bei den positiven Studienergebnisse eher um Artefakte beeinflussender Variablen handelt, sind methodisch sehr gut kontrollierte Trainingsstudien notwendig, die den kausalen Zusammenhang prüfen (Mehr, Schachner, Katz, & Spelke, 2013; Sala & Gobet, 2017b; Schellenberg & Winner, 2011). Wie in der Einleitung dargelegt weisen die meisten der vorausgegangenen Trainingsstudien bezüglich musikalischen Trainings und exekutiven Funktionen einige methodische Limitationen auf, weswegen der kausale Zusammenhang bislang nur mit Einschränkungen angenommen werden kann. Eine methodische Einschränkung besteht beispielsweise darin, dass in einigen Studien die Interventionsgruppen mit untrainierten Kontrollgruppen verglichen wurden (Bugos et al., 2007; Guo et al., 2018; Holochwost et al., 2017) und folglich nicht belegt werden kann, dass es sich bei den gefundenen Effekten tatsächlich um spezifische Effekte des musikalischen Trainings handelt, da die Möglichkeit besteht, dass diese durch einen generellen Beschulungseffekt oder einen Beobachtungseffekt beeinflusst wurden.

Eine zweite methodische Einschränkung besteht darin, dass in einigen Studien selbstselektierte Gruppen untersucht wurden und keine Randomisierung der Versuchspersonen auf die Interventions- und Kontrollgruppen erfolgte (Degé et al., 2011, Roden et al., 2012), sodass es möglich ist, dass nicht erfasste, potenziell beeinflussende Variablen die berichteten Effekte mit verursacht haben. Darüber hinaus zeigte eine der sehr wenigen experimentell durchgeführten Studie keinen bedeutenden Einfluss eines kurzzeitigen Musiktrainings auf exekutive Funktionen bei 6- bis 9-jährigen Kindern (D'Souza &

Wiseheart, 2018), sodass sich zusammengefasst festhalten lässt, dass der kausale Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen noch unklar ist.

Neben der Frage nach Kausalität lassen die Ergebnisse vorausgegangener Studien außerdem offen, welche exekutiven Funktionen genau im Kindesalter durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können. Während einige Studien darauf hinweisen, dass spezifische Komponenten der exekutiven Funktionen von einem musikalischen Training profitieren (Bugos & DeMarie, 2017; Guo et al., 2018; Roden et al., 2012), zeigen andere Studien einen Einfluss auf mehrere unterschiedliche Komponenten (Holochwost et al., 2017; Jaschke et al., 2018). Wie bereits in der Einleitung angesprochen wäre es denkbar, dass ein Training möglicherweise dann besonders effektiv ist, wenn es während einer dynamischen Entwicklungsphase stattfindet. Da exekutive Funktionen insbesondere während der Vorschulzeit und den ersten Schuljahren stark reifen (Garon et al., 2008; Romine & Reynolds, 2005), wäre es einerseits möglich, dass alle drei Hauptkomponenten in dieser Altersspanne durch ein Training beeinflusst werden können. Da es andererseits auch Hinweise darauf gibt, dass die Entwicklung einzelner Komponenten spezifischen Zeitfenstern zugeordnet werden kann (Best & Miller, 2010), erscheint es ebenso plausibel, dass in einem gewissen Alter auch nur gewisse Komponenten der exekutiven Funktionen durch ein Training beeinflusst werden können. Insbesondere während der Vorschuljahre und im frühen Schulalter würde dies Komponenten der Inhibition (Wiebe et al., 2008; Romine & Reynolds, 2005) und des Arbeitsgedächtnisses (Garon et al., 2008) betreffen. Dementsprechend könnte man annehmen, dass während dieser Altersspanne insbesondere diese Komponenten durch ein Training angesprochen werden.

Zusätzlich zu diesen entwicklungsbezogenen Überlegungen könnten Inkonsistenzen in den Befunden vorheriger Studien auch in den angewandten Musiktrainings begründet liegen, da zumeist solche Musiktrainings zum Einsatz kamen, die aus mehreren Komponenten wie Musiktheorie, Singen und Instrumentalspiel (z.B. Bugos & DeMarie, 2017; Jaschke et al., 2018) zusammengesetzt waren, sodass der Einfluss einzelner Komponenten – wie reinem Instrumentalunterricht – geklärt werden muss.

2.2 Ziele der Studie

Abgeleitet aus den bestehenden Forschungslücken soll mit Studie 1 erstens der kausale Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen geprüft werden. Um dieses Ziel zu erreichen, wählten wir ein experimentelles Design mit

einer Randomisierung der Versuchspersonen auf die Experimental- und die zwei verschiedenen Kontrollgruppen – eine aktive Kontrollgruppe und eine passive Wartekontrollgruppe. Als aktive Intervention wurde Zeichenunterricht gewählt, da es sich beim Zeichnen ebenfalls um eine künstlerische Aktivität handelt. Darüber hinaus sind Kleingruppen als Unterrichtsform in einer Malschule ebenso üblich wie in einer Musikschule. Des Weiteren zeigte sich in einer vorausgegangenen Studie, dass Kunstunterricht auch einen Einfluss auf einzelne Komponenten der exekutiven Funktionen ausüben kann (Jaschke et al., 2018) und somit eine starke und adäquate Kontrollintervention darstellt.

Zweitens dient Studie 1 dazu, herauszufinden, welche exekutive Funktionen im Schuleintrittsalter, also zwischen 6 und 7 Jahren, durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können. Hierzu erfassten wir eine ganze Reihe verschiedener Komponenten der exekutiven Funktionen, nämlich selektive Aufmerksamkeit, Verhaltensinhibition, visuelles Arbeitsgedächtnis, Set-Shifting, Flüssigkeit und Planen.

Ein drittes Ziel der Studie besteht darin, insbesondere den Einfluss von reinem Instrumentalunterricht zu untersuchen, da vorausgegangene Studien gemischte Formen musikalischen Trainings anwendeten und dementsprechend der Einfluss von Instrumentalspiel als zentrale Komponente musikalischen Trainings auf exekutive Funktionen noch nicht abschließend geklärt ist.

Aufgrund bisheriger Studienergebnisse, die bereits einen Einfluss von Musikunterricht auf verschiedene Bereiche der exekutiven Funktionen nahelegen, nahmen wir größere Leistungssteigerungen in den Aufgaben zu den exekutiven Funktionen für die Kinder der Instrumentalgruppe an. Insbesondere gingen wir davon aus, dass inhibitorische Prozesse durch das Instrumentaltraining beeinflusst werden, da diese Komponente vom Vorschul- bis ins frühe Schulalter von wesentlicher Bedeutung ist (Best & Miller, 2010) und erste Studienergebnisse einen Einfluss von musikalischem Training auf Inhibition in dieser Altersgruppe zeigen konnten (Holochwost et al., 2017). Da sich das Arbeitsgedächtnis über eine weitere Altersspanne von der frühen Kindheit bis in die Adoleszenz linear entwickelt (Best & Miller, 2010), nahmen wir für diese Komponente ebenfalls an, dass sie durch ein Training beeinflusst werden könnte. Bezogen auf das visuelle Arbeitsgedächtnis zeigen bisherige Studienergebnisse konträre Ergebnisse (Degé et al., 2011b; Holochwost et al., 2017; Roden et al., 2012) und deuten darüber hinaus darauf hin, dass das Zeichentraining ebenfalls zu einer Verbesserung dieser Komponente führen könnte (Jaschke et al., 2018). Dementsprechend konzentrierten wir uns insbesondere auf

das visuelle Arbeitsgedächtnis und nahmen an, dass beide in unserer Studie implementierten Trainingsformen potenziell zu einer Förderung des visuellen Arbeitsgedächtnisses beitragen könnten. Über die Inhibition und das Arbeitsgedächtnis hinaus wäre auf Basis der berichteten Studien ebenso denkbar, dass auch weitere Komponenten der exekutiven Funktionen, wie kognitive Flexibilität oder Planen, durch das musikalische Training beeinflusst werden (Holochwost et al., 2017; Jaschke et al., 2018).

2.3 Methode

Die Studie wurde in Übereinkunft mit der Ethikkommission des Fachbereichs 06 Psychologie und Sportwissenschaft der JLU Gießen durchgeführt.

2.3.1 Stichprobe

Teilnehmende Kinder wurden über regionale Zeitungsannoncen für kostenlosen Musik- und Zeichenunterricht, den E-Mail-Verteiler der Universität, Sportvereine, Schulen und die Datenbank der Abteilung für Entwicklungspsychologie rekrutiert. Zunächst wurden interessierte Familien am Telefon dazu befragt, ob ihr Kind bereits Musik- oder Zeichenunterricht erhält und ob sie bereit wären unabhängig von der Gruppe, in die das Kind zufällig zugeteilt werden würde, an der Studie teilzunehmen. Die Studienteilnahme war auf Kinder beschränkt, die zuvor noch keinen Instrumental- oder Zeichenunterricht erhalten hatten und die zum Studienbeginn im Alter zwischen 6 und 7 Jahren waren sowie einer zufälligen Gruppenzuteilung zustimmten. Zum Beginn der Studie konnten 109 Kinder rekrutiert werden, welche zufällig auf die Instrumental- ($n = 36$), die Zeichen- ($n = 36$) oder die Wartekontrollgruppe ($n = 37$) aufgeteilt wurden. Nach einer 30-wöchigen Trainingsphase nahmen noch 94 Kinder (86%) der originalen Stichprobe an den Nachtests der Studie teil. Davon waren $n = 27$ Kinder in der Instrumentalgruppe, $n = 31$ Kinder in der Zeichengruppe und $n = 36$ Kinder in der Wartekontrollgruppe. Insgesamt brachen 15 Kinder der originalen Stichprobe die Studie ab und zählten als Dropout. Diese Kinder wurden von den späteren Analysen ausgeschlossen.

Die Kinder, welche die Studie beendeten, waren zum Vortest zwischen 71 und 94 Monaten alt ($M = 78.67$ Monate, $SD = 4.72$ Monate). Das Geschlechterverhältnis zwischen Mädchen und Jungen war in der Stichprobe nahezu ausgeglichen (48 Mädchen, 46 Jungen). Der sozioökonomische Status der Familien wurde über das monatliche Netto-Familieneinkommen sowie die elterliche Ausbildung erfasst. Die meisten Kinder kamen aus Elternhäusern mit einem monatlichen Netto-Familieneinkommen von mehr als 4.000

€ (46%). Viele Kinder (37%) kamen aus Familien mit einem monatlichen Netto-Familieneinkommen, das zwischen 2.000 und 4.000 € lag und nur wenige Kinder (15%) kamen aus Familien mit einem monatlichen Netto-Familieneinkommen, welches unter 2.000€ lag. Zwei Familien machten keine Angaben zu Ihrem monatlichen Netto-Familieneinkommen. Bezogen auf die elterliche Ausbildung zeigte sich, dass in den meisten Familien mindestens ein Elternteil (70%) einen Hochschulabschluss hatte und bei ca. 29% der Familien keiner der Elternteile ein abgeschlossenes Hochschulstudium vorwies. Eine Familie machte keine Angabe über die elterliche Ausbildung.

2.3.2 Messinstrumente

Kontrollvariablen. Zur Erfassung potenziell konfundierender Variablen wurde ein Hintergrundfragebogen von den Eltern der Kinder ausgefüllt. Dieser Fragebogen beinhaltete Informationen über den sozioökonomischen Status der Familie, gemessen über das monatliche Netto-Familieneinkommen und die elterliche Ausbildung, die musikalische (Vor-)Bildung der Kinder und Eltern, sowie über die regelmäßige Freizeitgestaltung der Kinder. Das Einkommen der Familien wurde kategoriell erfasst. Dabei rangierten die vorgegebenen Kategorien zwischen „weniger als 1.000€ monatlich“ bis hin zu „mehr als 5.000€ monatlich“.

Da überdies auch die Persönlichkeit der Kinder im Zusammenhang zwischen musikalischem Training und kognitiven Leistungen eine potenziell konfundierende Variable darstellt, wurde diese über die deutsche Version des *Big Five Inventory* (BFI; Rammstedt & Danner, 2017) eingesetzt. Dieses Inventar beinhaltet 45 Items, über welche die fünf Persönlichkeitsmerkmale (Offenheit für Erfahrungen, Verträglichkeit, Extraversion, Gewissenhaftigkeit und Neurotizismus) abgebildet werden. Die Eltern beurteilten auf einer 5.-Likert-Skala inwiefern die 45 Aussagen auf Ihr Kind zutreffen (z.B. „Mein Kind ist gesprächig, unterhält sich gern.“). Wie es bei Rammstedt und Danner (2017) angegeben ist, berechneten wir Mittelwerte für die fünf Persönlichkeitsskalen. Dabei wurden umgekehrte Items rekodiert. Die interne Konsistenz der fünf Persönlichkeitsskalen des Fragebogens ist mit $\alpha = .74$ bis $\alpha = .86$ angegeben. Die Test-Retest-Reliabilität liegt für die fünf Skalen zwischen $r = .78$ und $r = .93$.

Des Weiteren erfassten wir den Gesamt-IQ über den *WISC-IV* (Petermann & Petermann, 2011), mit welchem der kognitive Entwicklungsstand von Kindern im Alter zwischen 6 und 16 Jahren erfasst werden kann. Mit diesem Intelligenztest können neben

dem Gesamt-IQ vier Index-Werte (Wahrnehmungsgebundenes Logisches Denken, Sprachverständnis, Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit), ermittelt werden. Zur Erfassung des Gesamt-IQs werden 10 Kerntests (Mosaik-Test, Gemeinsamkeiten finden, Zahlen nachsprechen, Bildkonzepte, Zahlen-Symbol-Test, Wortschatz-Test, Buchstaben-Zahlen-Folgen, Matrizen-Test, Allgemeines Verständnis, Symbol-Suche) durchgeführt. Die interne Konsistenz des Tests liegt zwischen $r = .87$ und $r = .94$ für die vier Indizes und bei $r = .97$ für den Gesamt-IQ. Die Interkorrelationen zwischen den Untertests und dem Gesamt-IQ rangieren zwischen $r = .68$ und $r = .87$.

Abhängige Variablen. Zur Messung kalter exekutiver Funktionen setzten wir zwei verschiedenen Testbatterien, welche speziell für Kinder entwickelt wurden, ein. Aus der neuropsychologischen Testbatterie, *NEPSY-II* (Korkman, Kirk, & Kemp, 2007), wendeten wir aus dem Testteil *attention and executive functions* die Untertests zu Verhaltensinhibition, selektiver Aufmerksamkeit, Set-Shifting, Flüssigkeit und Planen an. Die Test-Retest-Reliabilitäten für diese Untertests liegen laut Manual zwischen $r = .63$ und $r = .80$ für Kinder im Alter zwischen 5;0 und 8;11 Jahren. Zur Messung des visuellen Arbeitsgedächtnisses griffen wir auf die Untertests *Matrix Spanne* und *Corsi Block* aus der *Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder 5-12* (AGTB 5-12; Hasselhorn et al., 2012) zurück. Die Test-Retest-Reliabilität wird im Manual für beide Untertests mit $r = .66$ für Kinder im Alter zwischen 5 und 8 Jahren angegeben.

Inhibition. Die inhibitorischen Fähigkeiten der Kinder wurden mit zwei verschiedenen Aufgaben erfasst. Der Untertest zur Messung der Verhaltensinhibition besteht aus einer Wort-Konflikt-Aufgabe, mit welcher die Verhaltensinhibition erfasst wird. Er enthält dabei zwei verschiedene Bedingungen, welche sich nur durch die verwendeten Items unterscheiden. In der ersten Bedingung wird den Kindern eine Seite aus dem Stimulusbuch vorgelegt, auf welcher 8 Reihen von Vierecken und Kreisen abgebildet sind. Sie werden zunächst instruiert, die Reihen durchzugehen und den Namen jeder Form möglichst schnell und richtig zu nennen. In einem zweiten Durchgang werden die Kinder nun angewiesen, immer den Namen der jeweils anderen Form zu nennen, also die Nennung der eigentlich richtigen Bezeichnung zu unterdrücken und dafür die umgekehrte Antwort zu geben. In einer zweiten Bedingung erhalten die Kinder dieselbe Instruktion, nur wird ihnen eine Seite aus dem Stimulusbuch vorgelegt, auf welcher Reihen mit Pfeilen abgebildet sind, die nach oben oder nach unten zeigen. In beiden Bedingungen und allen Durchgängen werden die Kinder angewiesen, möglichst schnell, aber auch möglichst feh-

lerfrei zu arbeiten. Die Versuchsleiterin notierte zeitgleich alle unkorrigierten und selbstkorrigierten Fehler der Kinder und stoppte jeweils die Zeit, die für die Aufgabenbewältigung benötigt wurde. Aus den addierten Zeiten und den aufsummierten Fehlern beider Bedingungen wurden dem Manual entsprechend kombinierte, alterskorrigierte Normwerte berechnet.

Zur Messung der selektiven Aufmerksamkeit setzten wir den Untertest *Auditory Attention* ein, mit welcher die auditive Aufmerksamkeit der Kinder erfasst wird. Hierzu wird dem Kind eine Seite aus dem Stimulusbuch vorgelegt, auf welcher vier Farbkreise (rot, gelb, blau und schwarz) abgebildet sind. Gleichzeitig hört das Kind dabei eine Reihe von Wörtern, welche im Einsekundentakt von einer CD abgespielt werden. Jedes Mal, wenn die Farbe *Rot* genannt wird, sollt das Kind möglichst schnell auf den roten Kreis tippen. Bei jeder anderen Farbe und jedem anderen Wort soll das Kind hingegen nicht reagieren. Nach einem Übungsdurchgang, bei welchem elf Wörter abgespielt werden, beginnt der eigentliche Testteil, welcher aus 180 Wörtern besteht. Die Versuchsleiterin notierte unmittelbar jedes korrekte und falsche Verhalten des Kindes. Für die Auswertung wurde, wie im Manual beschrieben, ein kombinierter, alterskorrigierter Normwert auf Basis der Korrekten Antworten und der Fehler für jedes Kind berechnet.

Kognitive Flexibilität. Ebenso wie die Inhibition wurde auch diese Komponente der exekutiven Funktionen mit zwei verschiedenen Aufgaben gemessen. Um die Fähigkeit des Set-Shiftings zu erfassen, wurde der Kartensortierungstest *Animal Sorting* aus der Testbatterie angewendet. Bei diesem Test werden dem Kind 8 verschiedene Bildkarten – darunter jeweils vier blaue und vier gelbe Karten – gezeigt. Auf allen Karten sind Tiere abgebildet und im Hintergrund ein Teil des Lebensraums, in welchem die Tiere leben. Anhand eines Beispiels wird erklärt, dass es verschiedene Möglichkeiten gibt, die 8 Karten in jeweils zwei Vierergruppen zu sortieren (z.B. vier Karten mit Bäumen und vier Karten ohne Bäume, vier Karten mit gestreiften Tieren und vier Karten mit Tieren ohne Streifen usw.). Im Beispiel werden die Tiere nach dem Wetter auf den Karten gruppiert (viermal Sonne und viermal Regen). Anschließend wird das Kind instruiert, sich die Karten genau anzusehen und eigenständig die Karten in so viele Kategorien wie möglich zu gruppieren bis die Versuchsleiterin ein Stoppsignal gibt. Insgesamt können 12 verschiedene Kategorien gebildet werden. Jedes Mal, wenn das Kind eine neue Sortierung gefunden hat, wird die Zeit gestoppt und die Gruppierung seitens der Versuchsleiterin notiert. Insgesamt gibt es für diese Aufgabe ein Zeitlimit von 360 Sekunden. Für jede Korrekte

neue Sortierung erhielt das Kind einen Punkt. Für jede falsche Sortierung oder jede Wiederholung einer Sortierung wurde dem Manual entsprechend jeweils ein Fehler notiert. Da die meisten Kinder zum Beginn des Vortests zu jung für die kombinierten, alterskorrigierten Normwerte waren, wurde in der vorliegenden Studie die Anzahl der korrekten Sortierung als abhängige Variable verwendet.

Der Untertest *Design Fluency* dient dazu, die figurale Flüssigkeit der Kinder zu bestimmen. In diesem Test wird das Kind dazu aufgefordert, innerhalb eines Quadrats Muster zu zeichnen, indem es Punkte mit geraden Linien miteinander verbindet. In jedem Quadrat sind 5 Punkte abgebildet und das Kind darf selbst entscheiden, ob es einen oder mehrere Striche machen möchte. Wichtig ist, dass in jedem Quadrat ein anderes Muster zu erkennen ist und die Striche möglichst gerade gezogen werden. Das Kind wird instruiert, innerhalb eines Zeitlimits (60 Sekunden) so viele verschiedene Muster wie möglich zu generieren. In einer ersten Bedingung sind die Punkte dabei in dem Quadrat regelmäßig – wie die Zahl „5“ auf einem Würfel – angeordnet. In einer zweiten Bedingung sind die Punkte dagegen unregelmäßig in den Quadraten verteilt. Die Summe der korrekt gezeichneten Muster aus beiden Bedingungen wurde dem Manual entsprechend in einen alterskorrigierten Normwert transferiert.

Visuelles Arbeitsgedächtnis. Das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis wurde über die zwei Untertests *Matrix Spanne* und *Corsi Block* aus der *Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder 5-12* (AGTB 5-12; Hasselhorn et al., 2012) erfasst. Dabei wird mit Untertest *Matrix Spanne* der visuelle Speicher und mit dem Subtest *Corsi Block* das dynamische Arbeitsgedächtnis, der visuelle Schreiber, gemessen. Nach Logie (1995) werden im visuellen Speicher Informationen über Form und Farbe gespeichert und verarbeitet, während im visuellen Schreiber die Lage und die Bewegung von Objekten verarbeitet wird. Beide Untertests beginnen mit einer computerbasierten Instruktion und zwei Übungsdurchgängen, woran sich jeweils zehn Testdurchgänge anschließen. Der Schwierigkeitsgrad beider Testaufgaben ist altersabhängig und adaptiv. Im Untertest *Matrix Spanne* werden den Kindern auf einem Touchscreen 4x4 quadratische Felder präsentiert. Die Kinder werden instruiert, sich die schwarz gefärbten Felder zu merken und anschließend in einer leeren Matrix auf die Felder zu tippen, die schwarz waren. Im *Corsi-Block-Test* werden die Kinder instruiert, sich den Weg eines Smileys zu merken, der über 9 unregelmäßig angeordnete quadratische Felder wandert. Nachdem ein Weg präsentiert wird, sind die Kinder dazu aufgefordert, denselben Weg mit einem Finger nachzutippen. Für beide Untertests werden automatisch alterskorrigierte Normwerte generiert.

Planen. Um die Planungsfähigkeiten der Kinder zu ermitteln, wurde der Untertest *Clocks* durchgeführt. Dieser besteht aus mehreren Teilaufgaben, bei welchen zeichnerische wie auch visuelle Fähigkeiten miteinander kombiniert werden. Für Items des zeichnerischen Planens beinhaltet der Test z.B. die Aufgabe eine Uhr, welche eine bestimmte Uhrzeit anzeigt, mit Bleistift auf ein Blatt Papier zu zeichnen. Das Kind darf dabei Fehler nicht korrigieren und kein Radiergummi verwenden. Für die Auswertung dieser Aufgabe werden Punkte für das Vorhandensein, die Anordnung und die Sequenz der Ziffern, das Vorhandensein, die Symmetrie, die Geschlossenheit und die Angemessenheit der Größe der äußeren Kontur, das Vorhandensein und die Korrektheit der Zeiger sowie das Vorhandensein und die Lokation des Mittelpunkts der Zeiger vergeben. Je nach Kriterium erhalten die Kinder einen oder zwei Punkte, wenn das Kriterium in ihrer gezeichneten Uhr erfüllt ist oder erhalten keinen Punkt, wenn das entsprechende Kriterium nicht erfüllt ist. Bei den visuellen Items werden die Kinder dazu aufgefordert, die Uhrzeit von Uhren mit und ohne Ziffern zu bestimmen. Hierbei gibt es für richtige Antworten jeweils einen und für falsche Antworten null Punkte. Für jedes Kind wurde ein Gesamtscore ermittelt, indem die Punktzahlen für alle Items aus beiden Bedingungen addiert wurden. Es wurden keine alterskorrigierten Werte für diesen Test verwendet, da die meisten Kinder zu Beginn der Studie noch zu jung waren und aus der Normierung fielen.

2.3.3 Interventionen

In der vorliegenden Studie wurde die Vergleichbarkeit der Interventionen bestmöglich hergestellt. In beiden Interventionsgruppen wurden die Trainings im Hinblick auf die Gruppengröße, die Trainingsintensität die Hausaufgaben und die Anleitung durch professionelle Lehrkräfte identisch durchgeführt. Die Unterrichtsstunden und alle benötigten Materialien (z.B. Leihinstrumente, Noten oder Skizzenhefte und Zeichenutensilien) wurden den Kindern kostenfrei zur Verfügung gestellt, damit eine Teilnahme unabhängig vom sozioökonomischen Status der Eltern für alle Kinder möglich war. Die Instrumental- und Zeichenstunden wurden jeweils einmal wöchentlich für 45 Minuten in kleinen Gruppen mit drei bis fünf Kindern durchgeführt. Alle Kurse fanden nachmittags in den Räumlichkeiten der Musik- oder Malschule statt und wurden von ausgebildeten Instrumental- bzw. Kunstpädagogen durchgeführt. Am Ende der Trainingsphasen wurde in den Interventionsgruppen ein Abschlusskonzert bzw. eine Bilderausstellung arrangiert, um mit diesem kleinen Ziel die Motivation der Kinder und den Übungsaufwand bis zum

Ende des Trainings möglichst hoch zu halten (Bandura & Schunk, 1981). Die Wartekontrollgruppe erhielt während der Studie keine Instrumental- oder Zeichenstunden, bekam aber nach Abschluss der Studie die gleiche Anzahl an kostenfreien Instrumental- oder Zeichenstunden als Ausgleich und erhielt ebenfalls die Gelegenheit zur Präsentation ihrer im Training erzielten Ergebnisse.

Instrumentalunterricht. Bevor die Unterrichtsphase begann, durften die Kinder aus der Instrumentalgruppe zu einem Schnuppertag an die Musikschule kommen, um verschiedene Instrumente auszuprobieren und herauszufinden, welches Instrument sie lernen möchten. Das Instrumentalangebot der Musikschule umfasste dabei Gitarre, Blockflöte, Querflöte, Klarinette, Klavier, Saxofon, Trompete und Violine. Nach dem Schnuppertag gaben die Kinder bis zu drei Wünsche ab, welche mit einer Beurteilung der Lehrkräfte, inwiefern das jeweilige Instrument nach ihrer Einschätzung für das Kind geeignet ist, abgeglichen wurden. Auf Basis der Wünsche seitens der Kinder sowie der Einschätzung der Lehrkräfte wurden die Instrumentalgruppen eingeteilt. Eine Übersicht über die Verteilung der Kinder auf die Instrumentalgruppen wird in Tabelle 8 (siehe Anhang A) dargestellt. Damit die Kinder zu Hause ihr Instrument üben können, wurde allen Kindern kostenfrei Leihinstrumente zur Verfügung gestellt.

In den Unterrichtsstunden erlernten die Kinder die Spielweise ihres jeweiligen Instruments sowie Grundlagen der Musiklehre (Notenlesen). Während der ersten Stunden lag dabei der Fokus auf der Klangerzeugung ihres Instruments sowie auf der Haltung, dem Umgang mit dem Instrument und der Instrumentenpflege. Insbesondere mussten Kinder aus den Bläsergruppen üben, ihren Atem zu kontrollieren und gleichmäßig zu führen. In den folgenden Stunden wurden Tonhöhen und Tondauern eingeführt, um das Notenlesen zu erlernen. Darüber hinaus arbeiteten sie an kleinen musikalischen Stücken und Liedern. Einige Lehrkräfte begleiteten dabei die Kinder mit einer zweiten Stimme auf dem jeweiligen Instrument, mit dem Klavier oder ließen die Kinder zu einem Playalong von CD spielen. Nach weiteren Fortschritten der Instrumentalgruppen studierten einige Gruppen zweistimmige Lieder ein oder erlernten Grundtechniken des Improvisierens (z.B. die Saxofone). Alle Kinder erhielten jede Woche Hausaufgaben, die aus Ton- und Fingerübungen bestanden sowie dem Üben der Musikstücke.

Eine typische Musikstunde begann mit einer Begrüßung, dem Kontrollieren der Anwesenheit und dem Auspacken der Instrumente. Anschließend wurde ein kurzes gemeinsames Warm-Up durchgeführt und die Hausaufgaben vorgespielt. Danach führte die

Lehrkraft neue Töne und/oder ein neues Musikstück ein. Die Stunden endeten damit, dass die Kinder neue Hausaufgaben erhielten und ihre Instrumente ggf. säuberten und einpackten. Alle Gruppen arbeiteten mit Instrumentallehrbüchern (z.B. *Der Blockflötenspatz*; Schuh & Behrens, 1988 oder *Alles Gitarre!*; Wolters, 2014). Die Lehrkräfte strukturierten den Unterricht so, dass sie Rituale und wiederkehrende Aufgaben mit neuen Übungen und Methoden mischten, damit die Stunden zwar einerseits immer ähnlich aufgebaut waren, aber keine Langeweile bei den Kindern hervorriefen. Am Ende der Unterrichtsphase (ca. nach einem Schuljahr) arrangierte die Musikschule ein Konzert, bei welchem alle Instrumentalgruppen Musikstücke gegenüber Eltern, Verwandten und Freunden präsentierten. Dabei spielten sie Titel wie „Die Vogelhochzeit“ (deutsches Volkslied), „Sommerwind und Sonnenschein“ (von Burkhard Wolters) oder „Die alte Wachtel“ (russische Volksweise).

Zeichenunterricht. Die Kinder aus der Zeichengruppe erlernten während der Unterrichtsphase verschiedene Zeichentechniken und den Umgang mit unterschiedlichen Materialien wie Buntstiften, Pastell- und Ölkreiden, Aquarellstiften und wasser-vermalbaren Farben. Neben der Anwendung verschiedener Materialien und Farben lag der Fokus des Zeichenunterrichts auf dem genauen Betrachten und Wahrnehmen von Objekten, der Zerlegung von Objekten in ihre Grundformen und einer korrekten Handhaltung während des Zeichnens. Die Kinder erhielten ein Skizzenbuch, in welchem sie technische Vorübungen machten (z.B. Zeichnen von Formen und Oberflächen) bevor sie mit einem neuen Bild begannen. Alle Gruppen lernten dabei dieselben Techniken und fertigten ähnliche Bilder an. Zu Beginn der Unterrichtsphase überlegten sich alle Gruppen einen Namen, mit dem sich die Gruppe identifizieren konnte (eine Übersicht über die Gruppeneinteilung befindet sich in Tabelle 9, siehe Anhang A). Während der ersten Zeichenstunden lernten die Kinder, dass Objekte aus verschiedenen Formen bestehen und dass es einfacher ist, ein Objekt zu zeichnen, wenn es in die einzelnen Grundformen zerlegt wird. Beispielsweise lässt sich ein Chamäleon in unterschiedlich große Dreiecke, Rechtecke, Ellipsen und Kreise zerteilen (siehe Abbildungen 2 und 3).

Nachdem die Kinder die ersten Grundlagen des Zeichnens verinnerlicht hatten, lernten sie anspruchsvollere Techniken wie das Darstellen von Texturen und Oberflächen oder die Darstellung von Licht und Schatten für die Tiefenwirkung. Eine typische Zeichenstunde begann mit einer Begrüßung und dem Bereitlegen der Materialien, die für diesen Tag benötigt wurden. Danach zeigten die Kinder ihre Hausaufgaben im Skizzenheft und die Lehrkraft gab ihnen hierzu eine kurze Rückmeldung. Anschließend erzählte

die Lehrkraft, was sie an diesem Tag gemeinsam machen würden und führte ggf. eine neue Technik oder den Umgang mit neuen Materialien ein. Die Kinder übten die neue Technik bzw. die Anwendung des Materials in ihrem Skizzenheft und begannen anschließend mit dem eigentlichen Projekt. So oft wie möglich brachte die Lehrkraft reale Anschauungsobjekte mit (wie Blumen, Obst oder Gemüse), damit die Kinder erfahren konnten wie sich das echte Objekt anfühlt und wie es genau aussieht. Analog zur Musikgruppe endeten die Zeichenstunden mit dem Mitteilen der neuen Hausaufgaben, dem Aufräumen des Ateliers und einer Verabschiedung. Am Ende der Unterrichtsphase arrangierten die Kinder gemeinsam mit ihren Zeichenlehrerinnen eine Bilderausstellung, in welcher sie ihre Kunstwerke präsentierten. Beispiele der ausgestellten Bilder befinden sich im Anhang (siehe Anhang B).

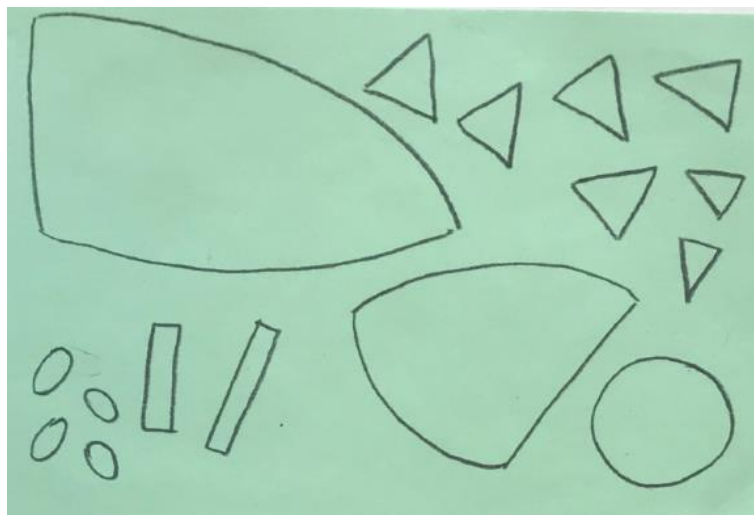


Abbildung 2. Grundformen des Chamäleons

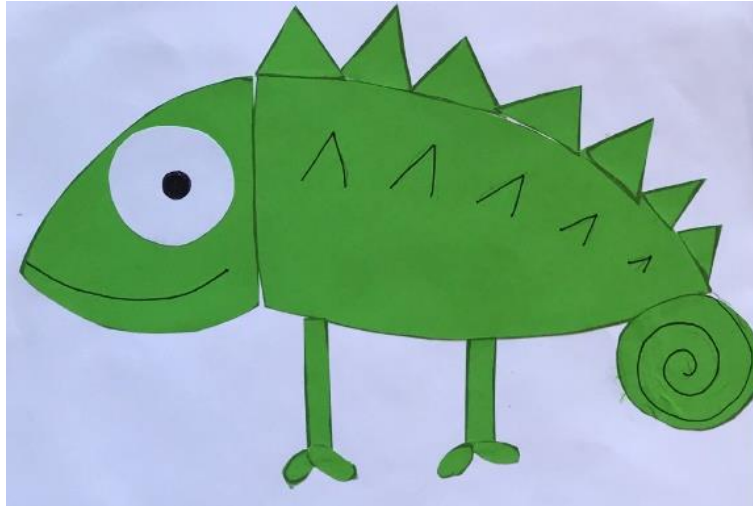


Abbildung 3. Chamäleon, zusammengesetzt aus den Grundformen

2.3.4 Durchführung

Bevor die Studie begann wurde von allen Eltern die schriftliche Einwilligung zur Studienteilnahme ihres Kindes eingeholt. Alle teilnehmenden Kinder wurden unmittelbar vor und nach der Unterrichtsphase getestet. Die Kinder absolvierten zu jedem Messzeitpunkt zwei Einzeltestungen an zwei unterschiedlichen Testtagen, welche von der Studienleiterin und studentischen Hilfskräften, die nicht über die Gruppenzugehörigkeit der Kinder informiert waren, in den Laboren der Abteilung für Entwicklungspsychologie durchgeführt wurden. Alle Kinder erhielten am Ende der Studie eine Urkunde und ein kleines Geschenk als Dankeschön für die Teilnahme. Die Studie wurde mit einem Prä-Post-Trainingsdesign durchgeführt. Die zwei Messzeitpunkte der exekutiven Funktionen stellten dabei den Innersubjektfaktor dar, die Gruppenzugehörigkeit ist der Zwischensubjektfaktor. Für die Auswertung der Ergebnisse wurden ANOVAs mit Messwiederholung (Prä-/Postmessung) mit dem Zwischensubjektfaktor Gruppe (Instrumental-/Zeichen-/Wartekontrollgruppe) gerechnet.

