

Diplomarbeit

**Veränderung der kardiorespiratorischen Fitness und
Exekutivfunktion infolge einer täglichen
Bewegungsintervention bei Volksschulkindern**

eingereicht von

Karl Walter Moser

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Lehrstuhl für Physiologie und Pathophysiologie

unter der Anleitung von

Priv.-Doz.ⁱⁿ Mag.^a Dr.ⁱⁿ rer.nat. Karin Schmid-Zalaudek

und

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr.med. Dr.med.univ. Nandu Goswami, MMedSci PhD

Graz, 30.04.2025

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, 30.04.2025

Karl Walter Moser eh.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinen beiden Betreuer*innen Priv.-Doz.ⁱⁿ Mag.^a Dr.ⁱⁿ rer.nat. Karin Schmid-Zalaudek und Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr.med. Dr.med.univ. Nandu Goswami, MMedSci PhD bedanken. Mit ihrer Expertise und ihren konstruktiven Ratschlägen haben sie maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen und mich mit Geduld und Empathie bei allen Herausforderungen dieses Projekts unterstützt und begleitet.

Weiters möchte ich mich bei dem gesamten Team des Instituts für Physiologie und Pathophysiologie der Medizinischen Universität Graz für ihre Unterstützung und Mitarbeit bei der Datenerhebung bedanken.

Ebenso danke ich den Schulleiter*innen, den Lehrkräften und vor allem den Kindern für ihre Teilnahme und ihr Interesse an dieser Studie. Ein weiterer Dank gilt der Stadt Graz und ERASMUS für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts.

Ein besonderer Dank gilt meiner Familie, welche mich während meiner gesamten Studienzeit unterstützt hat. Ohne den Rückhalt meiner Eltern und Großeltern wäre die Absolvierung dieses Studiums nicht möglich gewesen, wofür ich ihnen von Herzen dankbar bin.

Zusammenfassung

Zielsetzung: Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde der Einfluss einer täglichen 45-minütigen schulbasierten Bewegungsintervention auf die kardiorespiratorische Fitness und die kognitiven Fähigkeiten von Volksschulkindern in Österreich untersucht. Diese Studie erfolgte im Rahmen des Projekts „Health and Academic Performance with Happy Children“.

Methoden: Für die vorliegende Studie wurden Daten von 318 Kindern im Alter von 6 bis 11 Jahren herangezogen. Dabei handelte es sich um eine einjährige, nicht-randomisierte, kontrollierte Interventionsstudie mit zwei Interventionsschulen und einer Kontrollschule in Graz, Österreich. Die Baseline-Untersuchung erfolgte im September 2021 und die Follow-up-Untersuchung im Juni 2022 nach erfolgter Intervention während des gesamten Schuljahres. Die Beurteilung der kardiorespiratorischen Fitness erfolgte anhand des Andersen-Lauftests. Zur Beurteilung der Kognitivfunktionen diente ein modifizierter Eriksen-Flanker-Test.

Ergebnisse: Es konnte ein signifikanter Effekt der Intervention auf die kardiorespiratorische Fitness gezeigt werden. Beide Interventionsschulen konnten ihre Laufleistung innerhalb eines Schuljahres steigern (für beide $p < 0.001$), während die Kontrollschule keine Leistungssteigerung verzeichnete. Bei allen Kindern zeigte sich auch eine Verbesserung der Kognitivfunktionen, allerdings konnten keine Unterschiede zwischen den Interventionsschulen und der Kontrollschule festgestellt werden, die auf einen Effekt der Intervention hätten schließen lassen. Die auf Basis einer erzielten Ausdauersteigerung klassifizierten Gruppen ergaben jedoch signifikante Unterschiede in Bezug auf die Kognitivfunktionen. Bei jenen Kindern, die eine Ausdauersteigerung erzielten, zeigte sich auch eine signifikant stärkere Verbesserung der Kognitivfunktionen ($p < 0.001$) bei jenen, die eine Intervention erhielten im Vergleich zu jenen, die keine Intervention erhielten ($RT_c: p = 0.026$; $RT_{ic}: p = 0.011$).

Schlussfolgerung: Die Intervention zeigte einen positiven Effekt auf die Ausdauerleistung von Volksschulkindern. Ein positiver Effekt der Intervention auf die kognitiven Fähigkeiten konnte jedoch nur bei gleichzeitiger Steigerung der Ausdauer festgestellt werden. Diese Ergebnisse bestärken dennoch die Annahme, dass sportliche Aktivität sowohl die körperliche als auch die kognitive Leistungsfähigkeit fördert.

Abstract

Objectives: This thesis investigated the impact of a daily 45-minute school-based physical activity intervention on the cardiorespiratory fitness and cognitive abilities of elementary school children in Austria. This study was conducted as part of the „Health and Academic Performance with Happy Children“ project.

Methods: Data of 318 children aged 6 to 11 years were analyzed for this study. It was a one-year, non-randomized, controlled intervention study with two intervention schools and one control school in Graz, Austria. The baseline measurements took place in September 2021 and the follow-up measurements in June 2022 after completing the intervention for one academic year. Cardiorespiratory fitness was assessed using the Andersen running test, while cognitive functions were evaluated using a modified Eriksen flanker test.

Results: A significant effect of the intervention on cardiorespiratory fitness was observed. Both intervention schools showed a significant improvement in running performance after the academic year ($p < 0.001$ for both), while the control school did not experience any improvement. All children improved also their cognitive functions, although no differences between the intervention schools and the control school were detected in general. However, when the children were classified by their improvements in endurance, a significant effect of the intervention on cognitive function was shown. Children who improved their endurance exhibited a significantly stronger improvement in their cognitive functions ($p < 0.001$) when they received an intervention as compared to those without intervention ($RT_c: p = 0.026$; $RT_{ic}: p = 0.011$). For children with no improvement in endurance, only a tendency toward improvement in cognitive functions due to the intervention was observed.

Conclusion: The intervention showed a positive effect on the endurance performance of elementary school children. A positive influence of the intervention on cognitive abilities was observed in conjunction with an increase in endurance. These results strengthen the assumption that physical activity promotes both, physical and cognitive performance.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	II
Danksagungen.....	III
Zusammenfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungen und deren Erklärung	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
1 Einleitung	4
1.1 Adipositas	4
1.2 Adipositas-assoziierte Krankheiten.....	6
1.3 Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung und Kognition.....	8
2 Material und Methoden	11
2.1 Studiendesign	11
2.2 Stichprobe.....	17
2.3 Durchführung.....	19
2.3.1 Eriksen-Flanker-Test	19
2.3.2 Andersen-Lauftest	20
2.4 Statistische Analyse.....	21
3 Ergebnisse	22
3.1 Teilnehmer*innen	22
3.1.1 Migrationshintergrund	25
3.1.2 BMI, Übergewicht und Adipositas.....	25
3.2 Eriksen-Flanker-Test.....	27
3.2.1 Fehlerquote und Reaktionszeit-Kriterium.....	27
3.2.2 Mittlere Reaktionszeit und Fehlerquote.....	28
3.2.3 Unterschiede zwischen den Schulen zu Baseline	30
3.3 Effekte der Intervention auf die Kognition	31
3.3.1 Reaktionszeit	32
3.3.2 Fehlerquote	34
3.3.3 Interferenz-Score	35
3.3.4 Interferenz-Genauigkeit.....	36

3.4	Andersen-Lauftest	38
3.5	Veränderung der Ausdauer und Kognition	40
3.5.1	Veränderung der RT_c.....	40
3.5.2	Veränderung der RT_{ic}.....	42
3.5.3	Veränderungen im Interferenz-Score.....	42
4	Diskussion.....	43
4.1	Unterschiede der Schulen zu Baseline	44
4.2	Ausdauerleistung zu Baseline	45
4.3	Exekutivfunktionen zu Baseline	46
4.4	Effekt der Intervention auf die Ausdauerleistung.....	47
4.5	Effekt der Intervention auf die Exekutivfunktionen	48
4.6	Zusammenhang zwischen der Ausdauer und den Exekutivfunktionen	49
4.7	Stärken und Limitationen	50
4.8	Schlussfolgerung	51
	Literaturverzeichnis	53
	Anhang.....	61

Abkürzungen und deren Erklärung

BMI	Body-Mass-Index
kg	Kilogramm
m	Meter
WHO	World Health Organisation
NCHS	National Center for Health Statistics
CDC	Center for Disease Control and Prevention
LDL	low density lipoprotein
HOPP	The health oriented pedagogical program
PPH	Private Pädagogische Hochschule
IS	Interventionsschule
KS	Kontrollschule
WHtR	Waist-to-Height-Ratio
WHR	Waist-to-Hip-Ratio
ms	Millisekunde
RT	Reaktionszeit
RT _c	Reaktionszeit kongruent
RT _{ic}	Reaktionszeit inkongruent
F	Fehlerquote
F _c	Fehlerquote kongruent
F _{ic}	Fehlerquote inkongruent
SPF	sonderpädagogischer Förderbedarf
MW	Mittelwert
SD	Standardabweichung
Min	Minimum
Max	Maximum
n	Anzahl
UG	untergewichtig
NG	normalgewichtig
ÜG	übergewichtig
AP	adipös
IFG	Interferenz-Genauigkeit

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bildschirmzeit europäischer Kinder.....	7
Abbildung 2: Happy Children Pass	15
Abbildung 3: Rekrutierung der Studienteilnehmer*innen.....	18
Abbildung 4: Kongruente- und inkongruente Items des Eriksen-Flanker-Tests.....	20
Abbildung 5: Reaktionszeiten kongruenter Items zu Baseline und Follow-up.....	33
Abbildung 6: Reaktionszeiten inkongruenter Items zu Baseline und Follow-up.....	34
Abbildung 7: Interferenz-Scores (IFS) zu Baseline und Follow-up.....	35
Abbildung 8: Normierte Ergebnisse des Andersen-Lauftests	39
Abbildung 9: Zusammenhang RT_c und Intervention.....	41
Abbildung 10: RT_c und Ausdauer in Abhängigkeit der Intervention.....	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Teilnehmende Kinder zu Baseline nach Schule und Geschlecht	22
Tabelle 2: Teilnehmende Kinder nach Anwendung der Ausschlusskriterien	23
Tabelle 3: Deskriptive Statistik nach Schule und Geschlecht	24
Tabelle 4: Anzahl der Kinder mit Migrationshintergrund nach Schule	25
Tabelle 5: Gewichtsverteilung nach Schulen	26
Tabelle 6: Gewichtsverteilung in Abhängigkeit des Migrationshintergrundes	26
Tabelle 7: Ausschlusskriterien kongruenter- und inkongruenter Items nach Schule	27
Tabelle 8: Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests zu Baseline und Follow-up in der Gesamtstichprobe	28
Tabelle 9: Reaktionszeit und Übergewicht/Adipositas	31
Tabelle 10: ANOVA Eriksen-Flanker-Test.....	37
Tabelle 11: Andersen-Lauftest	38
Tabelle 12: Normierte Ergebnisse des Andersen-Lauftests	39
Tabelle 13: Ausdauersteigerung der Schulen	40

1 Einleitung

1.1 Adipositas

Übergewicht ist eines der größten Gesundheitsprobleme der Neuzeit. Obwohl bekannt ist, dass ein erhöhter Körperfettanteil ein massives Gesundheitsrisiko darstellt, steigen die Zahlen an adipösen Menschen weltweit. Auch immer mehr Kinder und Jugendliche sind von Übergewicht betroffen. Vor allem Entwicklungsländer zeigen einen alarmierenden Anstieg an Kindern, welche bereits an Übergewicht leiden, aber auch in Europa steigen die Zahlen kontinuierlich. Zusätzlich nimmt die körperliche Aktivität von Kindern und Jugendlichen im Alltag ab (Goswami et al., 2022).

Charakteristisch für Adipositas ist ein erhöhter Körperfettanteil. Zur Definition von Unter-, Normal- und Übergewicht, wird üblicherweise der Body-Mass-Index (BMI) herangezogen. Dieser ist definiert als das Verhältnis zwischen dem Körpergewicht (in Kilogramm) und der Körpergröße (in Meter) zum Quadrat (Gutin, 2018):

$$BMI = \frac{\text{Körpergewicht [kg]}}{\text{Körpergröße}^2[\text{m}]}$$

Ab einem BMI von >25 spricht man von Übergewicht und ab >30 von Adipositas. Diese Grenzwerte wurden jedoch für erwachsene Personen definiert, weshalb sie nur teilweise auf Kinder übertragbar sind. Das liegt vor allem an der unterschiedlichen Körperzusammensetzung im Vergleich zu Erwachsenen. Außerdem spielt das Geschlecht eine wesentliche Rolle, da sich der Wachstumsprozess zwischen Mädchen und Jungen ab einem gewissen Alter stark unterscheidet (Cole, 2000). Deshalb wurden für Kinder <5 Jahren und für Personen zwischen 5 und 19 Jahren andere Klassifizierungen erstellt. Die World Health Organisation (WHO) definierte dafür Tabellen für Mädchen, als auch für Jungen, welche die jeweiligen BMI-Werte für jede Altersstufe repräsentieren. Hierbei wird mit dem „BMI für Alter“ und mit der Standardabweichung des Medians gerechnet. Kinder unter 5 Jahren gelten als übergewichtig, wenn der BMI für das Alter mehr als zwei Standardabweichungen über dem WHO-Wachstums-Median liegt. Adipositas liegt vor, wenn der BMI für das Alter mehr als 3 Standardabweichungen über dem WHO-Wachstums-Median liegt.

Für die Altersklasse der 5- bis 19-Jährigen gelten folgende Grenzwerte: Übergewicht ist definiert als BMI fürs Alter größer als eine Standardabweichung über dem WHO-

Wachstums-Median und Adipositas als BMI fürs Alter größer als zwei Standardabweichungen über dem WHO-Wachstums-Median. Im Alter von 19 Jahren entspricht der Wert +1 Standardabweichung einem BMI von 25,4 für Buben und 25,0 für Mädchen. Er ist also äquivalent zu den Grenzwerten für Erwachsene (De Onis, 2007; "Obesity and overweight," n.d.; Wang and Lim, 2012)

Eine weitere Einteilung zu Übergewicht bzw. Adipositas wurde 2000 von dem US National Center for Health Statistics (NCHS) und dem Center for Disease Control and Prevention (CDC) erstellt. Dabei wurde mit geschlechter- und altersspezifischen BMI Perzentilen gearbeitet. Ein BMI-Wert über der 85. Perzentile gilt als übergewichtig und ein BMI-Wert über der 95. Perzentile gilt als adipös (Wang and Lim, 2012).

In Europa beträgt der Anteil an übergewichtigen Kindern im Schulalter circa 26% (Wang and Lim, 2012). In Nordamerika leidet bereits nahezu jedes dritte Kind (31,8%) unter Übergewicht und 16,9% unter starkem Übergewicht, also Adipositas (Ogden et al., 2014). Außerdem lassen sich regionale, geschlechterspezifische und altersspezifische Unterschiede erkennen. Burschen zeigen eine deutlich höhere Prävalenz als Mädchen (Pojskic and Eslami, 2018).

Der Anteil an übergewichtigen Erwachsenen in England betrug im Jahr 2017 28,7%, also mehr als ein Viertel der Bevölkerung, wogegen es im Jahr 1993 noch 14,9% waren. Bei der Gruppe der 4- bis 5-jährigen Kinder zeigte sich ein Anteil von 9,9% und bei der Gruppe der 10- bis 11-jährigen Kinder ein Anteil von 21,0%, welche an Übergewicht leiden. (Apperley et al., 2022)

In Süd-Ost-Asien hingegen, liegt der Anteil an Kindern, welche an Übergewicht leiden, mit circa 17% unter jenem der Europäer und Nordamerikaner. In Afrika zeigt sich insgesamt zwar der niedrigste Anteil an Kindern, welche an Übergewicht leiden, mit 10% (Wang and Lim, 2012), allerdings gibt es auch Regionen mit deutlich höherem Anteil (Schmid-Zalaudek et al., 2021).

Diese Zahlen zeigen zwar einen Unterschied der absoluten Zahlen, doch unabhängig von der Region ist der Zuwachs an Kindern mit gesundheitsbeeinträchtigendem Übergewicht. Es lässt sich ein weltweiter BMI-Anstieg bei beiden Geschlechtern seit 1975 beobachten (Abarca-Gómez et al., 2017). In Entwicklungsländern lässt sich sogar ein um bis zu 30% schnellerer Zuwachs an Adipositas bei Kindern und Jugendlichen beobachten (Chung et al., 2023).

Aufgrund der COVID-19-Pandemie in den Jahren 2020 bis 2023 und den damit einhergehenden, vorübergehenden Schließungen von Schulen, Sportvereinen und

öffentlichen Plätzen, nahm das tägliche Bewegungsausmaß von Kindern und Jugendlichen weiter ab, was wiederum eine Zunahme des Körpergewichts zur Folge hatte (Kim et al., 2021; Woods et al., 2024)

1.2 Adipositas-assoziierte Krankheiten

Ein erhöhtes Gewicht geht zumeist auch mit einem erhöhten Körperfettanteil einher. Überschüssiges Körperfett ist assoziiert mit arteriellem Hypertonus, Hyperinsulinämie, sowie Dyslipidämie und stellt dadurch einen enormen Risikofaktor für die Entstehung von chronischen Erkrankungen dar (Skår et al., 2018). Beispielsweise erhöht sich dadurch das Risiko für Diabetes Mellitus, Leberverfettung, kardiovaskuläre-, respiratorische-, orthopädische-, und psychische Erkrankungen (Hens et al., 2017). Aufgrund des Anstiegs der Adipositasrate unter Kindern, erhöhte sich auch die Prävalenz der oben genannten Erkrankungen im Laufe der letzten Jahrzehnte – bei Kindern als auch bei Erwachsenen (Letswalo et al., 2021).

Wenig verwunderlich, aber umso problematischer ist die Tatsache, dass 80% der übergewichtigen Kinder, zu übergewichtigen Erwachsenen heranwachsen (Pojskic and Eslami, 2018). Zudem konnte beobachtet werden, dass mit zunehmendem Alter auch die Wahrscheinlichkeit, im weiteren Lebensverlauf übergewichtig zu bleiben, steigt (Singh et al., 2008). Personen mit Übergewicht entwickeln im Laufe ihres Lebens mit einer hohen Wahrscheinlichkeit eine endotheliale Dysfunktion, welche den größten Indikator für spätere Arteriosklerosen darstellt. (Bruyndonckx et al., 2013)

Endothelzellen bilden die innerste Wandschicht von Arterien, Venen und Kapillaren. Sie bilden eine Barriere zwischen den Blutgefäßen und dem umliegenden Gewebe und fungieren auch als endokrines Organ (Gavriilaki et al., 2020).

Eine endotheliale Dysfunktion beschreibt eine Dysbalance zwischen vasokonstriktorischen und vasodilatatorischen Substanzen, welche durch Endothelzellen gebildet werden (Bruyndonckx et al., 2013).

Adipositas führt zu einer Vielzahl an kardiovaskulären Risikofaktoren, unter anderem Hypertonie, erhöhte Blutfettwerte, Insulinresistenz und physische Inaktivität. Wie diese Risikofaktoren in weiterer Folge zu einer endothelialen Dysfunktion führen wird im Folgenden kurz erläutert.

Übergewicht kann zu Hypertonus und einer beeinträchtigten endothelialen Funktion führen. Eine Studie aus dem Jahr 2021 in Südafrika, stellte bei 61,1% der übergewichtigen

Jugendlichen einen erhöhten Blutdruck fest (Letswalo et al., 2021). Verantwortlich dafür sind vor allem eine erhöhte Aktivität des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems, als auch eine gesteigerte Aktivierung des Sympathikus (Bruyndonckx et al., 2013).

Angiotensin II behindert die Produktion des vasodilatierenden Stickstoffmonoxids (Loot et al., 2009). Eine erhöhte Aktivität des sympathischen Nervensystems führt wiederum zu peripherer Vasokonstriktion und dadurch zu einer Schädigung der endothelialen Funktion (Hijmering et al., 2002).

Ergebnisse einer Studie der „PEP Family Heart Study“ zeigten einen Zusammenhang zwischen Adipositas bei Jugendlichen und erhöhten Blutwerten des „low density lipoprotein“ (LDL) Cholesterins (Bruyndonckx et al., 2013).

Erhöhte LDL-Werte verringern die Bioverfügbarkeit von Stickstoffoxid und führen dadurch zu einer Erhöhung des vaskulären Tonus der Blutgefäße (Steinberg and Witztum, 2002).

Auch die körperliche Fitness steht in Zusammenhang mit der endothelialen Funktion.

Körperliche Aktivität reduziert die Mortalitätsrate aufgrund kardiovaskulärer Erkrankungen signifikant, wogegen körperliche Inaktivität ein Prädiktor für die Entwicklung von Übergewicht ist (Bruyndonckx et al., 2013). Kinder bewegen sich heutzutage allgemein weniger und durch den technischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten verbringen sie mehr Zeit vor Bildschirmen. Europäische Kinder verbringen im Durchschnitt mehr als zwei Stunden täglich vor Bildschirmen (on behalf of the DEDIPAC consortium et al., 2015).

Folgende Abbildung zeigt einen Vergleich (2015-2017) europäischer Länder hinsichtlich der täglichen Bildschirmzeit von Kindern im Alter von 6-9 Jahren:

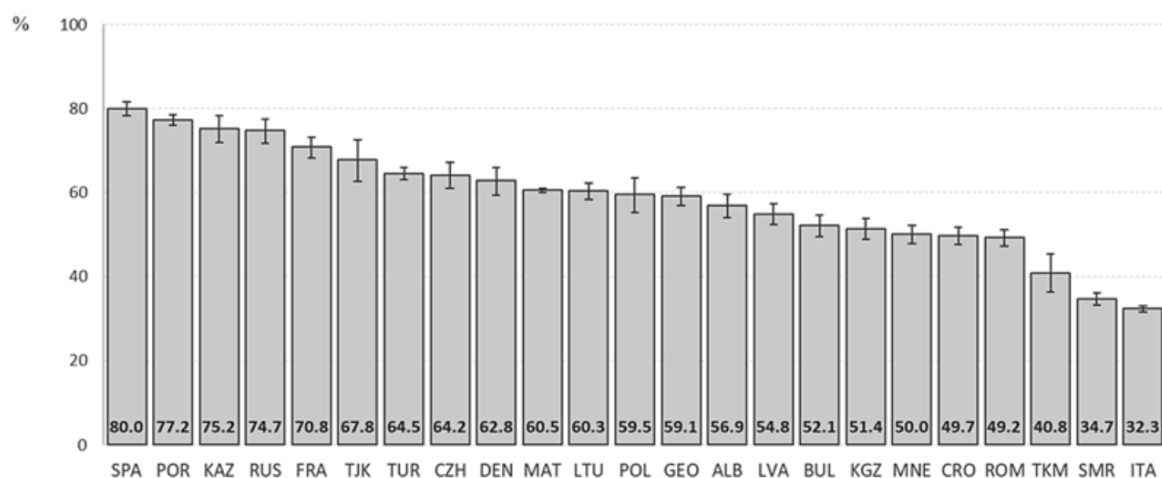


Abbildung 1: Bildschirmzeit europäischer Kinder (Whiting et al., 2021)

Diese Abbildung stellt den Prozentsatz jener 6-9 jähriger Kinder dar, welche täglich weniger als zwei Stunden vor Bildschirmen verbringen. In Italien verbringen demnach nur 32,3% der Kinder weniger als zwei Stunden des Tages vor Bildschirmen (Whiting et al., 2021).

Da die Bildschirmaktivität meist im Sitzen stattfindet, nimmt durch dessen Steigerung das tägliche Ausmaß an körperlicher Aktivität ab. Außerdem konnte beobachtet werden, dass die Bildschirmzeit bei Kindern in Zusammenhang mit einer allgemein höheren Kalorienzufuhr steht (Whiting et al., 2021).

Das Wochenausmaß an intensiver, körperlicher Bewegung ist zudem bei übergewichtigen Kindern geringer, als jenes gleichaltriger Normalgewichtiger (De Bourdeaudhuij et al., 2005).

Es konnte gezeigt werden, dass bereits eine moderate Steigerung des täglichen Bewegungsausmaßes auf mindestens 5 Stunden pro Woche der Entwicklung subklinischer vaskulärer Veränderungen vorbeugt und dadurch auch das Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse bei Kindern und Jugendlichen senkt (Pahkala et al., 2011).

Wie bereits erwähnt, führt Übergewicht auch zu einer vermehrten Insulinresistenz und in weiterer Folge zu einem Diabetes Mellitus Typ 2. Insulin ist unter physiologischen Gegebenheiten ein Vasodilatator, indem die Stickstoffmonoxidproduktion stimuliert wird. Bei Vorliegen einer Insulinresistenz bleibt dieser Effekt jedoch aus (Jiang et al., 1999).

Des Weiteren kann eine endotheliale Dysfunktion zur Entstehung bzw. zu einer Progression einer Insulinresistenz führen, indem die beeinträchtigte mikrovaskuläre Vasodilatation den Transport von Insulin und Glukose in die Skelettmuskulatur reduziert (Kim et al., 2006).

Durch eine langfristige Änderung des Lebensstils und Gewichtsreduktion kann diesen oben beschriebenen Prozessen entgegengewirkt werden. Normalgewichtige Erwachsene, welche in der Kindheit übergewichtig waren, zeigen im Vergleich zu Erwachsenen, die nie übergewichtig waren, kein erhöhtes Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (Bruyndonckx et al., 2013).

1.3 Zusammenhang zwischen körperlicher Bewegung und Kognition

Ein Mangel an körperlicher Aktivität führt nicht nur zu gesundheitlichen Problemen, wie Übergewicht und chronischen Erkrankungen, sondern beeinflusst zudem kindliche kognitive Fähigkeiten. Kinder und Jugendliche mit Adipositas zeigen schlechtere Ergebnisse in Bezug

auf Aufmerksamkeit, Impulskontrolle, kognitive Flexibilität und kognitive Inhibition (Chojnacki et al., 2018; Kamijo et al., 2014).

Kognitive Inhibition bezieht sich dabei auf die Fähigkeit, unwichtige Informationen zur Erfüllung einer Aufgabe zu hemmen (Wahrnehmungsinterferenz), sowie eine impulsive Handlung zu unterdrücken (Reaktionshemmung). Wahrnehmungsinterferenz beinhaltet die Fähigkeit, störende Reize, welche zu einer fehlerhaften Antwort führen würden, zu filtern und zu unterdrücken. Unter Reaktionshemmung versteht man die Fähigkeit, eine falsche Reaktion zugunsten einer angemessenen Reaktion zurückzuhalten (Raine et al., 2020).

Ein gängiges Hilfsmittel zur Feststellung der Inhibitionskontrolle sind die sogenannten Eriksen-Flanker-Aufgaben (Eriksen and Eriksen, 1974). Dabei müssen die Probanden sich auf einen zentralen Reiz konzentrieren und die ihn umgebenden Reize ignorieren. Ziel ist es, möglichst schnell auf die Ausrichtung des zentralen Reizes zu reagieren. Die flankierenden Reize können entweder gleich oder entgegengesetzt zum zentralen Reiz ausgerichtet sein (Diamond, 2013).

Inhibitionskontrolle inkludiert unter anderem die Kontrolle der Aufmerksamkeit, der Gedanken, des Verhaltens und sogar der Emotionen. Das bedeutet, die Inhibitionskontrolle ermöglicht instinktive Handlungen zu unterdrücken und das eigene Verhalten so zu steuern. Diese Inhibitionskontrolle spielt in Bezug auf die Aufmerksamkeit eine große Rolle, indem sie es ermöglicht, die Aufmerksamkeit auf eine Aufgabe zu richten und dafür unwichtige Reize oder Informationen zu unterdrücken. Diese unterbewusste Zuteilung der Reize in relevant und irrelevant, wird als selektive Wahrnehmung bezeichnet. Eriksen-Flanker-Aufgaben als auch der Stroop-Test, zielen darauf ab, diese Fähigkeit der selektiven Wahrnehmung zu testen, wodurch Rückschlüsse auf die Inhibitionskontrolle gezogen werden können (Diamond, 2013).

Für Kinder spielt diese Fähigkeit im alltäglichen Leben eine bedeutsame Rolle – nämlich im Klassenzimmer. Um den Anweisungen des Lehrpersonals folgen und die Aufgaben erfüllen zu können, ist ein gewisses Maß an Inhibitionskontrolle erforderlich. Probleme mit der Aufrechterhaltung der Inhibitionskontrolle unter Kindern und Jugendlichen konnten mit schlechteren Leistungen in sprachlichen, mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern assoziiert werden (Raine et al., 2020).

Hauptverantwortlich für die Inhibitionskontrolle ist eine frühzeitige und stetige Entwicklung des anterioren cingulären Kortex und des dorsolateralen präfrontalen Kortex von Kindern (Luna, 2009).

Außerdem konnte ein Zusammenhang zwischen der physischen Fitness von 9- bis 10-jährigen Kindern und der Inhibitionskontrolle, sowie des Volumens des dorsalen Striatums, einer Region der Basalganglien, nachgewiesen werden. Körperlich fittere Kinder wiesen ein höheres Volumen des dorsalen Striatums auf und erzielten bessere Ergebnisse bei dem Eriksen-Flanker-Task, als die körperlich weniger fitte Vergleichsgruppe (Chaddock et al., 2010).

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass weitere Aspekte, wie das allgemeine Gesundheitsverhalten, körperliche Aktivität, als auch die Körperzusammensetzung einen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit haben. Mehrere Publikationen aus der FITKids-Studie konnten durch eine 9-monatige Sportintervention eine Verbesserung der kognitiven Leistungsfähigkeit verzeichnen. Im Rahmen dieser FITKids-Studie wurde nach dem regulären Schulbetrieb, über einen Zeitraum von 9 Monaten, täglich eine Sport-Einheit angeboten. Dadurch konnten Veränderungen der Hirnfunktion, sowie selektive Leistungsverbesserungen bei Aufgaben, die eine starke exekutive Kontrolle erfordern, festgestellt werden. Ebenfalls wurde eine Dosis-Wirkungs-Beziehung verzeichnet, sodass eine größere Teilnahme am Programm mit stärkeren Veränderungen der Hirnfunktion einherging. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass regelmäßige körperliche Aktivität nicht nur die körperliche, sondern auch die mentale Gesundheit verbessert, indem bestimmte Regionen, welche die exekutive Kontrollfunktion unterstützen, gefördert werden (Hillman et al., 2015).