2.4 Ergebnisse

Eine Poweranalyse, welche mit dem Programm *G*Power* (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007) durchgeführt wurde, ergab, dass eine Stichprobe von mindestens 66 Kindern erforderlich ist, um einen signifikanten Effekt nachzuweisen, wenn wir eine kleine bis mittlere Effektstärke annehmen ($f = 0.25$). Dementsprechend sollte die rekrutierte Stichprobe mit $N = 94$ Kindern ausreichend sein, um vorhandene Effekte aufzudecken. Alle weiteren Analysen wurden mit *IBM® SPSS® Statistics 25* durchgeführt.

2.4.1 Vorabanalysen

Wir analysierten den Dropout, um zu überprüfen, inwiefern sich dieser zwischen den Gruppen unterscheidet und ob systematische Unterschiede in den Kontrollvariablen zur restlichen Stichprobe bestanden. Es zeigte sich, dass in der Instrumentalgruppe signifikant mehr Kinder ($n = 9$) die Studie vorzeitig beendeten als in der Wartekontrollgruppe, ($n = 1$), $\chi^2(1, n = 73) = 7.67, p = .006$, aber nicht als in der Zeichengruppe ($n = 5; p > .05$). Ebenso unterschieden sich die Anzahlen des Dropouts zwischen der Zeichen- und der Wartekontrollgruppe nicht signifikant ($p > .05$). Weitere Analysen zeigten, dass sich insgesamt der Dropout nicht systematisch von der übrigen Stichprobe in Bezug auf das Alter, $t(107) = -0.39, p = .70$, das Geschlecht, $\chi^2(1, n = 109) = 0.87$ oder das Familieneinkommen, $t(102) = -1.27, p = .21$ unterschied. In Bezug auf die elterliche Ausbildung sowie auf den Gesamt-IQ unterschieden sich die Kinder des Dropouts insgesamt marginal signifikant von der restlichen Stichprobe. Kinder, welche die Studie abbrachen, kamen dabei tendenziell aus weniger gebildeten Elternhäusern, $t(104) = -1.90, p = .06$ und wiesen tendenziell einen geringeren Gesamt-IQ im Vergleich zur restlichen Stichprobe auf $t(107) = 1.80, p = .08$.

Um in der verbleibenden Stichprobe Gruppenunterschiede im Hinblick auf die Kontrollvariablen ausschließen zu können, rechneten wir einfaktorielle ANOVAs für die Variablen Alter, Familieneinkommen, elterliche Ausbildung und die fünf Persönlichkeitsfaktoren. Die Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppen wurde über den Chi-Quadrattest zwischen den Gruppen verglichen. Alle Analysen ergaben, dass keine Gruppenunterschiede in Bezug auf die genannten Kontrollvariablen vorliegen (siehe Tabelle 1). Darüber hinaus überprüften wir mögliche Gruppenunterschiede in den abhängigen Variablen zum Messzeitpunkt des Vortests, indem wir ebenfalls einfaktorielle ANOVAs rechneten. Auch die Ergebnisse dieser Analysen ergaben keine signifikanten Gruppenunterschiede (siehe Tabelle 2). Dementsprechend können wir davon ausgehen, dass zwischen den drei Gruppen keine Unterschiede in potenziell beeinflussenden Variablen, wie der Gesamt-IQ, die Persönlichkeit oder dem sozioökonomischen Status bestehen. Des Weiteren scheinen auch die Gruppen auch hinsichtlich der exekutiven Funktionen zum Studienbeginn mit einem ähnlichen Niveau zu starten.

Tabelle 1 Deskriptive Statistik und Inferenzstatistik für die Gruppenvergleiche der Kontrollvariablen (Studie 1)

Variable	Instrumental <i>M (SD)</i>	Zeichen <i>M (SD)</i>	Wartekontrolle <i>M (SD)</i>	<i>df</i>	Statistischer Kennwert	<i>p</i>
Geschlecht	15w/12m	15w/16m	18w/18m	2, <i>n</i> = 94	$\chi^2 = 0.32$	.85
Alter ¹	78.37 (4.45)	77.84 (3.53)	79.72 (5.96)	2,91	$F = 1.36$	.26
IQ	103.22 (9.80)	100.71 (10.90)	104.81 (10.94)	2,91	$F = 1.25$	.29
Trainingsteilnahme ²	89.67 (8.67)	88.39 (9.82)	-	56	$t = 0.52$	.60
Übezeit ³	29.33 (24.15)	30.42 (38.88)	-	56	$t = -0.13$	.90
Elterliche Ausbildung	1.27 (0.83)	1.23 (0.88)	1.06 (0.86)	2,90	$F = 0.56$	.57
Familieneinkommen ⁴	4.07 (1.14)	4.37 (1.25)	4.03 (1.76)	2,89	$F = 0.50$	.61
Freizeitaktivitäten ¹	33.04 (32.27)	29.90 (27.41)	32.23 (25.92)	2,90	$F = 0.10$	.91
Extraversion	3.85 (0.44)	3.86 (0.67)	3.68 (0.67)	2,91	$F = 0.90$	.41
Verträglichkeit	3.55 (0.48)	3.71 (0.59)	3.65 (0.60)	2,91	$F = 0.59$	.56
Gewissenhaftigkeit	3.44 (0.61)	3.23 (0.72)	3.39 (0.67)	2,91	$F = 0.79$	.46
Neurotizismus	2.82 (0.61)	2.76 (0.69)	2.74 (0.73)	2,91	$F = 0.10$	.90
Offenheit	3.71 (0.46)	3.76 (0.54)	3.66 (0.52)	2,91	$F = 0.33$	.72

Anmerkungen: ¹in Monaten, ²in %, ³in Minuten/Woche, 1 = weniger als 1000€/Monat, 2 = 1000-2000€/Monat, 3 = 2000-3000€/Monat, 4 = 3000-4000€/Monat, 5 = 4000-5000€/Monat, 6 = mehr als 5000€/Monat

Tabelle 2 Deskriptive und Inferenzstatistik für die Gruppenvergleiche der abhängigen Variablen zum Vortest (Studie 1)

Abhängige Variable	Instrumental <i>M (SD)</i>	Zeichnen <i>M (SD)</i>	Wartekontrolle <i>M (SD)</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Inhibition						
Verhaltensinhibition	9.30 (2.54)	9.87 (2.68)	9.64 (2.81)	2,91	0.33	.72
Selektive Aufmerksamkeit	9.70 (3.17)	11.39 (2.72)	10.72 (3.28)	2,91	2.18	.12
Flexibilität						
Set-Shifting	2.52 (1.95)	2.52 (1.90)	2.26 (1.90)	2,91	0.20	.82
Figurale Flüssigkeit	9.30 (2.02)	9.32 (1.96)	9.44 (1.82)	2,91	0.05	.95
Arbeitsgedächtnis						
Matrix	49.78 (8.89)	52.00 (9.31)	48.31 (10.15)	2,91	1.26	.29
Corsi Block	45.22 (8.95)	47.10 (7.23)	48.67 (8.63)	2,91	1.33	.27
Planen						
Planen	48.37 (9.79)	46.87 (8.39)	46.64 (7.41)	2,91	0.36	.70

Anmerkung: Bei den Untertests zum Set-Shifting und zum Planen handelt es sich um Rohwerte.

2.4.2 Hauptanalysen

Für alle abhängigen Variablen rechneten wir 2 x 3 ANOVAs mit Messzeitwiederholung (Vor- und Nachtest) und dem Zwischensubjektfaktor für die Gruppe (Instrumental/Zeichnen /Wartegruppe). Bei signifikanter Gruppe x Zeit Interaktion wurden als post-hoc Analysen zunächst drei weitere 2 x 2 ANOVAs mit Messzeitwiederholung und einem Zwischensubjektfaktor für jeweils zwei Gruppen (z.B. Instrumental/ Wartegruppe) gerechnet, um zu prüfen zwischen welchen Gruppen eine Interaktion vorliegt. Bei signifikanter 2 (Messzeit) x 2 (Gruppe) Interaktion wurden für die betreffenden Gruppen abhängige *t*-Tests gerechnet, um die Entwicklung der jeweiligen Gruppe vom Vor- zum Nachtest zu untersuchen. Zur Überprüfung möglicher Gruppenunterschiede zum Nachtest wurden außerdem unabhängige *t*-Tests durchgeführt. Eine Übersicht über die deskriptiven Werte aller abhängigen Variablen für die einzelnen Gruppen zum Vor- und Nachtest befindet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3 Deskriptive Werte der abhängigen Variablen für die Gruppen zum Vor- (T0) und Nachtest (T1) (Studie 1)

Variable	Musikgruppe M (SD)		Zeichengruppe M (SD)		Wartegruppe M (SD)	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
Inhibition						
Selektive Aufmerksamkeit	9.70 (3.17)	12.11 (2.82)	11.39 (2.72)	11.48 (3.01)	10.72 (3.28)	11.78 (2.66)
Verhaltensinhibition	9.30 (2.54)	12.93 (2.48)	9.87 (2.68)	11.35 (3.42)	9.64 (2.81)	11.56 (2.20)
Flexibilität						
Set-Shifting	2.52 (1.95)	4.96 (2.16)	2.52 (1.90)	3.61 (2.17)	2.26 (1.90)	4.25 (2.09)
Figurale Flüssigkeit	9.30 (2.02)	11.00 (2.11)	9.32 (1.96)	11.16 (2.85)	9.44 (1.82)	10.86 (2.32)
Arbeitsgedächtnis						
Matrix Spanne	49.78 (8.89)	53.30 (8.74)	52.00 (9.31)	53.61 (7.86)	48.31 (10.15)	53.81 (7.31)
Corsi Block	45.22 (8.95)	52.11 (5.81)	47.10 (7.23)	48.77 (8.15)	48.67 (8.63)	50.06 (7.69)
Planen						
Planen	48.37 (9.79)	60.15 (5.92)	46.87 (8.39)	60.06 (7.66)	46.64 (7.41)	60.31 (6.59)

Anmerkung: Bei den Untertests zum Set-Shifting und zum Planen handelt es sich um Rohwerte.

Inhibition. Die Analysen zur Verhaltensinhibitionsaufgabe zeigten einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, $F(1,91) = 46.80, p < .001, \eta^2 = .34$, nach welchem sich die Kinder insgesamt signifikant vom Vor- ($M = 9.62, SD = 2.67$) zum Nachtest verbesserten ($M = 11.96, SD = 2.79$). Die Analysen ergaben keinen signifikanten Gruppeneffekt, $F(2,91) = 0.56, p = .57, \eta^2 = .01$, aber eine signifikante Messzeitpunkt x Gruppe Interaktion, $F(2,91) = 3.50, p = .037, \eta^2 = .07$. Die nachfolgenden 2 x 2 ANOVAs ergaben für die Instrumental- und sowohl eine signifikante Interaktion zwischen der Instrumental- und der Wartegruppe, $F(1,61) = 6.50, p < .013, \eta^2 = .10$, als auch zwischen der Instrumental- und der Zeichengruppe, $F(1,56) = 5.67, p < .021, \eta^2 = .09$. Hingegen ergab die Berechnung der 2 x 2 ANOVA für die Zeichen- und die Wartegruppe keine signifikante Interaktion, $F(1,65) = 0.18, p < .67$. Um die Entwicklungsverläufe für die einzelnen Gruppen zu analysieren, rechneten wir für alle Gruppen jeweils abhängige t -Tests. Die Analysen für die Instrumentalgruppe ergab, dass sich Kinder dieser Gruppe signifikant vom Vor- ($M = 9.30, SD = 2.54$) zum Nachtest ($M = 12.93, SD = 2.48$) verbesserten, $t(26) = -8.30, p < .001$. Die Berechnung der Effektstärke ergab, dass es sich dabei nach Cohen (1988) um einen großen Effekt handelte, $d_{RM} = 1.58^1$. Die Analysen für die Kinder der Zeichengruppe ergaben, dass die Verbesserung der Zeichengruppe vom Vor- ($M = 9.87, SD = 2.68$) zum Nachtest ($M = 11.35, SD = 3.42$) marginal signifikant ist, $t(30) = -1.98, p = .06$. Die abhängigen t -Tests für die Wartekontrollgruppe zeigten, dass sich diese ebenfalls signifikant in der Inhibition vom Vor- ($M = 9.64, SD = 2.81$) zum Nachtest ($M = 11.56, SD = 2.20$) mit einem mittleren Effekt verbesserte, $t(35) = -3.81, p < .01, d_{RM} = 0.57$. Zuletzt überprüften wir mit unabhängigen t -Tests, ob sich die Gruppen zum Nachtest signifikant voneinander unterschieden. Diese Analysen weisen darauf hin, dass sich die Instrumentalgruppe sowohl von der Zeichen-, $t(56) = 1.98, p = .05, d_{corr} = 0.72^2$, als auch von der Wartekontrollgruppe, $t(61) = 2.32, p = .024, d_{corr} = 0.74$, jeweils mit einem mittleren Effekt signifikant unterscheidet. Hingegen wurde kein signifikanter Unterschied zwischen der Zeichen- und der Wartegruppe zum Nachtest gefunden ($p < .05$). Insgesamt zeigen die Analysen, dass die Instrumentalgruppe die größte Verbesserung in diesem Untertest entwickelte (siehe Abbildung 4).

¹ Die Berechnung der Effektstärken für die Messwiederholung innerhalb einer Gruppe (d_{RM}) erfolgte nach Morris (2008). Hierbei wird die Standardabweichung zur Berechnung der Effektstärke korrigiert und die Korrelation zwischen den Messzeitpunkten in den Korrekturfaktor miteinbezogen.

² Für die Berechnung der Effektstärken für die Gruppenunterschiede zum Nachtest (d_{corr}) wurde nach Klauer (2001) um die Vortestunterschiede korrigiert, indem die Effektstärken vom Vor- und Nachtest voneinander abgezogen wurden.

Verhaltensinhibition

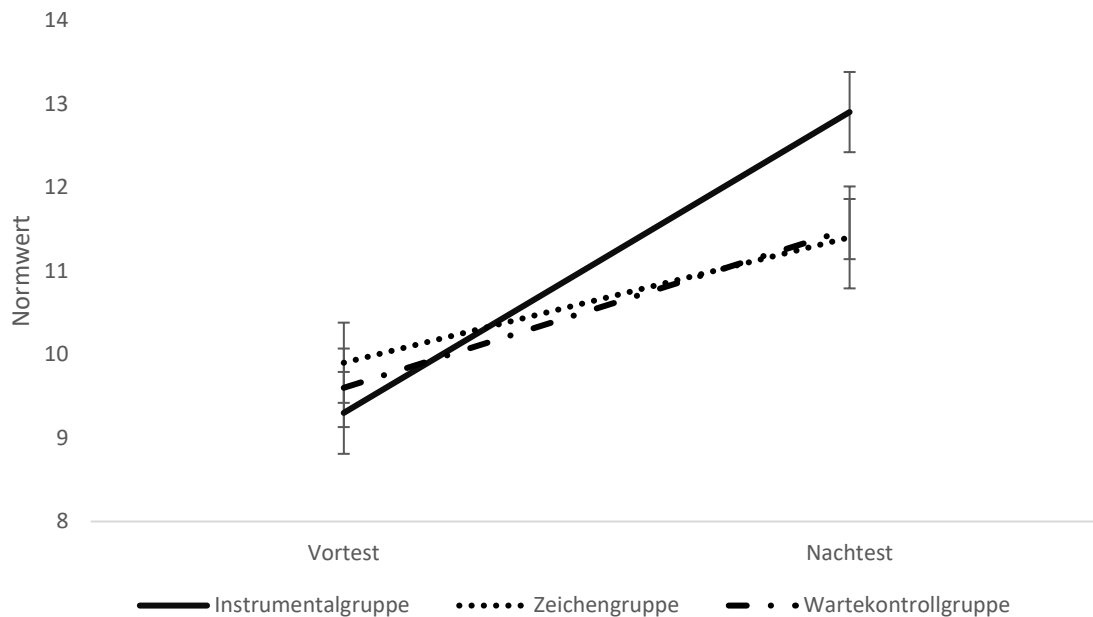


Abbildung 4. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Tests zur Verhaltensinhibition (Untertest Inhibition aus der NEPSY-II) für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.

Die Analysen zum Untertest der selektiven Aufmerksamkeit ergaben einen Haupteffekt für den Messzeitpunkt, welcher eine generelle Verbesserung aller Kinder vom Vor- ($M = 10.65$, $SD = 3.11$) zum Nachtest anzeigt ($M = 11.78$, $SD = 2.81$), $F(1,91) = 10.37$, $p < .01$, $\eta^2 = .10$. Der Haupteffekt für die Gruppe war nicht signifikant, $F(2,91) = 0.37$, $p = .69$, $\eta^2 = .008$. Das Modell zeigte aber eine signifikante Messzeitpunkt x Gruppe Interaktion, $F(2,91) = 19.34$, $p = .05$, $\eta^2 = .06$. Die darauf berechneten 2 x 2 ANOVAs ergaben keine signifikante Interaktion zwischen der Instrumental- und der Wartegruppe ($p > .05$), aber eine signifikante Interaktion zwischen der Instrumental- und der Zeichengruppe, $F(2,91) = 5.50$, $p = .023$, $\eta^2 = .09$. Die ANOVA für die Zeichen- und die Wartegruppe zeigte wiederum keine signifikante Interaktion ($p > .05$). Die Berechnung der abhängigen t -Tests ergab, dass sich nur die Instrumentalgruppe signifikant vom Vor- ($M = 9.70$, $SD = 3.17$) zum Nachtest ($M = 11.78$, $SD = 2.81$) mit einem mittleren Effekt verbesserte, $t(27) = -3.57$, $p = .001$, $d_{RM} = 0.59$, während die anderen Gruppen keine signifikante Veränderung vom Vor- zum Nachtest vorwiesen ($ps > .05$). Unabhängige t -Tests zum Nachtest waren für alle Gruppenvergleiche nicht signifikant ($ps > .05$). Insgesamt deuten die

Analysen zu diesem Untertest darauf hin, dass nur die Instrumentalgruppe eine Leistungssteigerung in der selektiven Aufmerksamkeit vom Vor- zum Nachtest zu verzeichnen hat (siehe Abbildung 5).

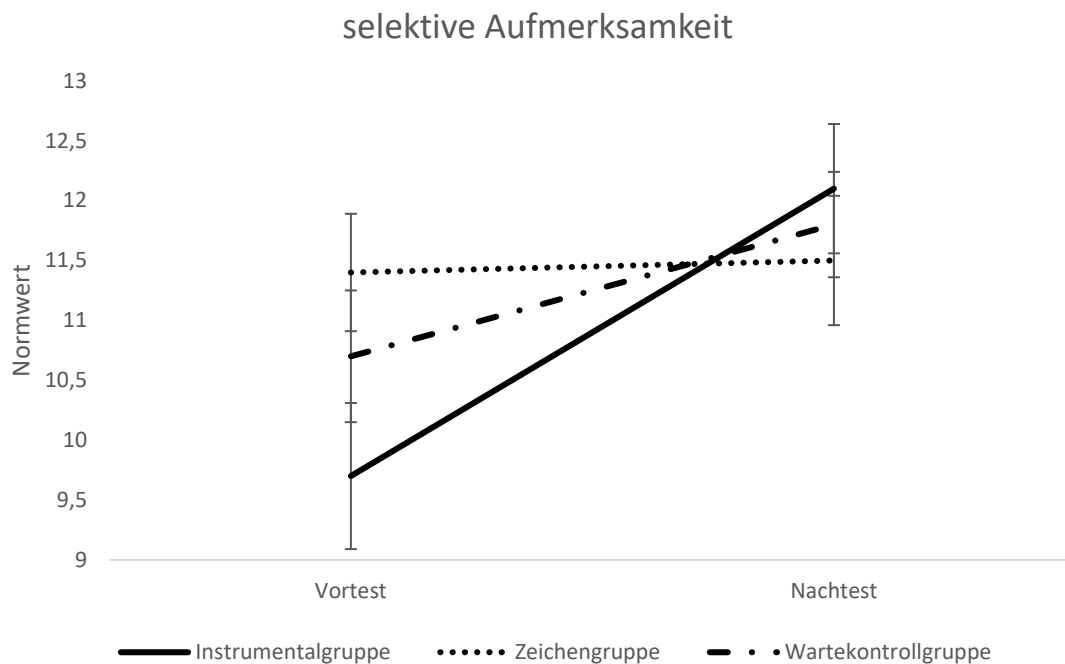


Abbildung 5. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Tests zur selektiven Aufmerksamkeit (Untertest Auditory Attention aus der NEPSY-II) für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.

Kognitive Flexibilität. Das Set-Shifting betreffend ergab die 2 x 3 ANOVA einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Messzeitpunkt, $F(1,91) = 48.66$, $p < .001$, $\eta^2 = .35$, der zeigt, dass alle Kinder zum Nachtest signifikant mehr richtige Sortierungen in dem Kartensortiertest fanden ($M = 4.26$, $SD = 2.19$) als zum Vortest ($M = 2.42$, $SD = 1.88$). Das Modell wies hingegen keinen signifikanten Gruppeneffekt $F(2,90) = 1.39$, $p = .26$, $\eta^2 = .03$ sowie keine signifikante Messzeitpunkt x Gruppe Interaktion auf $F(2,90) = 2.17$, $p = .12$, $\eta^2 = .05$. Insgesamt zeigten die Analysen, dass sich alle Gruppen insgesamt in der Aufgabe verbesserten, aber liefern keinen Hinweis darauf, dass es gruppenspezifische Entwicklungen vom Vor- zum Nachtest gab.

Die 2 x 3 ANOVA für die Aufgabe zur figuralen Flüssigkeit ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, nach welchem sich die Kinder insgesamt vom

Vor- ($M = 9.36$, $SD = 1.92$) zum Nachtest ($M = 11.00$, $SD = 2.43$) in dieser Aufgabe steigerten. Wir fanden hingegen keinen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe, $F(2,90) = 0.03$, $p = .97$, $\eta^2 = .00$, sowie keine signifikante Gruppe x Messzeitpunkt Interaktion, $F(2,90) = 0.21$, $p = .81$, $\eta^2 = .01$.

Visuelles Arbeitsgedächtnis. Bezogen auf das visuelle Arbeitsgedächtnis ergaben die Analysen für den Untertest *Matrix Spanne* einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, $F(1,91) = 17.43$, $p < .001$, $\eta^2 = .16$, welcher zeigt, dass sich die Kinder insgesamt signifikant in diesem Untertest vom Vor- ($M = 49.95$, $SD = 9.55$) zum Nachtest ($M = 53.60$, $SD = 7.84$) verbessert haben. Darüber hinaus zeigten die Analysen aber keinen signifikanten Gruppeneffekt, $F(2,90) = 0.44$, $p = .64$, $\eta^2 = .01$, und auch keine signifikante Gruppe x Messzeitpunkt Interaktion, $F(2,90) = 1.89$, $p = .16$, $\eta^2 = .04$.

Die 2 x 3 ANOVA für den *Corsi-Block-Test* ergab ebenfalls einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, $F(1,91) = 13.55$, $p < .001$, $\eta^2 = .13$, wonach die Kinder insgesamt ihre Leistung in dieser Aufgabe vom Vor- ($M = 47.16$, $SD = 8.32$) zum Nachtest ($M = 50.22$, $SD = 7.41$) verbesserten. Die Analysen zeigten keinen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe ($p > .05$), aber eine signifikante Gruppe x Messzeitpunkt Interaktion $F(2,91) = 3.69$, $p = .029$, $\eta^2 = .08$. Die nachfolgend berechneten 2 x 2 ANOVAs ergaben sowohl eine signifikante Interaktion zwischen der Instrumental- und der Wartegruppe, $F(2,91) = 6.12$, $p = .016$, $\eta^2 = .09$, als auch zwischen der Instrumental- und der Zeichengruppe, $F(2,91) = 4.61$, $p < .036$, $\eta^2 = .08$. Die ANOVA zwischen der Zeichen- und der Wartegruppe zeigte hingegen keine signifikante Interaktion ($p > .05$). Um zu analysieren, wie sich die einzelnen Gruppen über die Messzeitpunkte hinweg entwickelten, wurden jeweils abhängige t -Tests gerechnet. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigten, dass sich die Instrumentalgruppe signifikant vom Vor- ($M = 45.22$, $SD = 8.95$) zum Nachtest ($M = 52.11$, $SD = 5.81$) verbesserten, $t(26) = -3.61$, $p = .001$. Die Berechnung der korrigierten Effektstärke ergab, dass es sich hierbei um einen mittleren Effekt handelte, $d_{RM} = 0.59$. Die abhängigen t -Tests für die Zeichen und die Wartekontrollgruppe wiesen auf keine signifikante Leistungssteigerung dieser Gruppen hin ($ps > .05$). Um Gruppenunterschiede zum Nachtest zu überprüfen, wurden unabhängige t -Tests gerechnet, die auf keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinwiesen, $ps > .05$ (siehe Abbildung 6).

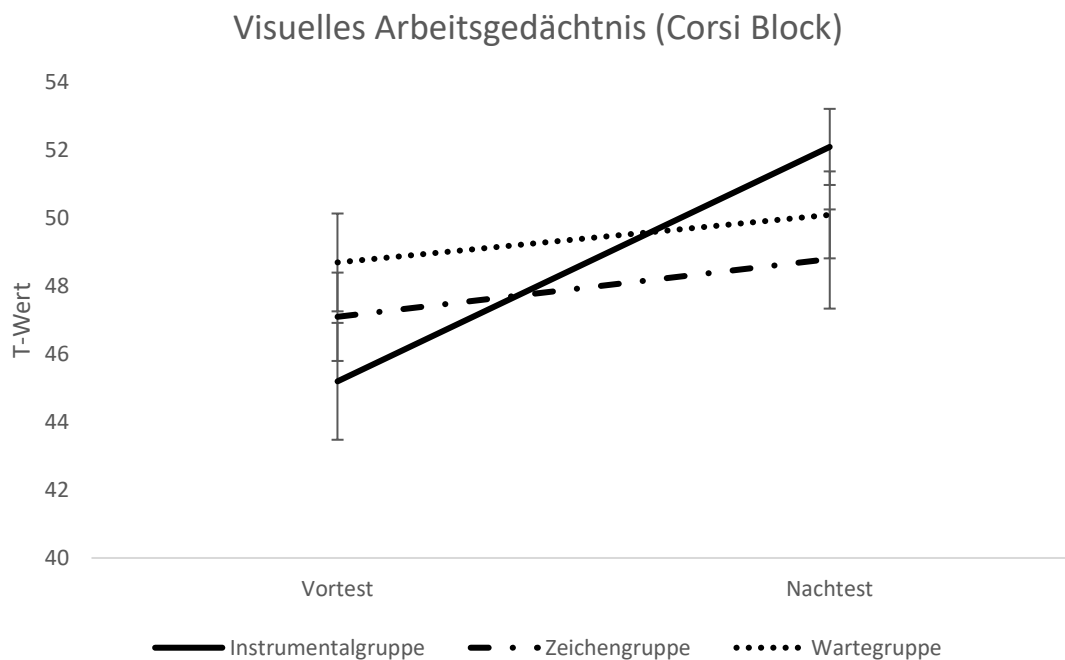


Abbildung 6. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Corsi Block Tests aus der AGTB 5-12 für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.

Planen. Die Analysen zum Untertest für Planen zeigten einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, $F(1,91) = 208.59$, $p < .001$, $\eta^2 = .70$, welcher darauf hindeutet, dass sich die Kinder insgesamt in dieser Aufgabe vom Vor- ($M = 47.21$, $SD = 8.41$) zum Nachtest ($M = 60.18$, $SD 6.71$) verbesserten. Wir fanden hingegen keinen Haupteffekt für die Gruppe, $F(2,90) = 0.15$, $p = .86$, $\eta^2 = .00$, sowie keine signifikante Gruppe x Messzeitpunkt Interaktion, $F(2,90) = 0.39$, $p = .68$, $\eta^2 = .01$.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Instrumentalgruppe in einigen Aufgaben der exekutiven Funktionen größere Leistungssteigerungen vorweisen als die zwei Kontrollgruppen. Wir fanden einen Einfluss des Instrumentalunterrichts auf die Aufgaben zur Verhaltensinhibition, zur selektiven Aufmerksamkeit und zum visuellen Arbeitsgedächtnis. Hingegen konnten wir für die Aufgaben zum Shifting, zur figuralen Flüssigkeit sowie zum Planen und Organisieren keine gruppenspezifischen Entwicklungen finden. Bei diesen Testaufgaben der exekutiven Funktionen entwickelten sich alle Gruppen ähnlich über die Messzeitpunkte hinweg, indem sie eine generelle Leistungssteigerung zeigten.

2.5 Diskussion

2.5.1 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse

Studie 1 wurde durchgeführt, um den kausalen Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen zu prüfen. Der Fokus dieser Studie lag insbesondere auf dem maximal methodisch kontrollierten Design, um einen potenziellen Einfluss des Instrumentalunterrichtsnachweisen zu können. Das zweite Ziel der Studie bestand darin, herauszufinden, welche Komponenten der exekutiven Funktionen durch ein Instrumentaltraining bei Kindern im Alter zwischen 6 und 7 Jahren verbessert werden. Drittens sollte Studie 1 Aufschluss über den spezifischen Einfluss des Instrumentalunterrichts geben.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ungefähr acht Monate Instrumentalunterricht verschiedene Komponenten der Inhibition (Verhaltensinhibition und selektive Aufmerksamkeit) sowie das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis fördert. Dadurch, dass die Kinder in dieser Studie zufällig auf die drei Gruppen aufgeteilt wurden und sich diese im Hinblick auf verschiedene Kontrollvariablen nicht signifikant voneinander unterscheiden, weisen die Ergebnisse darauf hin, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen dem Instrumentalunterricht und der positiven Entwicklung einiger exekutiven Funktionen besteht. Des Weiteren wurde neben der passiven Wartekontrollgruppe eine aktive Kontrollgruppe in das Design miteingeschlossen, die mit dem Zeichenunterricht ebenfalls eine vergleichbare künstlerische Freizeitbeschäftigung erhielt. Dementsprechend können wir davon ausgehen, dass es sich bei den gefundenen Ergebnissen tatsächlich um einen spezifischen Effekt des Instrumentalunterrichts handelt.

Überdies zeigen die Ergebnisse von Studie 1, dass in der Freizeit ausgeübter Instrumentalunterricht nur einige Bereiche der exekutiven Funktionen in dem untersuchten Alter fördert. Dies umfasst nur die Komponenten der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses. Dementgegen wurden die Aufgaben zur Erfassung der dritten Kernkomponente, der kognitiven Flexibilität, nicht durch eines der Trainings beeinflusst. Ebenso zeigte sich kein Effekt auf das Planen, welches zu den exekutiven Funktionen höherer Ordnung gezählt wird. Unter der Annahme, dass sich nicht alle Komponenten der exekutiven Funktionen zeitgleich entwickeln und die Effektivität eines Trainings an bestimmte Entwicklungsfenster gekoppelt sein könnte, scheinen diese Befunde durchaus plausibel. Da sich insbesondere inhibitorische Fähigkeiten im Vorschul- und frühen Schulalter stark entwi-

ckeln (Wiebe et al., 2008), scheint es begründbar, dass in dieser Phase ein Training besonders wirksam sein kann. Ebenso entwickelt sich auch das Arbeitsgedächtnis bereits in jüngeren Jahren, wohingegen die kognitive Flexibilität einen langsameren Entwicklungsverlauf zeigt und Fähigkeiten der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses voraussetzt (Best & Miller, 2010). Des Weiteren hängen Aufgaben der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses eng miteinander zusammen, wodurch die Komponenten schwer voneinander trennbar sind. Dementsprechend wäre es auch denkbar, dass der größte Einfluss bei einer der beiden Komponenten liegt und diese die Leistung in der anderen Komponente beeinflusst.