Wie bereits erwähnt, konnte ebenfalls ein negativer Zusammenhang zwischen Adipositas und der kognitiven Leistungsfähigkeit bei Kindern beobachtet werden. Zur Beurteilung der kognitiven Fähigkeiten wurde in einer Studie von Chojnacki et al. (2018) ein modifizierter Eriksen-Flanker-Test angewendet. Kinder mit Adipositas erzielten dabei schlechtere Ergebnisse, im Sinne einer höheren Reaktionszeit und einer höheren Fehleranfälligkeit, im Vergleich zur Gruppe der normalgewichtigen Kinder (Chojnacki et al., 2018).

Neue Erkenntnisse deuten darauf hin, dass Stoffwechsel- oder andere Krankheitsrisiken ursächlich für die Unterschiede in Bezug auf die Kognition zwischen Kindern mit Übergewicht und normalgewichtigen Kindern sein könnten (Chojnacki et al., 2018).

Kinder, welche mindestens einen Risikofaktor für das metabolische Syndrom aufwiesen, zeigten eine schlechtere exekutive Kontrolle im Vergleich zu ihren Altersgenossen ohne Risikofaktoren (Scudder et al., 2015).

Derzeit ist noch nicht eindeutig geklärt, wie ein übermäßiger Körperfettanteil die kognitiven Funktionen beeinflusst, jedoch könnten indirekte Mechanismen, wie

Adipozyten-induzierte Neuroinflammation eine Rolle spielen. Adipositas kann zu einem erhöhten Level von freien Fettsäuren, pro-inflammatorischen Cytokinen und Immunzellen führen, wodurch eine lokale Entzündung im Gehirn, insbesondere im Hypothalamus, hervorgerufen werden kann. Diese Neuroinflammation könnte teilweise für die negativen kognitiven Folgen durch Adipositas verantwortlich sein (Miller and Spencer, 2014).

In der vorliegenden Arbeit sollte die Auswirkung einer schulbasierten körperlichen Aktivitätsintervention auf die kardiorespiratorische Fitness und die parallel dazu auftretende Veränderung der Exekutivfunktion untersucht werden.

Auf dem Hintergrund einer von 2015 – 2022 in Norwegen durchgeführten Studie an mehr als 2700 Volksschulkindern, „The health oriented pedagogical program“ – kurz HOPP Studie (Fredriksen et al., 2017), wurden im Rahmen eines EU-Projekts die Inhalte und Zielsetzungen auch in drei weiteren europäischen Ländern umgesetzt und die Effektivität der schulbasierten Bewegungsintervention getestet.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Grundlage für die vorliegende Diplomarbeit lieferte das Projekt „Optimizing cardiometabolic Health, Cognition and Academic Performance with Happy Children using school-based physical activity“ (HAPHC oder kurz „Happy Children“). Dabei handelt es sich um eine Kooperation zwischen den EU-Ländern Norwegen, Belgien, Slowenien und Österreich, im Rahmen eines ERASMUS+ K201-Strategic Partnerships for school education-Projekts: „Health & Academic Performance with Happy Children“.

Ziel dieser Studie war eine Förderung der allgemeinen Gesundheit von Volksschulkindern, indem täglich 45 Minuten körperliche Aktivität in den Schulalltag integriert wurden. Lerninhalte verschiedener Unterrichtsfächer sollten dabei in Bewegung erarbeitet und geübt werden.

Angelehnt an die HOPP Studie wurden in allen teilnehmenden Ländern vergleichbare Unterrichtsmaterialien verwendet und in den Unterricht integriert, um möglichst einheitliche Bedingungen zu schaffen.

In Österreich wurde das „Happy Children“-Projekt von der Medizinischen Universität Graz in Kooperation mit der Privaten Pädagogischen Hochschule Augustinum Graz (PPH) durchgeführt.

Um die Umsetzung der täglichen Bewegungsintervention bzw. des „bewegten Unterrichts“ in allen teilnehmenden Schulen möglichst gleich zu gestalten, erfolgte ein Training des Lehrpersonals im Rahmen einer zweitägigen Ausbildung durch die PPH. Außerdem erarbeitete die PPH aus den Vorlagen der HOPP Studie alle benötigten Lehrmaterialien und stellte diese jeder Klasse zur Verfügung.

Des Weiteren besuchte ein Team aus Lehrer*innen der teilnehmenden Interventionsschulen eine HOPP-Schule in Norwegen zur Hospitation und ein Team aus Norwegen kontrollierte nach Projektstart die Durchführung an den österreichischen Interventionsschulen. Durch einen kontinuierlichen Austausch zwischen den teilnehmenden Schulen und der Medizinischen Universität Graz bzw. der PPH wurde das Projekt über vier Schuljahre hinweg begleitet.

Um eine korrekte und konstante Umsetzung der täglichen körperlichen Aktivität sicherzustellen, verpflichteten sich die teilnehmenden Schulen zur wöchentlichen schriftlichen Dokumentation der durchgeführten Bewegungsinterventionen durch den*die Klassenlehrer*in.

In Graz nahmen drei Volksschulen aus unterschiedlichen Einzugsgebieten an diesem Projekt teil. Zwei der Volksschulen fungierten dabei als Interventionsschulen (IS-1, IS-2) und eine weitere Grazer Volksschule fungierte als Kontrollschule (KS).

Jede der beiden Interventionsschulen erhielt zum Projektstart die benötigten Lehrmaterialien, bestehend aus folgenden Utensilien:

- Einen Beutel mit Kordelzug und Bewegungsmaterial für jedes Kind
- Eine Box mit Ausrüstung für bewegten Unterricht in jedem Klassenraum
- Einen Ordner mit umfangreichen Übungen
- Bücher, Broschüren und Karteikarten
- Eine „Übung der Woche“, sowie einen Bewegungs-Adventskalender per E-Mail

Der Ordner lieferte einen Überblick über verschiedene Möglichkeiten zur Gestaltung eines aktiven Unterrichts. Darin enthalten waren verschiedene Übungen mit Anleitungen zur korrekten Ausführung, begleitende Lieder sowie E-Learning-Angebote. Im Rahmen einer Lehrer*innen-Fortbildung wurde die Anwendung dann auch erarbeitet.

In den Interventionsschulen wurde im Zuge dieses Projekts „aktives Lernen“ als eine tägliche, 45-minütige körperlich aktive Lehreinheit zusätzlich zum regulären Bewegungsunterricht eingeführt und fortwährend unterrichtet. Alle Schüler*innen nahmen dabei an der neuen Unterrichtsform teil, jedoch nicht alle an der Studie bzw. den damit verbundenen Untersuchungen.

Beispiele für das „aktive Lernen“ sind im Folgenden angeführt:

- Mathematik: Rechnen wurde geübt, indem eine Rechenaufgabe gestellt wurde und die Kinder so schnell wie möglich zum richtigen Ergebnis laufen mussten.
- Deutsch: Neue Buchstaben oder Wörter wurden erlernt, indem die Kinder mit ihrem Körper die Form der einzelnen Buchstaben nachturnen sollten.

Auch um bereits erworbenes Wissen zu festigen wurden gezielte Bewegungsübungen durchgeführt. Diese wurden entweder im Klassenzimmer, in den Gängen bzw. der Eingangshalle oder am Sportplatz durchgeführt. Den Lehrer*innen wurde dabei sowohl in Bezug auf Inhalt als auch auf den Zeitpunkt im Verlauf des Schultages frei gegeben, wann die Intervention umgesetzt wurde.

Zu Beginn der Studie im September 2021 wurden in allen drei Schulen die Baseline-Daten erhoben. Dabei handelte es sich um folgende Parameter, wovon nur ein Teil für die Fragestellungen der vorliegenden Arbeit verwendet wurde:

- Hämodynamische Parameter: Blutdruck, Pulsrate, Pulswellengeschwindigkeit, Mikrozirkulation (Retina Kamera)
- Physische Fitness: Handkraft, Beinkraft, Ausdauer, Koordination, Gleichgewicht und Beweglichkeit bzw. Flexibilität
- Anthropometrie und Körperindices (BMI, WHtR, WHR)
- Kognitive Leistungsfähigkeit: Aufmerksamkeit, Konzentration, Leseverständnis, mathematisches Verständnis
- Kardiometabolismus: Metaboliten aus dem Harn
- Subkutanes Fettgewebe (Messung mittels Ultraschall)
- Psychologische und soziale Variablen (Stärken und Schwächen, Freundschaftsbeziehungen, Lebensqualität, Lernfreude)
- Freizeitverhalten und Gesundheitsverhalten

Danach erfolgte einmal jährlich eine Follow-up Messung der obigen Parameter. Diese

wurden jeweils am Ende des Schuljahres, also im Juni der Jahre 2022, 2023 sowie 2024 erhoben. Sämtliche Untersuchungen wurden dabei von geschultem Personal aus den Bereichen Pädagogik, Medizin, Sportwissenschaften und Psychologie durchgeführt. Die dazu benötigten Geräte und Materialien wurden in die Schulen transportiert und direkt vor Ort aufgebaut. Die Untersuchungen erfolgten im örtlichen Turnsaal, sowie nahegelegenen Räumlichkeiten. Die Messungen wurden im Laufe von 7 bis 10 Tagen pro Schule durchgeführt. Alle teilnehmenden Kinder erhielten zu Beginn einen „Happy Children“-Pass (Abb. 2) und ein Din-A5-Heftchen mit allen Übungen und Untersuchungen, die sie absolvieren sollten. Die Kinder wurden in Kleingruppen von 4-5 Kindern untersucht und es wurde darauf geachtet, dass kein Kind jemals allein bei einer Untersuchung war. Vorzugsweise erfolgte die Untersuchung körperlicher Maße von gleichgeschlechtlichen Untersucher*innen. Jedes Kind konnte zudem zu jeder Zeit einzelne Untersuchungen ablehnen.

>> Happy Children <<

H C 3 -



>> Danke! <<
Du warst spitze!



Station 1	SAT & Anthro		<input type="text"/>
Station 2	BD, PWG, Retina		<input type="text"/>
Station 3	Urinprobe		<input type="text"/>
Station 4	Handkraft		<input type="text"/>
Station 5	Beinkraft		<input type="text"/>
Station 6	Ausdauer		<input type="text"/>
Station 7	Hin-und Hersprung		<input type="text"/>
Station 8	Einbeinstand		<input type="text"/>
Station 9	Sit & Reach		<input type="text"/>
G/G: <input type="text"/>			

Station 10	GH-Verhalten		<input type="text"/>
Station 11	Lesen		<input type="text"/>
Station 12	Mathe		<input type="text"/>
Station 13	PC Flanker		<input type="text"/>
Station 14	SDQ		<input type="text"/>
Station 15	ILK		<input type="text"/>
Station 16	BUS		<input type="text"/>

Abbildung 2: Happy Children Pass (© Physiologie.medunigraz.at)

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Frage, ob und wie sich das „aktive Lernen“ auf die körperliche Fitness und parallel dazu auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Kinder auswirkt. Dazu wurden die Daten der Baseline-Messungen sowie der ersten Follow-up-Messung nach einjähriger Intervention herangezogen.

Nullhypothesen:

- H_0 [1]: Es gibt keine Unterschiede in der Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit, in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres.

- H_0 [2]: Es gibt keine Unterschiede in der Veränderung der Ausdauer-Leistung in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres.

- H_0 [3]: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen einer Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit und einer Veränderung der Ausdauerleistung in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres

Alternativhypothesen:

- H_1 [1]: Es gibt Unterschiede in der Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres.

- H_1 [2]: Es gibt Unterschiede in der Veränderung der Ausdauer-Leistung in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres.

- H_1 [3]: Es gibt einen Zusammenhang zwischen einer Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit und einer Veränderung der Ausdauerleistung in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres.

2.2 Stichprobe

Durch die vorangegangene Umstellung des Unterrichts im Rahmen der COVID-19-bedingten Schulschließungen war der Rücklauf von Schulen, die zur Teilnahme an dem Projekt eingeladen wurden, sehr gering. Nur von zwei der insgesamt 41 öffentlichen Grazer Volksschulen kam das Antwortschreiben und Bereitschaft, das Projekt umzusetzen. Eine weitere Volksschule wurde von Seiten der PPH aktiv kontaktiert und gebeten, als Kontrollschule teilzunehmen.

In Abbildung 3 ist der Verlauf der Rekrutierung und die Anzahl der teilnehmenden Schüler*innen dargestellt:

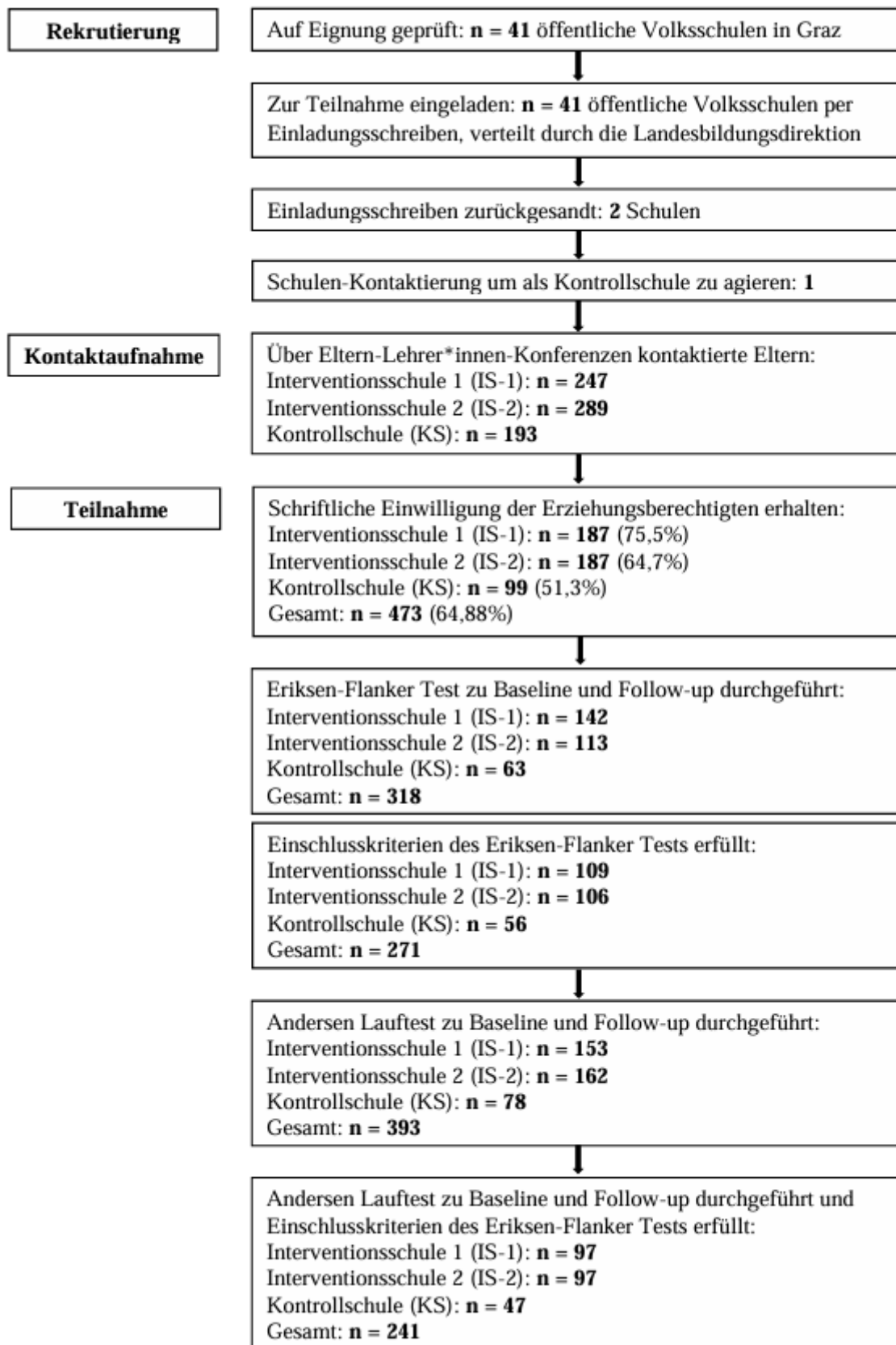


Abbildung 3: Rekrutierung der Studienteilnehmer*innen

2.3 Durchführung

2.3.1 Eriksen-Flanker-Test

Zur Bewertung der kognitiven Fähigkeiten bzw. der Inhibitionskontrolle wurde eine modifizierte Version der Eriksen-Flanker-Aufgaben verwendet (Eriksen and Eriksen, 1974). Die Aufgabe erfordert, dass eine Person einen zentral präsentierten Reiz von seitlich flankierenden Reizen unterscheidet. Dabei unterscheidet man zwischen kongruenten- und inkongruenten Zuständen (Items). Im kongruenten Zustand sind der zentrale Reiz sowie die flankierenden Reize identisch, während im inkongruenten Zustand der zentrale Reiz und die flankierenden Reize unterschiedlich sind. Inkongruente Zustandsbilder erfordern dabei ein höheres Maß an Inhibitionskontrolle, da die flankierenden Reize mehrere Aktionsschemata aktivieren (Raine et al., 2020).

In der verwendeten Modifikation des Eriksen-Flanker-Tests wurden für Kongruenzversuche fünf Fische, die entweder nach links oder nach rechts ausgerichtet waren, verwendet. Bei kongruenten Zustandsbildern zeigten alle fünf Fische in dieselbe Richtung. Bei inkongruenten Zustandsbildern erschienen ebenfalls fünf Fische, wobei der zentrale Fisch (der zentrale Reiz) in die entgegengesetzte Richtung zu den umliegenden Fischen (den flankierenden Reizen) zeigte (siehe Abbildung 4).

Die Durchführung dieser Aufgaben erfolgte am Computer, mit einem Abstand von circa 1 m zum Bildschirm. Die kongruenten- und inkongruenten Zustandsbilder wurden per Zufallsprinzip generiert und waren gleichermaßen wahrscheinlich. Die Teilnehmer*innen sollten dabei auf die Ausrichtung des zentralen Fisches reagieren. Die Eingabe erfolgte mit dem Zeigefinger ihrer dominanten Hand auf einem Antwortpad. Dabei galt es, so schnell wie möglich, aber auch so genau wie möglich vorzugehen. Alle Teilnehmer*innen erhielten detaillierte Anweisungen zum Ablauf und hatten die Möglichkeit, vor Beginn der Aufgaben Fragen zu stellen und zu üben.

Den Schüler*innen wurden jeweils 120 zufällig ausgewählte Items gezeigt, die in Intervallen von 1500 ms für 3000 ms präsentiert wurden. Nach jeweils 40 absolvierten Aufgaben, erfolgte eine 1-minütige Pause.

Folgenden Variablen wurden dabei erhoben:

- Die mittlere Reaktionszeit RT für alle richtigen Antworten (Zeit in ms von der Stimuluspräsentation bis zur Antwortausführung)
- Die mittlere Reaktionszeit für alle richtigen Antworten bei kongruenten Items (RT_c)

- Die mittlere Reaktionszeit für alle richtigen Antworten bei inkongruenten Items (RT_{ic})
- Der Interferenz-Score als die Differenz zwischen RT_{ic} und RT_c (IFS)
- Die Antwortgenauigkeit F in % (Prozentsatz der richtig gegebenen Antworten)
- Die Antwortgenauigkeit bei kongruenten Items (F_c)
- Die Antwortgenauigkeit bei inkongruenten Items (F_{ic})

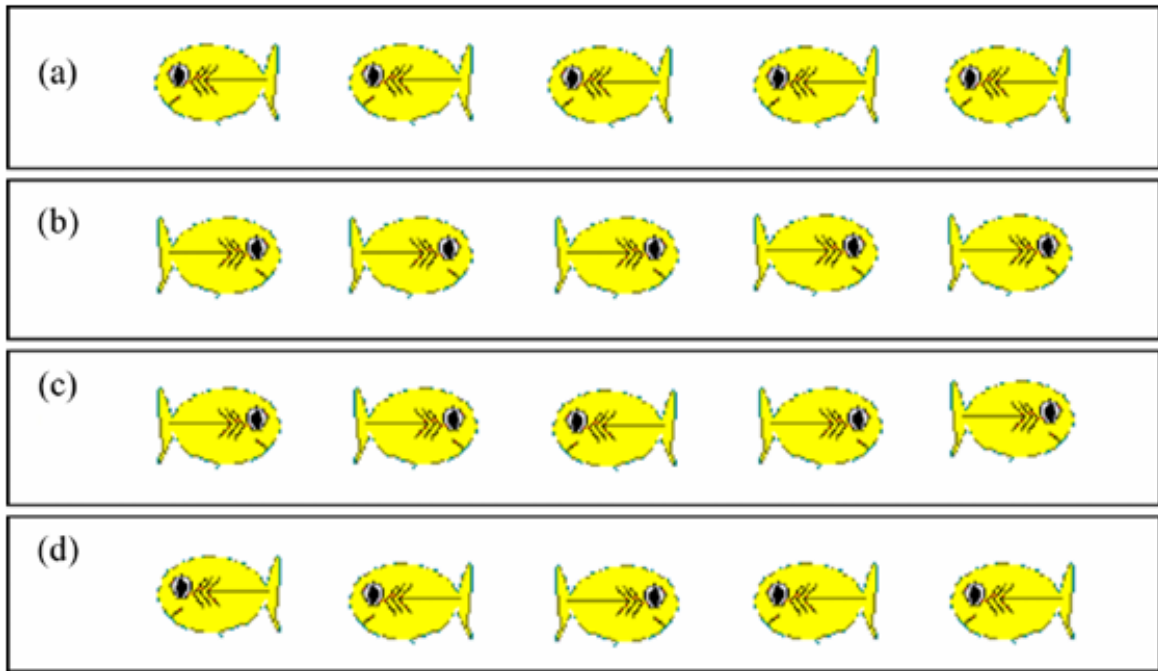


Abbildung 4: Kongruente- und inkongruente Items des Eriksen-Flanker-Tests (Konijnenberg and Fredriksen, 2018)

(a) kongruent links, (b) kongruent rechts, (c) inkongruent links, (d) inkongruent rechts

2.3.2 Andersen-Lauftest

Die aerobe Fitness wurde mithilfe eines intermittierenden Lauftests, dem Andersen-Test, bestimmt. Der Andersen-Lauftest dient als Alternative zur direkten Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme und erwies sich in verschiedenen Altersgruppen als valide und zuverlässig, weshalb er als Maß für die aerobe Fitness herangezogen werden kann (Andersen et al., 2008).

Die Kriteriumsvalidität gegenüber der maximalen Sauerstoffaufnahme sowie die Testwiederholungszuverlässigkeit (reliability) liegen ebenfalls aus einer jüngeren, unabhängigen Probe vor (Aadland et al., 2014).

Der Andersen-Lauftest wurde nach dem Standardverfahren durchgeführt. In einer Turnhalle mit Holzboden wurden zwei parallele Linien im Abstand von 20 m markiert. Die Kinder

wurden vor Testbeginn über das Prozedere informiert und hatten die Möglichkeit Fragen zu stellen. Die Gesamtdauer des Tests betrug 10 Minuten, in welcher die Kinder die markierte 20 m Strecke so oft wie möglich zurücklegen sollten. Die Kinder rannten dabei von einer Endlinie zur anderen, mit jeweils 15-sekündigen Arbeitsphasen (Laufphasen) und 15-sekündigen Ruhephasen. Zur Signalisierung der Arbeits- bzw. Ruhephasen wurde während des Tests eine eigens dafür vorgesehene 10-minütige Musik eingespielt. Sobald die Musik verstummte, mussten die Kinder sofort anhalten. Wenn die Musik wieder ertönte, durften die Kinder weiterlaufen. Konnte ein Kind nicht abrupt anhalten, wurde es dazu aufgefordert, ein Stück zurückzugehen. Ziel war es, während des 10-minütigen Laufs eine möglichst lange Distanz zurückzulegen. Die zurückgelegte Distanz bzw. die Anzahl an absolvierten 20m-Läufen wurde von den Mitarbeiter*innen des „Happy Children“-Projekts erfasst. Jedes Kind bekam zu Beginn des Tests eine*n Mitarbeiter*in zugeteilt, welche*r einerseits die korrekte Durchführung des Tests beobachtete, andererseits die Anzahl der zurückgelegten 20m-Läufe dokumentierte (siehe Anhang). Pro Testdurchgang liefen circa 5 bis 8 Kinder gleichzeitig. Diese Gruppengröße erwies sich als passend, um einerseits die Motivation der Kinder zu steigern, wenn sie in der Gruppe laufen konnten, und andererseits sicherzustellen, dass nicht mehr als 8 Kinder gleichzeitig laufen, um jedem Kind genügend Platz zu bieten und das Risiko von Zusammenstößen so gering wie möglich zu halten.

Als Maß für die aerobe Fitness wurde die Gesamtdistanz bzw. die zurückgelegte Strecke in Metern herangezogen. Teilnehmer*innen, die vor Ende des Tests ausschieden, wurden nicht in die Datenauswertung inkludiert.

2.4 Statistische Analyse

Alle Rohwerte wurden vor Beginn der statistischen Analysen hinsichtlich Validität, Plausibilität sowie auf Normalverteilung geprüft. Für die Analysen der Fehlerraten des Eriksen-Flanker-Tests, die sich als nicht-normalverteilt erwiesen, wurden die logarithmierten Daten herangezogen oder ein nicht-parametrisches Verfahren verwendet. Vergleiche der Häufigkeiten wurden mittels Chi-Quadrat Verfahren auf statistische Signifikanz geprüft, die Analyse des Effekts der Bewegungsintervention mittels Varianzanalyse für Messwiederholungen (ANOVA) oder Kovarianzanalyse (ANCOVA). Dazu wurde für den Vergleich der Faktor Schule (Interventions-/Kontrollschule) als Zwischensubjekt-Faktor und der prä-post Vergleich Baseline zu Follow-up als Messwiederholungsfaktor berücksichtigt. Für den Vergleich der Steigerung der

Konzentrationsleistung (exekutive Funktion) in Kombination mit der Ausdauer wurden die Schüler anhand ihrer Veränderung in der Ausdauerleistung in zwei Gruppen geteilt und getrennt analysiert: Kinder, die ihre Ausdauer steigern konnten und jene, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten. Alle Analysen erfolgten mittels IBM SPSS (statistics for Windows, Version 29.0. Armonk, NY: IBM Corp).

3 Ergebnisse

3.1 Teilnehmer*innen

Insgesamt nahmen 318 Kinder an der Baseline-Messung des Eriksen-Flanker-Tests teil. Darunter befanden sich 6 Kinder mit sonderpädagogischen Förderbedarf (SPF), welche zwar an der Testung teilnahmen, jedoch für die weitere Analyse ausgeschlossen wurden. Von den 318 Kindern erfüllten lediglich 271 die Einschlusskriterien bzw. nahmen zu beiden Messzeitpunkten an den Messungen teil. Um in die weiteren Analysen eingeschlossen zu werden, mussten bei beiden Messzeitpunkten die Reaktionszeit (RT) zwischen 200 ms und 1650 ms, sowie der prozentuale Fehleranteil der Antworten (F) unter 50% liegen (Kamijo et al., 2014; Moore et al., 2013; Wu et al., 2011).

In Tabelle 1 ist die Verteilung der teilnehmenden Kinder zum Zeitpunkt der Baseline-Erhebung dargestellt:

Tabelle 1: Teilnehmende Kinder zu Baseline nach Schule und Geschlecht

Schule		Mädchen	Buben	Gesamt
KS	n (%)	28 (44,4%)	35 (55,6%)	63 (100%)
IS-1	n (%)	66 (46,5%)	76 (53,5%)	142 (100%)
IS-2	n (%)	45 (39,8%)	68 (60,2%)	113 (100%)
Gesamt	n (%)	139 (43,7%)	179 (56,3%)	318 (100%)

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, n = Anzahl

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der teilnehmenden Kinder, welche an beiden Messzeitpunkten teilgenommen hatten und die Einschlusskriterien erfüllten. Die Daten dieser Kinder wurden zur weiteren Datenanalysen herangezogen.

Tabelle 2: Teilnehmende Kinder nach Anwendung der Ausschlusskriterien

Schule		Mädchen	Buben	Gesamt
KS	n	22 (39,3%)	34 (60,7%)	56 (100%)
IS-1	n	53 (48,6%)	56 (51,4%)	109 (100%)
IS-2	n	44 (41,5%)	62 (58,5%)	106 (100%)
Gesamt	n	119 (43,9%)	152 (56,1%)	271 (100%)

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, n = Anzahl

Die teilnehmenden Kinder waren zwischen 6 und 11 Jahre alt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl an Mädchen und Burschen festgestellt werden ($\chi^2_{(2)} = 1.718, p = 0.424$). Insgesamt nahmen 152 Burschen (56.1%) und 119 Mädchen (43.9%) an beiden Messungen, also zu Baseline sowie zum Follow-up nach einem Jahr, teil und erfüllten die vorgegebenen Einschlusskriterien. Insgesamt erfüllten 47 Kinder (11.1%) nicht die erforderlichen Einschlusskriterien, darunter 7 Kinder (11,1%) der Kontrollschule, 31 Kinder (21.8%) der Interventionsschule-1 und 7 Kinder (6.2%) der Interventionsschule-2. Mädchen und Buben unterschieden sich lediglich hinsichtlich der Größe signifikant ($t_{(271)} = -2.107, p = 0.036$), jedoch nicht hinsichtlich Alter, Gewicht oder BMI (siehe Tabelle 3):

Table 3: Descriptive Statistics by School and Gender

SCHULE		MW	SD	Min.	Max.	n	
KS	Mädchen	Alter (Jahren)	8,76	1,14	7,00	11,00	21
		Größe (m)	1,37	0,08	1,25	1,55	21
		Gewicht (kg)	36,34	10,45	22,50	65,60	21
		BMI	18,99	4,14	14,06	31,55	21
		BMI-SDS	0,87	1,22	-0,96	3,29	21
	Buben	Alter (Jahren)	8,56	1,02	7,00	11,00	34
		Größe (m)	1,37	0,08	1,21	1,52	31
		Gewicht (kg)	36,15	10,09	19,90	65,00	31
		BMI	19,11	4,57	13,57	31,83	31
		BMI-SDS	1,15	1,69	-1,71	5,34	31
IS-1	Mädchen	Alter (Jahren)	8,34	1,06	7,00	11,00	53
		Größe (m)	1,37	0,10	1,14	1,58	52
		Gewicht (kg)	36,40	11,78	18,30	61,90	52
		BMI	19,02	4,14	12,04	30,06	52
		BMI-SDS	0,93	1,38	-3,42	3,01	52
	Buben	Alter (Jahren)	8,39	1,17	6,00	11,00	56
		Größe (m)	1,38	0,09	1,21	1,57	53
		Gewicht (kg)	35,68	10,22	20,30	71,60	53
		BMI	18,42	3,67	13,44	30,59	53
		BMI-SDS	0,90	1,41	-1,74	4,47	53
IS-2	Mädchen	Alter (Jahren)	7,84	0,84	7,00	9,00	43
		Größe (m)	1,31	0,08	1,18	1,54	43
		Gewicht (kg)	28,53	5,92	18,50	45,70	43
		BMI	16,51	2,25	12,05	23,32	43
		BMI-SDS	0,18	1,05	-2,71	2,98	43
	Buben	Alter (Jahren)	8,31	0,92	7,00	10,00	62
		Größe (m)	1,36	0,07	1,23	1,54	61
		Gewicht (kg)	31,06	6,79	21,80	52,40	61
		BMI	16,67	2,20	14,00	23,00	61
		BMI-SDS	0,22	1,05	-1,66	2,43	61

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min. = Minimum, Max. = Maximum, n = Anzahl, m = Meter, kg = Kilogramm, BMI = Body-Mass-Index

3.1.1 Migrationshintergrund

Klassifiziert anhand der Erstsprache des Kindes, konnte in Bezug auf den Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund in den jeweiligen Schulen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden ($\chi^2_{(2)} = 171.371, p < 0.001$). Der Migrationsanteil in der KS lag bei 92.9%, in der IS-1 bei 88.1% und in der IS-2 bei 9.4%.