Wie bereits angesprochen könnte also der Befund in der vorliegenden Studie, dass der Instrumentalunterricht keinen Einfluss auf die Aufgaben zum Set-Shifting und der figuralen Flüssigkeit zeigten – beides Teilaspekte der kognitiven Flexibilität (Diamond, 2013) – darin begründet liegen, dass eine Beeinflussung dieser Fähigkeiten an ein späteres Zeitfenster in der kindlichen Entwicklung geknüpft ist. Zwar konnten vorausgegangene Studien einen Einfluss von Musikunterricht auf Fähigkeiten des Set-Shiftings nachweisen (Holochwost et al., 2017), allerdings waren die meisten Kinder dieser Stichprobe deutlich älter ($M = 10.2$ Jahre, $SD = 2.15$ Jahre). Darüber hinaus war die Interventionsphase bei Holochwost et al. (2017) länger und von höherer Intensität, weswegen es ebenso möglich wäre, dass erst eine längere und intensivere Trainingsdauer einen Einfluss auf die kognitive Flexibilität ausübt. Dementgegen stehen aber die Ergebnisse von Shen et al. (2019), welche nahelegen, dass auch eine kürzere musikalische Intervention von 12 Wochen bei Kindern im Vorschulalter zu einer Verbesserung im Set-Shifting führen kann. Die abweichenden Ergebnisse unserer Studie im Vergleich zu dieser Studie könnten mit der Komplexität der angewandten Aufgaben zusammenhängen. Während bei Shen et al. mit dem *Dimensional Change Card Sort (DCCS)* basale Shifting-Fähigkeiten erfasst wurden, umfasste das *Animal Sorting* in unserer Studie deutlich komplexere Shifting-Leistungen. Anders als im *DCCS* müssen beim *Animal Sorting* die Kategorien, anhand derer die Karten sortiert werden können, selbst gefunden werden. Dies passt wiederum zu den Befunden, dass in der früheren Kindheit einfache Shifting-Leistungen bereits vorhanden sind, sich komplexere Shifting-Leistungen aber erst später ausbilden (Crone et al., 2004). Dementsprechend ist es möglich, dass die Stichprobe in dieser Studie genau zwischen zwei dynamischen Phasen zur Entwicklung der Shifting-Leistungen liegt und folglich in diesem Alter ein Training bei (normalentwickelten) Kindern keinen Einfluss

auf diese Fähigkeiten ausüben kann. Um den Einfluss musikalischen Trainings auf komplexere Shifting-Leistungen untersuchen zu können, müsste möglicherweise – wie bei Holochwost et al. (2017) – eine ältere Stichprobe untersucht werden.

Überdies konnte in Studie 1 kein Effekt des Instrumentalunterrichts auf den Test zum Planen gezeigt werden, obwohl auch hier vorausgegangene Studien auf einen Zusammenhang hindeuteten (Degé et al., 2011b; Jaschke et al., 2018). Wie in vorherigen Überlegungen zum Set-Shifting könnte eine mögliche Erklärung darin bestehen, dass die Trainingsdauer nicht ausreichend war oder das spezifische Zeitfenster nicht getroffen wurde, um diese Komponente zu beeinflussen. Ferner war der angewandte Test für Kinder ab sieben Jahren konzipiert und das Lesen der Uhr Voraussetzung. Da die meisten Kinder zum Vortest erst sechs Jahre alte waren und die Uhr noch nicht kannten, wäre es möglich, dass sich daher nur ein reiner Entwicklungseffekt vom Vor- zum Nachtest in allen Gruppen zeigte. Darüber hinaus waren in dieser Aufgabe ebenso wie in der Aufgabe zur figuralen Flüssigkeit feinmotorische Fähigkeiten gefordert, in der Weise, dass mit einem Bleistift gezeichnet werden musste. Während des ersten Schuljahres erlernen Kinder insbesondere den Schriftspracherwerb, wodurch graphomotorische Fähigkeiten stark gefordert und gefördert werden. Folglich ist es denkbar, dass eine starke allgemeine Verbesserung dieser Fähigkeiten einen möglichen Trainingseffekt überlagert hat. Dementsprechend könnte auch die Aufgabenverunreinigung (*task impurity*; Miyake et al., 2000) ein Faktor sein, der die Ergebnisse zu jenen Komponenten der exekutiven Funktionen beeinflusste.

Zusammenfassend lässt sich aus den Ergebnissen dieser Studie ableiten, dass Instrumentalunterricht Bereiche der Verhaltensinhibition, der selektiven Aufmerksamkeit und des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses fördern kann. Dementsprechend stützt diese Studie Ergebnisse vorausgegangener Trainingsstudien, die bereits darauf hindeuteten, dass Musikunterricht exekutive Funktionen im Kindesalter positiv beeinflussen (z.B. Holochwost et al., 2017). Ebenso erweitert unsere Studie den bisherigen Kenntnisstand dahingehend, dass wir nun einerseits einen kausalen und musikspezifischen Zusammenhang nachweisen und darüber hinaus zeigen konnten, dass reiner Instrumentalunterricht – wie er in Deutschland häufig als Freizeitbeschäftigung ausgeübt wird – ebenso exekutive Funktionen im Kindesalter positiv beeinflusst wie umfassende musikalische Programme, die im schulischen Kontext implementiert sind (z.B. Degé et al., 2011b; Jaschke et al., 2018). Darüber hinaus deuten die Ergebnisse dieser Studie aber auch darauf hin,

dass die Effektivität eines Trainings möglicherweise an die Entwicklungsphasen der exekutiven Funktionen gekoppelt ist, sodass nicht alle Komponenten der exekutiven Funktionen in jedem Alter durch ein Training erreicht werden können.

2.5.2 Limitationen und Ausblick

Trotz des methodisch maximal kontrollierten Designs weist auch diese durchgeführte Studie einige Grenzen auf. Die Randomisierung der Kinder auf die drei Gruppen war zwar methodisch notwendig, um den kausalen Zusammenhang prüfen zu können, entspricht aber eher weniger der Realität und führte dazu, dass einige Kinder über ihre Gruppenzuweisung enttäuscht waren. Da dies aber in allen drei Gruppen der Fall war, halten wir es für unwahrscheinlich, dass dies die Ergebnisse tatsächlich beeinflusst hat. Dennoch wäre es für nachfolgende Studien empfehlenswert, die Motivation der Kinder, mit welcher sie an dem Training teilgenommen haben, zu erfassen, da diese auch einen Einfluss auf die Ergebnisse nehmen könnte (Miendlarzewska & Trost, 2014).

Bezogen auf den Dropout ist festzustellen, dass eine Abbruchrate von 14% dem entspricht, was in einem längsschnittlichen Design zu erwarten ist (Menard, 2007). Dabei war die Abbruchrate in der Instrumentalgruppe zwar am größten, unterschied sich aber nicht signifikant von der Abbruchrate der Zeichengruppe. Die Kinder des Dropouts zeigten keine signifikanten Unterschiede in den Kontrollvariablen zu der übrigen Stichprobe, aber schienen in der Tendenz einen geringeren Gesamt-IQ aufzuweisen ($p = .08$) und auch eher aus Elternhäusern zu kommen mit einer geringeren elterlichen Ausbildung im Vergleich zur restlichen Stichprobe ($p = .06$), was ein Hinweis darauf sein könnte, dass ein höherer IQ und eine bessere elterliche Ausbildung positiv mit der konsequenten Teilnahme an einem der Trainings verbunden ist. Da sich die Zahlen des Dropouts zwischen den beiden Interventionsgruppen aber nicht unterschieden, ist dies für die Interpretation der Ergebnisse nicht von Bedeutung. Hingegen wäre es interessant zu erfahren, warum diese Kinder die Trainings und die Studienteilnahme nicht weiterverfolgten. Ein naheliegender Grund wäre, dass diese Kinder ein geringes musikalisches oder künstlerisches Interesse aufwiesen und sie deshalb die Teilnahme vorzeitig beendeten. Eine weitere denkbare Möglichkeit wäre auch, dass die Eltern sie weniger unterstützten (z.B. bei den Hausaufgaben, zum Unterricht fahren oder zur weiteren Teilnahme motivieren). Nachfolgende Studien könnten dementsprechend den Fokus darauflegen, zu untersuchen, welche Fak-

toren die regelmäßige Ausübung einer Freizeitbeschäftigung wie beispielsweise Musizieren begünstigen und wie man Familien unterstützen könnte solche Angebote für ihre Kinder wahrzunehmen.

Da wir in unserer Studie den Einfluss des Instrumentaltrainings nur auf einige, aber nicht alle gemessenen exekutiven Funktionen nachweisen konnten, wäre es darüber hinaus erstrebenswert zu untersuchen, inwiefern die Beeinflussbarkeit der exekutiven Funktionen durch ein Training tatsächlich altersabhängig ist und ob dabei die dynamischen Entwicklungsphasen der exekutiven Funktionen eine Rolle spielen.

2.5.3 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse aus Studie 1 zeigen, dass Instrumentalunterricht exekutive Funktionen bei Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren fördert. Dies umfasst insbesondere Komponenten der Inhibition und des Arbeitsgedächtnisses. Dadurch, dass wir ein randomisiertes Trainingsdesign mit einer aktiven und einer passiven Kontrollgruppe anwendeten, konnten wir nachweisen, dass es sich dabei tatsächlich um einen spezifischen Effekt des Instrumentalunterrichts handelt. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen außerdem, dass nicht alle exekutiven Funktionen durch den Instrumentalunterricht beeinflusst wurden. Zukünftige Studien könnten ältere Altersgruppen untersuchen, um zu überprüfen, inwiefern die Wirksamkeit eines Trainings für die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen altersabhängig ist.

3 Der Einfluss unterschiedlicher musikalischer Interventionen auf exekutive Funktionen im Vorschulalter (Studie 2)

Eine ähnliche Version dieses Kapitels wurde veröffentlicht als:

Frischen, U., Schwarzer, G., & Degé, F. (2019). Comparing the Effects of Rhythm-Based Music Training and Pitch-Based Music Training on Executive Functions in Preschoolers. Frontiers in Integrative Neuroscience, 13(August), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00041>

3.1 Hintergrund

Vorausgegangene Studien deuteten bereits auf einen Einfluss von musikalischen Interventionen auf exekutive Funktionen im Kindesalter hin (z.B. Degé et al., 2011b; Jaschke et al., 2018). Mit Studie 1 konnten wir nachweisen, dass Instrumentalunterricht exekutive Funktionen bei Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren fördert und dabei insbesondere Komponenten der Inhibition (selektive Aufmerksamkeit und Verhaltensinhibition) und des visuellen Arbeitsgedächtnisses angesprochen werden. Mit diesem Ergebnis konnten wir zeigen, dass nicht nur umfassende musikalische Trainings, welche mehrere Komponenten wie Instrumentalspiel, Musiktheorie und Singen beinhalten und im Schulkontext implementiert sind, sondern auch reines Instrumentalspiel als Freizeitbeschäftigung einen Einfluss auf exekutive Funktionen ausübt. Da aber auch Instrumentalspiel mehrere Komponenten wie rhythmische und melodische Aspekte beinhaltet, bleibt auch hier letztlich unklar, ob es einen bestimmten Aspekt beim Musizieren gibt, der sich besonders auf exekutive Funktionen auswirkt. Des Weiteren eignet sich Instrumentalunterricht – wie er in Studie 1 untersucht wurde – weniger als Intervention für jüngere Kinder im Vorschulalter, da in diesem Alter eher elementare musikpraktische Programme angemessen sind.

Bezogen auf das Vorschulalter zeigen bisherige experimentelle Studien sowohl einen Einfluss von computerbasiertem Musiktraining (Moreno et al., 2011) als auch von einem vielseitigen musikpraktischem Training (Bugos & DeMarie, 2017) auf exekutive Funktionen. Da insbesondere in der Studie von Bugos & DeMarie (2017) ein sehr umfassendes Training eingesetzt wurde, welches viele verschiedene Komponenten, wie bimanuelle Koordination, gemeinsames Singen, Stimmbildung und Improvisation, miteinander vereinte, bleibt der Einfluss der einzelnen Trainingskomponenten auf exekutive Funktionen unklar. In diesem Zusammenhang wäre einerseits denkbar, dass ein musikalisches Training eine bestimmte Komponente beinhaltet, die einen Einfluss auf exekutive Funk-

tionen ausübt oder dass verschiedene Komponenten musikalischen Trainings differenziell wirken und jeweils spezifische exekutive Funktionen fördern können. Miendlarzewska & Trost (2014) vermuten, dass insbesondere der Rhythmus eine zentrale Komponente musikalischen Trainings sein könnte, welche generell zu positiven Einflüssen auf kognitive Fähigkeiten führt. In ihrem Review begründen sie diese Vermutung mit der *dynamic attending theory* (Jones & Boltz, 1989), nach welcher rhythmische Muster in der Musik wahrgenommen werden, indem Aufmerksamkeitsprozesse an die auditiv wahrgenommenen Rhythmen koppeln. Im Englischen wird dieser Vorgang auch als *Entrainment* (Synchronisation) bezeichnet. Diese *rhythmische Synchronisation* kann darüber hinaus auch auf Verhaltensebene erfolgen. Beim Musizieren liegt eine rhythmische Synchronisation beispielsweise dann vor, wenn der generierte musikalische Output zu einem wahrgenommenen Rhythmus synchronisiert ist (z.B. Klatschen zu einem Metrum). Dementsprechend ließe sich vermuten, dass musikalische Aktivitäten, welche die Wahrnehmung und Produktion von Rhythmen beinhalten, Aufmerksamkeitsprozesse trainieren und sich dadurch auch auf weitere kognitive Fähigkeiten positiv auswirken.

Im Zusammenhang mit rhythmischen Fähigkeiten zeigen Studienergebnisse, dass musikalisches Training die Genauigkeit, Rhythmen zu produzieren bei Kindern verbessert (Slater, Tierney, & Kraus, 2013). Außerdem gibt es Hinweise darauf, dass PerkussionistInnen bessere inhibitorische Fähigkeiten aufweisen als VokalistInnen und Nicht-MusikerInnen und dass inhibitorische Fähigkeiten generell positiv mit Instrumentalspiel assoziiert sind (Slater, Azem, Nicol, Swedenborg, & Kraus, 2017). Außerdem zeigte sich, dass die Fähigkeit, konsistent einen Rhythmus zu trommeln, mit besserer Inhibition bei MusikerInnen und Nicht-MusikerInnen zusammenhängt (Slater, Ashley, Tierney, & Kraus, 2018). Aus diesen Studienergebnissen lässt sich die Vermutung ableiten, dass insbesondere das Training rhythmischer Fähigkeiten und die rhythmische motorische Kontrolle, wie sie beim Instrumentalspiel und insbesondere bei PerkussionistInnen erforderlich ist, zu verbesserten inhibitorischen Fähigkeiten führen könnte (Winsler, Ducenne, & Koury, 2011).

3.2 Ziele der Studie

Mit Studie 2 soll geprüft werden, inwiefern verschiedene Arten von Musiktrainings differenzielle Effekte auf exekutive Funktionen bei Kindern im Vorschulalter zeigen. Dabei wird sich zum einen auf ein rhythmusbasiertes musikalisches Training und zum anderen auf ein sing- und intonationsbasiertes musikalisches Training fokussiert. Als

Kontrollintervention dient ein Sport- und Yogatraining, welches keine musikalischen Aspekte beinhaltet. Da bislang vermutet wird, dass rhythmische Synchronisation und rhythmisch-motorische Kontrolle wichtige Aspekte eines musikalischen Trainings darstellen könnten, die kognitive Fähigkeiten bei Kindern beeinflussen (Miendlarzewska & Trost, 2014; Winsler et al., 2011), wird vorhergesagt, dass insbesondere das rhythmusbasierte Musiktraining, welches ein hohes Maß an rhythmischer Synchronisation und rhythmisch-motorischer Kontrolle erfordert, einen größeren Einfluss auf exekutive Funktionen ausübt als ein sing- und intonationsbasiertes musikalisches Training oder ein Sport- und Yogatraining. Dabei erwarten wir insbesondere einen positiven Einfluss auf inhibitorische Fähigkeiten, da Studie 1 bei etwas älteren Kindern und vorausgegangene Studien im Vorschulalter bereits die Wirksamkeit eines Musiktrainings auf diese Komponente der exekutiven Funktionen zeigen konnten (Bugos & DeMarie, 2017).

Ein zweites Ziel von Studie 2 liegt außerdem darin, wiederum zu prüfen, welche exekutiven Funktionen in dieser nun etwas jüngeren Altersgruppe von einem Training profitieren. Die Ergebnisse von Shen et al. (2019) legen nahe, dass auch im Vorschulalter weitere Komponenten der exekutiven Funktionen durch ein Training beeinflusst werden können. Daher erfassten wir in dieser Studie neben der Inhibition auch die beiden anderen Hauptkomponenten Arbeitsgedächtnis und kognitive Flexibilität. Um auch in dieser Studie den kausalen Zusammenhang prüfen zu können, wenden wir ebenso wie in Studie 1 ein randomisiertes Prä-Post-Trainingsdesign unter Implementierung einer aktiven Kontrollgruppe an.

3.3 Methode

Die Studie wurde in Übereinkunft mit der Ethikkommission des Fachbereichs 06 Psychologie und Sportwissenschaft der JLU Gießen durchgeführt.

3.3.1 Stichprobe

An der Studie nahmen insgesamt 95 Kinder (57 Mädchen) im Alter von fünf bis sechs Jahren ($M = 5.7$ Jahre, $SD = 0.3$ Jahre) aus verschiedenen Kindergärten in Gießen und Umgebung teil. Diese wurden zufällig auf eine Sing- und Intonationsgruppe ($n = 32$), eine Rhythmusgruppe ($n = 33$) und eine Sportkontrollgruppe aufgeteilt ($n = 30$). Da einige Kinder eine sehr geringe Beteiligung an den Trainingseinheiten vorwiesen, wurde eine Trainingsbeteiligung von mindestens 66% als Einschlusskriterium festgelegt, sodass von

der ursprünglichen Stichprobe noch 76 Kinder (46 Mädchen) in die Analysen mit einbezogen wurden. Keines dieser Kinder erhielt Instrumentalunterricht oder nahm regelmäßig an einer musikalischen Gruppe in der Freizeit teil. Einige Kinder (16%) hatten in der Vergangenheit einen Kurs zur musikalischen Früherziehung im Kindergarten erhalten. Der sozioökonomische Status der Kinder wurde über das Familieneinkommen sowie die elterliche Ausbildung über einen Fragebogen ermittelt. Die meisten Kinder (ca. 65%) kamen aus Elternhäusern, in welchem beide Eltern keinen Hochschulabschluss vorwiesen, 16% der Kinder hatten einen Elternteil mit einem Hochschulabschluss und bei 11% der Kinder lag bei beiden Elternteilen ein abgeschlossenes Hochschulstudium vor. Einige Familien gaben keine Auskunft über die elterliche Ausbildung (9%). Das monatliche Netto-Familieneinkommen bewegte sich zwischen weniger als 1.000€ (8%) bis zu mehr als 5.000€ (3%). Die meisten Familien gaben ein monatliches Familieneinkommen zwischen 1.000€ und 2.000€ (28%) oder zwischen 2.000€ und 3.000€ (20%) an. Einige Familien machten keine Angaben zu ihrem monatlichen Netto-Familieneinkommen (18%).

3.3.2 Messinstrumente

Kontrollvariablen. Demographische Daten wie die elterliche Ausbildung, das Familieneinkommen oder die musikalische Vorbildung der Kinder wurde über einen Elternfragebogen ermittelt. Die elterliche Ausbildung wurde dabei folgendermaßen kodiert: 0 = beide Eltern ohne Hochschulabschluss, 1 = ein Elternteil mit Hochschulabschluss, 2 = beide Eltern mit Hochschulabschluss. Das monatliche Familieneinkommen wurde kategoriell mit sechs Abstufungen von „weniger als 1.000€“ bis hin zu „mehr als 5.000€“ erfasst. Die Dauer der Teilnahme an der musikalischen Früherziehung wurde in Monaten erfragt. Darüber hinaus füllten die Eltern das *Big Five Inventory (BFI*; Rammstedt & Danner, 2017) für ihre Kinder aus. Dieser Fragebogen besteht in der deutschen Version aus 45 Items und dient zur Erfassung der fünf Persönlichkeitsmerkmale Offenheit für Erfahrungen, Extraversion, Verträglichkeit, Gewissenhaftigkeit und Neurotizismus (eine genauere Beschreibung des Inventars befindet sich im Methodenteil von Studie 1; siehe Kapitel 3.2.2).

Um die fluide Intelligenz der Kinder zu messen, setzten wir die revidierte Version des *Culture Fair Tests, CFT 1-R* (Weiß & Osterland, 2012) ein. Dieser Intelligenztest besteht aus insgesamt sechs Untertests, die in zwei Testhälften aufgeteilt sind. Die Untertests der ersten Testhälfte dienen der Erfassung von figuraler Wahrnehmung und Verar-

beitungsgeschwindigkeit mit den Untertests *Substitutionen*, *Labyrinthe* und *Ähnlichkeiten*. Der zweite Testteil beinhaltet die Untertests *Reihenfortsetzen*, *Klassifikationen* und *Matrizen*, um figurales Denken zu ermitteln. Alle Untertests bestehen aus 15 Items, welche jeweils in einer vorgegebenen Zeit bearbeitet werden müssen. Jedes richtig bearbeitete Item ergibt einen Rohwert-Punkt. Der Test ist für Kinder im Alter zwischen 5,3 und 9,11 Jahren normiert. Die Test-Retestreliabilitäten liegen bei $r = 0.88$ für den ersten Testteil, $r = 0.94$ für den zweiten Testteil und $r = 0.95$ für den gesamten Test.

Um zu kontrollieren, mit wie viel Motivation die Kinder an den jeweiligen Trainingsprogrammen teilgenommen haben, erfassten wir diese alle fünf Wochen zum Ende einer Trainingswoche. Hierzu gaben die Kinder auf einer fünfstufigen Skala (mit Hilfe von fröhlichen und traurigen Gesichtern) an, wie viel Spaß ihnen das Training in der Woche bereitet hat (von „überhaupt keinen Spaß“ = sehr trauriges Gesicht bis „sehr viel Spaß“ = sehr fröhliches Gesicht). Für jedes Kind wurde aus den vier Messzeitpunkten zur Motivation ein Mittelwert gebildet.

Abhängige Variablen. Zur Erfassung der exekutiven Funktionen beschränkten wir uns jeweils auf einen Aspekt der drei Hauptkomponenten Inhibition, kognitive Flexibilität und das visuelle Arbeitsgedächtnis, um die Kinder durch sehr lange Testzeiten nicht zu sehr zu belasten. Überdies achteten wir darauf, möglichst spielerische Aufgaben anzuwenden, damit die Kinder motiviert sind, an den Erhebungen teilzunehmen. Dementsprechend und aufgrund des jüngeren Alters wählten wir zum Teil andere Tests zur Erfassung der exekutiven Funktionen als in Studie 1 aus.

Inhibition. Verhaltensinhibition wurde mit dem Untertest *Statue* aus der *NEPSY-II* (Korkman et al., 2007) gemessen. Mit diesem Untertest kann die motorische Persistenz, spontane Reizunterdrückung und dauerhafte Aufmerksamkeit der Kinder erfasst werden. In dieser Aufgabe wird das Kind dazu aufgefordert, die Haltung einer Statue einzunehmen (stehend, ein Arm ist halb nach vorne ausgestreckt und mit der Hand eine Faust formend – so als wenn man eine Fackel oder eine Fahne trägt). Dabei hält sich das Kind zur Stabilisation mit einer Hand am Tisch fest. Nachdem es die korrekte Haltung eingenommen hat, wird das Kind instruiert, zu Stein zu erstarren, die Augen zu schließen, sich nicht zu bewegen, nicht verbal zu äußern und nicht die Augen zu öffnen bis ihm mitgeteilt wird, dass die Zeit vorbei ist. Nach vorgegebenen Zeitabständen übt die Versuchsleiterin verschiedene Ablenkungsreize aus (z.B. einen Stift auf den Tisch fallen lassen, Husten, sich räuspern), auf die das Kind nicht reagieren darf. Jedes Mal, wenn das Kind in Form von

Körperbewegungen, verbalen Äußerungen oder dem Öffnen der Augen eine Reaktion zeigt, wird dies als Fehler notiert. Auf dem Protokollbogen wird für jedes Fünfsekundenintervall eingetragen, ob das Kind einen (= ein Punkt), zwei (= null Punkte) oder keinen Fehler (= zwei Punkte) für dieses Intervall begangen hat. Nach 75 Sekunden wird ein Signal gegeben, dass die Zeit vorbei ist und das Kind sich wieder bewegen, die Augen öffnen und sprechen darf. Zur Ermittlung der alterskorrigierten Normwerte werden alle Rohpunkte zusammengezählt und die Gesamtpunktzahl in einen Normwert transferiert. Die Test-Retest-Reliabilität ist für diesen Untertest mit $r = 0.88$ für Kinder im Alter von 5 bis 6 Jahren angegeben.

Kognitive Flexibilität. Zur Erfassung der kognitiven Flexibilität der Kinder setzten wir den *Dimensional Change Card Sort* ein (DCCS; Zelazo, 2006). Dies ist ein Kartensortiertest zur Messung von Set-Shifting, bei welchem Kinder Bildkarten von einem Stapel ziehen und diese anhand von wechselnden Regeln zu zwei Zielkarten sortieren sollen. Bei den Zielkarten handelt es sich um ein rotes Boot und um einen blauen Hasen. Auf den Karten vom Stapel sind hingegen entweder ein blaues Boot oder ein roter Hase abgebildet. Zunächst lernen die Kinder die Regel, dass sie die Karten anhand der Farbe zu den Zielkarten sortieren sollen. Ein roter Hase kommt also zum roten Boot und ein blaues Boot kommt zum blauen Hasen. Nach 6 Trials stoppt die Versuchsleiterin das Kind und erklärt ihm eine neue Spielregel, nach welcher es die Karten nicht mehr anhand der Farbe, sondern anhand der abgebildeten Form sortieren soll (weitere 6 Trials), sodass nun ein Boot zu einem Boot und ein Hase zu einem Hasen sortiert werden muss. Nachdem das Kind alle Karten vom Stapel sortiert hat, wird eine Erweiterungsregel eingeführt, bei welcher die gelernten Regeln wechselnd angewendet werden müssen. Immer wenn die Karte schwarz umrandet ist, soll das Kind die Karte nach der Farbe sortieren und immer, wenn die Karte nicht schwarz umrandet ist, soll das Kind die Karte nach der Form sortieren. Diese Erweiterung wird noch einmal mit 12 Karten gespielt. Die Berechnung der Gesamtsumme für den DCCS erfolgte wie bei Zelazo (2006) für die Anwendung des gesamten Tests (inklusive Erweiterung) vorgeschlagen. Demnach erhält ein Kind null Punkte, wenn es bereits in der ersten Bedingung eine Karte falsch sortiert, einen Punkt, wenn in der ersten Bedingung alle Karten richtig sortiert wurden, zwei Punkte wenn in der zweiten Bedingung mindestens fünf von sechs Karten richtig sortiert wurden und drei Punkte, wenn in der Erweiterung mindestens neun von zwölf Karten richtig sortiert wurden. Der DCCS weist eine Intra-Klassenkorrelation von $ICC = 0.94$ für die einfache Version ohne

Erweiterung und von $ICC = 0.90$ für die Version mit dem Erweiterungsteil auf. (Beck, Schaefer, Pang, & Carlson, 2011).

Arbeitsgedächtnis. Das visuelle Arbeitsgedächtnis wurde wie in Studie 1 mit den beiden Untertests *Matrix-Spanne* und *Corsi Block* aus der *Arbeitsgedächtnistestbatterie für Kinder im Alter von 5-12 Jahren* (AGTB 5-12, Hasselhorn et al., 2012) gemessen. Eine genauere Beschreibung dieser Testaufgaben befindet sich im Methodenteil von Studie 1 (siehe Kapitel 2.3.2).

3.3.3 Interventionen

Alle Gruppen erhielten dreimal pro Woche 20-minütige Übungseinheiten über einen Zeitraum von 20 Trainingswochen. Die Gruppengröße umfasste dabei fünf bis acht Kinder. Für alle Trainingsprogramme wurde ein Manual erstellt, nach welchem die Übungen durchgeführt wurden. Dabei orientierten wir uns an den Trainingsmanualen von Patscheke, Degé, & Schwarzer (2018). Die beiden Musiktrainings basierten auf einem etablierten Standardwerk zur musikalischen Früherziehung, dem *Musikater*, herausgegeben von Nykrin, Widmer, & Grüner (2007). Für das Sport-/Yogatraining wurde auf *Yoga und aktive Spiele für Kinder* von Dunemann-Gulde (2007) zurückgegriffen.

Für jeden Kindergarten wurden feste ÜbungsleiterInnen (studentische Hilfskräfte und die Studienleiterin selbst) festgelegt, die die Trainings durchführten. Um einen Trainerbias zu vermeiden, führten alle ÜbungsleiterInnen alle Arten von Trainings in den Kindergärten durch. Einmal pro Woche trafen sich alle ÜbungsleiterInnen, um die Aufgaben für die kommende Woche zu üben und vorzubereiten, damit sichergestellt war, dass alle Übungen in den verschiedenen Kindergärten möglichst gleich durchgeführt wurden. Typischerweise bestand eine Trainingseinheit aus zwei bis vier verschiedene Aufgaben, die zusammengekommen ungefähr 20 Minuten dauerten.

Sing- und Intonationstraining. Beim Sing- und Intonationstraining lag der Fokus auf der Stimmbildung, Stimmimprovisation und dem gemeinsamen Singen sowie der Diskrimination zwischen hohen und tiefen Tönen, verschiedenen Klangfarben, Geräuschen und Stimmen. Typische Aufgaben waren beispielsweise Klänge von einer CD zu hören und Bildern bzw. Instrumenten im Übungsheft zuzuordnen oder zu erkennen, ob es sich dabei um eine Frauen- eine Männer- oder eine Kinderstimme handelte. Singen und Intonation wurde mit dem *Call-and-Response-Prinzip* geübt, indem der bzw. die

Übungsleiter/in Intervalle, Dreiklänge oder kurze Melodien vorsang und die Kinder aufgefordert waren das Gehörte möglichst genau nachzusingen. Im Anschluss an diese Übungen wurden die Kinder zur Stimm- und Singimprovisation angeregt. Über das Vorspielen einzelner Töne auf Mallets, lernten die Kinder verschiedene Tonhöhen voneinander zu unterscheiden. Beim gemeinsamen Singen wurden kleine Kinder- und Volkslieder aus dem *Musikater* (z.B. *Zwei Gummibälle rund und schön*) miteinander eingeübt.

Rhythmustraining. Das Rhythmustraining beinhaltete insbesondere die Wahrnehmung, Produktion und Improvisation von Rhythmen. Dabei kamen Klanggesten (z.B. klatschen, patschen, stampfen), verschiedene Rhythmusinstrumente (z.B. Handtrommeln, Rasseln und Klanghölzer) sowie rhythmische Verse und Reime zum Einsatz. Typische Aufgaben zur Wahrnehmung und Synchronisation von Rhythmen waren beispielsweise Bewegungen zu einem vorgegebenen Metrum auszuführen, zu einer Musik zu tanzen, oder zu einem vergebenen Metrum bzw. zu einer Musik auf Handtrommeln mitzuspielen. Neben dem Erfassen und Produzieren von Rhythmen wurde auch zur Improvisation angeregt, indem es innerhalb der Übungen Phasen gab, in welcher einzelne Kinder frei spielten und der Rest der Gruppe pausierte.

Sporttraining. Das Sport- und Yogatraining umfasste verschiedene Übungen zur Körperwahrnehmung und -koordination, Balance, Kraft, Ausdauer und Entspannung. Typische Aufgaben waren beispielsweise Figuren und Übungen aus dem Yoga, Zielwerfen mit Bällen und Reissäckchen, Balance-Parcours oder Bewegungs- und Kooperationsspiele (z.B. Wäscheklammern klauen, gemeinsam als Raupe laufen oder der *Schubkarren-Lauf*). Jeder Trainingstag bestand aus einer Mischung von eher aktivierenden Bewegungsspielen sowie Übungen zur Körperwahrnehmung und Balance. Dabei wurden letztere immer am Ende des Trainings zum Entspannen durchgeführt.

3.3.4 Durchführung

Bevor die Studie begann wurde von allen Eltern die schriftliche Einwilligung zur Studienteilnahme ihrer Kinder eingeholt. Alle Testungen und Trainings fanden in den jeweiligen Kindergärten in einem separaten Raum statt. Die Testungen wurden einzeln mit den Kindern von erfahrenen studentischen Hilfskräften durchgeführt. Zum Vortest absolvierte jedes Kind zwei Testtage, an denen die exekutiven Funktionen und die Grundintelligenz erhoben wurden. Nach dem Vortest wurden die Kinder zufällig auf die Sing- und Intonationsgruppe, die Rhythmusgruppe oder die Sportkontrollgruppe verteilt.

Direkt im Anschluss an die 20-wöchige-Trainingsphase fanden die Nachtestungen statt, bei welchen die exekutiven Funktionen nochmals erfasst wurden. Nach dem Nachtest war die Studie beendet und alle Kinder erhielten als Dankeschön für ihre Studienteilnahme ein kleines Geschenk und eine Urkunde.

3.4 Ergebnisse

Eine a-priori-Power-Analyse, welche mit Hilfe des Programms *G*Power* (Faul et al., 2007) durchgeführt wurde, ergab, dass eine Stichprobengröße von insgesamt 66 Kindern für ein Design mit Messwiederholung und dem Zwischensubjektfaktor der Gruppe ausreichend ist, wenn wir von kleinen bis mittleren Effekten ausgehen würden ($f = 0.25$, $\alpha: 0.05$, Power ($1-\beta$): 0.95, Korrelationen zwischen den Messzeitpunkten: $r = 0.50$). Alle weiteren Analysen wurden mit *IBM® SPSS® Statistics 25* durchgeführt.

3.4.1 Vorabanalysen

Zunächst analysierten wir die Dropout-Rate, um zu überprüfen, ob sich die Kinder, die das Einschlusskriterium von einer Trainingsbeteiligung von min. 66% nicht erfüllten oder die die Studie abgebrochen hatten, von der restlichen Stichprobe unterschieden. Von den 95 Kindern wiesen 19 Kinder (18,1%) eine geringere Trainingsbeteiligung als 66% auf und wurden daher von den Analysen ausgeschlossen. Dies betraf 6 Kinder der Rhythmusgruppe, 6 Kinder der Singgruppe und 7 Kinder der Sportgruppe. Hauptgründe für die geringe Trainingsbeteiligung dieser Kinder war, dass die Studie über die Wintermonate durchgeführt wurde und einige Kinder während dieser Zeit häufiger erkrankten oder mit der Familie in den Urlaub fuhren. Unsere Analysen zeigten, dass sich die Kinder des Dropouts nicht signifikant von der restlichen Stichprobe in Bezug auf das Geschlecht, $\chi^2(1) = 0.04$, $p = .83$, das Alter, $t(93) = 0.31$, $p = .80$, die elterliche Ausbildung $t(82) = -0.86$, $p = .39$, das Familieneinkommen, $t(75) = -1.18$, $p = .24$ oder den IQ, $t(93) = -0.05$, $p = .96$, unterschieden.