Tabelle 4: Anzahl der Kinder mit Migrationshintergrund nach Schule

		Migrationshintergrund		Gesamt
		nein	ja	
KS	n (%)	4 (7,1%)	52 (92,9%)	56 (100%)
IS-1	n (%)	13 (11,9%)	96 (88,1%)	109 (100%)
IS-2	n (%)	96 (90,6%)	10 (9,4%)	106 (100%)
Gesamt	n (%)	113 (41,7%)	158 (58,3%)	271 (100%)

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, n = Anzahl

3.1.2 BMI, Übergewicht und Adipositas

Hinsichtlich des Body-Mass-Index (BMI) ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den drei teilnehmenden Schulen ($F_{(2,258)} = 13.22, p < 0.001$). Sowohl Kinder der KS ($BMI_{KS} = 19.06 \pm 3.36$) als auch Kinder der IS-1 ($BMI_{IS1} = 18.71 \pm 3.90$) unterschieden sich im Mittel signifikant von Kindern der IS-2 ($BMI_{IS2} = 16.61 \pm 2.21$, für beide $p < 0.001$).

Ebenfalls konnte ein signifikanter Unterschied im Anteil der Kinder mit Übergewicht und/oder Adipositas zwischen den Schulen gezeigt werden ($\chi^2_{(6)} = 26.510, p < 0.001$). So litten in der KS insgesamt 43,1% an Übergewicht/Adipositas, in der IS-1 litten insgesamt 46,7% an Übergewicht/Adipositas während hingegen nur 15,4% der Kinder der IS-2 an Übergewicht/Adipositas litten. Insgesamt waren somit 16,5% der teilnehmenden Kinder von Übergewicht und 16,9% von Adipositas betroffen. Die Klassifikation anhand der WHO BMI-Normen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Gewichtsverteilung nach Schulen

		UG	NG	ÜG	AP	Gesamt
KS	n (%)	0 (0%)	29 (56,9%)	10 (19,6%)	12 (23,5%)	51 (100%)
IS-1	n (%)	1 (1,0%)	55 (52,4%)	25 (23,8%)	24 (22,9%)	105 (100%)
IS-2	n (%)	2 (1,9%)	86 (82,7%)	8 (7,7%)	8 (7,7%)	104 (100%)
Gesamt	n (%)	3 (1,2%)	170 (65,4%)	43 (16,5%)	44 (16,9%)	260*(100%)

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, UG = untergewichtig, NG = normalgewichtig, ÜG = übergewichtig, AP = adipös, n = Anzahl; *anthropometrische Maße waren nur für n = 260 Kinder verfügbar

Unter Kindern mit Migrationshintergrund zeigte sich ein signifikant höherer Anteil an Kindern mit Übergewicht und Adipositas ($\chi^2_{(3)} = 21.445, p < 0.001$). Bei Kindern mit Migrationshintergrund betrug der Anteil an übergewichtigen Kindern 21.5% und der Anteil an adipösen Kindern 23.5%. Im Vergleich dazu zeigte sich bei Kindern ohne Migrationshintergrund lediglich ein Anteil von 9.9% mit Übergewicht und 8.1% mit Adipositas (Siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Gewichtsverteilung in Abhängigkeit des Migrationshintergrundes

Migration		UG	NG	ÜG	AP	Gesamt
nein	n (%)	1 (0,9%)	90 (81,1%)	11 (9,9%)	9 (8,1%)	111 (100%)
ja	n (%)	2 (1,3%)	80 (53,7%)	32 (21,5%)	35 (23,5%)	149 (100%)
Gesamt	n (%)	3 (1,2%)	170 (65,4%)	43 (16,5%)	44 (16,9%)	260 (100%)

Abkürzungen: UG = untergewichtig, NG = normalgewichtig, ÜG = übergewichtig, AP = adipös, n = Anzahl

3.2 Eriksen-Flanker-Test

3.2.1 Fehlerquote und Reaktionszeit-Kriterium

Zu Beginn der Studie (Baseline) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schulen bezüglich der Fehlerquote bei kongruenten Testitems festgestellt werden ($\chi^2_{(2)} = 1.820, p = 0.403$). Lediglich ein Kind wies eine Fehlerquote über 50% bei den kongruenten Testbeispielen auf und musste deshalb von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden. Bei inkongruenten Testitems ergab sich hingegen ein signifikanter Unterschied zwischen den Schulen zu Baseline ($\chi^2_{(2)} = 8.567, p = 0.014$).

In der Interventionsschule-1 wiesen erheblich mehr Kinder (10,6%) eine Fehlerquote (F) von > 50% bei den inkongruenten Testitems auf als in den beiden anderen Schulen und mussten somit von der weiteren Analyse ausgeschlossen werden (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Ausschlusskriterien kongruenter- und inkongruenter Items nach Schule

	$F_c > 50\%$	$F_{ic} > 50\%$	Gesamt
KS	0	3	63
IS-1	0	15	142
IS-2	1	2	113
Gesamt	1	20	318

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, F = Fehlerquote, F_c = Fehlerquote kongruent, F_{ic} = Fehlerquote inkongruent

Hinsichtlich der Anzahl auszuschließender Kinder auf Basis ihrer Reaktionszeit (Ein- bzw. Ausschlusskriterien) konnte kein signifikanter Unterschied bezüglich der Reaktionszeit bei kongruenten Items RT_c ($\chi^2_{(2)} = 2.495, p = 0.287$) und der Reaktionszeit bei inkongruenten Items RT_{ic} ($\chi^2_{(2)} = 3.119, p = 0.210$) zwischen den Schulen festgestellt werden.

3.2.2 Mittlere Reaktionszeit und Fehlerquote

In Tabelle 8 sind die mittleren Reaktionszeiten bei kongruenten- und inkongruenten Items sowie die Fehlerquoten der Gesamtstichprobe zu Baseline und Follow-up dargestellt.

Tabelle 8: Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests zu Baseline und Follow-up in der Gesamtstichprobe

	n	BASELINE				FOLLOW-UP			
		MW	SD	Min.	Max.	MW	SD	Min.	Max.
RT (ms)	271	986,67	202,15	531,55	1554,4	866,87	174,95	495,83	1485,21
RT_c (ms)	271	927,29	193,01	501,63	1594,46	814,66	165,6	492,43	1375,71
RT_{ic} (ms)	271	1049,13	225,98	561,47	1638,31	923,19	195,58	499,23	1607,84
F (%)	271	6,04	7,04	0	41,67	5,76	5,94	0	41,67
F_c (%)	271	3,71	6,57	0	40	3,33	5,32	0	40
F_{ic} (%)	271	8,22	8,77	0	43,33	8,14	8,49	0	46,67

Abkürzungen: RT = Reaktionszeit, RT_c = Reaktionszeit kongruent, RT_{ic} = Reaktionszeit inkongruent, F = Fehlerquote, F_c = Fehlerquote kongruent, F_{ic} = Fehlerquote inkongruent, ms = Millisekunden, n = Anzahl, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, Min. = Minimum, Max.= Maximum

Die mittlere Reaktionszeit zum Zeitpunkt der Baseline-Erhebung ergab in der Gesamtstichprobe einen Mittelwert von 986,67 ms und 866,87 ms bei der Follow-up-Messung nach Ablauf eines Schuljahres. Die teilnehmenden Kinder reagierten demnach im Durchschnitt schneller als noch ein Jahr zuvor. Sie verbesserten sich bezüglich der Reaktionszeit bei den kongruenten- als auch bei den inkongruenten Testitems. Die durchschnittliche Fehlerquote betrug zur Baseline-Messung 6,04% und bei der Follow-up-Messung nach einem Schuljahr nur mehr 5,76%. Auch hier konnte eine geringgradige Verbesserung bei den kongruenten- als auch den inkongruenten Testitems gezeigt werden.

In weiterer Folge wurden die einzelnen Schulen gesondert voneinander analysiert und die Ergebnisse in Tabelle 10 dargestellt.

Die Kontrollschule zeigte eine Verbesserung hinsichtlich der durchschnittlichen Reaktionszeit der kongruenten- (RT_c) als auch der inkongruenten (RT_{ic}) Testitems. Insgesamt verbesserte sich die durchschnittliche Reaktionszeit in der Kontrollschule von 960,27 ms auf 848,30 ms.

Auch die mittlere Fehlerquote F war bei der Follow-up-Messung geringer als bei der Baseline-Messung. Die mittlere Fehlerquote ist von 5,95% auf 5,65% gesunken. Sowohl bei den inkongruenten- (F_{ic}) als auch den kongruenten (F_c) Items konnte eine Verbesserung gezeigt werden.

In der Interventionsschule-1 war eine Verbesserung der durchschnittlichen Reaktionszeit RT von 1010,62 ms auf 923,61 ms ersichtlich. Die Reaktionszeiten verbesserten sich sowohl bei den kongruenten- (RT_c) als auch bei den inkongruenten (RT_{ic}) Testitems.

Die durchschnittliche Fehlerquote F blieb jedoch gleich bei 6,47%. Hierbei erhöhte sich die Fehlerquote bei den kongruenten Testitems (F_c) der Follow-up-Messung sogar im Vergleich zur Baseline-Messung von 3,82% auf 4,17%. Die durchschnittliche Fehlerquote bei den inkongruenten Testitems (F_{ic}) sank leicht von 8,84% auf 8,67%.

In der Interventionsschule-2 konnte eine Verbesserung der durchschnittlichen Reaktionszeit RT von 975,98 ms auf 818,32 ms gezeigt werden. Die Reaktionszeiten verbesserten sich sowohl bei den kongruenten- (RT_c) als auch bei den inkongruenten (RT_{ic}) Testitems.

Die durchschnittliche Fehlerquote F sank ebenfalls von ursprünglich 5,64% auf 5,08%. Die durchschnittliche Fehlerquote bei den kongruenten Testitems (F_c) verminderte sich von 3,65% auf lediglich 2,39%, wogegen sich die Fehlerquote der inkongruenten Testitems (F_{ic}) leicht erhöhte, nämlich von 7,64% auf 7,80%.

Die gesamten Messwerte des Eriksen-Flanker-Tests sind in Tabelle 10 ersichtlich.

3.2.3 Unterschiede zwischen den Schulen zu Baseline

Um die Vergleichbarkeit der Testergebnisse zu bewerten, wurden die Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests, der zum ersten Messzeitpunkt erhoben wurde (Baseline), zunächst verglichen.

Interferenz-Score:

Der Interferenz-Score dient zur vereinfachten Darstellung der Ergebnisse und berechnet sich wie folgt:

$$\text{Interferenz - Score [ms]} = RT_{ic} - RT_c$$

Er stellt die Differenz der durchschnittlichen Reaktionszeit der inkongruenten Testitems und der durchschnittlichen Reaktionszeit der kongruenten Testitems dar.

Zunächst wurde untersucht, ob bereits vor Beginn der Studie ein Unterschied im Interferenz-Score zwischen den Schulen vorlag. Dabei konnte zum Baseline-Messzeitpunkt kein signifikanter Unterschied im Interferenz-Score zwischen den Schulen festgestellt werden ($F_{(2,268)} = 1.532, p = 0.218$).

Interferenz-Genauigkeit:

Zusätzlich zum Interferenz-Score wurde die Interferenz-Genauigkeit berechnet. Diese ergibt sich, indem die Fehleranzahl der inkongruenten Testitems von der Fehleranzahl der kongruenten Testitems subtrahiert wird:

$$\text{Interferenz - Genauigkeit [\%]} = F_c - F_{ic}$$

Auch in der Interferenz-Genauigkeit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schulen zu Baseline festgestellt werden ($F_{2,268} = 0.611, p = 0.543$).

Zum Zeitpunkt der Baseline-Messung konnte kein signifikanter Unterschied der Reaktionszeit bei kongruenten- ($F_{2,268} = 2.557, p = 0.079$) als auch kein signifikanter Unterschied der Reaktionszeit bei inkongruenten ($F_{2,268} = 1.191, p = 0.305$) Items nachgewiesen werden.

Selbiges ergab sich auch in Bezug auf die Fehlerquote bei kongruenten- ($F_{2,268} = 0.041, p = 0.960$) als auch bei inkongruenten ($F_{2,268} = 0.471, p = 0.625$) Items.

Reaktionszeit und Übergewicht/Adipositas

Um den Effekt von Übergewicht und Adipositas auf die Exekutivfunktion zu prüfen wurden die Kinder anhand der WHO Kriterien klassifiziert, zur Gruppe von Kindern mit Normalgewicht bzw. Kindern mit Übergewicht/Adipositas zusammengefasst, und in Bezug auf die Reaktionszeiten beim Eriksen-Flanker-Test verglichen (siehe Tabelle 9). Sowohl bei kongruenten- ($t_{(260)} = 2.428, p < 0.016$) als auch bei inkongruenten Items ($t_{(260)} = 2.788, p < 0.006$) zeigten Kinder mit Übergewicht/Adipositas bessere Leistungen (kürzere Reaktionszeiten) als Kinder mit Normalgewicht. Hinsichtlich der Fehlerquoten als auch des Interferenz-Scores ergaben sich hingegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kindern mit- bzw. ohne Übergewicht/Adipositas.

Tabelle 9: Reaktionszeit und Übergewicht/Adipositas

	Gewicht	n	MW	SD
RT _c (ms)	normal	174	947,89	192,3
	ÜG/AP	88	887,88	182,18
RT _{ic} (ms)	normal	174	1075,82	223,03
	ÜG/AP	88	995,15	217,6
F _c (%)	normal	174	4	6,64
	ÜG/AP	88	3,22	6,64
F _{ic} (%)	normal	174	8,49	9
	ÜG/AP	88	7,61	8,55
IFS (ms)	normal	174	127,93	116,7
	ÜG/AP	88	107,27	94,75

Abkürzungen: RT_c = Reaktionszeit kongruent, RT_{ic} = Reaktionszeit inkongruent, F_c = Fehlerquote kongruent, F_{ic} = Fehlerquote inkongruent, IFS = Interferenz-Score, n = Anzahl, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, ÜG = übergewichtig, AP = adipös

3.3 Effekte der Intervention auf die Kognition

Um zu prüfen, ob die Intervention einen Effekt auf die Kognition, operationalisiert durch die Ergebnisse der Eriksen-Flanker-Tests, hat, wurden die Ergebnisse der Baseline-Messung mit den Ergebnissen der Follow-up-Messung mittels ANOVA für Messwiederholungen geprüft.

3.3.1 Reaktionszeit

Um Effekte auf die Reaktionszeit zu prüfen, wurden die Ergebnisse der kongruenten- und inkongruenten Testitems getrennt analysiert. Dabei wurde der Effekt der einjährigen Intervention selbst, der Effekt innerhalb einer Schule sowie die Interaktion der beiden Faktoren untersucht.

Reaktionszeit kongruenter Items:

Für die Reaktionszeit der kongruenten Items konnte ein signifikanter Haupteffekt für den Zeitpunkt (Baseline zu Follow-up) ($F_{(2,268)} = 99.920, p < 0.001$) sowie für den Faktor Schule ($F_{2,268} = 5.732, p = 0.004$) aufgezeigt werden. Weiters ergab sich eine signifikante Interaktion der beiden Faktoren ($F_{2,268} = 4.922, p = 0.008$). Wie bereits beschrieben, ergab sich zu Baseline kein Unterschied zwischen den Schulen in Bezug auf die Reaktionszeit kongruenter Items – nach der Intervention hingegen schon. Entsprechende post-tests ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen der Interventionsschule-1 und der Kontrollschule ($p = 0.027$) sowie zwischen der Interventionsschule-1 und der Interventionsschule-2 ($p < 0.001$). Kein Unterschied zeigte sich jedoch zwischen der Kontrollschule und der Interventionsschule-2.

Demnach ergab sich insgesamt eine Verbesserung der Kinder aller Schulen. Jene Kinder der Interventionsschule-2 verbesserten sich am stärksten, gefolgt von den Kindern der Kontrollschule und zuletzt jenen der Interventionsschule-1. Da sich die Kinder der Kontrollschule gleich stark verbesserten wie jene der Interventionsschule-1 konnte somit kein eindeutiger Effekt der Intervention auf die Reaktionszeit kongruenter Items nachgewiesen werden. Die Veränderungen der Reaktionszeiten bei kongruenten Items der einzelnen Schulen zwischen Baseline und Follow-up sind in Abbildung 5 dargestellt.

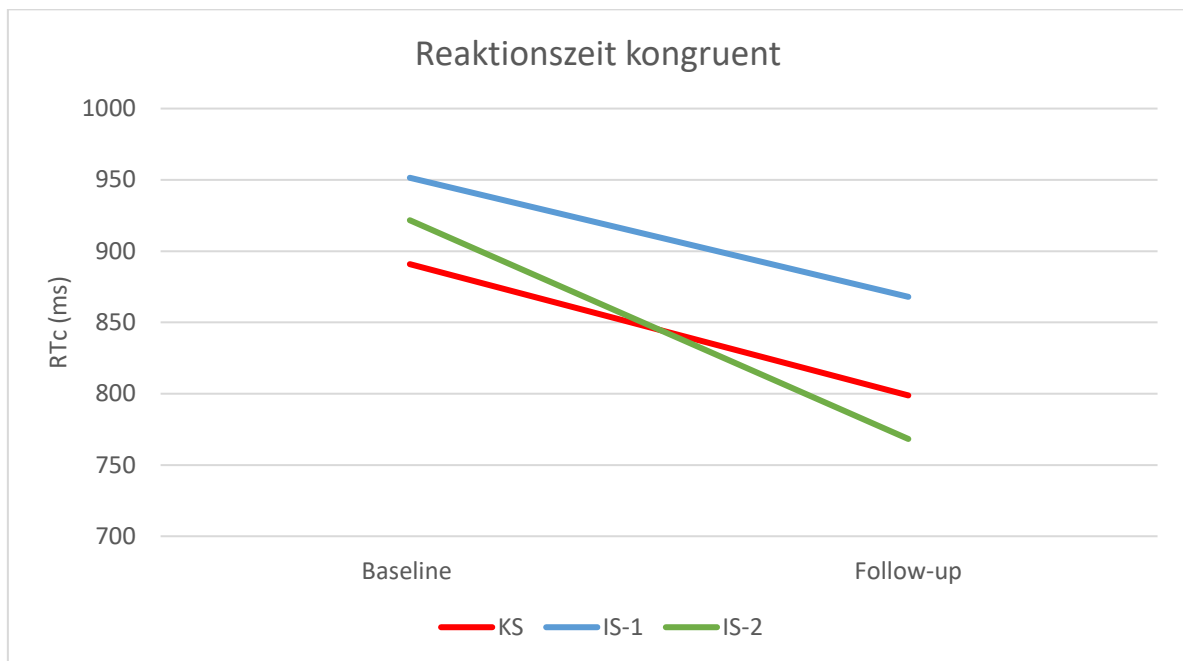


Abbildung 5: Reaktionszeiten kongruenter Items zu Baseline und Follow-up

Reaktionszeit inkongruenter Items:

Für die Reaktionszeit bei inkongruenten Items ergab sich wie bei den kongruenten Items ein signifikanter Haupteffekt zwischen Baseline- und Follow-up ($F_{(2,268)} = 94.710$, $p < 0.001$), zwischen den Schulen ($F_{(2,268)} = 5.009$, $p = 0.007$) sowie für die Interaktion der beiden Faktoren ($F_{(2,268)} = 3.247$, $p = 0.040$).

Während sich zum ersten Messzeitpunkt (Baseline) kein Unterschied zwischen den Schulen in Bezug auf die Reaktionszeit bei inkongruenten Items zeigte, ergab sich zum Follow-up ein signifikanter Unterschied zwischen der Interventionsschule-1 und der Kontrollschule ($p = 0.028$) sowie zwischen der Interventionsschule-1 und der Interventionsschule-2 ($p < 0.001$). Ähnlich wie bei kongruenten Items, zeigte sich zwischen der Kontrollschule und der Interventionsschule-2 auch bei den inkongruenten Items kein Unterschied in der durchschnittlichen Reaktionszeit. Es zeigte sich eine insgesamt Verbesserung der Kinder aller Schulen. Die Kinder der Interventionsschule-2 zeigten die stärkste Verbesserung, gefolgt von den Kindern der Kontrollschule und zuletzt jenen der Interventionsschule-1. Da sich die Kinder der Kontrollschule stärker verbesserten als jene der Interventionsschule-1 kann kein eindeutiger Effekt der Intervention auf die Reaktionszeit bei inkongruenten Items

nachgewiesen werden. Die Veränderungen der Reaktionszeiten bei inkongruenten Items der einzelnen Schulen zwischen Baseline und Follow-up sind in Abbildung 6 dargestellt.

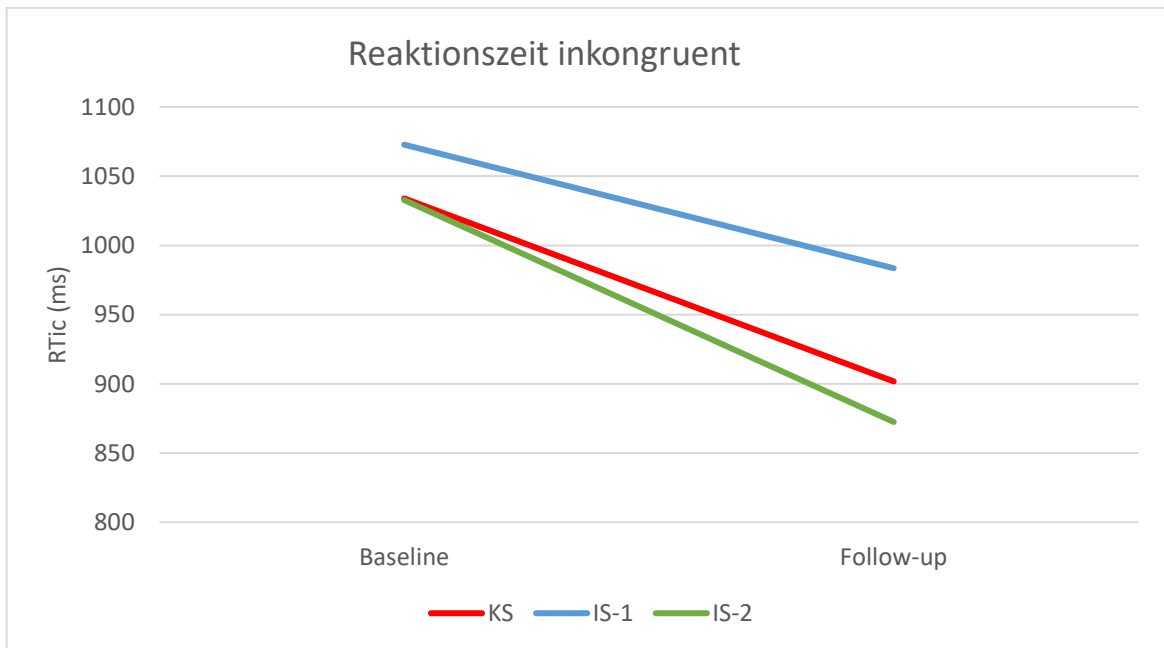


Abbildung 6: Reaktionszeiten inkongruenter Items zu Baseline und Follow-up

3.3.2 Fehlerquote

Fehlerquote kongruenter Items:

Für die Fehlerquote (prozentueller Anteil an Fehlern) der kongruenten Testitems konnte kein signifikanter Unterschied zwischen Baseline- und Follow-up-Messung festgestellt werden ($F_{(1,268)} = 0.540, p = 0.463$). Ebenso konnte kein signifikanter Effekt zwischen den Schulen gezeigt werden ($F_{(2,268)} = 1.245, p = 0.289$) und auch die Interaktion der beiden Faktoren war nicht signifikant ($F_{(2,268)} = 1.192, p = 0.305$).

Fehlerquote inkongruenter Items:

Bei der Analyse der Fehlerquote der inkongruenten Testitems zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Weder zwischen Baseline- und Follow-up ($F_{(1,268)} = 0.032, p = 0.859$) noch zwischen den Schulen ($F_{(2,268)} = 0.683, p = 0.506$) zeigten sich signifikante Effekte und auch die Interaktion der beiden Faktoren war nicht signifikant ($F_{(2,268)} = 0.047, p = 0.954$).

3.3.3 Interferenz-Score

Bei der Auswertung der Testergebnisse der Interferenz-Scores konnte ein signifikanter Haupteffekt für die Veränderung nach Ablauf eines Schuljahres gezeigt werden ($F_{(1,268)} = 4.498, p = 0.035$). Alle Schüler*innen verbesserten sich im Vergleich zur Baseline-Messung aber es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schulen ($F_{(2,268)} = 0.999, p = 0.370$) oder in der Veränderung innerhalb der Schulen ($F_{(2,268)} = 1.499, p = 0.225$).

Die Signifikanz der Änderung zwischen Baseline- und Follow-up-Messung der Interferenz-Scores ist hierbei auf die erhebliche Verbesserung der Kontrollschule zurückzuführen. Sie zeigte zu Baseline wesentlich schlechterer Werte als die beiden Interventionsschulen und erreichte bei der Follow-up-Messung einen ähnlichen durchschnittlichen Interferenz Score wie die beiden Interventionsschulen. Demnach kann nicht von einem Effekt der Intervention ausgegangen werden, da die Kontrollschule sich mit Abstand am stärksten verbesserte, gefolgt von der Interventionsschule-2 und der Interventionsschule-1. Die grafischen Änderungen der Interferenz-Scores zwischen Baseline- und Follow-up sind in Abbildung 7 dargestellt.

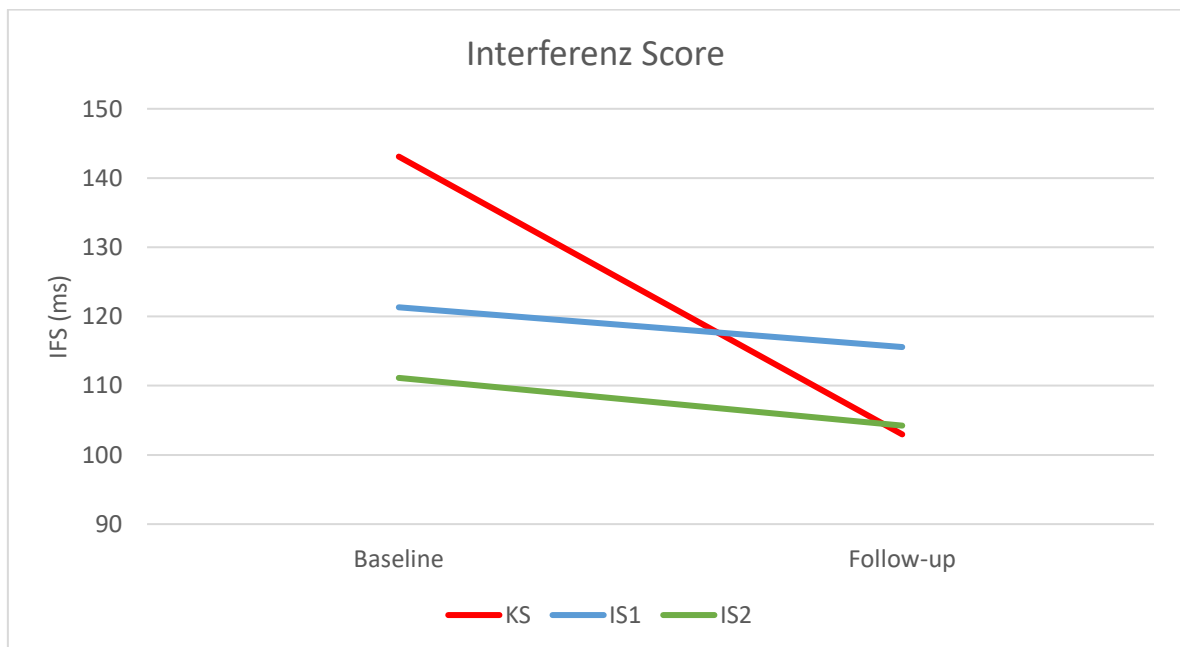


Abbildung 7: Interferenz-Scores (IFS) zu Baseline und Follow-up

3.3.4 Interferenz-Genauigkeit

Bei der Interferenz-Genauigkeit IFG (Fehlerrate) der Interferenz-Scores ergaben sich weder ein signifikanter Haupteffekt für Baseline zu Follow-up ($F_{(1,268)} = 0.134, p = 0.715$) oder Schule ($F_{(2,268)} = 0.107, p = 0.898$), noch eine signifikante Interaktion ($F_{(2,268)} = 1.036, p = 0.356$). Die durchschnittliche Genauigkeit des Interferenz-Scores und somit die Anzahl der Fehler zeigte also keine unterschiedlichen Veränderungen und damit auch keinen Effekt der Intervention.