Im nächsten Schritt verglichen wir die drei Gruppen im Hinblick auf die Kontrollvariablen miteinander, um systematische Unterschiede zwischen den Gruppen ausschließen zu können. Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, fanden wir keine systematischen Unterschiede bezogen auf die Geschlechterverteilung, das Alter, die Dauer der Teilnahme an einem musikalischen Früherziehungskurs, die elterliche Ausbildung oder die Persönlichkeit der Kinder. Die einfaktorielle ANOVA für das Familieneinkommen zeigte hingegen ein signifikantes Ergebnis. Die deskriptiven Werte deuteten darauf hin, dass Kinder aus

der Sing- und Intonationsgruppe aus Elternhäusern mit dem höchsten Familieneinkommen kamen ($M = 3.48$, $SD = 1.41$), gefolgt von den Kindern aus der Sportgruppe ($M = 2.68$, $SD = 0.89$) und der Rhythmusgruppe ($M = 2.60$, $SD = 1.27$). Nachfolgend berechnete t -Tests ergaben, dass die Singgruppe ein signifikant höheres Familieneinkommen vorwies als die Rhythmusgruppe, $t(41) = 2.13$, $p = .04$, und auch als die Sportgruppe, $t(40) = 2.13$, $p = .04$. Zwischen der Rhythmus- und der Sportgruppe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Familieneinkommens, $t(37) = -.24$, $p = .81$. Folglich muss für die Hauptanalysen das Familieneinkommen als Kovariate mit einbezogen werden.

Tabelle 4 Deskriptive und Inferenzstatistische Darstellung der Kontrollvariablen für die einzelnen Gruppen (Studie 2)

Variable	Singen <i>M (SD)</i>	Rhythmus <i>M (SD)</i>	Sport <i>M (SD)</i>	<i>df</i>	Statistischer Kennwert	<i>p</i>
Geschlecht	17 f/10 m	18 f/8 m	11 F/12 m	2, $n = 76$	$\chi^2 = 2.44$	.295
Alter ¹	67.44 (3.49)	68.77 (3.43)	69.43 (3.75)	2, 73	$F = 2.06$	.134
IQ	99.93 (11.56)	99.08 (8.39)	98.13 (12.62)	2, 73	$F = .17$	.846
Musikalische Früherziehung ¹	3.36 (7.40)	1.50 (5.38)	1.14 (3.61)	2, 67	$F = 1.01$	.368
Trainingsteilnahme ²	84.19 (9.42)	82.23 (9.74)	80.00 (8.37)	2, 73	$F = 1.28$	.285
Elterliche Ausbildung	0.6 (0.82)	0.39 (0.72)	0.19 (0.40)	2, 66	$F = 2.06$	.135
Familieneinkommen	3.48 (1.41)	2.60 (1.27)	2.68 (0.86)	2, 59	$F = 3.40$	.04* ^a
Extraversion	3.93 (0.67)	4.02 (0.69)	3.90 (0.76)	2, 69	$F = .32$	.725
Verträglichkeit	3.72 (0.40)	3.58 (0.52)	3.59 (0.58)	2, 69	$F = .58$	.560
Gewissenhaftigkeit	3.47 (0.67)	3.41 (0.73)	3.58 (0.80)	2, 69	$F = .30$	.740
Neurotizismus	2.48 (0.51)	2.53 (0.62)	2.65 (0.54)	2, 69	$F = .54$	.588
Offenheit	3.75 (0.61)	3.66 (0.40)	3.70 (0.46)	2, 69	$F = .21$	.811

Anmerkungen: ¹ = in Monaten, ² = in %, ^a die Gruppenunterschiede zwischen der Sing- und der Rhythmusgruppe sowie der Sing- und der Sportgruppe sind signifikant

Um zu überprüfen, ob zum Zeitpunkt des Vortests systematische Gruppenunterschiede in den abhängigen Variablen bestanden, verglichen wir die Mittelwerte der Gruppen miteinander, indem wir wiederum einfaktorielle ANOVAs mit der Trainingsgruppe als Zwischensubjektfaktor berechneten. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigten, dass es zum Vortest keine Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die Inhibition, $F(2,73) = 0.45$, $p = .64$, die kognitive Flexibilität, $F(2,73) = 1.26$, $p = .29$, oder das visuelle Arbeitsgedächtnis $F(2,73) = 1.36$, $p = .26$ (*Matrix Spanne*), $F(2,73) = 0.43$, $p = .65$ (*Corsi Block*) gab.

3.4.2 Hauptanalysen

Für alle drei abhängigen Variablen führten wir 2 x 3 ANOVAs mit Messwiederholung (Vor- und Nachtest) und der Trainingsgruppe als Zwischensubjektfaktor (Singen/Rhythmus/Sport) durch. Wenn die erste Analyse eine signifikante Gruppe x Zeit Interaktion ergab, berechneten wir jeweils drei 2 x 2 ANOVAs mit Messwiederholung, um mögliche Interaktionen zwischen zwei Gruppen aufzudecken. Anschließend daran, führten wir getrennt für die einzelnen Gruppen abhängige *t*-Tests durch, um die Entwicklung der Gruppen über die Messzeitpunkte hinweg zu analysieren. Zuletzt wurde über unabhängige *t*-Tests geprüft, ob sich die Gruppen zum Nachtest voneinander unterscheiden. Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die abhängigen Variablen werden für beide Messzeitpunkte in Tabelle 5 dargestellt.

Inhibition. Für den Test zur motorischen Inhibition führten wir die Analysen zunächst unter Einbezug der identifizierten Kovariate durch. Da das Familieneinkommen keine signifikante Interaktion mit dem Faktor des Messzeitpunktes zeigte, $F(1,58) = 0.00$, $p = .99$, beschlossen wir die Analysen ohne Einbezug der Kovariate zu berechnen. Dabei zeigte die 2 (Messzeitpunkt) x 3 (Trainingsgruppe) ANOVA einen signifikanten Haupteffekt für den Messzeitpunkt, $F(1,73) = 9.03$, $p = .004$, $\eta^2 = .11$, nach welchem sich die Stichprobe insgesamt vom Vor- ($M = 10.86$, $SD = 2.28$) zum Nachtest ($M = 11.64$, $SD = 2.02$) verbesserte. Wir fanden keinen signifikanten Haupteffekt für die Gruppe, $F(1,73) = 0.52$, $p = .60$, aber eine signifikante Trainingsgruppe x Zeit Interaktion $F(2,71) = 4.18$, $p = .02$, $\eta^2 = .11$. Um die Interaktion weiter zu analysieren, führten wir drei 2 (Messzeitpunkt) x 2 (Trainingsgruppe) ANOVAs mit Messwiederholung durch. Diese Analysen zeigten eine signifikante Gruppe x Messzeitpunkt Interaktion beim Vergleich der Rhythmus- und Sportgruppe, $F(1,42) = 7.14$, $p = .01$, $\eta^2 = .15$. Die Analysen für die Rhythmus- und Singgruppe, $F(1,49) = 6.41$, $p = .012$ sowie für die Sing- und Sportgruppe, $F(1,47) = 4.28$, $p = .042$, zeigten keine signifikanten Interaktionen. Die nachfolgend berechneten abhängigen *t*-Tests ergaben, dass sich die Rhythmusgruppe signifikant vom Vor- zum Nachtest verbesserte $t(23) = -3.21$, $p = .004$, $d_{RM} = 0.56$, wohingegen sich sowohl die Singgruppe, $t(27) = -1.94$, $p = 0.06$, als auch die Sportgruppe nicht signifikant vom Vor- zum Nachtest verbesserte, $t(21) = 0.34$, $p = .73$. Unabhängige *t*-Tests zum Nachtest zeigten einen signifikanten Gruppenunterschied zwischen der Rhythmus- und Sportgruppe zugunsten der Rhythmusgruppe, $t(42) = 2.34$, $p = .02$, $d_{corr} = 0.82$. Darüber hinaus zeigten sich keine signifikanten Gruppenunterschiede zum Nachtest ($ps > .05$). Die Ergebnisse werden in Abbildung 7 dargestellt.

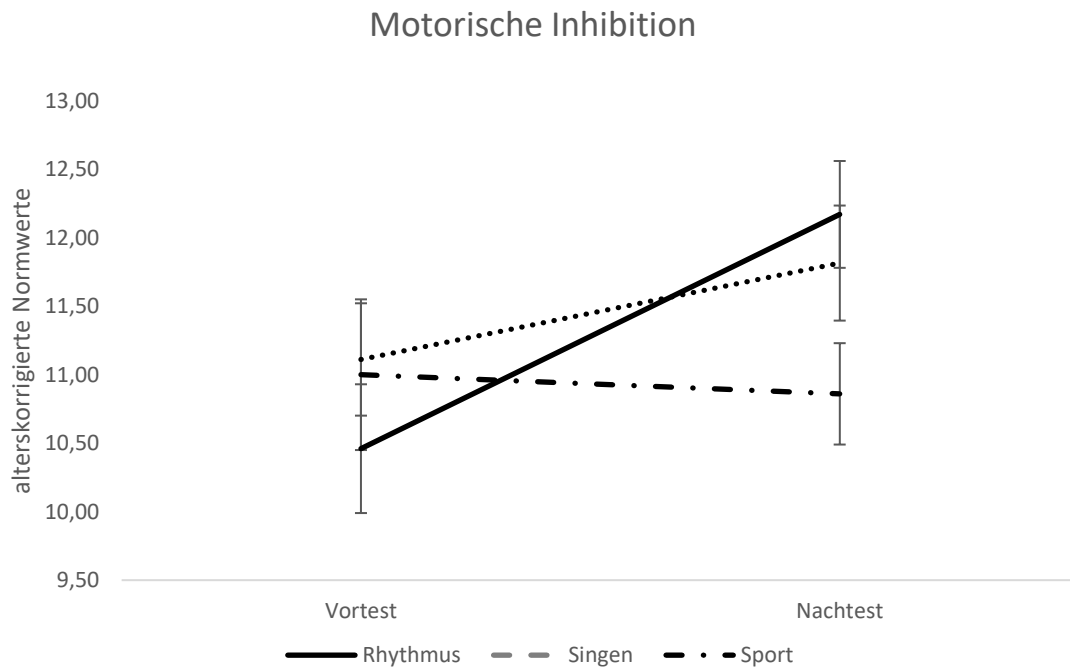


Abbildung 7. Mittelwerte (alterskorrigierte Normwerte) des Statuen-Tests aus der NEPSY-II für die Interventions- und Kontrollgruppen zum Vortest und Nachtest. Die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler (SEM) an.

Kognitive Flexibilität. Für den Test zum Set-Shifting führten wir die Analysen zunächst unter Einbezug der identifizierten Kovariate durch. Da das Familieneinkommen keine signifikante Interaktion mit dem Faktor des Messzeitpunktes zeigte, $F(1,58) = 0.49$, $p = .49$, beschlossen wir die Analysen ohne Einbezug der Kovariate zu berechnen. Die Analysen zur kognitiven Flexibilität zeigten einen signifikanten Haupteffekt für Messzeitpunkt, $F(1,73) = 21.58$, $p < .001$, $\eta^2 = .23$, nach welchem sich die Stichprobe insgesamt signifikant vom Vor- ($M = 1.96$, $SD = 0.55$) zum Nachtest verbesserte. Darüber hinaus ergaben die Analysen einen signifikanten Haupteffekt für die Trainingsgruppe, $F(2,73) = 3.23$, $p = .045$, $\eta^2 = .08$. Um den Haupteffekt für die Gruppe weiter zu analysieren, berechneten wir nachfolgend unabhängige t -tests. Diese ergaben, dass sowohl die Rhythmusgruppe, $t(47) = 2.23$, $p = .03$ als auch die Singgruppe, $t(48) = 2.28$, $p = .03$, über beide Messzeitpunkte gemittelt hinweg besser im Set-Shifting abschnitten als die Sportgruppe. Die unabhängigen t -Tests zwischen der Sing- und der Rhythmusgruppe hin-

gegen zeigten über beide Messzeitpunkte gemittelt hinweg keine signifikanten Unterschiede, $t(51) = 0.09$, $p = .93$. Darüber hinaus fanden wir keine signifikante Trainingsgruppe x Messzeitpunkt Interaktion, $F(2,73) = 0.77$, $p = .47$.

Visuelles Arbeitsgedächtnis. Ebenso wie in den vorausgegangenen Analysen prüften wir für die Untertests des visuellen Arbeitsgedächtnisses zunächst den Einfluss des Familieneinkommens. Dabei zeigte sich wiederum, dass das Familieneinkommen weder für die Entwicklung der Gruppen im Untertest *Matrix Spanne*, $F(1,58) = 0.21$, $p = .65$, noch für die Entwicklung der Gruppen im Untertest *Corsi-Block*, $F(1,58) = 2.44$, $p = .12$, eine Rolle spielte. Dementsprechend führten wir auch hier die Hauptanalysen ohne Einbezug der Kovariate durch. Den Untertest *Matrix Spanne* betreffend ergaben diese Analysen weder einen signifikanten Haupteffekt für die Zeit, $F(1,73) = 3.55$, $p = .06$, noch einen signifikanten Haupteffekt für die Trainingsgruppe $F(2,71) = 0.88$, $p = 0.42$. Ebenso zeigten die Ergebnisse keine signifikante Gruppe x Zeit Interaktion, $F(2,71) = 2.31$, $p = .11$. Für den *Corsi-Block-Test* beobachteten wir hingegen einen signifikanten Haupteffekt für die Zeit, $F(1,73) = 10.67$, $p = .002$, $\eta^2 = .13$, welcher darauf hindeutet, dass sich die Stichprobe insgesamt signifikant vom Vor- ($M = 46.13$, $SD = 8.42$) zum Nachtest ($M = 49.49$, $SD = 6.80$) verbesserte. Der Haupteffekt für die Gruppe war nicht signifikant, $F(2,71) = 0.23$, $p = .80$. Des Weiteren zeigte die Analyse keine signifikante Gruppe x Zeit Interaktion, $F(2,71) = 2.02$, $p = .14$.

Tabelle 5 Deskriptive Werte für die abhängigen Variablen der einzelnen Gruppen zum Vortest (T0) und zum Nachtest (T1) (Studie 2)

Variable	Singen <i>M (SD)</i>		Rhythmus <i>M (SD)</i>		Sport <i>M (SD)</i>	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
Inhibition						
Verhalten-inhibition	11.11 (2.14)	11.81 (2.20)	10.46 (2.47)	12.17 (1.93)	11.00 (2.27)	10.86 (2.26)
Flexibilität						
Set-Shifting	2.07 (.55)	2.41 (.57)	1.96 (.66)	2.50 (.51)	1.83 (.39)	2.13 (.55)
Arbeitsgedächtnis						
Matrix Spanne	46.81 (9.12)	51.11 (9.16)	50.27 (7.50)	48.92 (10.96)	49.87 (8.19)	53.74 (11.30)
Corsi Block	46.78 (8.51)	50.00 (6.58)	44.88 (7.25)	50.65 (6.14)	46.78 (9.66)	47.57 (7.62)

3.5 Diskussion

3.5.1 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse

Mit Studie 2 untersuchten wir differenzielle Effekte von sing- und rhythmusbasiertem Musiktraining auf exekutive Funktionen im Vorschulalter in einem experimentellen Design. Unsere Ergebnisse zeigen, dass 20 Wochen regelmäßiges Rhythmusstraining die motorische Inhibition von Vorschulkindern positiv beeinflusst. Sowohl das Sing- und Intonationstraining als auch das Sportkontrolltraining zeigten hingegen keinen signifikanten Einfluss auf die gemessenen exekutiven Funktionen. Der alleinige Einfluss des Rhythmusstrainings unterstützt die These, dass rhythmische Synchronisation und rhythmisch-motorische Kontrolle möglicherweise bedeutsame Faktoren in einem musikalischen Training sein könnten, die die kognitive Entwicklung von Kindern unterstützen (Miendlarzewska & Trost, 2014; Winsler et al., 2011).

Unsere Studie bestätigt damit die Ergebnisse von Bugos & DeMarie (2017), die bereits zeigen konnten, dass ein musikalisches Training inhibitorische Fähigkeiten bei Vorschulkindern begünstigt. Darüber hinaus erweitert Studie 2 den aktuellen Kenntnisstand dahingehend, dass die Ergebnisse auf einen rhythmusspezifischen Effekt hindeuten, da das singbasierte musikalische Training keine signifikante Verbesserung in der Inhibition hervorrief. Dieser rhythmusspezifische Befund passt zu Ergebnissen vorausgegangener Studien, welche zeigten, dass rhythmisch-motorische Fähigkeiten positiv mit der Inhibition assoziiert sind (Slater et al., 2018) und dass Perkussionisten im Vergleich zu Nicht-MusikerInnen, aber nicht VokalistInnen im Vergleich zu Nicht-MusikerInnen bessere inhibitorische Fähigkeiten aufweisen (Slater et al., 2017). Da alle Aktivitäten des Rhythmusstrainings in hohem Maße eine rhythmisch-motorische Kontrolle erforderten, wäre es denkbar, dass rhythmusbasierte motorische Bewegungen im Allgemeinen einen positiven Einfluss auf die Inhibition zeigen. Da das Sporttraining, welches ebenfalls ein hohes Maß an motorischer Kontrolle erforderte, keinen Einfluss auf die Inhibition zeigte, können wir davon ausgehen, dass nicht motorisches Training allein, sondern rhythmusgeleitetes Training und bimanuelle Koordination zu einer Verbesserung der motorischen Inhibition bei Vorschülern führt. Demnach unterstützen unsere Ergebnisse auch den Vorschlag von Winsler et al. (2011), dass über musikgesteuerte Bewegungen die Selbstregulation und das motorische Verhalten von Vorschulkindern gelenkt werden könne.

Bezogen auf die anderen Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen konnten wir keinen signifikanten Einfluss eines der Trainings auf die kognitive Flexibilität oder das visuelle Arbeitsgedächtnis der Kinder nachweisen. Allerdings deuten die deskriptiven Daten an, dass sowohl in der Shifting-Aufgabe als auch in der Aufgabe des visuellen Arbeitsgedächtnisses die Rhythmusgruppe den größten Leistungszuwachs vom Vortest zum Nachtest zu verzeichnen hatte. Dementsprechend scheint es möglich, dass ein rhythmusbasiertes Musiktraining auch auf weitere Komponenten der EF einen Einfluss ausüben könnte. Allerdings dürfen die deskriptiven Ergebnisse wegen der fehlenden signifikanten Gruppe x Zeit Interaktion nicht weiter interpretiert werden, sodass wir lediglich von einem Einfluss des Rhythmustrainings auf die motorische Inhibition der Vorschulkinder ausgehen dürfen und den Einfluss auf weitere Komponenten nur vermuten können. Bei Betrachtung der Entwicklung der EF scheint es hingegen naheliegend, dass in dieser Altersgruppe insbesondere inhibitorische Fähigkeiten durch Interventionen positiv beeinflusst werden können, da sich diese im Vorschulalter sehr stark entwickeln und weitere Komponenten der exekutiven Funktionen einen späteren und langsameren Entwicklungsverlauf aufweisen (Best & Miller, 2010). Wie bereits in Studie 1 angesprochen wäre es also möglich, dass für die anderen EF Komponenten die sensiblen Phasen, in welchen ein Training besonders wirksam sein könnte, zu einem späteren Zeitpunkt in der kindlichen Entwicklung liegen.

Im Gegensatz zu unserer Studie konnten Shen et al. (2019) einen Einfluss auf alle drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen finden, doch waren die Kinder in ihrer Studie ca. um 1,5 Jahre jünger als in unserer Studie und setzten zum Teil andere Aufgaben zur Messung der exekutiven Funktionen ein, weswegen keine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Studien besteht. Beispielsweise maßen sie das Arbeitsgedächtnis mit einer Zahlenspanne, womit das verbale Arbeitsgedächtnis erfasst wird, wohingegen wir in unserer Studie eine Aufgabe zur Messung des visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisses einsetzten. Außerdem scheint – wie in Studie 1 bereits diskutiert – auch die Aufgabenkomplexität der eingesetzten Testverfahren eine Rolle zu spielen. So setzten zwar Shen et al. (2019) den gleichen Test ein, um die kognitive Flexibilität zu messen, doch ließen sie den Erweiterungsteil der Aufgabe weg, da dieser noch zu schwierig für die jüngeren Kinder war. In unserer Studie führten wir hingegen den gesamten Test durch. Dabei stellte sich heraus, dass auch zum Nachtest weniger als die Hälfte der Kinder (40%) den Erweiterungsteil bestanden, sodass dieser Testteil auch für die meisten Kinder unserer Studie noch zu schwierig erschien. Hingegen bestanden beinahe alle Kinder (96%)

den Test ohne die Erweiterung, sodass sich für den regulären Testteil Deckeneffekte zeigten. Wie in Studie 1 angedeutet wäre es möglich, dass wir mit der untersuchten Gruppe genau zwischen zwei Entwicklungsfenstern der kognitiven Flexibilität lagen, in welchem einfache Shifting-Leistungen bereits entwickelt sind, komplexere Aufgaben hingegen noch nicht bewältigt werden können.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie, dass ein rhythmusbasiertes Musiktraining inhibitorische Fähigkeiten im Vorschulalter fördern kann. Wie bereits erwähnt, wäre es denkbar, dass dabei die rhythmisch motorische Kontrolle einerseits und die rhythmische Synchronisation dabei zugrunde liegende Mechanismen darstellen. Da wir bezogen auf die kognitive Flexibilität und das visuelle Arbeitsgedächtnis keine statistisch signifikanten Ergebnisse finden konnten, werden noch weitere Studien benötigt, um den spezifischen Einfluss von Rhythmustraining auf diese Komponenten weiter zu untersuchen. Möglicherweise wäre es hierbei sinnvoll, auf eine etwas ältere Stichprobe zurückzugreifen, da es möglich wäre, dass dort dynamische Entwicklungsphasen für komplexere exekutive Funktionen liegen. Da Inhibition insbesondere im Vorschulalter als eine der Schlüsselfaktoren in der Entwicklung der exekutiven Funktionen gilt (Wiebe et al., 2008), sind die Ergebnisse der vorliegenden Studie von Relevanz. Wie in der Einleitung dargelegt stellen exekutive Funktionen wichtige Prädiktoren für akademischen Erfolg, Intelligenz, Lebensqualität und Gesundheit dar (Diamond, 2013). Daher ist es von enormer Bedeutung, dass diese bereits im Kindesalter bestmöglich gefördert werden.

Die Ergebnisse dieser Studie und der Studie von Patscheke, Degé & Schwarzer (2018) liefern erste Hinweise darauf, dass verschiedene musikalische Interventionen differenziell wirken können. So konnten Patscheke et al. (2018) in ihrer Studie nachweisen, dass insbesondere das sing- und intonationsbasierte Musiktraining eine positive Wirkung auf die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit zeigt. In unserer Studie wandten wir dieselben Trainingsprogramme an und konnten im Vergleich herausfinden, dass sich insbesondere rhythmusbasiertes Musiktrainings positiv auf die motorische Inhibition auswirkt. Dementsprechend ließe sich vermuten, dass über verschiedene Arten von Musiktrainings unterschiedliche kognitive Fähigkeiten bei Kindern spezifisch gefördert werden könnten.

3.5.2 Limitationen und Ausblick

Eine Limitation der vorliegenden Studie liegt darin, dass die durchgeführten Musiktrainingsprogramme zum Teil überlappende Elemente enthielten. Wir versuchten zwar diese so gering wie möglich zu halten, da beide Programme auf musikalischen Elementen basierten, war es nicht möglich, sie gänzlich voneinander zu trennen. So enthielt das Sing- und Intonationstraining auch rhythmische Bausteine, da in jedem Lied und jeder Melodie der Rhythmus vorhanden ist. Andersherum waren im Rhythmustraining ebenso geringe Anteile von Intonation enthalten, da über die Sprache und die Anwendung von Reimen und Sprachversen, Prosodie transportiert wird. Der ausschlaggebende Unterschied zwischen den Trainings bestand allerdings darin, dass das Sing- und Intonationstrainings keine rhythmusgesteuerte motorische Koordination erforderte und im Allgemeinen nur wenig motorische Aktivität enthielt.

Das Rhythmustraining betreffend könnte es für zukünftige Studien interessant sein, dieses in weitere, spezifischere Trainingsformen zu differenzieren. Da es unter anderem aus perkussivem Instrumentalspiel und aus tänzerischen Elementen bestand, könnte man in zukünftigen Studien probieren, diese Elemente voneinander zu trennen und ihre Effekte in separaten Trainings zu untersuchen. Da Tanzen ein hohes Maß an rhythmischer, motorischer Kontrolle und präzises Timing erfordert, könnte ein Tanztraining ähnlich gewinnbringende Effekte zeigen wie ein rhythmusbasiertes Musiktraining mit Perkussionsinstrumenten.

Darüber hinaus wäre es für zukünftige Studien interessant, die Wirksamkeit eines rhythmischen Musiktrainings in spezifischen Gruppen, wie beispielsweise Kindern, die Probleme in ihrer motorischen Verhaltenskontrolle oder Schwierigkeiten in der Aufmerksamkeitskontrolle zeigen, zu untersuchen. Da Studien bereits nahelegen, dass insbesondere Kinder mit schlechten exekutiven Funktionen von Fördermaßnahmen profitieren (Karbach & Kray, 2009), könnte dies eine Möglichkeit sein, Kinder mit Defiziten in der motorischen Verhaltenskontrolle oder in der Aufmerksamkeitskontrolle über solch ein Musikprogramm gezielt zu fördern.

3.5.3 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass ein rhythmusbasiertes Musiktraining eine geeignete Intervention ist, um motorische Inhibition bei Vorschulkindern zu fördern. Da-

bei ist unsere Studie die erste, in welcher differenzielle Effekte verschiedener Musiktrainings auf exekutive Funktionen untersucht wurden. Zukünftige Studien könnten die Wirksamkeit eines Tanztrainings im Vergleich zu den bereits implementierten Musiktrainings sowie Gruppen mit Störungen in der Verhaltens- und Aufmerksamkeitskontrolle untersuchen.

4 Der Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen sowie kalten exekutiven Funktionen im späten Kindes- und jungen Erwachsenenalter (Studie 3)

Eine ähnliche Version dieses Kapitels befindet sich derzeit in Vorbereitung zur Publikation.

4.1 Hintergrund

Wie in der Einleitung und im Zusammenhang der Trainingsstudien dargelegt, zeigen bisherige Studien vielfältige positive Zusammenhänge zwischen Musikunterricht und kalten exekutiven Funktionen im Kindes- und Erwachsenenalter (z.B. Degé et al., 2011; Zuk, Benjamin, Kenyon, & Gaab, 2014). Darüber hinaus konnten wir mit Studie 1 und mit Studie 2 nachweisen, dass bestimmte Komponenten der exekutiven Funktionen im Kindesalter trainierbar sind. Bei der genaueren Betrachtung dieser Studien zeigt sich allerdings, dass sich dabei insbesondere mit den rein analytischen kalten exekutiven Funktionen auseinandergesetzt wurde und heiße exekutive Funktionen, welche motivationale und emotionale Aspekte mit einbeziehen und mit der Entscheidungsfindung im Alltag assoziiert sind (Prencipe et al., 2011; Zelazo & Carlson, 2012), nahezu unberücksichtigt blieben. Bislang untersuchten nur äußerst wenige Studien den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen und kamen dabei zu zum Teil kontrastierenden Ergebnissen (Hou et al., 2017; Smayda et al., 2018). Insbesondere wurde sich in diesen Studien auf die *Iowa Gambling Task (IGT)* (Bechara et al., 1994) konzentriert, mit welcher das Entscheidungsverhalten in Abhängigkeit von bekanntem und unbekanntem Risiko gemessen werden kann (Brand, Recknor, Grabenhorst, & Bechara, 2007). Die Ergebnisse der vorausgegangenen Studien weisen darauf hin, dass bei jungen Erwachsenen kein positiver Zusammenhang zwischen der Menge an musikalischem Training und dem Abschneiden in der *IGT* besteht. Vielmehr scheint die Leistung in der *IGT* vom Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wurde, abhängig zu sein. Hierbei zeigen die Studien hingegen kontrastierende Ergebnisse. Die Studie von Hou et al. (2017) ergab, dass die Gruppe der Studierenden, welche früh mit dem Musizieren begonnen hatten (vor dem 7. Lebensjahr), besser als eine Kontrollgruppe, welche kein musikalisches Training erhalten hatte und besser als die Gruppe der Studierenden, welche später mit dem musikalischen Training begonnen hatten (nach dem 8. Lebensjahr), in der *IGT* abschnitten. Dabei zeichneten sich sowohl in den ersten beiden Blöcken der Aufgabe, welche mit der Entscheidungsfindung unter unbekanntem Risiko als auch in den letzten drei Blöcken, welche mit der Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko assoziiert sind,

signifikante Gruppenunterschiede zugunsten der Gruppe mit dem frühen Musikunterricht ab. Im Gegensatz dazu fanden Smayda et al. (2018) heraus, dass in ihrer Studie die Gruppe von jungen Erwachsenen, die später mit dem Musizieren begonnen hatten (nach dem 8. Lebensjahr), besser in der *IGT* abschnitten als die Gruppe der Nicht-MusikerInnen und besser als die Gruppe junger Erwachsene, welche früher mit dem Musizieren begonnen hatten (vor dem 8. Lebensjahr). Dabei fanden sie die Gruppenunterschiede nur in den letzten beiden Blöcken der *IGT*, der Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko. Beide Autorengruppen argumentierten, dass ihre Ergebnisse mit der Reifung des präfrontalen Cortex zusammenhingen, da ein Training während einer sensiblen Phase, in welcher Hirnregionen besonders plastisch sind, zu langanhaltenden strukturellen Veränderungen von Hirnarealen führen kann (Hensch, 2005). Dabei wiesen Hou et al. (2017) darauf hin, dass vorausgegangene Studien zeigen konnten, dass insbesondere der Beginn des Musizierens vor dem 7. Lebensjahr positiv mit der Entwicklung einiger Hirnareale verbunden ist (Steele et al., 2013). Smayda et al. (2018) argumentierten hingegen, dass der präfrontale Cortex noch während der späteren Kindheit reift (Gogtay et al., 2004) und Studien zeigen, dass die Leistung in der *IGT* vom Kindes- bis hin zum Erwachsenenalter weiter zunimmt (Hooper, Luciana, Conklin, & Yarger, 2004). Des Weiteren überlegten sie, dass es möglich sei, dass nicht das Ausüben, sondern das neue Erlernen einer Tätigkeit während einer sensiblen Phase die Entwicklung des Gehirns beeinflussen könnte. Dementsprechend sei ihrer Theorie nach, der Beginn des Musizierens zu einem späteren Zeitpunkt in der Kindheit vorteilhafter für die Entscheidungsfindung im Alltag. Da beide Argumentationslinien möglich erscheinen und weitere Forschung bislang fehlt, kann zum derzeitigen Forschungsstand keine Aussage darüber getroffen werden, inwiefern der frühere oder der spätere Beginn des Musikunterrichts positiv mit dem Entscheidungsverhalten im Erwachsenenalter assoziiert ist.

Eine Möglichkeit, warum sich die Studienergebnisse unterscheiden, könnte in der methodischen Durchführung der Studien begründet liegen. So setzten Hou et al. (2017) eine Version der *IGT* ein, bei welcher die Versuchspersonen tatsächlich über die Leistung in der *IGT* einen Geldbetrag erspielen konnten, während Smayda et al. (2018) eine klassische Version der *IGT* anwendeten, bei welcher um hypothetisches Geld gespielt wurde. Dementsprechend unterscheiden sich die Testverfahren in Bezug auf ihre heißen Faktoren. Es scheint naheliegend, dass der potenzielle echte Geldgewinn einen größeren Anreiz darstellt als das Spielen um hypothetisches Geld. Folglich ist es möglich, dass dieser Unterschied zwischen den angewandten Aufgaben die Studienergebnisse beeinflusste.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass noch Unklarheiten im Zusammenhang zwischen musikalischem Training und Entscheidungsfindung in Abhängigkeit eines Risikos im Erwachsenenalter bestehen. Ferner ist dieser Zusammenhang im Kindesalter noch in keiner Arbeit geprüft worden. Darüber hinaus fehlen Forschungsarbeiten, die weitere Aufgaben zur Messung heißer exekutiver Funktionen im Zusammenhang mit musikalischem Training untersuchen. Da langjähriges Musizieren mit diszipliniertem Üben und dem Verfolgen von langfristigen Zielen verbunden ist, wäre es beispielsweise denkbar, dass Musizieren auch positiv mit der Fähigkeit Belohnungen aufzuschieben, assoziiert ist.

4.2 Ziele der Studie

Mit Studie 3 soll der Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen im Vergleich zu kalten exekutiven Funktionen untersucht werden. Dabei ist ein Ziel der Studie, zur Klärung der konträren Ergebnisse der einzigen vorausgegangenen Studien beizutragen (Hou et al., 2017; Smayda et al., 2018). Darüber hinaus soll neben der Entscheidungsfindung in Abhängigkeit eines Risikos mit dem Belohnungsaufschub eine weitere Komponente der heißen exekutiven Funktionen erfasst werden. Ein weiteres Ziel der Studie liegt darin, den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen erstmals im späten Kindesalter zu untersuchen. Um Vergleiche zu den bereits bestehenden Studien ziehen zu können, wurde ebenfalls auf die *IGT* zur Messung der Entscheidungsfindung unter unbekanntem und bekanntem Risiko zurückgegriffen. Darüber hinaus setzten wir den *Belohnungsaufschubtest für Erwachsene (BAT-E; Forstmeier et al., 2011)* zur Ermittlung des Belohnungsaufschubs als Komponente der Selbstkontrolle ein. Neben den heißen exekutiven Funktionen wurden ebenso die drei Hauptkomponenten der kalten exekutiven Funktionen erhoben, damit ein Vergleich der beiden Konstrukte im Zusammenhang mit musikalischem Training innerhalb einer Stichprobe möglich ist.

In Studie 3a wurde analog zu den vorausgegangenen Studien eine Stichprobe junger Erwachsener erhoben, sodass wir Vergleiche zu den vorherigen Studien anstellen können. Um mögliche Alterseffekte betrachten und den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen erstmals im späten Kindesalter untersuchen zu können, wurden für Studie 3b Kinder im Alter von 9 bis 12 Jahren rekrutiert. Genau wie in Studie 3a erhoben wir auch in dieser Studie neben den Aufgaben zu heißen exekutiven Funktionen, die Hauptkomponenten der kalten exekutiven Funktionen,

um Vergleiche zwischen den Konstrukten anstellen zu können. Dabei wurden bewusst dieselben Testverfahren wie in Studie 3a angewendet, um die Vergleichbarkeit zwischen den zwei Altersgruppen bestmöglich gewährleisten zu können.

Für den Zusammenhang zwischen dem musikalischen Training und den heißen exekutiven Funktionen nahmen wir auf Basis des derzeitigen Forschungsstands an, dass wir keinen Zusammenhang zwischen der Dauer des musikalischen Trainings und der Leistung in der *IGT* finden würden, aber einen Zusammenhang zwischen dem Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wurde und der Leistung in der *IGT*. Bezogen auf die kalten exekutiven Funktionen nahmen wir aufgrund der Befunde vorausgegangener Studien positive Zusammenhänge mit der Dauer des musikalischen Trainings bei Erwachsenen und Kindern an (Amer et al., 2013; Bialystok & DePape, 2009; Degé et al., 2011a; Zuk, Benjamin, Kenyon, & Gaab, 2014).

4.3 Methode Studie 3a

Die Studie wurde in Übereinkunft mit der Ethikkommission des Fachbereichs 06 Psychologie und Sportwissenschaft der JLU Gießen durchgeführt.

4.3.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 136 Studierende (118 weiblich) im Alter von 18 bis 33 Jahren ($M = 22.1$ Jahre, $SD = 3.4$ Jahre) teil. Die musikalische Ausbildung der Studierenden wurde über einen Fragebogen erfasst. Die meisten der Studierenden (90%) hatten privaten Musikunterricht mit einer durchschnittlichen Gesamtdauer von $M = 7.51$ Jahren ($SD = 6.67$ Jahre) erhalten und begannen diesen mit durchschnittlich $M = 8.0$ Jahren ($SD = 6.3$ Jahre). Darüber hinaus nahmen 74% der Studierenden regelmäßig an einer musikalischen Gruppe teil, mit einer durchschnittlichen Gesamtdauer von 7.4 Jahren ($SD = 6.4$ Jahre). Nur wenige Studierende (6%) erhielten zum Zeitpunkt der Studienteilnahme noch Instrumentalunterricht und 19,3% der Studierende nahmen zum Zeitpunkt der Studienteilnahme noch regelmäßig an einer musikalischen Gruppe teil. Im Hinblick auf den sozioökonomischen Status zeigte sich, dass die meisten Studierenden (30%) aus einem Elternhaus kamen mit einem monatlichen Netto-Einkommen zwischen 2.000 und 3.000€, 21 % aus einem Elternhaus mit einem Einkommen zwischen 3.000 und 4.000 €, 24 % aus einem Elternhaus mit einem Einkommen zwischen 4.000 und 5.000€ und 15% aus einem Elternhaus mit einem Einkommen, das über 5.000€ lag. Wenige Studierende (9%) kamen aus einem Elternhaus mit einem monatlichen Netto-Einkommen, das unter 2.000€ lag.

Die elterliche Ausbildung betreffend, ergab sich, dass von 21% der Studierenden ein Elternteil einen Hochschulabschluss, von 26% beide Eltern und von 53% kein Elternteil einen Hochschulabschluss hatte.

4.3.2 Messinstrumente

Unabhängige Variablen. Wir erfassten die Menge an musikalischem Training der Studierenden über einen Fragebogen. Die Studierenden gaben an, wie viele Monate sie in ihrem Leben Instrumental- oder Gesangsunterricht erhalten hatten. Dabei wurde nach allen Instrumenten gefragt und die Summe des Unterrichts berechnet. Darüber hinaus machten die Studierenden Angaben darüber, wie viele Monate sie in einer musikalischen Gruppe (z.B. Ensemble, Orchester, Chor oder Band) musiziert hatten. Wir addierten die Summe des insgesamt erhaltenen Musikunterrichts und die Summe der gesamten Dauer, in welcher in einer musikalischen Gruppe musiziert, um die gesamte Dauer musikalischen Trainings zu ermitteln, welche wir als eine der unabhängigen Variablen festlegten. Des Weiteren erhoben wir das Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wurde als weitere unabhängige Variable.

Kontrollvariablen. Die Grundintelligenz wurde mit dem *Culture Fair Test 20-R* (*CFT 20-R*; Weiß, 2006) erfasst. Der *CFT 20-R* besteht aus zwei Testteilen, welche die vier Untertests *Reihenfortsetzen*, *Klassifikationen*, *Matrizen* und *topologische Schlussfolgerungen* beinhalten. Die Rohwerte wurden dem Manual entsprechend in standardisierte IQ-Werte transformiert. Die Subskalen des *CFT 20-R* weisen eine Konstruktvalidität von $r = .78$ bis $r = .83$ mit dem Faktor g auf und eine Test-Retest-Reliabilität von $r = .92$ für den ersten Testteil und $r = .96$ für den gesamten Test auf. In der vorliegenden Studie nur der erste Testteil durchgeführt, um die zeitliche und kognitive Beanspruchung der Versuchspersonen einzugrenzen.

Um die Persönlichkeit der Versuchspersonen zu erfassen, wurde wie in Studie 1 und Studie 2 die deutsche Version des *Big Five Inventory* (*BFI*; Rammstedt & Danner, 2017) eingesetzt. Eine nähere Beschreibung dieses Fragebogens befindet sich im Methodenteil von Studie 1 (siehe Kapitel 2.3.2).

Über einen Hintergrundfragebogen wurden darüber hinaus weitere mögliche konfundierende Variablen, wie das Alter, Geschlecht, nichtmusikalische Freizeitaktivitäten und der elterliche sozioökonomische Status erhoben. Ebenso wie die unabhängige Variable des musikalischen Trainings wurde die Menge an ausgeübter nicht-musikalischer

Freizeitaktivitäten in Monaten berechnet. Hierzu wurden verschiedene Freizeitaktivitäten, die gleichzeitig ausgeführt wurden, aufsummiert und die daraus resultierende Gesamtsumme ermittelt. Der sozioökonomische Status wurde über das monatliche Netto-Familieneinkommen und die elterliche Ausbildung ermittelt. Dabei wurde die elterliche Ausbildung folgendermaßen kodiert: 0 = kein Elternteil hat einen Hochschulabschluss, 1 = ein Elternteil hat einen Hochschulabschluss, 2 = beide Elternteile haben einen Hochschulabschluss. Das Familieneinkommen wurde kategorial in sechs Stufen erfragt (von “weniger als 1000€/Monat bis zu mehr als 5000€/Monat”).

Abhängige Variablen. Zur Erfassung *heißer exekutiver Funktionen* wurden zwei unterschiedliche Testverfahren eingesetzt. Um die Entscheidungsfindung in Abhängigkeit eines Risikos zu untersuchen, setzten wir die *IGT* ein, welche ursprünglich entwickelt wurde, um Menschen mit einer Frontallhirnläsion zu untersuchen (Bechara et al., 1994). In der Vergangenheit wurde sie vielfach in verschiedenen klinischen (z.B. Brand et al., 2005) wie auch gesunden Stichproben (Hou et al., 2017; Lin et al., 2013; Smayda et al., 2018) eingesetzt. Die *IGT* simuliert Alltagsentscheidungen durch die Unsicherheit von eintretenden Konsequenzen, bzw. Belohnung und Bestrafung (Bechara et al., 1994). In der vorliegenden Studie nutzten wir eine computerbasierte Version der *IGT*. Diese wurde auf einem I-Pad (3. Generation, 9.7-Zoll-Bildschirm) durchgeführt. In dieser Version der *IGT* erhalten die Versuchspersonen eine kurze standardisierte Instruktion mit der Anweisung, durch das Ziehen von verschiedenen Kartenstapeln möglichst viel hypothetisches Geld zu erspielen. Hierzu werden ihnen vier Kartendecks (A, B, C, D) auf dem Bildschirm präsentiert. Jedes dieser Kartendecks ist gleichzeitig mit einem potenziellen Gewinn und einem potenziellen Verlust verbunden, welche sich zwischen den verschiedenen Kartendecks unterscheiden. Zwei der Kartendecks (C und D) sind dabei kurzfristig mit einem geringeren Gewinn (50\$) und einem geringeren Verlust verbunden, sodass diese Kartendecks langfristig zu einem höheren Netto-Gewinn führen. Die anderen beiden Kartendecks (A und B) können zwar kurzfristig zu einem höheren Gewinn führen (100\$), sind aber auch mit potenziell sehr hohen Verlusten verbunden und dementsprechend langfristig mit einem geringeren Netto-Gewinn assoziiert. Die Versuchspersonen beginnen mit einem Startkapital von 2000\$ und können über 100 Trials versuchen, möglichst viel Geld zu erspielen. Sie werden dabei über die Eigenschaften der Kartendecks und die Anzahl der Trials nicht aufgeklärt. Studienergebnisse zeigen, dass gesunde Versuchspersonen nach einer Anzahl von 20 (Maia & McClelland, 2004) bis 40 Karten

(Brand et al., 2007) die Eigenschaften der Kartenstapel erlernen. Dementsprechend können die ersten 20 – 40 Trials als Maß für Entscheidungsfindung unter unbekanntem Risiko und die späteren Trials als Maß für Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko gewertet werden (Gansler et al., 2011). Die Punktzahl der *IGT* berechnet sich durch die Anzahl der gewählten Vorteilhaften Kartendecks ($C + D$) minus der Anzahl der gewählten Nachteilhaften Kartendecks ($A + B$). Für die Gesamtleistung berechneten wir die Punktzahl aus allen 100 Trials. Des Weiteren teilten wir die 100 Trails in 5 Blöcke mit jeweils 20 Trials ein und berechneten die Punktzahl für die jeweiligen Blöcke, um einen zeitlichen Verlauf der Leistung in der Aufgabe zu erhalten und zwischen Entscheidungsfindung unter unbekanntem (Blöcke 1 und 2) und bekanntem Risiko (Blöcke 3-5) unterscheiden zu können (Brand et al., 2007). Sowohl für die Gesamtpunktzahl als auch für die Punktzahlen der einzelnen Blöcke gilt, dass höhere Punktzahlen mit mehr vorteilhaftem und weniger risikoreichem Entscheiden verbunden sind. Für die *IGT* wurden bislang keine Gütekriterien veröffentlicht.

Als weiteren Test zur Erfassung heißer exekutiver Funktionen verwendeten wir den *Belohnungsaufschubtest für Erwachsene (BAT-E; Forstmeier et al., 2011)*, der ein behaviorales Messinstrument zur Erfassung von motivationaler Selbstregulation ist. Obwohl der Test ursprünglich für ältere Erwachsene entwickelt wurde, ist er auch für Kinder ab einem Alter von neun Jahren einsetzbar (Göllner, Ballhausen, Kliegel, & Forstmeier, 2017). Der Test besteht aus vier verschiedenen Entscheidungsaufgaben mit unterschiedlichen Belohnungen (hypothetisches Geld, reales Geld, Süßigkeiten/ Snacks und Zeitschriften), welche in ein Brettspiel integriert sind. In der vorliegenden Studie ersetzten wir den realen Geldgewinn durch ein reales Geschenk, da uns dies insbesondere für die Stichprobe der Kinder angemessener erschien. Während des Tests würfelten Versuchsperson und Versuchsleiterin abwechselnd und zogen mit den Spielfiguren die entsprechende Anzahl an Feldern auf dem Spielfeld vorwärts. Das Spielfeld des Tests ist wie eine Stadt mit Einkaufsläden aufgebaut und jedes Mal, wenn die Versuchsperson auf ein neues Feld kommt, soll sie eine Entscheidungsfrage bezüglich eines Einkaufs treffen. Die Versuchspersonen werden dabei nicht darüber aufgeklärt, dass es in dem Spiel um Belohnungsaufschub geht, sondern erhalten lediglich die Instruktion, entsprechend der gezogenen Karten verschiedene Fragen im Hinblick auf persönliche Entscheidungen und Vorlieben zu beantworten. Damit das Spiel weniger leicht zu durchschauen ist, enthält es neben den relevanten Entscheidungsfragen (z.B. Sie sind in einem Süßwarenladen, möchten Sie lieber ein Stück Schokolade sofort oder zwei am Ende des Spiels?“) Filler-Items,

die nicht weiter in die Auswertung mit einbezogen werden (z.B. Sie möchten einen neuen Pullover kaufen – wählen Sie den roten oder den blauen?“). Das Spiel ist beendet, sobald die Versuchsperson eine gesamte Runde um das Spielfeld gezogen ist und alle für den Test relevanten Fragen beantwortet hat.

Wie bei Forstmeier & Maercker (2011) angegeben berechneten wir die Gesamtsumme des *BAT-E*, indem wir zunächst die kategorialen Variablen dichotomisierten und alle vier Variablen aufsummierten, sodass die Versuchspersonen eine Gesamtpunktzahl von 0 (immer sofortige Belohnung) bis 4 (immer aufgeschobene Belohnung) erreichen konnten. Der *BAT-E* weist eine moderate interne Konsistenz von $\alpha = 0.4$ auf. Die Kriteriumsvalidität zwischen den einzelnen Subskalen und einem Selbstbeurteilungsbogen zur Selbstregulation (*Delay Discounting Test*; Forstmeier & Maercker, 2011) rangieren zwischen $r = -.22$ (Zeitschriften) und $r = -.46$ (Hypothetisches Geld), wobei höhere Werte beim *Delay Discounting* eine schlechtere Selbstregulation bedeuten.

Um kalte exekutive Funktionen im Erwachsenenalter zu untersuchen, nutzten wir die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (*TAP*; Zimmermann & Fimm, 2014) zur Erfassung von Inhibition, Arbeitsgedächtnis und kognitiver Flexibilität. Alle Tests der *TAP* wurden mithilfe eines 17“ Notebooks (Lenovo ThinkPad i3, Windows 7) durchgeführt. Inhibition wurde mit einer *Go/NoGo*-Aufgabe gemessen, welche ein Maß für die Verhaltensinhibition und insbesondere die Reizunterdrückung ist. In der *TAP* besteht diese Aufgabe aus zwei Bedingungen, welche sich durch die Anzahl der kritischen und unkritischen Reize unterscheiden. In Bedingung 1 (*1 aus 2*) müssen die Versuchspersonen einen kritischen Stimulus aus zwei Stimuli erkennen und immer so schnell wie möglich durch das Drücken einer Reaktionstaste auf den Stimulus reagieren, während eine Reaktion bei Präsentation des *NoGo*-Stimulus gehemmt werden soll. In der zweiten Bedingung (*2 aus 5*) werden fünf verschiedene Stimuli präsentiert, von denen zwei eine Reaktion erfordern und die Reaktion bei den anderen drei Stimuli gehemmt werden soll. Für beide Bedingungen generiert die *TAP* altersnormierte Werte für die begangenen Fehler, die Auslassungen und den Median der Reaktionszeit. Für unsere Auswertung wählten wir die Reaktionszeiten als abhängige Variable aus, da diese im Erwachsenenalter das sensitivste Maß darstellt (Davidson, Amso, Anderson, & Diamond, 2006). Als Gütekriterien werden im Manual sowohl die Test-Retest-Reliabilität als auch die Odd-Even-Reliabilität für beide Bedingungen angegeben. Für die erste Bedingung beträgt die Test-Retest-Reliabilität $r = .56$ und die Odd-Even-Reliabilität $r = .92$ für den Median der Reaktionszeit. Für

die zweite Bedingung beträgt die Test-Retest-Reliabilität $r = .83$ und die Odd-Even-Reliabilität $r = .93$.

Das Arbeitsgedächtnis wurde mittels einer *N*-back-Aufgabe ermittelt. In der *TAP* wird diese Aufgabe in drei verschiedenen Schwierigkeitsgraden angeboten. Wie im Manual für gesunde Erwachsene empfohlen, setzten wir Schwierigkeitsgrad 3 ein, um das Arbeitsgedächtnis der Studierenden zu messen. In dieser Aufgabe werden den Versuchspersonen 100 Ziffern nacheinander in quasi-zufälliger Reihenfolge auf dem Bildschirm präsentiert. Immer, wenn eine Ziffer gleich der vorletzten Ziffer ist, sollen die Versuchspersonen schnellstmöglich auf eine Reaktionstaste drücken. Unter den 100 Stimuli sind 15 kritische Reize, bei denen eine Reaktion der Versuchsperson gefordert ist. Auch in dieser Testaufgabe werden von der *TAP* altersnormierte Werte für die begangenen Fehler, die Auslassungen sowie für den Median der Reaktionszeit automatisch generiert. Wie auch in der *Go/NoGo*-Aufgabe wählten wir den Median der Reaktionszeiten als abhängige Variable aus. Die Test-Retest-Reliabilität für diesen Untertest liegt laut Manual bei $r = .60$ für den Median der Reaktionszeit. Die Odd-Even-Reliabilität ist mit $r = .85$ für den Median der Reaktionszeit angegeben.

Die kognitive Flexibilität wurde mit einer Set-Shifting-Aufgabe gemessen, welche in einer verbalen und einer non-verbalen Bedingung in der *TAP* enthalten ist. In der nonverbalen Bedingung werden runde und eckige Formen jeweils gleichzeitig auf der linken und rechten Seite des Computerbildschirms präsentiert. In dieser Aufgabe erhalten die Versuchspersonen zwei Reaktionstasten, von denen jeweils eine auf der linken und eine auf der rechten Seite des Computers positioniert ist. Die Versuchspersonen nutzen für jede Taste jeweils eine Hand. Die Aufgabe besteht darin, immer abwechselnd für eine runde und eine eckige Form auf die entsprechende Taste zu drücken. Dabei wechseln die Formen in quasi-randomisierter Reihenfolge die Seiten auf dem Bildschirm. Das Verhältnis von kongruenten und inkongruenten Trials ist dabei ausgeglichen. In der verbalen Bedingung werden anstelle der runden und eckigen Formen Buchstaben und Zahlen präsentiert. Die Hauptparameter dieser Aufgabe sind die begangenen Fehler und der Median der Reaktionszeiten. Aus diesen beiden Parametern wird automatisch der Index der Gesamtleistung berechnet, bei welchem sowohl die Fehlerrate als auch die Reaktionszeiten miteinbezogen werden. Geringe Werte deuten dabei auf eine schlechtere Gesamtleistung (hohe Fehlerrate und langsame Reaktionszeiten) und höhere Werte auf eine bessere Gesamtleistung (geringere Fehlerrate und schnellere Reaktionszeiten) hin. Die Gütekriterien werden für diese Aufgabe für die begangenen Fehler und die Reaktionszeiten im Manual

angegeben. Demnach liegt die Test-Retest-Reliabilität bei $r = .41$ für begangene Fehler und $r = .83$ für den Median der Reaktionszeiten in der verbalen Bedingung. Die Odd-Even-Reliabilität ist mit $r = .75$ für die Fehlerrate und $r = .98$ für den Median der Reaktionszeiten angegeben. Für die nonverbale Bedingung sind im Manual keine Test-Retest-Reliabilitäten enthalten. Die Odd-Even-Reliabilitäten für die nonverbale Bedingung liegt bei $r = .75$ für die Fehlerrate und $r = .99$ für den Median der Reaktionszeiten.

4.3.3 Durchführung

Vor den Erhebungen wurde von allen Versuchspersonen das Einverständnis zur Studienteilnahme eingeholt. Alle Versuchspersonen nahmen an einer Einzeltestung teil, in welcher sie den Hintergrundfragebogen ausfüllten, sowie die Testaufgaben zu den heißen und kalten exekutiven Funktionen absolvierten. Die Kontrollvariablen (Intelligenz und Persönlichkeit) wurden in Gruppentestungen mit 8-15 Versuchspersonen erhoben. Die Studierenden erhielten drei Versuchspersonenstunden für die Studienteilnahme sowie die Geschenke und Snacks aus der Einzeltestung.

4.4 Ergebnisse Studie 3a

Eine a-priori Power-Analyse mit dem Programm *G*Power* (Faul et al., 2007) ergab, dass für die Annahme eines mittleren Effekts von $r = 0.3$ ($\alpha: 0.05$, power $(1-\beta): 0.95$) eine Stichprobengröße von 111 Versuchspersonen benötigt wird, um diesen möglichen Effekt aufzudecken. Alle weiteren Analysen wurden mit der Software *IBM® SPSS® Statistics* Version 25 berechnet.

Um die Zusammenhänge zwischen den unabhängigen Variablen (Menge des musikalischen Trainings, Alter zum Beginn des Musizierens) und den abhängigen Variablen (heiße und kalte exekutive Funktionen) zu berechnen wurden Pearson-Korrelationen durchgeführt. Um mögliche konfundierende Variablen zu identifizieren, wurden im ersten Schritt die unabhängigen Variablen mit den Kontrollvariablen korreliert. In einem zweiten Schritt wurden die abhängigen Variablen mit den unabhängigen Variablen und den relevanten Kontrollvariablen korreliert. Zeigten sich dabei sowohl zwischen der unabhängigen Variable und der Kontrollvariablen als auch zwischen den abhängigen Variablen und den Kontrollvariablen signifikante Zusammenhänge, wurden nachfolgend partielle Korrelationen berechnet, bei welchen relevante Kontrollvariablen auspartialisiert wurden.

4.4.1 Vorabanalysen

Der durchschnittliche IQ der Stichprobe lag bei $M = 112.66$ Punkten ($SD = 12.51$). Einige der Versuchspersonen wichen dabei allerdings um mehr als zwei Standardabweichungen nach oben hin ab und wurden daher aus den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen. Eine Übersicht über die deskriptive Statistik der abhängigen Variablen befindet sich in Tabelle 10 (siehe Anhang A). Aufgrund fehlender Werte (wegen fehlender Altersnormierung und einzelnen technischen Problemen) variiert das N für die einzelnen abhängigen Variablen.

Die Korrelationen der unabhängigen Variablen und Kontrollvariablen werden in Tabelle 11 (siehe Anhang A) dargestellt. Der Tabelle lässt sich entnehmen, dass die Menge an musikalischem Training positiv mit dem elterlichen Einkommen, der elterlichen Ausbildung sowie den Persönlichkeitsfaktoren Extraversion und Offenheit für Erfahrungen assoziiert ist. Dementsprechend werden in den weiteren Analysen diese Kontrollvariablen auspartialisiert, sofern sie auch mit der abhängigen Variablen korreliert sind.

Die Interkorrelationen zwischen den abhängigen Variablen sind in Tabelle 12 (siehe Anhang A) nachzulesen. Es zeigte sich, dass die kalten EF interkorreliert sind. Inhibition korrelierte sowohl mit nonverbaler und verbaler Flexibilität als auch mit dem Arbeitsgedächtnis. Darüber hinaus gab es einen positiven Zusammenhang zwischen nonverbaler Flexibilität und dem Arbeitsgedächtnis. Die beiden Tests der heißen exekutiven Funktionen waren nicht miteinander korreliert. Lediglich die Subskalen des *BAT-E* waren untereinander korreliert. Des Weiteren waren ebenso die fünf Blöcke der *IGT* untereinander und mit der Gesamtscore korreliert, wobei der fünfte Block am stärksten mit der Gesamtscore zusammenhing. Überdies zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen den Maßen für heiße und kalte exekutive Funktionen ($ps > .05$).

4.4.2 Hauptanalysen

Eine tabellarische Übersicht über die Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen und den abhängigen Variablen befindet sich in Tabelle 6.

Heiße exekutive Funktionen. Die Analysen bezüglich der Menge an musikalischem Training und der *IGT* ergaben weder zwischen dem musikalischen Training und der Gesamtsumme noch zwischen dem musikalischen Training und einer der 20-Trial-Blöcke signifikante Korrelationen (alle $ps > .05$). Die Berechnungen zwischen dem Alter

zum Beginn des Musizierens und den Blöcken der *IGT* ergaben eine geringe negative Korrelation im fünften Block der *IGT* ($r = -.22, p < .05$). Das bedeutet, dass je jünger die Versuchspersonen mit dem Musizieren begannen, desto häufiger trafen sie weniger risikoreiche Entscheidungen im letzten Block der *IGT*.

Die Analysen für die Menge an musikalischem Training und den Belohnungsaufschub ergaben zunächst keine signifikante Korrelation zwischen dem musikalischen Training und der Gesamtscore des Tests ($p > .05$). Bei Betrachtung der einzelnen Subskalen zeigte sich eine geringe signifikante Korrelation zwischen dem musikalischen Training und dem Item des realen Geschenks ($r = .21, p < .05$). Dies drückt aus, dass je mehr musikalisches Training die Versuchspersonen erhalten haben, desto öfter wählten sie die verzögerte Belohnung. Darüber hinaus fanden wir keine signifikante Korrelation zwischen dem Alter zum Beginn des Musizierens und einer der Skalen des Tests ($p > .05$). Da die identifizierten Kontrollvariablen weder mit der Gesamtscore des Tests noch mit den einzelnen Subskalen bzw. Items korreliert waren, wurde auf die Berechnung partieller Korrelationen verzichtet.

Kalte exekutive Funktionen. Die Analysen zur Inhibition ergaben signifikante Korrelationen zwischen der Menge musikalischen Trainings und der ersten Bedingung ($r = .2, p < .05$) wie auch zwischen der Menge musikalischen Trainings und der zweiten Bedingung ($r = .26, p < .01$) der *Go/NoGo*-Aufgabe. Da das elterliche Einkommen sowohl mit der Menge musikalischen Trainings als auch mit der ersten Bedingung der *Go/NoGo*-Aufgabe korreliert war, wurde nachfolgend die partielle Korrelation unter Konstanthaltung des elterlichen Einkommens berechnet. Das Ergebnis hierzu ergab, dass der Zusammenhang zwischen Menge musikalischen Trainings und der ersten Bedingung der *Go/NoGo*-Aufgabe geringer und nur noch marginal signifikant war ($pr = .18, p = .06$). Da die zweite Bedingung der *Go/NoGo*-Aufgabe mit keiner Kontrollvariable korreliert war, wurde hierfür auf die Berechnung partieller Korrelationen verzichtet. Die Korrelationen zwischen dem Alter, in dem mit dem Musizieren begonnen wurde und beiden Bedingungen der Inhibitionsaufgabe waren nicht signifikant ($ps > .05$).

Die kognitive Flexibilität betreffend ergaben die Analysen eine signifikante Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings und der nonverbalen Bedingung der kognitiven Flexibilität ($r = .27, p < .01$). Da keine der Kontrollvariablen mit der kognitiven Flexibilität korrelierten, konnte auf die Berechnung von partiellen Korrelationen verzichtet werden. Die Analysen zwischen der Menge musikalischen Trainings und der

verbalen Bedingung der kognitiven Flexibilität ergaben keine signifikanten Korrelationen ($p > .05$). Darüber hinaus ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Alter des Beginns des Musizierens und einer der Bedingungen zur kognitiven Flexibilität ($ps > .05$).

Die Berechnung zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Arbeitsgedächtnis wie auch zwischen dem Alter des Beginns des Musizierens und dem Arbeitsgedächtnis ergaben keine signifikanten Korrelationen ($ps > .05$).

Tabelle 6 Korrelationen zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen (Studie 3a)

Abhängige Variablen	Musikalisches Training (MT)	Alter MT	Elterl. Einkommen	Elterl. Ausbildung	BFI (E)	BFI (O)
Inhibition 1 (RZ)	.21* (.18 [†])	-.1	.06	.18*	-.02	.02
Inhibition 2 (RZ)	.26**	-.18 [†]	.13	.14	-.02	.09
Flexibilität _{nonverb} (RZ)	.27**	-.14	.17 [†]	.06	-.03	-.01
Flexibilität _{nonverb} (Gesamtleistung)	.18 [†]	-.06	.16 [†]	.06	.01	-.05
Flexibilität _{verbal} (RZ)	.04	-.13	.16 [†]	-.04	-.14	-.12
Flexibilität _{verbal} (Gesamtleistung)	.02	-.03	.13	-.05	-.01	-.17
Arbeitsgedächtnis (RZ)	.06	-.03	-.02	.02	.12	0
BAT-E (Gesamtsumme)	.1	-.03	.05	-.07	-.01	.02
BAT-E (Geschenk)	.2*	.01	-.04	-.02	-.03	.08
IGT (Gesamtsumme)	.05	-.17 [†]	.03	.1	-.04	-.08
IGT Block 01	-.06	-.15	-.17 [†]	.1	-.04	.04
IGT Block 02	.07	-.04	.11	0	.07	.02
IGT Block 03	-.08	-.08	.02	.1	-.14	-.11
IGT Block 04	.12	-.07	-.01	.1	.02	-.02
IGT Block 05	.1	-.22*	.06	.13	-.02	-.07

Anmerkungen: RZ = Reaktionszeiten, _{nonverb} = nonverbale Bedingung, _{verb} = verbale Bedingung,

** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$, [†] marginal signifikant bei $p < .1$

4.5 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse Studie 3a

Studie 3a diente dazu, den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen sowie kalten exekutiven Funktionen im jungen Erwachsenenalter zu untersuchen. Die heißen exekutiven Funktionen betreffend fanden wir in der vorliegenden Studie keinen Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und Entscheidungsfindung unter bekanntem und unbekanntem Risiko, was mit den Ergebnissen vorausgegangener Studien einhergeht (Hou et al., 2017; Smayda et al., 2018). Bezogen auf das Alter zum Beginn des Musikunterrichts zeigte sich ein negativer Zusammenhang zum letzten Block in der *IGT*. Das bedeutet, dass je früher die Versuchspersonen mit dem Musizieren angefangen hatten, desto besser war ihre Leistung in der Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko. Dieses Ergebnis stützt die Ergebnisse von Hou et al. (2017), welche ebenfalls zeigen, dass früher Musikunterricht positiv mit Entscheidungsfindung unter bekanntem und unbekanntem Risiko assoziiert ist. Gleichzeitig widersprechen unsere Ergebnisse den Ergebnissen von Smayda et al. (2018), wonach insbesondere der Beginn des Musizierens nach dem 8. Lebensjahr vorteilhaft für die Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko sei. Obwohl die Entwicklung der Entscheidungsfindung unter eines Risikos insbesondere während der Jugendjahre besonders stark zu sein scheint (Crone et al., 2004; Prencipe et al., 2011) deuten unsere und die Ergebnisse von Hou et al. (2017) darauf hin, dass für dieses Maß exekutiver Funktionen der Beginn des Musizierens vor dieser dynamischen Entwicklungsphase von Vorteil ist. Möglicherweise können bereits in frühem Kindesalter gewisse Verhaltensweisen eingeübt werden, die sich auch später noch positiv auf weniger risikoreiches Entscheiden auswirken.

Bezogen auf den Belohnungsaufschub als zweites Maß heißer exekutiver Funktionen konnten wir keinen Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Gesamtsumme des *BAT-E* finden, aber einen geringen positiven Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Item des realen Geschenks. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass je mehr musikalisches Training die Versuchspersonen hatten, desto öfter wählten sie das größere, um vier Wochen verzögerte Geschenk. Da langjähriges Musizieren die Fähigkeit voraussetzt, langfristig ein größeres Ziel verfolgen zu können und sich der Erfolg des Übens erst nach einer gewissen Zeit einstellt, wäre es denkbar, dass dies generell die Fähigkeit schult, auf kurzfristige Belohnungen zu verzichten und öfter eine verzögerte, dafür aber größere Belohnung zu wählen. Die Tatsache, dass sich dieser Zusammenhang nur zu dem Item des realen Geschenks und nicht zu den anderen Skalen des *BAT-E* zeigte, könnte darin begründet liegen, dass die anderen

Anreize für die Studierenden nicht groß genug waren und daher der Test nur für die Skala des realen Geschenks funktionierte. Dennoch kann auf Basis unserer Ergebnisse kein eindeutiger Rückschluss auf einen solchen Zusammenhang gezogen werden, weswegen weitere Studien notwendig sind, um eine mögliche Assoziation zwischen musikalischem Training und der Fähigkeit Belohnungen aufzuschieben, nachweisen zu können.

Die kalten exekutiven Funktionen betreffend zeigten die Ergebnisse dieser Studie, dass im jungen Erwachsenenalter die Menge musikalischen Training positiv mit inhibitorischen Fähigkeiten und der kognitiven Flexibilität assoziiert ist. Diese Befunde stützen Ergebnisse früherer Studien, in denen ebenfalls positive Zusammenhänge zwischen Inhibition (Bialystok & DePape, 2009; Amer et al., 2013) und kognitiver Flexibilität (Bugos et al., 2007) im Erwachsenenalter gefunden wurden. In der vorliegenden Studie konnten wir in der erwachsenen Stichprobe keinen Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Arbeitsgedächtnis nachweisen, was konträr zu Ergebnissen vorheriger Studien ist (z.B. Slevc et al., 2016, Okada & Slevc, 2018). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass es sich um eine studentische Stichprobe handelt und es sich dabei um eine generell kognitiv leistungsfähige und das Arbeitsgedächtnis durch den hohen Lernaufwand des Studiums ohnehin gut ausgeprägt ist. Darüber hinaus waren nur 20,5% der Stichprobe zum Zeitpunkt der Studienteilnahme musikpraktisch aktiv, und nur 6% der Stichprobe erhielt noch Instrumentalunterricht, sodass möglich Vorteile durch das Musizieren bereits verloren gegangen sein könnten. Diesen Aspekt betreffend ist es bemerkenswert, dass in einer Stichprobe, in welcher das Musizieren bei den meisten Versuchspersonen bereits mehrere Jahre zurücklag, noch immer positive Zusammenhänge zu einzelnen Maßen der exekutiven Funktionen gefunden werden konnten. Diese Befunde könnten ein Hinweis darauf sein, dass langjähriges Musizieren auch langfristige kognitive Vorteile mit sich bringt. Ähnliche Ergebnisse fand Schellenberg (2006) in seiner Studie, welche ergab, dass es ebenfalls langanhaltenden positive Zusammenhänge zwischen Musikunterricht und IQ in einer Stichprobe mit jungen Erwachsenen gab.

4.6 Methode Studie 3b

4.6.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 100 Kinder (55 Mädchen) im Alter von 9-12 Jahren teil ($M = 11.00$ Jahre, $SD = 0.81$ Jahre). Die Menge musikalischen Trainings der Kinder wurde über denselben Fragebogen wie in Studie 3a erfasst. Diesen füllten die Eltern der Kinder aus. Demnach hatten 75% der Kinder außerschulischen Musikunterricht mit einer durchschnittlichen Dauer von $M = 3.46$ Jahren ($SD = 2.04$ Jahre) erhalten. Von diesen Kindern erhielten 84% auch noch zum Zeitpunkt der Studienteilnahme außerschulischen Musikunterricht. Darüber hinaus hatten 60% der Gesamtstichprobe schon einmal in einer musikalischen Gruppe mit einer durchschnittlichen Dauer von $M = 3.38$ Jahren ($SD = 3.45$ Jahre) musiziert. Davon waren 67% auch zum Zeitpunkt der Studienteilnahme noch in einer musikalischen Gruppe aktiv. Im Hinblick auf den sozioökonomischen Status zeigte sich, dass 8% der Kinder aus einem Haushalt mit einem monatlichen Netto-Einkommen zwischen 2000€ und 3000€, 30% der Kinder aus einem Haushalt mit einem monatlichen Netto-Einkommen zwischen 3000€ und 4000€, 33% der Kinder aus einem Haushalt mit einem monatliche Netto-Einkommen zwischen 4000€ und 5000€ und 26% der Kinde aus einem Haushalt mit einem monatliche Netto-Einkommen mit mehr als 5000€ kamen. Eine Familie (1%) machte keine Angaben zu ihrem monatlichen Netto-Einkommen. Die meisten Kinder (37%) hatten keinen Elternteil mit einem Hochschulabschluss. Bei 27% der Kinder hatte ein Elternteil und bei 33% der Kinder hatten beide Elternteile einen Hochschulabschluss.