Die Ergebnisse sämtlicher erhobener Parameter des Eriksen-Flanker-Tests der jeweiligen Schulen zu Baseline, sowie zum Follow-up sind in Tabelle 10 dargestellt:

Tabelle 10: ANOVA Eriksen-Flanker-Test

	Schule	n	Baseline		Follow-up	
			MW	SD	MW	SD
RT (ms)	KS	56	960,27	218,12	848,3	179,74
	IS-1	109	1010,62	199,69	923,61	169,96
	IS-2	106	975,98	195,1	818,32	161,77
RT_c (ms)	KS	56	890,87	202,11	798,79	172,16
	IS-1	109	951,47	195,64	867,95	164,3
	IS-2	106	921,68	183,52	768,25	148,22
RT_{ic} (ms)	KS	56	1033,96	247,66	901,76	203,58
	IS-1	109	1072,79	218,96	983,52	187,55
	IS-2	106	1032,8	221,14	872,48	183,99
F (%)	KS	56	5,95	7,4	5,65	6,31
	IS-1	109	6,47	7,62	6,47	5,69
	IS-2	106	5,64	6,21	5,08	5,98
F_c (%)	KS	56	3,63	6,46	3,45	5,65
	IS-1	109	3,82	7,35	4,17	5,08
	IS-2	106	3,65	5,77	2,39	5,28
F_{ic} (%)	KS	56	8,1	9,57	7,74	8,51
	IS-1	109	8,84	9,21	8,67	8,46
	IS-2	106	7,64	7,86	7,8	8,56
IFS (ms)	KS	56	143,1	108,16	102,96	98,55
	IS-1	109	121,32	114,03	115,58	84,1
	IS-2	106	111,12	108,34	104,23	71,48
IFG (%)	KS	56	-4,46	7,66	-4,29	7,01
	IS-1	109	-5,02	7,25	-4,5	8,13
	IS-2	106	-3,99	5,7	-5,41	7,7

Abkürzungen: RT = Reaktionszeit, RT_c = Reaktionszeit kongruent, RT_{ic} = Reaktionszeit inkongruent, F = Fehlerquote, F_c = Fehlerquote kongruent, F_{ic} = Fehlerquote inkongruent, IFS = Interferenz-Score, IFG = Interferenz-Genauigkeit, n = Anzahl, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung, KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule

3.4 Andersen-Lauftest

Von jenen Kindern, welche die Einschlusskriterien für die Auswertung der kognitiven Fähigkeiten erfüllten, absolvierten insgesamt 241 Kinder den Andersen-Lauftest an beiden Terminen. Zur Baseline-Messung absolvierten 251 und zur Follow-up Messung 258 Kinder den Andersen-Lauftest. Da einige Kinder nicht an beiden Messterminen teilnehmen konnten oder die Einschlusskriterien nicht erfüllten, reduzierte sich hierbei die Gesamtzahl an gültigen Teilnehmer*innen auf $n = 241$ Kinder.

Die gültigen Ergebnisse des Andersen-Lauftests der einzelnen Schulen zur Baseline-, als auch zur Follow-up-Messung sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Andersen-Lauftest

	Baseline		Follow-up	
	n	Distanz (m)	n	Distanz (m)
KS	47	759,11	47	749,3
IS-1	97	860,94	97	910,3
IS-2	97	925,53	97	989,56

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, n = Anzahl, m = Meter

Da sich die Ergebnisse des Lauftests zwischen den Schulen bereits zu Baseline stark unterschieden, wurden die Rohwerte aller Schüler*innen anhand der schwächsten durchschnittlichen Laufleistung (KS) normiert - und zwar sowohl die Baseline- als auch die Follow-up-Daten. Durch die Normierung der Daten wurde für alle drei Schulen ein einheitlicher Ausgangspunkt geschaffen, wodurch die Änderungen der Laufleistungen korrekt miteinander verglichen werden konnten. Als Ausgangspunkt für die Baseline wurde der Wert der Schule mit der im Mittel geringsten zurückgelegten Laufstrecke gewählt. Dieser entspricht 759,11m.

Entsprechende ANOVA der normierten Daten ergab einen signifikanten Haupteffekt für Baseline zu Follow-up ($F_{(1,238)} = 17.904, p < 0.001$), der auf eine Steigerung der Ausdauer bei allen Kindern hinwies. Zusätzlich ergab sich aber auch eine signifikante Interaktion mit dem Faktor Schule, aus dem hervorgeht, dass der Effekt nur auf die beiden Interventionsschulen zurückzuführen ist ($F_{(1,238)} = 6.579, p = 0.002$).

Nach dem normierten Model erreichte die Kontrollschule bei der Follow-up-Messung eine durchschnittliche Laufstrecke von 749,30 m, was sogar einer leichten Verschlechterung entspricht. Die Interventionsschule-1 kam bei der Follow-up-Messung auf eine durchschnittlich zurückgelegte Gesamtstrecke von 802,63 m. Die Interventionsschule-2 erreichte eine durchschnittliche Gesamtstrecke von 811,62 m.

Die normierten Ergebnisse des Andersen-Lauftests der einzelnen Schulen sind in Tabelle 12 und Abbildung 8 dargestellt.

Tabelle 12: Normierte Ergebnisse des Andersen-Lauftests

	Baseline	Follow-up
KS	759,11 m	749,3 m
IS-1	759,11 m	802,63 m
IS-2	759,11 m	811,62 m
Gesamt	759,11 m	795,85 m

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, m = Meter

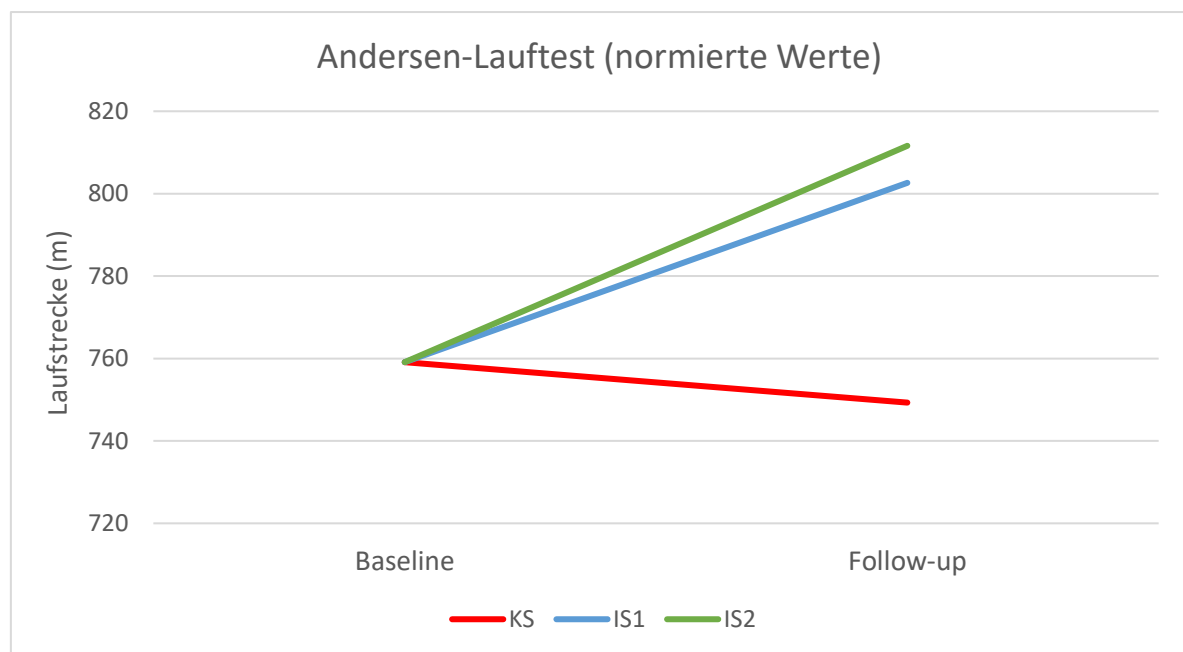


Abbildung 8: Normierte Ergebnisse des Andersen-Lauftests

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass die Steigerung der Ausdauer lediglich auf die beiden Interventionsschulen zurückzuführen ist.

3.5 Veränderung der Ausdauer und Kognition

Obwohl sich, bedingt durch das Wachstum, das Alter und die Intervention, bei den meisten Kindern eine Verbesserung der Ausdauer zeigte, gab es auch einige Kinder, deren Ausdauer sich nicht steigerte (38,2%). Insgesamt konnten mehr Kinder der Interventionsschulen ihre Ausdauer steigern ($\chi^2_{(1)} = 5.579, p = 0.018$), als Kinder der Kontrollschule (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Ausdauersteigerung der Schulen

		Ausdauer Verbesserung		
		Nein	Ja	Gesamt
KS	n (%)	25 (53,2%)	22 (46,8%)	47 (100%)
IS-1	n (%)	32 (33,0%)	65 (67,0%)	97 (100%)
IS-2	n (%)	35 (36,1%)	62 (63,9%)	97 (100%)
Gesamt	n (%)	92 (38,2%)	149 (61,8%)	241 (100%)

Abkürzungen: KS = Kontrollschule, IS = Interventionsschule, n = Anzahl

Da sich Kinder in Abhängigkeit ihres BMI, klassifiziert anhand der WHO Kriterien, hinsichtlich der Reaktionszeiten bereits zu Baseline unterschieden, wurde zur Überprüfung des Effekts der Intervention auf die kombinierte Steigerung der körperlichen und kognitiven Fähigkeiten eine getrennte Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt – und zwar für die Gruppe der Kinder, die ihre Ausdauer steigern konnten, sowie für jene, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten, mit der Kovariante BMI. Zur Verringerung der Gesamtvarianz und Erhaltung der Gruppengröße wurde auf die Gruppierung nach Schule verzichtet und stattdessen die beiden Interventionsschulen zur/m Gruppe/Faktor *Intervention* zusammengefasst.

3.5.1 Veränderung der RT_c

Bei Kindern, die ihre Ausdauer steigern konnten (n = 148), zeigte sich neben einem signifikanten Haupteffekt der Reaktionszeit ($F_{(1,145)} = 15.82, p < 0.001$) auch ein signifikanter Effekt der Intervention ($F_{(2,145)} = 3.745, p = 0.026$). Unter

Kontrolle/Konstanthalten des BMI zeigten Kinder, die eine Intervention erhielten, somit eine stärkere Abnahme der Reaktionszeit als Kinder, die keine Intervention erhielten.

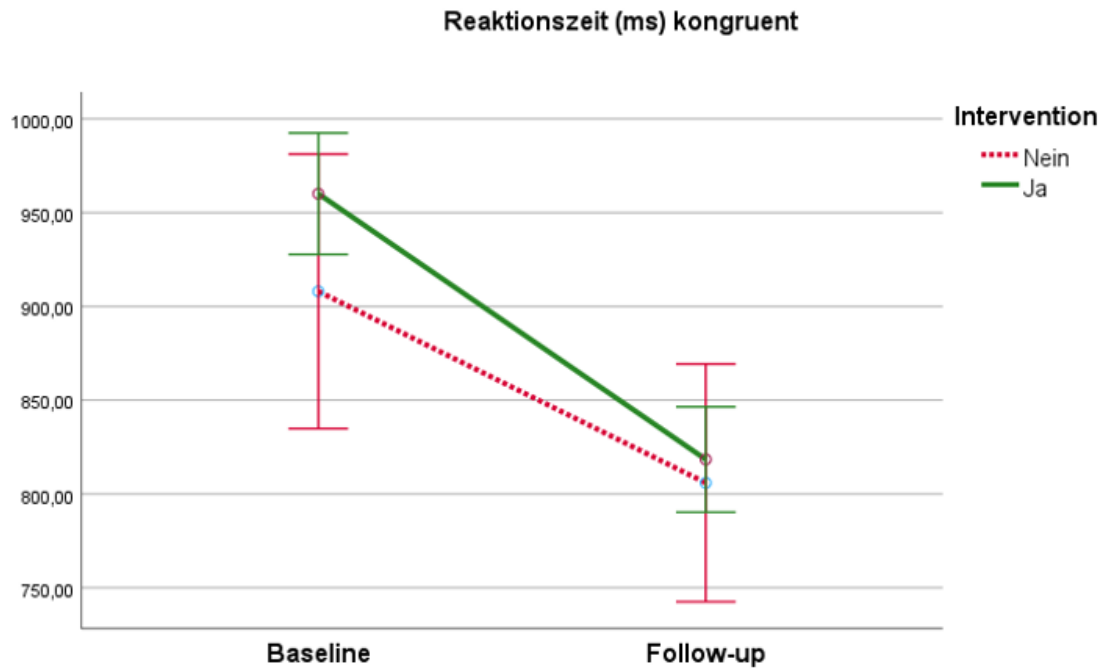


Abbildung 9: Zusammenhang RT_c und Intervention

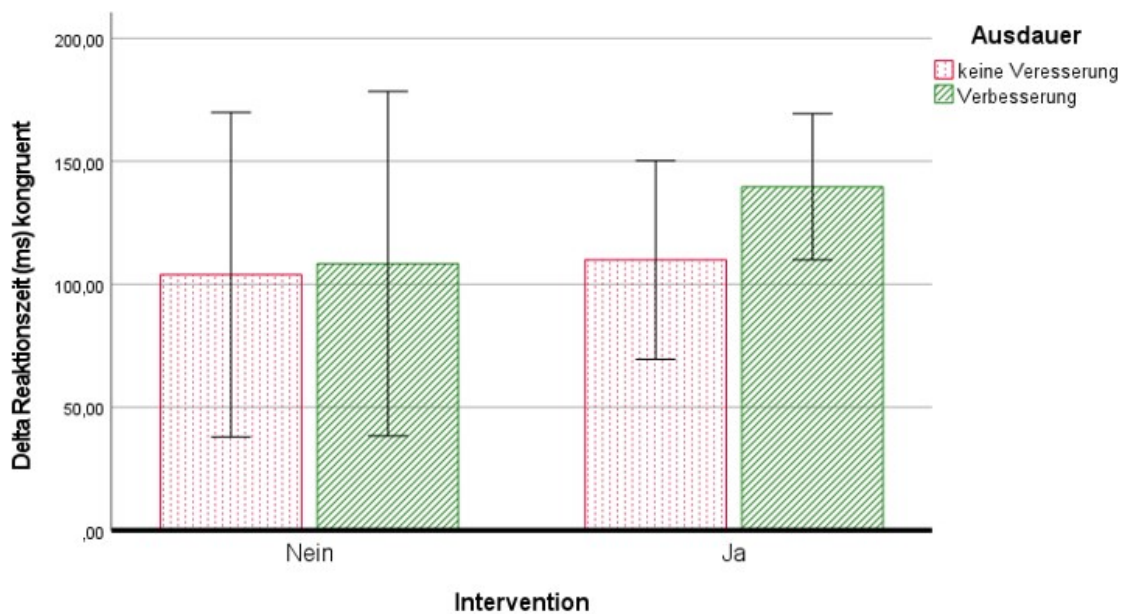


Abbildung 10: RT_c und Ausdauer in Abhängigkeit der Intervention

Bei Kindern, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten ($n = 92$), erreichte die Interaktion, neben dem signifikanten prä-post Haupteffekt ($F_{(1,89)} = 12.187, p < 0.001$) und unter Kontrolle des BMI, hinsichtlich der Reaktionszeit bei kongruenten Items hingegen nur eine Tendenz ($F_{(2,89)} = 2.986, p = 0.056$) zur stärkeren Abnahme der Reaktionszeit nach der Intervention.

3.5.2 Veränderung der RT_{ic}

Auch bei inkongruenten Items zeigte sich für die Gruppe der Kinder, die ihre Ausdauer steigern konnten, neben dem signifikanten Haupteffekt ($F_{(1,145)} = 21.017, p < 0.001$) eine signifikante Interaktion ($F_{(2,145)} = 4.693, p = 0.011$), die auf eine stärkere Abnahme der Reaktionszeit auf inkongruente Items bei Kindern mit Intervention im Vergleich zu denen ohne Intervention hinwies.

Bei Kindern, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten, gab es hingegen keine signifikante Interaktion mit der Intervention, demnach verbesserten sich die Kinder gleich stark.