4.6.2 Messinstrumente

Es wurden dieselben Messinstrumente wie in Studie 1 angewendet, weswegen auf eine weitere Beschreibung jener an dieser Stelle verzichtet wird. Da in der *TAP* nicht für die gesamte Altersspanne von 9 bis 12 Jahren altersnormierte Werte angegeben sind, wurden für die Tests zu kognitiver Flexibilität und dem Arbeitsgedächtnis mit Rohwerten gerechnet und das Alter der Kinder kontrolliert.

4.6.3 Durchführung

Vor Beginn der Studie wurde von den Eltern das Einverständnis zur Studienteilnahme eingeholt. Die Eltern der Kinder füllten den Hintergrundfragebogen sowie den

Fragebogen zur Persönlichkeit ihres Kindes aus. Wie in Studie 3a absolvierten die Kinder eine Einzel- und eine Gruppentestung. Als Dankeschön für die Studienteilnahme erhielten sie eine Urkunde sowie die Geschenke und Snacks aus der Einzeltestung.

4.7 Ergebnisse Studie 3b

Alle durchgeführten Analysen wurden analog zu den Analysen in Studie 3a durchgeführt.

4.7.1 Voranalysen

Der durchschnittliche IQ der Stichprobe lag bei $M = 108.73$ ($SD = 11.97$). Vier Kinder wichen dabei mehr als zwei Standardabweichungen nach oben oder nach unten von der Stichprobe ab und wurden daher von den nachfolgenden Analysen ausgeschlossen. Eine Übersicht über die deskriptive Statistik der abhängigen Variablen befindet sich in Tabelle 13 (siehe Anhang A).

Die Korrelationsmatrix zwischen den unabhängigen Variablen und den Kontrollvariablen wird in Tabelle 14 (siehe Anhang A) dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Menge musikalischen Trainings negativ mit dem Alter zum Beginn des Musikunterrichts korreliert ist ($r = -.48, p < .01$). Darüber hinaus korreliert die Menge musikalischen Trainings positiv mit IQ ($r = .21, p < .05$), aber mit keiner weiteren der Kontrollvariablen (alle $ps > .05$). In den folgenden Analysen wird folglich die Variable IQ auspartialisiert, sofern diese auch mit der abhängigen Variablen assoziiert ist.

Die Interkorrelationen zwischen den abhängigen Variablen sind in Tabelle 15 (siehe Anhang A) nachzulesen. Es zeigte sich, dass die kalten EF interkorreliert sind. Inhibition ist sowohl mit der nonverbalen kognitiven Flexibilität als auch mit dem Arbeitsgedächtnis korreliert. Ebenso zeigt sich eine positive Korrelation zwischen dem Arbeitsgedächtnis und der kognitiven Flexibilität in verbaler und non-verbaler Bedingung. Interkorrelationen zwischen kalten und heißen exekutiven Funktionen zeigten sich nur zwischen der verbalen Flexibilität und dem Belohnungsaufschub sowie zwischen verbaler Flexibilität und dem zweiten Block der *IGT*. Die Maße der heißen exekutiven Funktionen betreffend, scheinen diese untereinander nicht miteinander zusammenhängen.

4.7.2 Hauptanalysen

Heiße exekutive Funktionen. Die Korrelationen zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Gesamtscore der *IGT*, wie auch der einzelnen Blöcke der *IGT* zeigten keine signifikanten Zusammenhänge ($ps > .05$). Analysen zwischen dem Alter, in dem mit der Musikpraxis angefangen wurde und den einzelnen Blöcken der *IGT* zeigten eine signifikante negative Korrelation zwischen dem Alter, in dem mit dem Musizieren begonnen wurde und dem dritten Block der *IGT* ($r = -.25, p < .05$). Das bedeutet je früher die Versuchspersonen mit dem Musizieren begannen desto besser schnitten sie im dritten Block der *IGT* ab.

Die Analysen zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Gesamtscore des *BAT-E* zur Messung des Belohnungsaufschubs ergaben keine signifikante Korrelation ($p > .05$). Ebenso zeigte sich auch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und einer der Subskalen des *BAT-E* ($ps > .05$).

Kalte exekutive Funktionen. Die Analysen zum musikalischen Training und der Inhibition zeigten eine signifikante positive Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Reaktionszeit in der ersten Bedingung ($r = .24, p < .05$), aber keine signifikante Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings und der zweiten Bedingung ($p > .05$). Da keine der Kontrollvariablen mit der ersten Bedingung der *Go/NoGo*-Aufgabe korreliert war, bestand keine Notwendigkeit der Berechnung partieller Korrelationen.

Das Arbeitsgedächtnis betreffend zeigen die Ergebnisse eine signifikante positive Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings und den korrekten Antworten ($r = .33, p < .01$), aber keine signifikante Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings Erfahrung und der Reaktionszeit ($p > .05$). Da keine der gemessenen Parameter des Arbeitsgedächtnisses mit den zu kontrollierenden Variablen korreliert war, konnte auch hier auf die Berechnung partieller Korrelationen verzichtet werden.

Die Analysen zur kognitiven Flexibilität ergaben zunächst eine signifikante negative Korrelation³ zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Reaktionszeit in der nonverbalen Bedingung ($r = -.32, p < .01$), wie auch zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Reaktionszeit in der verbalen Bedingung ($r = -.23, p < .05$). Da

³ Da die Altersnormierung fehlt und es sich hierbei um Reaktionszeiten handelt, ergibt sich eine negative Korrelation

sowohl die nonverbale als auch die verbale Bedingung mit dem Alter zum Testzeitpunkt und dem IQ korreliert waren, wurden anschließend partielle Korrelationen berechnete und jene Kontrollvariablen auspartialisiert. Diese Analysen zeigten, dass die negative Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings geringer wurde, aber dennoch signifikant blieb ($p = -.22, p < .05$). Die Korrelation zwischen der Menge musikalischen Trainings und der verbalen Bedingung verschwand hingegen unter Auspartialisierung der Kontrollvariablen ($p > .05$). Eine Übersicht über die Korrelationen zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen befindet sich in Tabelle 7.

Tabelle 7 Korrelationen (und Partialkorrelationen in Klammern) zwischen den abhängigen und unabhängigen Variablen (Studie 3b)

Abhängige Variablen	musikalisches Training	Alter Beginn MU	Alter Testzeitpunkt	IQ
Inhibition 1 (Fehler)	-.09	-.1	-.04	.11
Inhibition 1 (RZ)	.24**	-.13	-.04	.03
Inhibition 2 (Fehler)	-.06	.08	.06	.13
Inhibition 2 (RZ)	.18 [†] (.14)	-.08	.05	.23*
Flexibilität _{nonverb} (Korrekte)	-.02	.1	.15	.33**
Flexibilität _{nonverb} (RZ) ^a	-.32** (-.22*)	-.01	-.3**	-.37**
Flexibilität _{verb} (Korrekte)	-.02	-.13	.15	.3**
Flexibilität _{verb} (RZ) ^a	-.23* (-.13)	.02	-.34**	-.22*
Arbeitsgedächtnis (Korrekte)	.33**	-.15	0	.19
Arbeitsgedächtnis (RZ) ^a	-.2 [†]	-.05	-.12	-.04
BAT-E (Gesamtsumme)	.08	.05	-.08	-.09
BAT-E (Geschenk)	0	.1	-.14	-.05
IGT (Gesamtsumme)	.03	-.15	.03	-.16
IGT Block 01	.02	-.08	.2*	.07
IGT Block 02	.14 (.19)	-.06	.08	-.23*
IGT Block 03	-.02	-.25*	.05	-.01
IGT Block 04	.02	-.15	-.1	-.02
IGT Block 05	-.04 (.02)	.05	-.07	-.27**

Anmerkungen: RZ = Reaktionszeiten, nonverb = nonverbale Bedingung, verb = verbale Bedingung,

** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$, [†] marginal signifikant bei $p < .1$, ^a da für diese Maße eine Altersnormierung fehlt und es sich um Reaktionszeiten handelt, drücken sich positive Zusammenhänge als negative Korrelationen aus

4.8 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse Studie 3b

Mit Studie 3b untersuchten wir den Zusammenhang zwischen heißen sowie kalten exekutiven Funktionen bei Kindern im Alter von 9 – 12 Jahren. Dabei handelt es sich um die erste Studie, welche heiße exekutive Funktionen im Zusammenhang mit musikalischem Training im Kindesalter erforschte. Auf Grundlage der gefundenen Ergebnisse können wir erste Aussagen darüber machen, inwiefern musikalisches Training neben den kalten exekutiven Funktionen auch mit heißen exekutiven Funktionen zusammenhängt.

Bezogen auf die Entscheidungsfindung unter unbekanntem und bekanntem Risiko weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass genau wie im Erwachsenenalter kein Zusammenhang zwischen der Menge an musikalischem Training und der Entscheidungsfindung besteht. Darüber hinaus zeigte sich aber bei der Analyse zwischen dem Alter, in dem mit dem Musizieren begonnen wurde und den einzelnen Blöcken der *IGT*, dass je früher die Kinder mit dem Musizieren angefangen hatten, desto bessere Leistungen zeigten sie im dritten Block dieser Aufgabe. Das bedeutet, dass je früher die Kinder mit dem Musizieren begannen desto weniger risikoreiche Entscheidungen trafen sie unter bekanntem Risiko. Diese Ergebnisse bestätigen einerseits die Ergebnisse der Erwachsenenstichprobe und andererseits auch die Ergebnisse früherer Studien, nach welchen nicht das Musizieren an sich mit dem Treffen von weniger risikoreichen Entscheidungen verbunden war, sondern dass je früher mit dem Musizieren begonnen wurde, desto weniger häufig wurden risikoreiche Entscheidungen getroffen (Hou et al., 2017). Die Ergebnisse der Stichprobe mit den Kindern unterscheiden sich insofern von den Ergebnissen der Erwachsenenstichprobe, dass ein Zusammenhang mit dem Beginn des Musizierens und der Leistung in der *IGT* bei den Kindern nur für Block 3 und bei den Erwachsenen nur für Block 5 gefunden werden konnte. Dies lässt sich damit begründen, dass Erwachsene und Kinder im Allgemeinen unterschiedliche Verhaltensmuster in der *IGT* zeigen. Während sich die Leistung der Erwachsenen von Block zu Block steigert, verbessert sich die Leistung bei Kindern im Alter von 10 bis 11 Jahren nur bis zum dritten Block und nimmt danach wieder ab (Prencipe et al., 2011). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass im Kindesalter zum Ende der Aufgabe Ermüdungseffekte eintreten und daher in den letzten Trials eine eher willkürliche Wahl der Kartendecks getroffen wird. Eine weitere Erklärung wäre außerdem, dass die Kinder, welche früh mit dem Musizieren begannen, schneller die positiven Eigenschaften der Kartenstapel C und D herausfanden und sich der gefundene Zusammenhang in den nachfolgenden Blöcken nicht mehr zeigte, da ab dem vierten Block alle Kinder gleichermaßen die Eigenschaften der Kartenstapel herausgefunden hatten.

Betreffend die Fähigkeit Belohnungen aufzuschieben, zeigte sich kein Zusammenhang zu der Menge musikalischen Trainings in der Stichprobe der 9-12-jährigen Kinder. Da in der Erwachsenenstichprobe ebenso nur ein Zusammenhang zwischen dem realen Geschenk, nicht aber zwischen den anderen Skalen des *BAT-E* und der Menge musikalischen Trainings ein Zusammenhang gefunden werden konnte, wäre es denkbar, dass entweder kein Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Belohnungsaufschub besteht oder dass sich zwar ein geringer Zusammenhang finden lässt, dieser aber erst nach einer erheblichen Anzahl an Jahren an musikalischen Trainings in Erscheinung tritt und im Kindesalter die Menge an musikalischem Training entsprechend noch nicht ausreicht.

Die Ergebnisse zu den kalten exekutiven Funktionen zeigten in Studie 3b, dass die Menge musikalischen Trainings mit allen drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen assoziiert ist. Für die Untertests zu Inhibition und der kognitiven Flexibilität ergab sich, dass je mehr musikalisches Training die Kinder vorwiesen, desto schneller waren ihre Reaktionszeiten in diesen Tests. Bezogen auf das Arbeitsgedächtnis ergab sich kein Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und der Reaktionszeit, aber eine signifikante Korrelation zwischen der Menge an musikalischem Training und den korrekten Antworten. Unsere Ergebnisse bestätigen Ergebnisse vorausgegangener Studien, welche ergaben, dass musikalisches Training im Kindesalter mit Inhibition (Bugos & DeMarie, 2017; Degé et al., 2011a; Zuk, Benjamin, Kenyon, & Gaab, 2014), dem Arbeitsgedächtnis (Degé et al. 2011b; Roden et al., 2012; Schellenberg, 2011) und der kognitiven Flexibilität (Degé et al., 2011b; Holochwost et al., 2017) assoziiert sind. Bezogen auf die kalten exekutiven Funktionen konnte hingegen nicht nachgewiesen werden, dass insbesondere frühes Musizieren positiv mit der kognitiven Leistung zusammenhängt. Vielmehr deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass Musizieren im Allgemeinen mit besseren Leistungen in allen drei Hauptkomponenten der exekutiven Funktionen einhergeht.

4.9 Gesamtdiskussion Studie 3

Studie 3 diente dazu, den Zusammenhang zwischen heißen sowie kalten exekutiven Funktionen im jungen Erwachsenen- und späten Kindesalter zu untersuchen. Um diese Zusammenhänge zu prüfen, wählten wir ein korrelatives Design und erhoben sowohl heiße als auch kalte exekutive Funktionen in beiden Stichproben.

Im Gesamten betrachtet zeigten die Ergebnisse von Studie 3 in beiden Stichproben, keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und den heißen exekutiven Funktionen. Ähnlich wie in bisherigen Studien deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass sowohl im Erwachsenen- als auch im Kindesalter kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Treffen von weniger risikoreichen Entscheidungen besteht (Hou et al., 2017; Smayda et al., 2018). Ebenso den vorherigen Studienergebnissen entsprechend, zeigte sich hingegen ein geringer Zusammenhang zwischen dem Alter, in welchem mit dem musikalischen Training begonnen wurde und dem Treffen von Entscheidungen unter bekanntem Risiko. Dabei weisen die Ergebnisse beider Stichproben darauf hin, dass je früher die Versuchspersonen mit dem Musizieren begonnen hatten, desto bessere Entscheidungen trafen sie unter bekanntem Risiko. Dieses Ergebnis spricht für die Ergebnisse von Hou et al. (2017), welche ebenfalls zeigen konnten, dass insbesondere frühes Musizieren mit dem Treffen von vorteilhaften Entscheidungen assoziiert ist und könnte überdies ein Hinweis darauf sein, dass insbesondere das Musizieren in früheren Kindheitsjahren die Hirnentwicklung positiv beeinflusst (Steele et al., 2013).

Bezogen auf die Fähigkeit Belohnungen aufzuschieben, weisen unsere Ergebnisse darauf hin, dass kein oder nur ein geringer Zusammenhang zwischen dem Belohnungsaufschub und der Menge musikalischen Trainings im Erwachsenenalter besteht. Darüber hinaus scheint dieser von der Belohnung abhängig zu sein. Für das Kindesalter konnte hingegen kein Zusammenhang zwischen der Menge musikalischen Trainings und dem Aufschieben von Belohnungen nachgewiesen werden. Da sich die Stichproben im Hinblick auf die Menge musikalischen Trainings deutlich unterschieden (in der Erwachsenenstudie lag die Dauer des durchschnittlich erhaltenen Musikunterrichts bei ungefähr 7 ½ Jahren wohingegen diese bei den Kindern nur bei ca. 3 ½ Jahren lag), wäre eine mögliche Erklärung, dass nur langjähriges Musizieren mit Belohnungsaufschub zusammenhängt.

Im Hinblick auf die kalten exekutiven Funktionen konnten wir mit der vorliegenden Studie vorausgegangene Studien bestätigen, die zeigten, dass die Menge musikalischen Trainings sowohl im Erwachsenen- als auch im Kindesalter mit verschiedenen Komponenten der kalten exekutiven Funktionen positiv assoziiert ist (z.B. Amer et al., 2013; Degé et al., 2011; Zuk et al., 2014). Dabei zeigten sich im Kindesalter etwas stärkere Zusammenhänge als im Erwachsenenalter, was damit zusammenhängen könnte, dass die meisten Kinder mit musikalischem Training auch während der Studienteilnahme

noch musikalisch aktiv waren und in der Erwachsenenstichprobe die regelmäßige Musikpraxis teils schon Jahre zurücklag. Dadurch, dass dennoch in der Erwachsenenstichprobe geringe positive Zusammenhänge gefunden werden konnten, scheint es, als ob diese Assoziationen langanhaltend sind. Ähnliche Befunde berichtete Schellenberg (2006) in einer korrelativen Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Musikunterricht und IQ im Erwachsenen- und Kindesalter.

Zusammenfassend betrachtet spiegeln die Ergebnisse den bisherigen Forschungsstand wider, indem sie darauf hindeuten, dass die Menge musikalischen Trainings zwar mit kalten, aber nicht unbedingt mit heißen exekutiven Funktionen in Zusammenhang steht. Dies könnte auch ein Hinweis darauf sein, dass es sich bei heißen und kalten exekutiven Funktionen um verschiedene Konstrukte handelt (Kerr & Zelazo, 2004). Ebenso deuten auch die Ergebnisse, dass die Maße für heiße und kalte exekutive Funktionen in Studie 3a gar nicht und in Studie 3b zum Teil negativ korreliert waren, auf unterscheidbare Konstrukte hin. Auf der anderen Seite könnten die Unterschiede in den Ergebnissen zwischen heißen und kalten exekutiven Funktionen auch darin begründet liegen, dass die beiden Konstrukte mit sehr unterschiedlichen Testaufgaben gemessen wurden. Grundsätzlich besteht bei der Messung heißer exekutiver Funktionen die Problematik, dass es sich hierbei noch um ein recht junges Konstrukt handelt und diese im Vergleich zu den kalten exekutiven noch wenig erforscht wurden (Peterson & Welsh, 2014). Dementsprechend fehlt es auch an gut evaluierten Testverfahren, um heiße exekutive Funktionen zu erfassen. Da theoretisch aus Aufgaben zur Messung kalter exekutiver Funktionen durch das Hinzufügen einer affektiven Komponente, wie einem Gewinn-Verlust-Kontext, Aufgaben zur Messung heißer exekutiven Funktionen abgeleitet werden können, könnte es für zukünftige Studien gewinnbringend sein, auf eine solche Vorgehensweise zurückzugreifen. Solch ein Ansatz würde einen besseren Vergleich zwischen heißen und kalten exekutiven Funktionen bzw. die Messung des Einflusses heißer Faktoren ermöglichen.

4.9.1 Limitationen und Ausblick

In Studie 3 untersuchten wir die Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen im Erwachsenen- und im späten Kindesalter. Dabei lag der Fokus auf den heißen exekutiven Funktionen, da diese im Zusammenhang mit musikalischem Training bislang sehr wenig erforscht wurden. Um ausschließen zu können, dass diese Assoziationen durch dritte konfundierende Variablen beeinflusst werden, er-

hoben wir eine Reihe an Kontrollvariablen, welche wir in den Hauptanalysen auspartialisierten, sofern sie mit der unabhängigen und der abhängigen Variable korreliert waren. Trotz der sorgfältigen Kontrolle möglicher konfundierender Variablen soll darauf hingewiesen sein, dass aufgrund des korrelativen Designs keine kausalen Zusammenhänge untersucht werden konnten. Es wäre denkbar, dass Individuen mit bereits besser ausgeprägten exekutiven Funktionen eher dazu neigen ein Instrument zu lernen bzw. langfristig dabeizubleiben und daher die gefundenen positiven Zusammenhänge entstehen. Da insbesondere heiße exekutive Funktionen Prozesse der Motivations- und Emotionsregulation mit einbeziehen, wäre es des Weiteren denkbar, dass auch hier interindividuelle Unterschiede die Ergebnisse beeinflusst haben. Dementsprechend sollten nachfolgende Studien entsprechende Kontrollvariablen in ihrem Design berücksichtigen. Darüber hinaus wendeten wir in der vorliegenden Studie nur zwei Testverfahren zu den heißen exekutiven Funktionen an. Daher könnte es für nachfolgende Studien gewinnbringend sein, weitere Maße der heißen exekutiven Funktionen im Zusammenhang mit musikalischem Training einzusetzen. In unserer Studie untersuchten wir Kinder im Alter zwischen 9 und 12 Jahren und junge Erwachsenen. Inwiefern sich diese Ergebnisse von Ergebnissen mit älteren Erwachsenen unterscheiden, ist aufgrund der aktuellen Studienlage unklar, sodass durch die Untersuchung weiterer Altersgruppen wiederum neue Erkenntnisse gewonnen werden könnten.

4.9.2 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse von Studie 3 weisen darauf hin, dass zwar ein Zusammenhang zwischen musikalischem Training und kalten exekutiven Funktionen sowohl im älteren Kindes- als auch im Erwachsenenalter besteht, doch dass dieser nicht für die gemessenen heißen exekutiven Funktionen übertragbar ist. Im Zusammenhang mit der Entscheidungsfindung unter bekanntem Risiko scheinen sich positive Assoziationen zwischen frühem Musizieren und dieser Fähigkeit abzuzeichnen.

5 Gesamtdiskussion der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen im Kindes- und jungen Erwachsenenalter zu untersuchen. Hierzu wurden zunächst bestehende Forschungslücken aufgezeigt und daraus verschiedene Fragestellungen abgeleitet, welche mit drei unabhängigen Studien im Rahmen dieser Arbeit geklärt werden sollten. Dabei galt es erstens herauszufinden, inwiefern Instrumentalunterricht, wie er als Freizeitbeschäftigung ausgeübt wird, einen Einfluss auf exekutive Funktionen bei Kindern im Alter von 6 bis 7 Jahren verursacht. Um diesen kausalen Zusammenhang klären zu können, wurde Studie 1 konzipiert und durchgeführt. Das Augenmerk dieser Studie lag auf der methodischen Durchführung, da vorausgegangene Studien einen Einfluss von verschiedenen Arten Musikunterrichts auf exekutive Funktionen bereits nahelegten, aber aufgrund methodischer Limitationen nur eingeschränkt interpretiert werden konnten. Mit der Anwendung eines experimentellen Designs und dem Vergleich der Instrumentalgruppe zu einer aktiven und einer passiven Kontrollgruppe, ist diese Studie eine der ersten, durch welche zuverlässige Aussagen über die Wirkung eines musikpraktischen Trainings auf exekutive Funktionen im Kindesalter getroffen werden können. Ein zweites Ziel dieser Studie bestand darin zu prüfen, welche Komponenten der exekutiven Funktionen in diesem Alter durch ein musikalisches Training beeinflusst werden können. In diesem Zusammenhang wurde die Hypothese aufgestellt, dass möglicherweise die Bereiche der exekutiven Funktionen, die sich in dieser Altersspanne in einer dynamischen Entwicklungsphase befinden, insbesondere durch ein Training gefördert werden. Drittens sollte mit Studie 1 der spezifische Einfluss von Instrumentalunterricht als Freizeitbeschäftigung geprüft werden, da die meisten vorausgegangene Forschungsarbeiten musikalische Trainings anwendeten, die aus mehreren Komponenten bestanden und zudem in einem schulischen Kontext implementiert wurden.

Die Ergebnisse von Studie 1 zeigen, dass Instrumentalunterricht einige, aber nicht alle Komponenten der exekutiven Funktionen beeinflusst. Während sich abbildete, dass die Komponenten Verhaltensinhibition, selektive Aufmerksamkeit und das visuelle Arbeitsgedächtnis durch den Instrumentalunterricht gefördert werden, konnte dieser Effekt für die Komponenten des Set-Shiftings, der figuralen Flüssigkeit und des Planens nicht nachgewiesen werden. Mögliche Gründe für die Nullbefunde bezüglich dieser Kompo-

nenten wurden ausführlich in der Diskussion zu Studie 1 erörtert. Eine plausible Erklärung für diese Ergebnisse könnte beispielsweise die Aufgabenverunreinigung sein, sodass die graphomotorische Komponente, die in den Tests der figuralen Flüssigkeit und dem Test zum Planen beinhaltet war, die Ergebnisse beeinflusste. Eine weitere mögliche Erklärung besteht darin, dass die Entwicklung der exekutiven Funktionen eine Rolle dabei spielt, wann ein Training auf die jeweilige Komponente einen Einfluss nehmen kann. Dieser Punkt soll nachfolgend in Kapitel 5.2 noch genauer erörtert werden. Im Gesamten betrachtet liefert diese Studie wichtige Erkenntnisse über die Wirkung eines in der Freizeit implementierten Instrumentaltrainings auf exekutiven Funktionen im Kindesalter, da durch die strenge methodische Vorgehensweise nun ein kausaler Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Dabei wurden Ergebnisse vorausgegangener Studien, die darauf hindeuteten, dass Musizieren einen Einfluss auf einige, aber nicht alle Bereiche der exekutiven Funktionen ausübt (z.B. Holochwost et al., 2017) bestätigt. Eine gewisse Einschränkung dieser Studie besteht in der Stichprobengröße. Zwar ist die rekrutierte Stichprobe nach Berechnung einer Power-Analyse mit *G*Power* (Faul et al., 2007) ausreichend, um einen vorhandenen Effekt nachweisen zu können, doch wäre eine größere Stichprobe wünschenswert, um allgemeingültigere Aussagen treffen zu können.

Ein zweites Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, mögliche Komponenten eines musikalischen Trainings zu identifizieren, die auf (bestimmte) exekutive Funktionen einwirken. Hierzu verglichen wir in Studie 2 den Einfluss von rhythmusbasiertem Musiktraining zu sing- und intonationsbasiertem Musiktraining bei Vorschulkindern. Um auch in dieser Studie die kausalen Zusammenhänge der Musiktrainings untersuchen zu können, wurde ebenso wie in Studie 1 ein experimentelles Design gewählt und eine zufällige Zuweisung der teilnehmenden Kinder vorgenommen sowie der Vergleich zu einer ebenfalls aktiven Kontrollgruppe hergestellt. Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass sich insbesondere ein Rhythmustraining, welches in hohem Maße rhythmisch-motorische Kontrolle verlangt, positiv auf inhibitorische Leistungen im Vorschulalter auswirkt. Dadurch, dass sich die Sing- und die Sportkontrollgruppe nicht signifikant in der Inhibition verbesserten, kann davon ausgegangen werden, dass weder Musik noch Motorik allein eine positive Wirkung zeigt, sondern dass insbesondere die Kombination aus Rhythmus und Motorik einen positiven Einfluss auf exekutive Funktionen im Vorschulalter ausübt. Dieser Befund passt zu Ergebnissen vorausgegangener Studien, welche darauf hinweisen, dass PerkussionistInnen, aber nicht VokalistInnen Vorteile in der inhibitorischen Kontrolle im Vergleich zu Nicht-MusikerInnen zeigten (Slater et al., 2017)

und dass konsistentes Trommeln positiv mit inhibitorischen Fähigkeiten einhergeht (Slater et al., 2018). Mit Studie 2 konnten wir folglich noch eine fehlende Brücke zwischen diesen Forschungsarbeiten herstellen und zeigen, dass ein rhythmusbasiertes Musiktraining tatsächlich zu einer Verbesserung der inhibitorischen Fähigkeiten führen kann. Des Weiteren bestätigt Studie 2 vorausgegangene Vermutungen, dass der Rhythmus und insbesondere die rhythmische Synchronisation ein wichtiger Aspekt musikalischen Trainings im Hinblick auf kognitive Fähigkeiten darstellt (Miendlarzewska & Trost, 2014). Ein weiterer zentraler Befund von Studie 2 ist, dass wir die Ergebnisse aus Studie 1 nicht nur darum erweitern konnten, dass wir erste Anhaltspunkte für wichtige inhaltliche Komponenten eines musikalischen Trainings identifizieren sondern auch die Ergebnisse aus Studie 1 für eine etwas jüngere Altersgruppe und ein noch spezifischeres Musiktraining in Teilen replizieren konnten. Daher kann mit den Ergebnissen aus Studie 2 die Schlussfolgerung aus Studie 1, dass ein musikalisches Training eine passende Intervention ist, um exekutive Funktionen in der Kindheit zu fördern, bestätigt werden.

Das dritte größere Ziel der Arbeit war, den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen im jungen Erwachsenen- und späten Kindesalter zu untersuchen. Hierzu wurde Studie 3 mit einem korrelativen Design durchgeführt und heiße sowie kalte exekutive Funktionen in beiden Stichproben erhoben. Das korrelative Design dieser Studie lässt zwar keine Rückschlüsse eines kausalen Zusammenhangs zu, ist aber angemessen, um zunächst herauszufinden, inwiefern heiße exekutive Funktionen überhaupt mit musikalischem Training assoziiert sind oder ob dieser Zusammenhang nur auf das Konstrukt der kalten exekutiven Funktionen zutrifft. Die Ergebnisse bestätigen die Befunde vorausgegangener Studien, die ebenfalls zeigen, dass musikalisches Training sowohl im Erwachsenen- als auch im Jugendalter positiv mit exekutiven Funktionen assoziiert ist. Hierbei konnte aber nicht abschließend geklärt werden, inwiefern neben dem Zusammenhang zu kalten exekutiven Funktionen auch ein Zusammenhang zu heißen exekutiven Funktionen besteht. Wie in den einzigen beiden vorherigen Studien (Hou et al., 2017; Smayda et al., 2018) zeigte sich, dass kein Zusammenhang zwischen der Menge an musikalischem Training und dem Treffen von Entscheidungen unter unbekannten und bekanntem Risiko existiert, aber dass das Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wurde, in diesem Zusammenhang eine Rolle spielt. So konnten die Ergebnisse von Hou et al. (2017) bestätigt werden, indem auch unsere Studie darauf hindeutet, dass je früher mit dem Musizieren begonnen wird, desto besser schneiden junge Erwachsene beim Treffen von Entscheidungen unter bekanntem Risiko ab. Für das

späte Kindesalter konnten diese Ergebnisse mit Studie 3b repliziert werden. Um ein zweites Maß der heißen exekutiven Funktionen zu erfassen, wendete wir eine Aufgabe zur Messung des Belohnungsaufschubs an. Die Ergebnisse hierzu deuten im Erwachsenenalter einen schwachen Zusammenhang zwischen der Menge an musikalischem Training und der Fähigkeit Belohnungen aufzuschieben an. Da sich dieser Befund aber nur auf ein Item des Tests bezieht, darf dieses Ergebnis nicht überinterpretiert werden. Im späten Kindesalter konnte hingegen kein Zusammenhang zwischen der Menge an musikalischem Training und dem Belohnungsaufschub gefunden werden. Da dieser Zusammenhang insgesamt noch unklar erscheint, sind weitere Studien erforderlich, um eindeutige Aussagen treffen zu können. Wie bereits in der Diskussion zu Studie 3 angedeutet, ist hierzu die Entwicklung und Evaluation von weiteren Messverfahren zur genaueren Erforschung der exekutiven Funktionen erforderlich. Dabei könnte es sinnvoll sein, für die Messung kalter und heißer exekutiver Funktionen dieselben Aufgaben zu verwenden und diese durch die Implementierung von heißen Faktoren nur in ihrer affektiven Komponente zu manipulieren, um eine noch bessere Vergleichbarkeit zwischen den beiden Konstrukten zu ermöglichen.

Die Originalität von Studie 3 besteht darin, dass sowohl kalte als auch heiße exekutive Funktionen innerhalb einer Stichprobe erhoben wurden, sodass ein direkter Vergleich zwischen den verschiedenen Konstrukten der exekutiven Funktionen möglich ist und die gefundenen Unterschiede nicht aufgrund des Vergleichs verschiedener Stichproben begründet liegen können. Passend zu den Gesamtergebnissen dieser Studie weisen die Befunde, dass sich zwischen den beiden Konstrukten in der Erwachsenenstichprobe keine und in der Stichprobe mit den Kindern sogar negative Korrelationen ergaben, auf die Unterscheidbarkeit zwischen heißen und kalten exekutiven Funktionen hin.

Im Gesamten betrachtet konnte mit der vorliegenden Arbeit der Erkenntnisstand über den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen maßgeblich erweitert werden. Aufgrund der methodischen Durchführung von Studie 1 und Studie 2 können wir nun davon ausgehen, dass exekutive Funktionen im Kindesalter durch musikalische Interventionen gefördert werden können. Dabei konnten wir sowohl die Wirksamkeit eines Trainings, das eher einem schulischen Charakter ähnelt und im Kindergarten implementiert ist, als auch die Wirksamkeit eines in der Freizeit ausgeübten Instrumentaltrainings nachweisen. Dies zeigt, dass die Wirkung musikalischer Interventionen auch in verschiedenen Kontexten bestehen bleibt. Darüber hinaus konnten wir die Ergebnisse aus Studie 1 mit Studie 2 in Teilen replizieren, was darauf hindeutet, dass es

sich bei den Befunden nicht um zufällig zustande kommende Ergebnisse handelt, sondern dass exekutive Funktionen und wahrscheinlich insbesondere inhibitorische Fähigkeiten im Alter von 5 bis 7 Jahren durch musikalische Trainings tatsächlich gestärkt werden. Mögliche Gründe für die Wirksamkeit musikalischer Interventionen und Ursachen für die gemischten Ergebnisse bisheriger Forschung in Bezug auf die Beeinflussung verschiedener Komponenten der exekutiven Funktionen sowie die Einordnung der Befunde zu exekutiven Funktionen in die derzeitige Diskussion um die Existenz von Transfereffekten sollen nachfolgend diskutiert werden.

5.1 Musizieren als geeignete Methode zur Förderung exekutiver Funktionen

Wie Diamond und Lee (2011) und Diamond und Ling (2016) in ihren Reviews über Interventionen zur Förderung exekutiver Funktionen festgestellt haben, bedarf es einiger Rahmenbedingungen, die für die Wirksamkeit von Interventionen zuträglich sind. Wie bereits in der Einleitung beschrieben bestehen diese darin, dass das Training zum einen kontinuierlich stattfindet und darüber hinaus exekutive Funktionen nicht nur beansprucht, sondern auch herausfordert, da eine Verbesserung von Fähigkeiten nur dann zu erwarten ist, wenn das Ausüben einer Aktivität fortlaufend schwierig bleibt (Ericsson, Nandagopal, & Roring, 2009; Ericsson & Towne, 2010). Wie ebenfalls in der Einleitung beschrieben passt dieser Ansatz auch zu Vygotskys Zone der proximalen Entwicklung, wonach das kognitive Potenzial von Kindern zwischen dem, was sie von allein können und dem, was sie unter Anleitung erreichen können, liegt (Vygotsky, 1978). Um exekutive Funktionen verbessern zu können, muss eine Intervention folglich anspruchsvoll sein, um das kognitive Potenzial auszuschöpfen und sollte außerdem möglichst von einer kompetenten Lehrperson angeleitet werden.

Des Weiteren seien Trainings insbesondere dann wirksam, wenn sie nicht konzipiert wurden, um eine spezifische exekutive Funktion zu steigern, sondern vielmehr, wenn sie kognitiv herausfordernde Aktivitäten sind, die in einen sozialen Kontext eingebunden sind und exekutive Funktionen nebenbei fördern. Abgesehen von dem direkten Einfluss einer Intervention auf die exekutiven Funktionen erscheinen nämlich weitere Faktoren, die exekutive Funktionen positiv beeinflussen, ebenso für die Wirksamkeit eines Trainings von Relevanz. Demnach seien soziale Eingebundenheit, emotionales und körperliches Wohlbefinden, das gemeinsame Verfolgen eines Ziels und die Verbesserung

von Selbstwert und Selbstwirksamkeit sowie Freude an der Aktivität wichtige Faktoren, die die Wirksamkeit einer Intervention begünstigten (Diamond & Ling, 2016).

Wie eingangs beschrieben können im Zusammenhang mit musikalischen Trainings diese geforderten Rahmenbedingungen sehr gut geschaffen werden. Zum einen ist Musizieren eine kognitiv herausfordernde Aufgabe, die durch die multimodale Verarbeitung von auditiven, sensumotorischen und visuellen Reizen ein hohes Maß an kognitiver Kontrolle erfordert und somit auch die exekutiven Funktionen beansprucht (Dalla Bella, 2016; Jäncke, 2009). Zum anderen wird der Schwierigkeitsgrad mit zunehmender Komplexität der Stücke immer anspruchsvoller, sodass das Musizieren auch fortlaufend eine herausfordernde Aktivität bleibt und zunehmend mehr Einsatz exekutiver Funktionen voraussetzt. Ebenso können musikalische Interventionen ohne weiteres in einer Gruppe durchgeführt werden und durch das gemeinsame Hinarbeiten auf beispielsweise ein Konzert ein gemeinsames Ziel verfolgt und somit das Gefühl der sozialen Eingebundenheit und der Selbstwert von Kindern gefördert werden.

Da die in unseren Studien implementierten Trainings alle postulierten Rahmenbedingungen erfüllten, ist es naheliegend, dass diese Interventionen eine Wirksamkeit zeigten. Ebenso erfüllten aber auch die Kontrollinterventionen (Zeichnen in Studie 1 und Sport/Yoga in Studie 2) in ähnlicher Weise zumindest einiger dieser Bedingungen. Dementsprechend könnte man sich die Frage stellen, warum das Instrumentaltraining bzw. das Rhythmustraining auch im Vergleich zu den Kontrollinterventionen besonderen Einfluss zeigten. Dies lässt sich zum einen dadurch begründen, dass die Kontrollinterventionen weniger adaptiv sind. Zwar ist es möglich sowohl in einem Zeichen- als auch im Sporttraining den Schwierigkeitsgrad der gestellten Aufgaben variieren, doch ist es schwieriger, die Aufgaben auch kognitiv in gleichem Maße herausfordernder zu gestalten.

Außerdem ließe sich vermuten, dass die Besonderheit eines musikalischen Trainings unter anderem darin liegt, dass es in sehr hohem Maße aufmerksamkeitsbindend ist. Beim Musizieren ist es nicht möglich auch nur für kurze Zeit die Aufmerksamkeit abzuwenden, da dies unmittelbare Konsequenzen in Form von „Verspiellern“ nach sich ziehen würde. Diese Vermutung erscheint vor allem im Vergleich zum Zeichentraining plausibel, da beim Zeichnen der zeitliche Aspekt während der Aufgabenbearbeitung weniger eine Rolle spielt. Eine kurzzeitige Ablenkung bei der Anfertigung eines Bildes scheint weniger problematisch, da es ohne weiteres möglich ist, wieder dort einzusteigen, wo man zuletzt aufgehört hat. Darüber hinaus ist es beim Zeichnen weniger notwendig,

mit anderen in Echtzeit interagieren. Vielmehr liegt die Konzentration bei der eigenen Arbeit. Bei dem implementierten Sporttraining in Studie 2 gab es zwar auch Echtzeit-Interaktionen zwischen den Kindern zur gemeinsamen Bewältigung einer Aufgabe (z.B. bei Kooperationsspielen wie dem „Raupenlauf“), doch handelte es sich bei den durchgeführten Aktivitäten um weniger kognitiv herausfordernde Aufgaben.

Der größte Unterschied zwischen den musikalischen Interventionen und den Kontrollinterventionen besteht aber wahrscheinlich darin, dass Musizieren im Vergleich zu (allen) anderen Aktivitäten äußerst komplex ist und, wie schon angedeutet, eine multimodale Verarbeitung erfordert. Dabei werden auditive, visuelle, und taktile Reize gleichzeitig verarbeitet und motorische Handlungen ausgeführt (Dalla Bella, 2016). Eben dadurch, dass so viele Sinnesinformationen gleichzeitig verarbeitet werden müssen, ist Musizieren eine so aufmerksamkeitsbindende Aktivität. Dabei kommen viele verschiedene exekutive Funktionen zum Einsatz, wie beispielsweise selektive Aufmerksamkeit zum aufmerksamen Verfolgen einer Stimme, Verhaltensinhibition, um beispielsweise nur dann zu spielen, wenn man an der Reihe ist, das visuelle Arbeitsgedächtnis beim Vorauslesen der Noten oder die kognitive Flexibilität, wenn man zwischen verschiedenen musikalischen Regeln bzw. Spielanweisungen hin- und herwechseln muss. Die Beanspruchung und fortlaufende Herausforderung vieler verschiedener exekutiver Funktionen während des Musizierens stellt nicht nur einen Unterschied zu den in unseren Trainings angewandten Kontrollinterventionen dar, sondern auch zu anderen angewandten Trainingsformen zur Förderung exekutiver Funktionen, wie beispielsweise computerbasierten Trainings zur Förderung spezifischer Komponenten (Thorell et al., 2009). Dadurch, dass beim Musizieren viele verschiedene Komponenten der exekutiven Funktionen gleichzeitig gefordert werden, scheint es sich um eine ideale Intervention handeln, um nicht nur einzelne, sondern um möglicherweise auch breitere Effekte auf verschiedene exekutive Funktionen hervorzurufen (Diamond & Ling, 2016).

Wie in der Einleitung angesprochen, weisen manche Forschungsergebnisse aber auch darauf hin, dass ein musikalisches Training in Bezug auf exekutive Funktionen ineffektiv sein kann (D’Souza & Wiseheart, 2018). Wie bereits erörtert gibt es sehr viele verschiedene potenzielle Faktoren, die die Wirksamkeit eines Trainings beeinflussen können. Neben den genannten Rahmenbedingungen scheint dabei auch die Interventionsdauer ausschlaggebend zu sein. In diesem Zusammenhang zeigten insbesondere längerfristige Interventionen einen größeren Einfluss auf exekutive Funktionen (Diamond & Ling, 2016). Da die Interventionsdauer in der Studie von D’Souza & Wiseheart (2018)

nur bei drei Wochen lag, wäre es denkbar, dass diese zu kurz war, um bedeutendere Effekte hervorzurufen.

Abschließend kann zur Frage der Besonderheit eines musikalischen Trainings zusammengefasst werden, dass es in sehr hohem Maße aufmerksamkeitsbindend ist und eine Vielzahl exekutiver Funktionen gleichzeitig beansprucht, dass es adaptiv ist, in einen sozialen Kontext eingebunden werden kann und viele positive Faktoren, die die Wirksamkeit von Interventionen begünstigen, beinhaltet.

5.2 Beeinflussbarkeit exekutiver Funktionen während dynamischer Entwicklungsphasen

Wie bereits in der Einleitung dargelegt und im Rahmen von Studie 1 und Studie 2 diskutiert, könnte die Beeinflussbarkeit der exekutiven Funktionen durch eine Trainingsintervention abhängig von der Entwicklung exekutiver Funktionen sein. Konkret sei in diesem Zusammenhang vermutet, dass eine Trainingsmaßnahme dann besonders effektiv ist, wenn diese während dynamischer Entwicklungsphasen stattfindet. Bezogen auf die exekutiven Funktionen scheint es von der frühen Kindheit bis hin zum jungen Erwachsenenalter mehrere dynamische Phasen zu geben, während derer eine Reifung der exekutiven Funktionen stattfindet. Der Zeitraum zwischen dem Ende der frühen und dem Anfang der späteren Kindheit scheint eine Altersspanne darzustellen, welche mit einer besonders starken Reifung der exekutiven Funktionen assoziiert ist (Garon et al., 2008; Romine & Reynolds, 2005; Zelazo et al., 2003). Dabei kann sowohl von einer Reifung aller drei Hauptkomponenten ausgegangen werden als auch von individuellen Entwicklungsverläufen einzelner Komponenten (Best & Miller, 2010; Zelazo & Müller, 2011). Wie in der Einleitung angeführt durchlaufen vor allem inhibitorische Prozesse eine besonders starke Reifung während der Vorschulzeit und dem Schuleintrittsalter. Nach dieser starken Entwicklungsphase scheint sich die Inhibition anschließend weniger stark weiter auszubilden. Im Gegensatz dazu verläuft die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses linear von der frühen Kindheit bis in die Adoleszenz. Die kognitive Flexibilität hingegen scheint sich im Vergleich dazu etwas später und langsamer zu entwickeln. Basale Shifting-Prozesse entwickeln sich zwar bereits im Vorschulalter, doch scheint nach dieser Phase eine Entwicklungspause zu entstehen, sodass komplexere Leistungen kognitiver Flexibilität erst im Schulalter bewältigt werden können (Best & Miller, 2010; Crone et al., 2004). Wie bereits angesprochen könnten diese versetzten Entwicklungsverläufe ausschlaggebend dafür sein, wann ein Training eine jeweilige Komponente beeinflussen

kann. Die Ergebnisse unserer Trainingsstudien würden sehr gut zu dieser Überlegung passen, da wir insbesondere einen Einfluss auf inhibitorische Fähigkeiten sowohl bei den 5- bis 6-jährigen als auch bei den 6- bis 7-jährigen Kindern finden konnten. Bei letzterer Altersgruppe fanden wir zusätzlich noch einen Einfluss auf das visuelle Arbeitsgedächtnis. Da sich insbesondere in der Vorschul- und anfänglichen Schulzeit inhibitorische Fähigkeiten und das Arbeitsgedächtnis stark ausbilden (Best & Miller, 2010), wäre es denkbar, dass für diese Komponenten diese Zeitspanne eine sensible Phase darstellt, zu welcher ein Training durch die zusätzliche Erfahrung besonders effektiv sein kann (Hensch, 2004). Hingegen konnten wir in beiden Stichproben keinen Einfluss auf Prozesse der kognitiven Flexibilität finden, was, wie bereits diskutiert, daran liegen könnte, dass die untersuchten Stichproben sich für diese Komponente zwischen zwei Entwicklungsphasen befanden.

Die Annahme, dass der Erfolg eines Trainings auch von den Entwicklungsphasen der exekutiven Funktionen abhängig ist, passt darüber hinaus auch zu den Befunden vorheriger Studien, die darauf hindeuten, dass das Arbeitsgedächtnis in vielen verschiedenen Altersgruppen beeinflusst werden kann (Degé et al., 2011b; Guo et al., 2018; Roden et al., 2012). Dies könnte darin begründet liegen, dass der Entwicklungsverlauf des Arbeitsgedächtnisses linear und über eine größere Zeitspanne stattfindet, sodass es für diese Komponente – anders als bei der Inhibition – eine längere sensible Phase gibt, zu welcher ein Training besonders effektiv sein kann. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Ergebnisse der durchgeführten Trainingsstudien die These, dass die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen zeitlich überlappende, aber auch versetzte Entwicklungsverläufe vorweisen, unterstützen. Da in Studie 3 sowie auch in vorausgegangenen Studien bei älteren Kindern ebenso Zusammenhänge zu Komponenten der kognitiven Flexibilität gefunden wurden, erscheint es plausibel, dass diese Komponente auch durch ein Training beeinflusst werden kann, aber dies möglicherweise erst ab einem späteren Zeitpunkt in der Kindheit stattfindet bzw. messbar ist. Dementsprechend könnten die Ergebnisse der in der Arbeit durchgeführten Studien auch ein weiterer Hinweis darauf sein, dass exekutiven Funktionen während der Kindheit erst weniger differenziert ausgebildet sind und sich die mehrfaktorielle Struktur erst ab der späteren Kindheit abbildet.

5.3 Musikalisches Training, exekutive Funktionen und der Diskurs um Transfereffekte

Der Einfluss musikalischen Trainings auf vielfältige kognitive Fähigkeiten wird im aktuellen Diskurs umfassend debattiert. Insbesondere stellt sich in diesem Zusammenhang wiederkehrend die Frage, inwiefern musikalisches Training tatsächlich kausal mit kognitiven Fähigkeiten zusammenhängt und ob es möglich ist, dass musikalisches Training solche Fähigkeiten beeinflusst, die in keinem oder nur sehr entfernten Zusammenhang mit musikalischen Fähigkeiten stehen, was als *Ferntransfer* bezeichnet wird. Dementgegen ist mit *Nahtransfer* die Übertragung von Fähigkeiten in einen eng verwandten Bereich gemeint (Barnett & Ceci, 2002). Dabei sind sich ForscherInnen verschiedener Disziplinen darüber einig, dass das Auftreten von Ferntransfer eher selten und es wahrscheinlicher ist, dass sich nur die Fähigkeiten durch ein Training verbessern, die auch direkt trainiert wurden (Diamond & Ling, 2016; Sala & Gobet, 2017a).

Passend zu dieser Auffassung, dass Ferntransfer ein eher unwahrscheinliches Phänomen darstellt, weisen Metaanalysen darauf hin, dass Musizieren nicht zu einer pauschalen Verbesserung transferferner kognitiver Fähigkeiten führt (Sala & Gobet, 2017a; Sala & Gobet, 2017b). Dabei stellt sich nun die Frage, inwiefern die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit in diesen Zusammenhang einzuordnen sind. Dabei sei zunächst darauf hingewiesen, dass in den Metaanalysen solche Studien, in welchen exekutive Funktionen untersucht wurden, weitestgehend fehlen, sodass sich die Frage stellt, inwiefern die Ergebnisse dieser Metaanalysen für den Zusammenhang zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen überhaupt von Bedeutung sind. Darüber hinaus ist außerdem zu klären, ob es sich bei dem Einfluss des Musizierens auf exekutive Funktionen um Transfer-nahe oder Transfer-ferne Prozesse handelt. Vorausgegangen Forschungsarbeiten ordneten diesen Zusammenhang dem Ferntransfer zu (D’Souza & Wiseheart, 2018; Miendlarzewska & Trost, 2014), doch könnte diese Zuordnung durchaus in Frage gestellt werden. Wie in der Einleitung und im vorherigen Unterkapitel beschrieben, werden beim Musizieren eine Reihe an Aufmerksamkeitsprozessen, die direkt den exekutiven Funktionen zuzuordnen sind, benötigt und fortlaufend herausgefordert, was zu einer Förderung dieser Fähigkeiten führt. Da durch ein musikalisches Training die exekutiven Funktionen *direkt* angesprochen und diese anschließend nur in einem anderen Kontext gemessen werden, erscheint es naheliegend, dass es sich bei diesem Prozess also vielmehr um Nah- als um Ferntransfer handelt. Folglich könnte man also festhalten, dass

die Diskussion um möglichen Ferntransfer und die Ergebnisse der Metastudien nicht ohne weiteres auf das Konstrukt der exekutiven Funktionen übertragbar sind.

Neben der Tatsache, dass Studien zu exekutiven Funktionen nicht in die Metaanalysen einfließen und darüber hinaus die Transferleistung in Bezug auf die exekutiven Funktionen möglicherweise eher als Nahtransfer einzustufen ist, stellt ein generelles Problem der zitierten Metaanalysen dar, dass dabei viele verschiedene kognitive Konstrukte undifferenziert betrachtet werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit verdeutlichen, dass eine differenzierte Betrachtung kognitiver Konstrukte durchaus sinnvoll sein kann. Am Beispiel der exekutiven Funktionen ist erkennbar, dass Studienergebnisse von vielen verschiedenen Faktoren abhängig sind. Beispielsweise konnte mit dieser Arbeit auch aufgezeigt werden, dass verschiedene Konstrukte mit vielfältigen Messverfahren untersucht werden, sodass nicht immer eine direkte Vergleichbarkeit zwischen einzelnen Studienergebnissen gewährleistet ist. Darüber hinaus zeigen die Befunde dieser Arbeit auch, dass die Art der Intervention – also die Art des musikalischen Trainings – ebenso für die Ergebnisse ausschlaggebend ist. Dementsprechend sollten bei der Interpretation von Metaanalysen auch diese potenziell beeinflussenden Faktoren im Hinterkopf behalten werden, um nicht zu pauschalisierenden Schlussfolgerungen zu kommen.

Die angestellten Überlegungen sollen nicht die generelle Relevanz von Metaanalysen in Frage stellen. Ohne Zweifel sind jene äußerst wichtig, um die Existenz von Effekten und die Generalisierbarkeit von Ergebnissen ableiten zu können. Des Weiteren ist in diesem Zusammenhang auch zu bedenken, dass solche Analysen nur auf Basis von dem Studienmaterial durchgeführt werden können, das auch vorhanden ist. Das bedeutet, wenn es keine bzw. nur sehr wenige Studien zu einer Thematik gibt, die erforderliche methodische Standards erfüllen, können Metaanalysen nur erschwert durchgeführt werden bzw. müssen zwangsläufig Studien miteinbeziehen, die sich möglicherweise in ihrer methodischen Durchführung stark voneinander unterscheiden. Unter diesem Gesichtspunkt sei noch einmal herausgestellt, dass die in dieser Arbeit durchgeführten Trainingsstudien einen äußerst wichtigen Beitrag zum derzeitigen Forschungsstand leisten.

5.4 Grenzen der eigenen Arbeit

Limitationen der eigenen Arbeit wurden bereits im Kontext der einzelnen Studien dargelegt, sollen aber abschließend noch einmal für den Gesamtzusammenhang erörtert werden. Zunächst sei hierbei das Problem der Aufgabenverunreinigung (Miyake et al.,

2000) angesprochen, welches im Zusammenhang mit der Erfassung der exekutiven Funktionen steht. Da wir die verschiedenen Komponenten der exekutiven Funktionen jeweils nur mit einzelnen Aufgaben gemessen haben, können wir nicht mit Sicherheit davon ausgehen, dass wir tatsächlich nur das zu messende Konstrukt erfasst haben, da die Möglichkeit besteht, dass aufgabenspezifische Komponenten die Ergebnisse beeinflusst haben. Eine Option dem Problem dieser Aufgabenverunreinigung entgegen zu wirken, bestünde darin, die einzelnen Komponenten der exekutiven Funktionen über mehrere Aufgaben latent zu messen, wie es in einzelnen korrelativen Studien bereits angewendet wurde (Okada & Slevc, 2018). Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien wäre dies aber nicht möglich gewesen, da die zeitliche und kognitive Inanspruchnahme der Versuchspersonen ohnehin schon sehr groß war und eine noch größere kognitive Beanspruchung möglicherweise zu geringerer Motivation und Ermüdungseffekten geführt hätte.

Darüber hinaus birgt eine latente Messung möglicherweise die Gefahr, dass einzelne Komponenten einer exekutiven Funktion zu undifferenziert betrachtet werden. Beispielsweise könnte man Inhibition mit einer Aufgabe zur selektiven Aufmerksamkeit oder einer Aufgabe zur Verhaltensinhibition oder einer Aufgabe zur kognitiven Inhibition – alles der Inhibition zugeordnete Komponenten – erfassen. Da es aber möglich ist, dass sich ein Training nur auf einzelne und nicht auf alle Komponenten auswirkt, wäre es sinnvoll, die einzelnen Komponenten auch differenziert zu betrachten. Dementsprechend erscheint das latente Messen der exekutiven Funktionen nur dann sinnvoll, wenn verschiedene Aufgaben eines Aufgabentypus verwendet, aber nicht innerhalb einer exekutiven Funktion unterschiedliche Aufgabentypen herangezogen und miteinander „vermischt“ werden.

Eine weitere Limitation der beiden Trainingsstudien besteht jeweils in ihren Dropouts. Wie bereits angesprochen wäre es möglich, dass sich die Kinder, die das Training bis zum Ende mitgemacht haben bzw. die in Studie 2 eine hohe Trainingsbeteiligung aufwiesen, in beeinflussenden Persönlichkeitsmerkmalen, die wir in den Studien nicht kontrollierten, die aber für das musikalische Lernen zuträglich sind (wie Motivation, Disziplin Durchhaltevermögen) unterschieden und so die Ergebnisse beeinflussten. Da dieser Dropout aber in allen Trainingsgruppen (also auch in den aktiven Kontrollgruppen) gleichermaßen vorhanden war, erscheint es unwahrscheinlich, dass dies unsere Ergebnisse tatsächlich beeinflusste. Dennoch wäre es erstrebenswert, herauszufinden, welche Faktoren die erfolgreiche und langfristige Teilnahme eines Trainings, begünstigen. Im

Zusammenhang mit Musikunterricht zeigte sich bereits, dass nicht nur die Persönlichkeitsmerkmale der Kinder, sondern auch die der Eltern vorhersagen, ob ein Kind beginnt ein Instrument zu lernen (Corrigall & Schellenberg, 2015). Dementsprechend wäre es ebenso denkbar, dass bestimmte weitere Eigenschaften der Eltern, wie beispielsweise das Kind beim Üben zu unterstützen und die generelle Bereitschaft, das Kind zu den Unterrichtsstunden zu fahren, die Ausübung von Freizeitaktivitäten, wie Musizieren, bei Kindern fördern. Bezogen auf die Problematik des Dropouts in Trainingsstudien ist es aus ethischer Sicht nicht möglich, jemanden zur vollständigen Studienteilnahme zu zwingen, weswegen dieser Problematik nicht direkt entgegengewirkt werden kann. Zukünftige Trainingsstudien könnten aber weitere potenziell beeinflussende Variablen wie musikalische Begabung, Disziplin, Lern- und Leistungsmotivation, die generelle Motivation am Training teilzunehmen (Miendlarzewska & Trost, 2014), die Persönlichkeit der Eltern (Corrigall & Schellenberg, 2015) sowie ihre Unterstützung beim Üben und ihrem Engagement bei der Studienteilnahme erfassen, um diese Einflüsse kontrollieren und darüber hinaus auch untersuchen zu können, welche Faktoren generell ausschlaggebend sind, dass Kinder einer Freizeitaktivität längerfristig nachgehen.

Mit den Trainingsstudien gelang es uns nachzuweisen, dass musikalische Trainings exekutive Funktionen im Kindesalter fördern. Da wir in den Studien aber nur die exekutiven Funktionen und nicht die musikalischen Fähigkeiten erfassten, bleibt unklar, inwiefern jene für die Verbesserung der exekutiven Funktionen verantwortlich sind. Um in zukünftigen Studien die Zusammenhänge zwischen dem Einfluss musikalischer Interventionen und exekutiven Funktionen noch genauer untersuchen, könnte es gewinnbringend sein, nicht nur die exekutiven Funktionen der Kinder zu erfassen, sondern auch die musikalischen Fähigkeiten, die möglicherweise diesen Zusammenhang vermitteln. Bezogen auf Studie 2 könnte beispielsweise ein Ansatz sein, zu prüfen, inwiefern ein rhythmusbasiertes Musiktraining rhythmische Fähigkeiten trainiert und ob diese dann auch mit den gemessenen abhängigen Variablen (z.B. Aufgaben zur Messung inhibitorischer Fähigkeiten) zusammenhängen.

5.5 Unbeantwortete Fragen und anschließende Fragestellungen

Im Allgemeinen bleiben einige Fragen, die sich im Zusammenhang mit der Förderung exekutiver Funktionen stellen, auch durch die in dieser Arbeit durchgeführten Studien unbeantwortet. Das betrifft insbesondere die Frage nach der Nachhaltigkeit der Effekte wie auch der optimalen Dauer und Intensität eines Trainings (Diamond & Ling,

2016). Die Nachhaltigkeit betreffend deuten erste Studienergebnisse an, dass der Einfluss eines musikalischen Trainings im Erwachsenen- und Vorschulalter für einige gemessene Komponenten auch nach Beendigung der Intervention bestehen bleibt (Bugos et al., 2007; Shen et al., 2019). Da diese Studien ohne eine aktive Kontrollgruppen durchgeführt wurden, sollten diese Ergebnisse nicht überinterpretiert, sondern in nachfolgenden Studien weiter geprüft werden. Ebenso wäre es auch erstrebenswert, herauszufinden, wie lange genau die Effekte bestehen bleiben, was durch die Messung exekutiver Funktionen nach mehrfachen Retentionsintervallen ermöglicht würde. In Bezug auf die Dauer und Intensität zeigen die Ergebnisse unserer Studien, dass sowohl wöchentliches 45-minütiges Instrumentaltraining (plus das Üben zu Hause) als auch dreimal wöchentliches 20-minütiges Rhythmustraining zu einer Verbesserung der exekutiven Funktionen beitragen können. Wie der aktuelle Forschungsstand zeigt, scheinen aber auch kürzere Trainings mit höherer Intensität (Bugos & DeMarie, 2017; Moreno et al., 2011) wie auch längere Trainingsdauern von bis zu zwei Jahren wirksam zu sein (Holochwost et al., 2017; Jaschke et al., 2018). In diesem Zusammenhang ist es wahrscheinlich wichtig, die Dauer und Intensität an die entsprechende Altersgruppe anzupassen, und darüber hinaus auch die Gruppengröße zu überdenken. Insbesondere im Vorschulalter scheinen kürzere Trainingsdauern (bezogen auf eine einzelne Trainingseinheit) und kleine Gruppengrößen vorteilhaft. Folglich kann hierzu festgehalten werden, dass es wahrscheinlich weniger sinnvoll ist, eine optimale Trainingsdauer und Intensität pauschal festzulegen, sondern diese von der Altersgruppe, dem Entwicklungsstand der Kinder und auch von der kognitiven Beanspruchung des Trainings abhängig zu machen.

Neben diesen eher allgemeinen Fragen bezüglich Maßnahmen zur Förderung exekutiver Funktionen lassen sich aus unseren Studienergebnissen auch spezifischere Fragestellungen ableiten. Die Ergebnisse beider Trainingsstudien zeigen, dass musikalisches Training eine passende Intervention ist, um exekutive Funktionen im Kindesalter zu fördern. Weitere Forschungsarbeiten könnten sich nun darauf konzentrieren, die Wirksamkeit solcher Trainings in Gruppen zu untersuchen, bei welchen eine Störung der Aufmerksamkeitskontrolle und der exekutiven Funktionen vorliegt, wie beispielsweise bei Kindern mit Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) (Schreiber, Possin, Girard, & Rey-Casserly, 2015). Dabei könnten sich folgende Forschungsarbeiten insbesondere an die Ergebnisse von Studie 2 anknüpfen, in welcher wir zeigten, dass ein musikalisches Rhythmustraining motorische Inhibition im Kindesalter fördert. Unter anderem liegen bei ADHS nämlich Defizite in der motorischen Kontrolle (Kaiser,

Schoemaker, Albaret, & Geuze, 2015) wie auch Defizite in der zeitlichen Verarbeitung und der Integration motorisch-zeitlicher Verarbeitungsmuster (Noreika, Falter, & Rubia, 2013) vor. Dies äußert sich unter anderem darin, dass Erwachsene und Kinder mit ADHS Probleme haben, sich zu einem Rhythmus zu bewegen (Puyjarinet, Bégel, Lopez, Dellacherie, & Dalla Bella, 2017). Wie bereits angedeutet weisen Studienergebnisse mit gesunden Versuchspersonen darauf hin, dass die Fähigkeit konsistent einen Rhythmus zu produzieren, positiv mit exekutiven Funktionen assoziiert ist (Slater et al., 2018). Folglich könnte es vielversprechend sein, über ein musikalisches Rhythustraining rhythmisch-motorische Fähigkeiten zu fördern, die mit der Integration zeitlich-motorischer Verarbeitung assoziiert sind und so möglicherweise auch zu einer Verbesserung der exekutiven Funktionen beitragen. Neben der Implementierung eines instrumentalen Rhythustrainings, wäre es in diesem Zusammenhang auch interessant, ein tanzbasiertes Rhythustraining in solch einer Studie einzusetzen, da Tanzen ebenfalls die rhythmische Synchronisation und die Ausübung rhythmisch-motorischer Handlungen erfordert.

5.6 Fazit

Mit der vorliegenden Arbeit konnte der derzeitige Erkenntnisstand hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen musikalischem Training und exekutiven Funktionen maßgeblich erweitert werden. Die Ergebnisse der Trainingsstudien zeigen, dass verschiedene musikpraktische Programme, die entweder in der Freizeit ausgeübt werden oder im Kindergarten implementiert sind, exekutive Funktionen in der Kindheit stärken. Dabei scheinen die rhythmische Synchronisation, die Ausübung rhythmisch-motorischer Handlungen sowie die beidhändige Koordination besondere Kompetenzen zu sein, die exekutive Funktionen verbessern. Im Zusammenhang mit der Förderung exekutiver Funktionen scheint die Vermutung, dass ein Training zu dynamischen Entwicklungsphasen besonders effektiv sein kann, naheliegend. Über die Ergebnisse der korrelativen Studie konnten Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und verschiedenen Komponenten der kalten exekutiven Funktionen im Erwachsenen- und späten Kindesalter bestätigt werden. Inwiefern musikalisches Training neben den kalten auch mit heißen exekutiven Funktionen assoziiert ist, konnte mit den durchgeführten Studien hingegen nicht abschließend geklärt werden. Es zeichnete sich ab, dass kein Zusammenhang zwischen der Ausübungsdauer musikalischen Trainings und heißen exekutiven Funktionen besteht, sondern das Alter, in welchem mit dem Musizieren begonnen wird, eher relevant ist. Um die Zusammenhänge zwischen musikalischem Training und heißen exekutiven Funktionen genauer

prüfen zu können, werden mehr verlässliche Messinstrumente zur Erfassung jener benötigt. Ein weiterer Anknüpfungspunkt an diese Arbeit könnte darin bestehen, musikalische Interventionen für Kinder mit Störungen in der Aufmerksamkeitskontrolle zu entwickeln und die Wirksamkeit dieser Interventionen zu untersuchen.

Zusammengefasst konnte über die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studien gezeigt werden, dass gemeinsames Musizieren ein geeignetes Mittel darstellt, um exekutive Funktionen in der Kindheit zu fördern und dass diese positiven Einflüsse möglicherweise bis ins Erwachsenenalter andauern.

Literatur

- Allan, N. P., & Lonigan, C. J. (2011). Examining the Dimensionality of Effortful Control in Preschool Children and its Relation to Academic and Socio-emotional. *Developmental Psychology*, 47(4), 905–915. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Amer, T., Kalender, B., Hasher, L., Trehub, S. E., & Wong, Y. (2013). Do Older Professional Musicians Have Cognitive Advantages? *PLoS ONE*, 8(8), e71630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071630>
- Ardila, A., Pineda, D., & Rosselli, M. (2000). Correlation between intelligence test scores and executive function measures. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 15(1), 31–36. [https://doi.org/10.1016/S0887-6177\(98\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0887-6177(98)00159-0)
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the Concept of Working Memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485–493. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>
- Baler, R. D., & Volkow, N. D. (2006). Drug addiction: the neurobiology of disrupted self-control. *Trends in Molecular Medicine*, 12(12), 559–566. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2006.10.005>
- Bandura, A., & Schunk, D. H. (1981). Cultivating competence, self-efficacy, and intrinsic interest through proximal self-motivation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 41(3), 586–598. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.41.3.586>
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612–637. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.4.612>
- Bechara, A., Damasio, A. R., Damasio, H., & Anderson, S. W. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50. Retrieved from http://ac.els-cdn.com/0010027794900183/1-s2.0-0010027794900183-main.pdf?_tid=feced60a-36f0-11e7-9e72-00000aacb361&acdnat=1494579615_c76490258bf5f1593130d99f0a30e3fe
- Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., & Anderson, S. W. (1998). Dissociation of working memory from decision making within the human prefrontal cortex. *Journal of Neuroscience*, 18(1), 428–437. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.18-01-00428.1998>
- Beck, D. M., Schaefer, C., Pang, K., & Carlson, S. M. (2011). Executive Function in Preschool Children: Test-Retest Reliability. *Journal of Cognition and Development : Official Journal of the Cognitive Development Society*, 12(2), 169–193. <https://doi.org/10.1080/15248372.2011.563485>
- Benton, A., & Hamsher, K. (1976). *Multilingual Aphasia Examination*. Iowa City: University of Iowa Press.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641–1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>
- Bialystok, E., & DePape, A. M. (2009). Musical Expertise, Bilingualism, and Executive Functioning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(2), 565–574. <https://doi.org/10.1037/a0012735>

- Borella, E., Carretti, B., & Pelegrina, S. (2010). The Specific Role of Inhibition in Reading Comprehension in Good and Poor Comprehenders. *Journal of Learning Disabilities, 43*(6), 541–552. <https://doi.org/10.1177/0022219410371676>
- Brand, M., Kalbe, E., Labudda, K., Fujiwara, E., Kessler, J., & Markowitsch, H. J. (2005). Decision-making impairments in patients with pathological gambling. *Psychiatry Research, 133*(1), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2004.10.003>
- Brand, M., Recknor, E. C., Grabenhorst, F., & Bechara, A. (2007). Decisions under ambiguity and decisions under risk: Correlations with executive functions and comparisons of two different gambling tasks with implicit and explicit rules. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 29*(1), 86–99. <https://doi.org/10.1080/13803390500507196>
- Brock, L. L., Rimm-Kaufman, S. E., Nathanson, L., & Grimm, K. J. (2009). The contributions of “hot” and “cool” executive function to children’s academic achievement, learning-related behaviors, and engagement in kindergarten. *Early Childhood Research Quarterly, 24*(3), 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2009.06.001>
- Bugos, J. A., Perlstein, W. M., McCrae, C. S., Brophy, T. S., & Bedenbaugh, P. H. (2007). Individualized Piano Instruction enhances executive functioning and working memory in older adults. *Aging & Mental Health, 11*(4), 464–471. <https://doi.org/10.1080/13607860601086504>
- Bugos, J. A., & DeMarie, D. (2017). The effects of a short-term music program on preschool children’s executive functions. *Psychology of Music, 45*(6), 855–867. <https://doi.org/10.1177/0305735617692666>
- Cahan, S., & Cohen, N. (1989). Age versus schooling effects on intelligence development. *Child Development, 60*(5), 1239–1249. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1989.tb03554.x>
- Carey, A. (1967). The Hawthorne studies: A radical criticism. *American Sociological Review, 32*, 403–416.
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally Sensitive Measures of Executive Function in Preschool Children. *Developmental Neuropsychology, 28*(2), 595–616. <https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802>
- Carlson, Stephanie M., & Meltzoff, A. N. (2008). Paper: Bilingual experience and executive functioning in young children. *Developmental Science, 11*(2), 282–298. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00675.x>
- Colzato, L. S., Bajo, M. T., van den Wildenberg, W., Paolieri, D., Nieuwenhuis, S., Heij, W. La, & Hommel, B. (2008). How Does Bilingualism Improve Executive Control? A Comparison of Active and Reactive Inhibition Mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition, 34*(2), 302–312. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.34.2.302>
- Corrigall, K. A., & Schellenberg, E. G. (2015). Predicting who takes music lessons: parent and child characteristics. *Frontiers in Psychology, 6*, 282. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00282>
- Corrigall, K. A., Schellenberg, E. G., & Misura, N. M. (2013). Music Training,

- Cognition, and Personality. *Frontiers in Psychology*, 4, 222.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00222>
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International*, 34 (02) 89.
- Cragg, L., & Nation, K. (2008). Go or no-go? Developmental improvements in the efficiency of response inhibition in mid-childhood. *Developmental Science*, 11(6), 819–827. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00730.x>
- Crone, E. A., Ridderinkhof, K. R., Worm, M., Somsen, R. J. M., & van der Molen, M. W. (2004). Switching between spatial stimulus-response mappings: a developmental study of cognitive flexibility. *Developmental Science*, 7(4), 443–455. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2004.00365.x>
- Crone, E. A., & van der Molen, M. W. (2004). Developmental Changes in Real Life Decision Making : Performance on a Gambling Task Previously Shown to Depend on the Ventromedial Prefrontal Cortex Developmental Changes in Real Life Decision Making : Performance on a Gambling Task Previously Shown to De. *Developmental Neuropsychology*, 5641(March 2016), 251–279.
<https://doi.org/10.1207/s15326942dn2503>
- D’Souza, A. A., Moradzadeh, L., & Wiseheart, M. (2018). Musical training, bilingualism, and executive function: working memory and inhibitory control. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 11.
<https://doi.org/10.1186/s41235-018-0095-6>
- D’Souza, A. A., & Wiseheart, M. (2018). Cognitive effects of music and dance training in children. *Archives of Scientific Psychology*, 6(1), 178–192.
<https://doi.org/10.1037/arc0000048>
- Dalla Bella, S. (2016). Music and Brain Plasticity. *The Oxford Handbook of Music Psychology*, (February), 1–16.
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198722946.013.23>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.02.006>
- Davis, J. C., Marra, C. A., Najafzadeh, M., & Liu-Ambrose, T. (2010). The independent contribution of executive functions to health related quality of life in older women. *BMC Geriatrics*, 10(April 2010). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-10-16>
- Degé, F., Kubicek, C., & Schwarzer, G. (2011a). Music Lessons and Intelligence: A Relation Mediated by Executive Functions. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 29(2).
- Degé, F., Wehrum, S., Stark, R., & Schwarzer, G. (2011b). The influence of two years of school music training in secondary school on visual and auditory memory. *European Journal of Developmental Psychology*, 8(5), 608–623.
<https://doi.org/10.1080/17405629.2011.590668>
- Diamond, A. (1985). Development of the ability to use recall to guide action, as indicated by infants’ performance on AB. *Child Development*, 56(4), 868–883.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1985.tb00160.x>

- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.*, 64, 135–168.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Diamond, A. (2005). Attention-deficit disorder (attention-deficit/hyperactivity disorder without hyperactivity): A neurobiologically and behaviorally distinct disorder from attention-deficit/hyperactivity disorder (with hyperactivity). *Dev Psychopathol.*, 17(3), 807–825. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Diamond, A., Barnett, W. S., Thomas, J., & Munro, S. (2007). Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science*, 318(5855), 1387–1392.
<https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Diamond, A., & Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6045), 959–964. <https://doi.org/10.1126/science.1204529>
- 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.
<https://doi.org/10.1016/J.DCN.2015.11.005>
- Dunemann-Gulde, A. (2007). *Yoga und Bewegungsspiele für Kinder*. München: Koesel-Verlag.
- Egeland, B., & Weinberg, R. A. (1976). The Matching Familiar Figures Test: A look as its psychometric credibility. *Child Development*, 47(2), 483–491.
- Ericsson, K. A., Nandagopal, K., & Roring, R. W. (2009). Toward a science of exceptional achievement: Attaining superior performance through deliberate practice. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1172, 199–217.
<https://doi.org/10.1196/annals.1393.001>
- Ericsson, K. A., & Towne, T. J. (2010). Expertise. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 1(3), 404–416. <https://doi.org/10.1002/wcs.47>
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191.
<https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Flook, L., Smalley, S. L., Kitil, M. J., Galla, B. M., Kaiser-Greenland, S., Locke, J., ... Kasari, C. (2010). Effects of mindful awareness practices on executive functions in elementary school children. *Journal of Applied School Psychology*, 26(1), 70–95.
<https://doi.org/10.1080/15377900903379125>
- Forstmeier, S., Drobetz, R., & Maercker, A. (2011). The delay of gratification test for adults: Validating a behavioral measure of self-motivation in a sample of older people. *Motivation and Emotion*, 35(2), 118–134. <https://doi.org/10.1007/s11031-011-9213-1>
- Forstmeier, S., & Maercker, A. (2011). Selbstkontrolle im höheren Erwachsenenalter: Eine deutsche Version des Delay Discounting Tests von Kirby [Self-control in older adulthood: a German version of the delay discounting test by Kirby]. *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie*, 61(6), e19-33.

<https://doi.org/10.1055/s-0031-1277169>

- Frischen, U., Schwarzer, G., & Degé, F. (2019). Comparing the Effects of Rhythm-Based Music Training and Pitch-Based Music Training on Executive Functions in Pre-schoolers. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 13(August), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00041>
- Gansler, D. A., Jerram, M. W., Vannorsdall, T. D., & Schretlen, D. J. (2011). Does the Iowa Gambling task measure executive function? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 26(8), 706–717. <https://doi.org/10.1093/arclin/acr082>
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- 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. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402680101>
- Göllner, L. M., Ballhausen, N., Kliegel, M., & Forstmeier, S. (2017). Delay of Gratification, Delay Discounting and their Associations with Age, Episodic Future Thinking, and Future Time Perspective. *Frontiers in Psychology*, 8, 2304. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02304>
- Guo, X., Ohsawa, C., Suzuki, A., & Sekiyama, K. (2018). Improved Digit Span in children after a 6-week intervention of playing a musical instrument: An exploratory randomized controlled trial. *Frontiers in Psychology*, 8(JAN), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02303>
- Hensch, T. K. (2004). Critical Period Regulation. *Annual Review of Neuroscience*, 27(1), 549–579. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144327>
- Hensch, T. K. (2005). Critical period plasticity in local cortical circuits. *Nature Reviews Neuroscience*, 6(11), 877–888. <https://doi.org/10.1038/nrn1787>
- Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), 9–15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>
- Holochwost, S. J., Propper, C. B., Wolf, D. P., Willoughby, M. T., Fisher, K. R., Kolacz, J., ... Jaffee, S. R. (2017). Music education, academic achievement, and executive functions. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 11(2), 147–166. <https://doi.org/10.1037/aca0000112>
- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S. C., & 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. <https://doi.org/10.1207/s15326942dn2802>
- Hooper, C. J., Luciana, M., Conklin, H. M., & Yarger, R. S. (2004). Adolescents' performance on the iowa gambling task: Implications for the development of decision making and ventromedial prefrontal cortex. *Developmental Psychology*, 40(6), 1148–1158. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.6.1148>
- Hou, J., He, Q., Chen, C., & Dong, Q. (2017). Early musical training contributes to

- decision-making ability. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*, 27(1), 75–80. <https://doi.org/10.1037/pmu0000174>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>
- Hunter, S. J., & Sparrow, E. P. (2012). Models of executive functioning. *Executive Function and Dysfunction*, 5–16. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511977954.003>
- Ikeda, Y., Okuzumi, H., & Kokubun, M. (2014). Effects of emotional response on the Stroop-like task in preschool children and young adults. *Japanese Psychological Research*, 56(3), 235–242. <https://doi.org/10.1111/jpr.12047>
- Jäncke, L. (2009). Planung, Handlung und Selbstkontrolle. Der Frontalkortex und die Musik [Planning, action, and self-control. The frontal cortex and music]. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ed.), *Pauken mit Trompeten* (pp. 88–97). Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Jaschke, A. C., Honing, H., & Scherder, E. J. A. (2018). Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children. *Frontiers in Neuroscience*, 12, 103. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00103>
- Jones, M. R., & Boltz, M. (1989). Dynamic Attending and Responses to Time. *Psychological Review*, 96(3), 459–491. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.96.3.459>
- Joret, M.-E., Germeyns, F., & Gidron, Y. (2016). Cognitive inhibitory control in children following early childhood music education. *Musicae Scientiae*. <https://doi.org/10.1177/1029864916655477>
- Kaiser, M. L., Schoemaker, M. M., Albaret, J. M., & Geuze, R. H. (2015). What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Research in Developmental Disabilities*, 36, 338–357. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2014.09.023>
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978–990. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>
- Kerr, A., & Zelazo, P. D. (2004). Development of “hot” executive function: The children’s gambling task. *Brain and Cognition*, 55(1), 148–157. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00275-6)
- Klauer, K. J. (2001). *Handbuch kognitives Training*. Göttingen: Hogrefe.
- Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. (2007). *A developmental neuropsychological assessment; NEPSY-II*. (I. Harcourt Assessment, Ed.). San Antonio, TX.
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283–302. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.04.002>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2010.02016.x>
- Lillard, A., & Else-Quest, N. (2006). Evaluating Montessori education. *Science*, 313(5795), 1893–1894. <https://doi.org/10.1126/science.1132362>
- Lin, C.-H., Song, T.-J., Chen, Y.-Y., Lee, W.-K., & Chiu, Y.-C. (2013). Reexamining the Validity and Reliability of the Clinical Version of the Iowa Gambling Task: Evidence from a Normal Subject Group. *Frontiers in Psychology*, 4, 220. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00220>
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163–203. <https://doi.org/10.1037//0033-2909.109.2.163>
- Maia, T. V., & McClelland, J. L. (2004). A reexamination of the evidence for the somatic marker hypothesis: What participants really know in the Iowa gambling task. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(45), 16075–16080. <https://doi.org/10.1073/pnas.0406666101>
- Mehr, S. A., Schachner, A., Katz, R. C., & Spelke, E. S. (2013). Two randomized trials provide no consistent evidence for nonmusical cognitive benefits of brief preschool music enrichment. *PLoS ONE*, 8(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082007>
- Menard, S. W. (2007). *Handbook of longitudinal research: design, measurement, and analysis*. Elsevier/Academic Press.
- Miendlarzewska, E. A., & Trost, W. J. (2014). How musical training affects cognitive development: Rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in Neuroscience*, 7(8 JAN), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnins.2013.00279>
- Miller, H. V., Barnes, J. C. ., & Beaver, K. M. (2011). Self-control and Health Outcomes in a Nationally Representative Sample Holly. *Am. J. Health Behav.*, 35(3), 15–27.
- Milner, B. (1963). Effects of Different Brain Lesions on Card Sorting. *Archives of Neurology*, 9, 100–110.
- Mischel, W., Shoda, Y., & Rodriguez, M. L. (1989). Delay of Gratification in Children, (ii), 21–26.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Curr Dir Psychol Sci*, 21(1), 8–14. <https://doi.org/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, 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H. L., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7), 2693–2698. <https://doi.org/10.1073/pnas.1010076108>
- Monterosso, J., Ehrman, R., Napier, K. L., Brien, C. P. O., & Childress, A. R. (2001).

- Three decision-making tasks in cocaine-dependent patients: do they measure the same construct?, (May), 1825–1837. <https://doi.org/10.1080/09652140120089571>
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-Term Music Training Enhances Verbal Intelligence and Executive Function. *Psychological Science*, 22(11), 1425–1433. <https://doi.org/10.1177/0956797611416999>
- Noreika, V., Falter, C. M., & Rubia, K. (2013). Timing deficits in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Evidence from neurocognitive and neuroimaging studies. *Neuropsychologia*, 51(2), 235–266. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.09.036>
- Nykrin, R., Widmer, M., & Grüner, M. (2007). *Hallo Musikater*. Mainz: Schott.
- Okada, B. M., & Slevc, L. R. (2018). Individual differences in musical training and executive functions: A latent variable approach. *Memory and Cognition*, 46(7), 1076–1092. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0822-8>
- Patscheke, H., Degé, F., & Schwarzer, G. (2018). The effects of training in rhythm and pitch on phonological awareness in four- to six-year-old children. *Psychology of Music*, 030573561875676. <https://doi.org/10.1177/0305735618756763>
- Pennrock, G. A. (1930). Industrial Research at Hawthorne. *Personnel Journal*, 3, 296–313.
- Petermann, F., & Petermann, U. (2011). *Wechsler Intelligence Scale for Children—Fourth edition. Deutschsprachige Adaptation nach D. Wechsler (2003)*. (1. Auflage). Frankfurt am Main: Pearsom.
- Peterson, E., & Welsh, M. (2014). The Development of Hot and Cool Executive Functions in Childhood and Adolescence: Are We Getting Warmer? In S. Goldstein & J. A. Naglieri (Eds.), *Handbook of Executive Functioning* (pp. 45–64). Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5>
- Prencipe, A., Kesek, A., Cohen, J., Lamm, C., Lewis, M. D., & Zelazo, P. D. (2011). Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(3), 621–637. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2010.09.008>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.01564.x>
- Puyjarinet, F., Bégel, V., Lopez, R., Dellacherie, D., & Dalla Bella, S. (2017). Children and adults with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder cannot move to the beat. *Scientific Reports*, 7(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11295-w>
- Rammstedt, B., & Danner, D. (2017). Die Facettenstruktur des Big Five Inventory (BFI): Validierung für die Deutsche adaptation des BFI. *Diagnostica*, 63(1), 70–84. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000161>
- Roden, I., Kreutz, G., & Bongard, S. (2012). Effects of a school-based instrumental music program on verbal and visual memory in primary school children: A longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 3(DEC), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00572>

- Rogers, R. D., Everitt, B. J., Baldacchino, A., Blackshaw, A. J., Swainson, R., Wynne, K., ... Robbins, T. W. (1999). Dissociable deficits in the decision-making cognition of chronic amphetamine abusers, opiate abusers, patients with focal damage to prefrontal cortex, and tryptophan-depleted normal volunteers: Evidence for monoaminergic mechanisms. *Neuropsychopharmacology*, 20(4), 322–339. [https://doi.org/10.1016/S0893-133X\(98\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0893-133X(98)00091-8)
- Romine, C. B., & Reynolds, C. R. (2005). A model of the development of frontal lobe functioning: Findings from a meta-analysis. *Applied Neuropsychology*, 12(4), 190–201. https://doi.org/10.1207/s15324826an1204_2
- Ruff, R. M. (1996). *Ruff Figural Fluency Test. Professional manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources Inc.
- Sala, G., & Gobet, F. (2017a). Does Far Transfer Exist? Negative Evidence From Chess, Music, and Working Memory Training. *Current Directions in Psychological Science*, 26(6), 515–520. <https://doi.org/10.1177/0963721417712760>
- Sala, G., & Gobet, F. (2017b). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 20, 55–67. <https://doi.org/10.1016/J.EDUREV.2016.11.005>
- Schäfer, T. (2016). *Methodenlehre und Statistik. Methodenlehre und Statistik*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11936-2>
- Schellenberg, E. G. (2006). Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 457–468. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.457>
- Schellenberg, E. G. (2011). Examining the association between music lessons and intelligence. *British Journal of Psychology*, 102(3), 283–302. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2010.02000.x>
- Schellenberg, E. G., & Winner, E. (2011). Music training and nonmusical abilities: Introduction. *Music Perception*, 29(2), 129–132. <https://doi.org/10.1525/mp.2011.29.2.129>
- Schreiber, J. E., Possin, K. L., Girard, J. M., & Rey-Casserly, C. (2015). Executive Function in Children with Attention Deficit/ Hyperactivity Disorder: the NIH EXAMINER battery. *Journal of International Neuropsychological Science*, 20(1), 41–51. <https://doi.org/10.1017/S1355617713001100.Executive>
- Schuh, K., & Behrens, I. (1988). *Der Blockflötenspatz: Eine fröhliche Schule für die Sopranblockflöte, Bd 1*. Gärtringen: Schuh Verlag GmbH.
- 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. https://doi.org/10.1207/s15326942dn2601_5
- Shen, Y., Lin, Y., Liu, S., Fang, L., & Liu, G. (2019). Sustained Effect of Music Training on the Enhancement of Executive Function in Preschool Children. *Frontiers in Psychology*, 10, 1910. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01910>
- Simanowski, S., & Krajewski, K. (2019). Specific Preschool Executive Functions

- Predict Unique Aspects of Mathematics Development: A 3-Year Longitudinal Study. *Child Development*, 90(2), 544–561. <https://doi.org/10.1111/cdev.12909>
- Slater, J., Ashley, R., Tierney, A., & Kraus, N. (2018). Got Rhythm? Better Inhibitory Control Is Linked with More Consistent Drumming and Enhanced Neural Tracking of the Musical Beat in Adult Percussionists and Nonpercussionists. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 30(1), 14–24. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01189
- Slater, J., Azem, A., Nicol, T., Swedenborg, B., & Kraus, N. (2017). Variations on the theme of musical expertise: cognitive and sensory processing in percussionists, vocalists and non-musicians. *European Journal of Neuroscience*, 45(7), 952–963. <https://doi.org/10.1111/ejn.13535>
- Slater, J., Tierney, A., & Kraus, N. (2013). At-Risk Elementary School Children with One Year of Classroom Music Instruction Are Better at Keeping a Beat. *PLoS ONE*, 8(10), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077250>
- Slevc, L. R., Davey, N. S., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2016). Tuning the mind: Exploring the connections between musical ability and executive functions. *Cognition*, 152, 199–211. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.03.017>
- Smayda, K. E., Worthy, D. A., & Chandrasekaran, B. (2018). Better late than never (or early): Music training in late childhood is associated with enhanced decision-making. *Psychology of Music*, 46(5), 734–748. <https://doi.org/10.1177/0305735617723721>
- St Clair-Thompson, H. L., & Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(4), 745–759. <https://doi.org/10.1080/17470210500162854>
- Steele, C. J., Bailey, J. A., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2013). Early Musical Training and White-Matter Plasticity in the Corpus Callosum: Evidence for a Sensitive Period. *Journal of Neuroscience*, 33(3), 1282–1290. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013>
- Sulik, M. J., Huerta, S., Zerr, A. A., Eisenberg, N., Spinrad, T. L., Valiente, C., ... Taylor, H. B. (2009). The Factor Structure of Effortful Control and Measurement Invariance Across Ethnicity and Sex in a High-Risk Sample. *Journal of Psychopathology and Behavioural Assessments*, 32(1), 8–22. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Swaminathan, S., Schellenberg, E. G., & Khalil, S. (2017). Revisiting the association between music lessons and intelligence: Training effects or music aptitude? *Intelligence*, 62, 119–124. <https://doi.org/10.1016/J.INTELL.2017.03.005>
- Taylor Tavares, J. V., Clark, L., Cannon, D. M., Erickson, K., Drevets, W. C., & Sahakian, B. J. (2007). Distinct Profiles of Neurocognitive Function in Unmedicated Unipolar Depression and Bipolar II Depression. *Biological Psychiatry*, 62(8), 917–924. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2007.05.034>
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Nutley, S. B., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, 12(1), 106–113. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.09.001>
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.
- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Friis-Olivarius, M., Vuust, C., & Vuust, P. (2010). The Musical Ear Test, a new reliable test for measuring musical competence. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.02.004>
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children-3rd Edn*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Weiß, R. H. (2006). *Grundintelligenztest Skala 2 - Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest - Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Weiß, R. H., & Osterland, J. (2012). *CFT 1-R Grundintelligenztest Skala 1*. Göttingen: Hogrefe.
- Welsh, M., & 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. <https://doi.org/10.1017/S1355617713001379>
- 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), 575–587. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.44.2.575>
- Willoughby, M., Kupersmidt, J., Voegler-Lee, M., & Bryant, D. (2011). Contributions of hot and cool self-regulation to preschool disruptive behavior and academic achievement. *Developmental Neuropsychology*, 36(2), 162–180. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549980>
- Winsler, A., Ducenne, L., & Koury, A. J. J. (2011). Singing One ' s Way to Self-Regulation : The Role of Early Music and Movement Curricula and Private Speech
This article was downloaded by : [George Mason University] Early Education & Development
Singing One ' s Way to Self-Regulation : The Role of Earl, (May 2014). <https://doi.org/10.1080/10409280903585739>
- Wolters, B. (2014). *Alles Gitarre! Schule fr Gruppen- und Einzelunterricht*. Mainz: Schott.
- Zelazo & Cunningham, W., P. D. (2007). Executive function: Mechanisms underlying emotion regulation. *Handbook of Emotion Regulation*, 12(11), 135–158. <https://doi.org/10.1177/1545968309354536>
- Zelazo, Philip D, & Müller, U. (2011). Executive Function in Typical and Atypical Development. In U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell Handbook of Childhood Cognitive Development* (2nd ed., pp. 574–603). Blackwell Publishing Ltd.
- Zelazo, Philip David. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297–301. <https://doi.org/10.1038/nprot.2006.46>
- Zelazo, Philip David, & Carlson, S. M. (2012). Hot and Cool Executive Function in Childhood and Adolescence: Development and Plasticity. *Child Development*

Perspectives, 6(4), 354–360. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x>

Zelazo, Philip David, Müller, U., Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive function in early childhood. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 68(3), vii–137. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14723273>

Zimmermann, P., & Fimm, B. (2014). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung Version 2.3.1*. Herzogenrath: Psytest.

Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., & Gaab, N. (2014). Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians. *PLoS ONE*, 9(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099868>

Anhang A

Tabelle 8 *Übersicht über die Instrumentalgruppen*

Instrument	Anzahl der Kinder	Anzahl der Gruppen
Klavier	4	2
Gitarre	8	2
Trompete	3	1
Flöte	3	1
Blockflöte	8	3
Saxofon	3	1
Klarinette	3	1
Violine	4	1
Gesamt	36	12

Tabelle 9 *Übersicht über die Zeichengruppen*

Gruppenname	Anzahl der Kinder	Anzahl der Gruppen
Pinguine	4	1
Eulen	3	1
Krokodile 1	5	1
Hasen	3	1
Koalabären	4	1
Igel	3	1
Giraffen	3	1
Libellen	4	1
Krokodile 2	4	1
Bären	3	1
Gesamt	36	10

Tabelle 10 *Deskriptive Statistik der abhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene)*

Abhängige Variablen	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Inhibition 1 (RZ)	121	49.97	8.86
Inhibition 2 (RZ)	121	44.57	10.82
Flexibilität non-verbal (RZ)	113	48.17	7.63
Flexibilität non-verbal (Gesamtleistung)	113	49.54	5.75
Flexibilität verbal (RZ)	113	51.07	6.67
Flexibilität verbal (Gesamtleistung)	113	52.27	5.81
<i>BAT-E</i> (Gesamtscore)	126	2.73	1.02
<i>BAT-E</i> (Zeitschriften)	127	0.53	0.50
<i>BAT-E</i> (Snacks)	127	0.92	0.27
<i>BAT-E</i> (hypothetisches Geld)	127	0.60	0.49
<i>BAT-E</i> (Geschenk)	126	0.69	0.46
<i>IGT</i> (Gesamtsumme)	127	6.85	27.49
<i>IGT</i> Block 01	127	-3.53	7.05
<i>IGT</i> Block 02	127	0.97	7.22
<i>IGT</i> Block 03	127	3.02	8.81
<i>IGT</i> Block 04	127	3.01	9.26
<i>IGT</i> Block 05	127	3.75	10.81

Anmerkung: RZ = Reaktionszeiten

Tabelle 11 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene)

Prädiktorvariable	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Menge an musikalischem Training	-.23*	.03	.03	.18*	.23**	.22*	.16†	.08	-.13	.23*	.02	.16†
2. Alter zum Beginn des Musizieren	-	.49**	.38**	-.38**	-.19*	-.18†	-.12	-.08	-.06	.19†	-.26*	.02
3. Alter zum Testzeitpunkt		-	.44**	-.2*	-.02	-.12	-.19*	-.11	-.06	.1	-.14	-.11
4. Geschlecht			-	-.04	.04	-.03	-.25**	-.34**	-.25**	.06	-.04	.06
5. Elterliches Einkommen				-	.32**	.12	.11	-.06	-.03	-.01	.29**	.16†
6. Elterliche Ausbildung					-	.21*	.09	-.03	.04	.27**	.12	.14
7. Extraversion (BFI E)						-	.04	.22*	-.17†	.15	.15†	-.02
8. Verträglichkeit (BFI V)							-	.13	-.16†	-.04	.01	.01
9. Gewissenhaftigkeit (BFI G)								-	-.03	-.07	-.08	-.15
10. Neurotizismus (BFI N)									-	-.03	-.03	-.04
11. Offenheit (BFI O)										-	.01	.09
12. Nicht-musikalische Freizeitaktivitäten											-	.10
13. IQ												-

Anmerkung: ** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$, † marginal signifikant bei $p < .1$

Tabelle 12 Korrelationsmatrix der abhängigen Variablen (Studie 3a, Erwachsene)

Abhängige Variable	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1. Inhibition 1 (RZ)	.55**	.39**	.26**	.27**	.14	.22*	.08	-.04	.13	-.03	-.02	.1	.1	.17 [†]
2. Inhibition 2 (RZ)	-	.5**	.28**	.42**	.12	.26**	.08	-.05	.08	-.06	.02	.14	.05	.09
3. Flexibilität non-verb (RZ)		-	.66**	.73**	.4**	.12	.05	-.08	.07	-.04	.1	.05	.05	.08
4. Flexibilität non-verb (Gesamtleistung)			-	.42**	.51**	.12	-.05	-.13	.09	-.08	.02	.1	.08	.11
5. Flexibilität verbal (RZ)				-	.63**	.05	-.04	.06	0	-.14	.03	0	-.06	.03
6. Flexibilität verbal (Gesamtleistung)					-	.09	-.07	-.01	.1	-.21*	-.04	.04	.15	.18 [†]
7. Arbeitsgedächtnis (RZ)						-	-.1	-.15	-.04	.06	.06	-.04	-.11	-.04
8. BAT-E Gesamt							-	.67**	-.05	-.07	.03	.06	-.04	-.05
9. BAT-E Geschenk								-	-.14	-.27**	-.07	-.05	-.03	-.05
10. IGT Gesamt									-	.42**	.48**	.71**	.72**	.81**
11. IGT Block 01										-	.27**	.13	.08	.22*
12. IGT Block 02											-	.19*	.15	.21*
13. IGT Block 03												-	.47**	.48**
14. IGT Block 04													-	.53**
15. IGT Block 05														-

Anmerkung: ** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$, [†] marginal signifikant bei $p < .1$

Tabelle 13 *Deskriptive Statistik der abhängigen Variablen (Studie 3b, Kinder)*

Abhängige Variablen	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Inhibition 1 (Fehler)	95	47.04	11.18
Inhibition 1 (RZ)	95	52.62	11.13
Inhibition 2 (Fehler)	94	48.23	6.36
Inhibition 2 (RZ)	94	52.87	8.56
Flexibilität non-verbal (RZ)	96	874.59	158.25
Flexibilität non-verbal (Gesamtleistung)	96	88.27	12.32
Flexibilität verbal (RZ)	96	941.67	228.28
Flexibilität verbal (Gesamtleistung)	96	80.70	20.06
Arbeitsgedächtnis (Korrekte)	96	11.77	2.17
Arbeitsgedächtnis (RZ)	96	726.90	179.53
BAT-E (Gesamtscore)	96	2.69	1.16
BAT-E (Zeitschriften)	96	0.58	0.50
BAT-E (Snacks)	96	5.92	2.02
BAT-E (hypothetisches Geld)	96	4.92	2.29
BAT-E (Geschenk)	96	0.75	0.44
IGT (Gesamtsumme)	96	6.56	17.41
IGT Block 01	96	-0.73	4.88
IGT Block 02	96	1.83	4.81
IGT Block 03	96	1.69	5.45
IGT Block 04	96	2.19	5.75
IGT Block 05	96	1.58	7.12

Anmerkung: RZ = Reaktionszeiten

Tabelle 14 Korrelationsmatrix der unabhängigen Variablen (Studie3b, Kinder)

Prädiktorvariable	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1. Menge an musikalischem Training	-.48**	.18 [†]	.13	.19 [†]	.11	-.04	.08	-.02	-.1	.06	-.08	.21*
2. Alter zum Beginn des Musizieren	-	.16	-.1	-.05	-.01	.04	-.11	-.06	.01	-.04	-.05	-.1
3. Alter zum Testzeitpunkt		-	.03	-.09	-.02	-.29**	-.12	-.13	.29**	-.21*	.18 [†]	.08
4. Geschlecht			-	.01	-.1	.14	.17 [†]	.27*	-.12	.23*	-.22*	.02
5. Elterliches Einkommen				-	.41**	-.02	.25**	.24**	-.12	.31**	.05	.26**
6. Elterliche Ausbildung					-	0	-.03	.05	.15	.27**	.01	.2 [†]
7. Extraversion (BFI E)						-	-.04	-.01	-.07	.36**	-.16	-.03
8. Verträglichkeit (BFI V)							-	.24*	-.4**	.29**	-.06	-.01
9. Gewissenhaftigkeit (BFI G)								-	-.3**	.2*	.11	0
10. Neurotizismus (BFI N)									-	-.2 [†]	.03	-.05
11. Offenheit (BFI O)										-	-.18 [†]	.29**
12. Nicht-musikalische Freizeitaktivitäten											-	-.08
13. IQ												-

Anmerkung: ** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$, [†] marginal signifikant bei $p < .1$

Tabelle 15 Korrelationsmatrix der abhängigen Variablen (Studie 3b, Kinder)

Abhängige Variable	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
1. Inhibition 1 (RZ)	.42**	-.27**	-.17	.21*	-.25**	-.11	-.18†	-.09	-.04	-.14	-.17†	0.16	-.09
2. Inhibition 2 (RZ)	-	-.43**	-.38**	.28**	-.06	.00	-.10	-.22*	-.27**	.02	.15	-.09	-.19†
3. Flexibilität non-verb (RZ)		-	.77**	.17†	.25*	-.21*	-.18†	.18†	-.03	.24*	.08	.10	.16
4. Flexibilität verbal (RZ)			-	-.06	.23*	-.11	-.04	.09	-.14	.20†	.05	.08	.09
5. Arbeitsgedächtnis (Kor- rekte)				-	-.13	-.08	.06	-.07	-.10	.06	-.07	-.10	.01
6. Arbeitsgedächtnis (RZ)					-	-.11	-.01	-.06	-.08	.01	-.02	-.08	-.01
7. BAT-E Gesamt						-	.49**	-.12	.03	-.19	.02	-.09	-.12
8. BAT-E Geschenk							-	-.17	-.21*	-.13	-.07	-.11	-.04
9. IGT Gesamt								-	.43**	.54**	.74**	.63**	.72**
10. IGT Block 01									-	-.12	.32**	.21*	.05
11. IGT Block 02										-	.32**	.12	.39**
12. IGT Block 03											-	.31**	.36**
13. IGT Block 04												-	.26*
14. IGT Block 05													-

Anmerkung: ** signifikant bei $p < .01$, * signifikant bei $p < .05$

Anhang B



Abbildung 8. Eichhörnchen, gemalt mit wasservermalbaren Buntstiften



Abbildung 9. Tukan, gemalt mit Ölkreiden und wasservermalbarer Farbe



Abbildung 10. Gans, gemalt mit Ölkreiden



Abbildung 11. Häschen aus Papier-Schnipseln

Publikationsliste

Zeitschriftenartikel

Frischen, U., Schwarzer, G., & Degé, F. (2019). Comparing the Effects of Rhythm-Based Music Training and Pitch-Based Music Training on Executive Functions in Preschoolers. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 13(August), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00041>

Konferenzbeiträge

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). The Association between Music Lessons and Hot as well as Cold Executive Functions in Adults and Children. *International Conference of Students of Systematic Musicology (SysMus)*, Berlin (Vortrag).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). Do instrumental music lessons enhance executive functions and IQ in children? *Gemeinsame Tagung der Fachgruppen Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, Leipzig (Vortrag im Symposium: Transfer effects of music training on cognitive abilities).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). Der Einfluss von Musikunterricht auf exekutive Funktionen und IQ im Kindesalter. *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie (DGM)*, Eichstätt (Vortrag).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). Der Einfluss verschiedener Musiktrainings auf Exekutive Funktionen im Vorschulalter – Rhythm is it!? *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie (DGM)*, Eichstätt (Poster).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). The Effect of Music Lessons on Executive Functions and IQ in 6-to-7-year-old Children. *2019 Biennial Meeting of the Society for Music Perception and Cognition (SMPC)*, New York City, New York, USA (Vortrag).

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (2019). The Effect of Music Lessons on Executive Functions in Preschoolers – Rhythm is it!? *2019 Biennial Meeting of the Society for Research in Child Development (SRCD)*, Baltimore, Maryland, USA (Poster).

Frischen, U., Schwarzer, G. & Degé, F. (2018). Der Zusammenhang zwischen Musikunterricht und heißen exekutiven Funktionen. *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie*, Gießen (Poster).

Degé, F., **Frischen, U.**, & Schwarzer, G. (2017). Der Zusammenhang zwischen Musikunterricht und spezifischen kognitiven Fähigkeiten bei 9- bis 12-jährigen Kindern: Die mediierende Rolle der exekutiven Funktionen. *Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Musikpsychologie*, Hamburg (Poster).

Degé, F., **Frischen, U.**, & Schwarzer, G. (2017). Der Zusammenhang zwischen Musikunterricht und spezifischen kognitiven Fähigkeiten bei 9- bis 12-jährigen Kindern: Die mediierende Rolle der exekutiven Funktionen. *Tagungsband Gemeinsame Tagung der Fachgruppen Entwicklungspsychologie und Pädagogische*, Münster.

Manuskripte

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (in Revision): Music lessons enhance executive functions in 6- to 7-year-old children. *Learning and Instruction*.

Frischen, U., Schwarzer, G., Degé, F. (in Vorbereitung): The association between music training and hot and cool executive functions in adults and children.

Eidesstattliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Oldenburg, den _____