3.5.3 Veränderungen im Interferenz-Score

In der Gruppe der Kinder, die ihre Ausdauer steigerten, ergab sich unter Kontrolle des BMI hinsichtlich des Interferenz-Scores weder ein signifikanter Haupteffekt ($F_{(1,145)} = 2.609, p = 0.108$) noch eine signifikante Interaktion mit der Intervention ($F_{(2,145)} = 1.262, p = 0.286$). Demgemäß ergab sich unabhängig von der Intervention keine signifikante Veränderung im Interferenz-Score.

4 Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, im Rahmen des „Happy Children“-Projekts, die Auswirkungen eines schulbasierten körperlichen Interventionsprogramms auf die Ausdauerleistung als auch auf die Exekutivfunktionen bei Grundschulkindern im Alter von 6-11 Jahren zu untersuchen. Als weiteres Ziel galt es, den Zusammenhang zwischen der Ausdauerleistung und der Exekutivfunktion bei Grundschulkindern zu untersuchen.

Durchgeführt wurde dieses Projekt an drei Grazer Volksschulen, wobei zu Beginn der Studie (Baseline) sowie nach einem Schuljahr (Follow-up) getestet wurde, um die Auswirkungen der Intervention zu untersuchen.

Alle teilnehmenden Kinder konnten ihre Exekutivfunktionen von Baseline zum Follow-up steigern. Allerdings ließ sich für die Exekutivfunktionen isoliert betrachtet kein Effekt der Intervention nachweisen. Somit konnte Hypothese H₁ [1] nicht bestätigt werden. Die Bewegungsintervention hatte keinen eindeutigen Einfluss auf die Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests bzw. unterschieden sich die Kinder der Interventionsschulen nicht wie erwartet von den Kindern der Kontrollschule.

Da sich die Schulen hinsichtlich der kardiorespiratorischen Fitness bereits zu Baseline stark voneinander unterschieden, wurden die Daten normiert, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Schulen zu ermöglichen. Nach Ablauf eines Schuljahres zeigte sich eine deutliche Steigerung der Ausdauerleistung in den beiden Interventionsschulen, wogegen die Laufleistung in der Kontrollschule leicht abnahm. Somit bestätigte sich die Hypothese H₁ [2] – Es konnte gezeigt werden, dass die Intervention einen positiven Einfluss auf die kardiorespiratorische Fitness von Volksschulkindern hat.

Unter Berücksichtigung der Ausdauerleistung zeigte sich jedoch, dass bei Kindern, die ihre Ausdauer verbessern konnten, auch ein signifikanter Effekt der Intervention auf die Exekutivfunktionen zu verzeichnen war. Demgemäß konnten Kinder, die ihre Ausdauer steigerten und eine Intervention erhielten, ihre Exekutivfunktionen stärker verbessern, als jene Kinder, die ihre Ausdauer steigerten und keine Intervention erhielten. Damit konnte innerhalb der Gruppe der Kinder mit Ausdauersteigerung zumindest ein positiver Effekt der Intervention auf die Exekutivfunktionen gezeigt und die Hypothese H₁ [3] bestätigt werden. Kinder, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten, zeigten lediglich eine Tendenz zu einer höheren Steigerung ihrer Exekutivfunktionen nach Intervention.

Dass regelmäßige körperliche Aktivität einen positiven Einfluss auf die Exekutivfunktionen hat, konnte bereits in diversen Studien beobachtet werden (Bidzan-Bluma and Lipowska, 2018; Chan et al., 2022; De Sousa et al., 2018; Whiteman et al., 2014).

Moderate- bis intensive körperliche Aktivität führt zu einer Aktivierung mehrerer neurophysiologischer Reaktionen. Unter anderem wird die cerebrale Durchblutung erhöht, die Synthese von Neurotransmittern induziert sowie die Ausschüttung von brain-derived neurotrophic factor (BDNF) aktiviert (Chan et al., 2022). BDNF ist ein Neurotrophin und reguliert unter anderem die neuronale Differenzierung, die synaptische Plastizität und das Neuritenwachstum. Die Produktion von BDNF findet zu einem Großteil in der Amygdala, dem Kleinhirn, der Großhirnrinde und dem Hippocampus statt, aber auch vaskuläre Endothelzellen, Lymphozyten und Skelettmuskelzellen können BDNF synthetisieren. Die Ausschüttung von BDNF stimuliert die Körnerzell-Neubildung sowie die Synaptogenese im Hippocampus und reguliert dadurch maßgeblich hippocampale Funktionen (Kraemer and Kraemer, 2023). Der Hippocampus wiederum beeinflusst das Lernen und die Gedächtnisleistung und spielt dadurch eine erhebliche Rolle in Anbetracht der Exekutivfunktion einer Person (Solberg et al., 2021).

Ein positiver Zusammenhang zwischen aerobem Training und den Exekutivfunktionen bei erwachsenen, gesunden Personen konnte bereits durch Smith et al. gezeigt werden (Smith et al., 2010). Diese medizinischen Forschungsgrundlagen deuten darauf hin, dass regelmäßige körperliche Aktivität einen positiven Einfluss auf die Exekutivfunktion von Kindern hat.

4.1 Unterschiede der Schulen zu Baseline

Zu Baseline konnte bereits ein signifikanter Unterschied zwischen den Schulen in Bezug auf den Migrationsanteil ($p < 0.001$) und den BMI ($p < 0.001$) gezeigt werden.

Der Migrationshintergrund wurde anhand der Erstsprache der Kinder klassifiziert. Dadurch zeigte sich ein signifikant höherer Migrationsanteil in der Kontrollschule (92,9%) sowie in der Interventionsschule-1 (88,1%), als in der Interventionsschule-2 (9,4%).

Bezüglich des BMI der teilnehmenden Kinder konnte ein ähnlicher Trend analog zum Migrationshintergrund festgestellt werden. Sowohl Kinder der Kontrollschule als auch Kinder der Interventionsschule-1 hatten einen signifikant höheren BMI als Kinder der Interventionsschule-2.

Aufgrund dieser signifikanten Unterschiede wurde zudem untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen dem Faktor Migrationshintergrund und dem Faktor

Übergewicht/Adipositas besteht. Dabei zeigte sich ein signifikant höherer Anteil ($p < 0.001$) an Kindern mit Übergewicht/Adipositas bei Kindern mit Migrationshintergrund (45,0%), als bei Kindern ohne Migrationshintergrund (18,0%).

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem Migrationshintergrund besteht. Eine Studie von Ruedl et al. aus dem Jahr 2019 konnte bereits ähnliche Ergebnisse verzeichnen. In dieser Studie aus Tirol zeigten Kinder mit Migrationshintergrund durchschnittlich höhere BMI-Werte sowie einen signifikant höheren Anteil an Kindern, welche an Übergewicht/Adipositas leiden (Ruedl et al., 2019). Eine weitere Studie aus Schweden unterstreicht diese Annahme zunehmend. Dabei wurde der Migrationshintergrund der Kinder anhand des Geburtsorts der Eltern klassifiziert. Die Wahrscheinlichkeit, an Übergewicht zu leiden, war bei Kindern mit Migrationshintergrund um 30% höher als bei Kindern ohne Migrationshintergrund (Besharat Pour et al., 2014).

Zudem zeigte eine norwegische Studie, dass die Herkunftsregion der Eltern ebenfalls einen Einfluss auf die Prävalenz von Übergewicht/Adipositas unter Kindern mit Migrationshintergrund haben könnte. Die Prävalenz von Übergewicht/Adipositas war unter Kindern mit asiatischen Eltern (ausgenommen Südasien) deutlich geringer (32%) als unter Kindern mit Eltern aus Afrika (51%) (Øvrebø et al., 2023).

4.2 Ausdauerleistung zu Baseline

Bereits zur Baseline-Messung konnten signifikante Unterschiede zwischen den Schulen in der zurückgelegten Laufstrecke festgestellt werden. Die Interventionsschule-2 legte eine deutlich längere Distanz (925,53 m) zurück als die beiden anderen Schulen und auch die Kinder der Interventionsschule-1 liefen eine weitere Distanz (860,94 m) als jene der Kontrollschule (759,11 m). Aufgrund der Schwankungen in der Laufleistung zwischen den Schulen wurden die Rohwerte aller Schüler*innen für die weitere Datenanalyse anhand der schwächsten durchschnittlichen Laufleistung normiert.

Da die Kinder der Interventionsschule-2 einen deutlich geringeren BMI als die beiden anderen Schulen aufwiesen, stärkt dies die Annahme, dass ein hoher BMI die Ausdauerleistung negativ beeinflusst. Fredriksen et al. beschrieb bereits einen negativen Einfluss des Körperfettanteils von Kindern auf deren Laufleistung (Fredriksen et al., 2018), wodurch diese Annahme bestärkt wird.

4.3 Exekutivfunktionen zu Baseline

Die Kinder zeigten allgemein höhere Reaktionszeiten bei den inkongruenten Testitems als bei den kongruenten Items. Sowohl in der Kontrollschule, als auch in der Interventionsschule-1 und der Interventionsschule-2 benötigten die Teilnehmer*innen eine längere Reaktionszeit zur Beantwortung der inkongruenten Items im Vergleich zu den kongruenten Items.

Die Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests zu Baseline ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Schulen in Bezug auf die Fehlerquote der inkongruenten Testitems ($p = 0.014$). In der Interventionsschule-1 erfüllten 15 Schüler*innen (10,6%) nicht die erforderlichen Einschlusskriterien (Fehlerquote $< 50\%$) und wurden somit von der weiteren Analyse ausgeschlossen. In der Interventionsschule-2 wurden nur 2 und in der Kontrollschule 3 Kinder aufgrund eines zu hohen Fehleranteils bei den inkongruenten Testitems von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Bezüglich der Fehlerquote der kongruenten Testitems, der Reaktionszeit der inkongruenten Testitems, sowie der Reaktionszeit der kongruenten Testitems ließen sich hingegen keine signifikanten Unterschiede feststellen. Ein möglicher Grund dafür könnte in der Kommunikation liegen. Wie bereits erwähnt, lag der Anteil an Kindern mit Migrationshintergrund in der Interventionsschule-1 bei 88,1%. Möglicherweise hatten einige Kinder die Anweisungen nicht verstanden oder sich nicht getraut, bei Unklarheiten näher nachzufragen, wodurch die Ergebnisse negativ beeinflusst wurden.

Der Interferenz-Score ($p = 0.218$) als auch die Interferenz-Genauigkeit ($p = 0.543$) zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Schulen zu Baseline.

Um den Effekt von Übergewicht/Adipositas auf die Exekutivfunktion zu überprüfen wurden die teilnehmenden Kinder anhand des BMI ($\geq 95.$ Perzentile oder $< 95.$ Perzentile) in zwei Gruppen eingeteilt und die Ergebnisse des Eriksen-Flanker-Tests verglichen. Dabei konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich der Reaktionszeit zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Sowohl bei kongruenten- als auch inkongruenten Testitems zeigten jene Kinder, welche an Übergewicht/Adipositas leiden, kürzere Reaktionszeiten als die normalgewichtige Vergleichsgruppe.

Diese Ergebnisse widersprechen den Resultaten vorangegangener Studien, wobei ein hoher BMI in Verbindung mit einer schlechteren Exekutivfunktion gebracht wurde (Chojnacki et al., 2018; Kamijo et al., 2014, 2012).

Ein positiver Zusammenhang zwischen dem BMI und der Reaktionszeit konnte jedoch auch von Norris et al. (2023) gezeigt werden. Proband*innen mit höherem BMI zeigten hier eine geringere (schnellere) Reaktionszeit als jene mit einem niedrigerem BMI (Norris et al., 2023). Eine mögliche Erklärung für diese Ergebnisse könnte in dem Bildschirmverhalten der Kinder liegen. Eine höhere Bildschirmzeit unter Kindern und Jugendlichen steht in Zusammenhang mit einem höheren Risiko an Adipositas zu erkranken (Haghjoo et al., 2022; Zhang et al., 2022). Dies stützt die Annahme, dass Kinder die an Übergewicht/Adipositas leiden eine höhere Bildschirmzeit aufweisen als die normalgewichtige Vergleichsgruppe. Unter Bildschirmzeit versteht man dabei jene Zeit, welche eine Person mit der Nutzung elektronischer- oder digitaler Mediengeräte wie Fernseher, Smartphones, Tablets oder Computern verbringt (Qi et al., 2023).

Videospiele können zudem die Reaktionsfähigkeiten verbessern. Professionelle Videospiele*innen zeigen generell eine geringere Reaktionszeit als Personen, die keine bzw. wenig Videospiele spielen (Alsaad et al., 2022).

Dies führt zu der Annahme, dass Kinder mit Übergewicht/Adipositas möglicherweise mehr Zeit an elektronischen Geräten verbringen und dadurch schnellere Reaktionszeiten zur Baseline aufwiesen, was jedoch nicht kontrolliert wurde.

4.4 Effekt der Intervention auf die Ausdauerleistung

Wie bereits erwähnt, wurden die Rohwerte normiert und der Ausgangspunkt zur Baseline entsprach für alle Schulen 759,11 m. Entsprechende ANOVA der normierten Daten ergab einen signifikanten Haupteffekt für Baseline zu Follow-up ($p < 0.001$) sowie eine signifikante Interaktion mit dem Faktor Schule ($p = 0.002$).

Die Interventionsschule-2 verbesserte sich am stärksten. Die Kinder konnten ihre Laufleistung auf 811,62 m (normiert) steigern. Die Interventionsschule-1 zeigte ebenfalls eine deutliche Verbesserung der durchschnittlichen Laufleistung (802,63 m). Die Kontrollschule schnitt beim Follow-up sogar etwas schlechter ab, als noch zu Baseline und erreichte lediglich eine Laufleistung von durchschnittlich 749,3 m.

Diese Ergebnisse stimmen überein mit den Resultaten von Solberg et al. (2021). Dabei konnte bei Schüler*innen, die über eine Dauer von 9 Monaten eine „physical active learning“-Intervention durchführten, eine deutliche Verbesserung der zurückgelegten Laufstrecke im Rahmen des Andersen-Tests beobachtet werden (Solberg et al., 2021).

Laut Fredriksen et. al. (2018) zeigt die Körpergröße von Kindern einen positiven Zusammenhang mit deren Laufleistung. Ein hoher Körperfettanteil steht in negativem Zusammenhang mit der Laufleistung (Fredriksen et al., 2018).

Das Alter beeinflusst laut Mamen et. al. (2022) ebenso die Laufleistung von Kindern. In dessen Studie wurde die Laufleistung derselben Schüler*innen mit 6 sowie mit 10 Jahren verglichen. Es zeigte sich eine Verbesserung der durchschnittlichen Laufleistung um circa 18% bei beiden Geschlechtern (Mamen et al., 2022).

Da die Kinder naturgemäß innerhalb eines Jahres größer und älter werden müsste sich die Laufleistung bei allen Schüler*innen verbessern. Jedoch zeigte sich in unserer Studie nur eine Verbesserung der Ausdauer der beiden Interventionsschulen. Ein möglicher Grund könnte eine Zunahme des Körperfettanteils bei den Schüler*innen der Kontrollschule sein, jedoch wären zur Prüfung dieser Annahme weitere statistische Tests notwendig und sind deshalb reine Spekulation.

4.5 Effekt der Intervention auf die Exekutivfunktionen

Hinsichtlich der gesamten Stichprobe konnte eine allgemeine Verbesserung der Exekutivfunktionen festgestellt werden. Die durchschnittliche Reaktionszeit RT, die Reaktionszeit bei kongruenten Items RT_c , sowie die Reaktionszeit bei inkongruenten Items RT_{ic} zeigte eine Verbesserung nach Ablauf eines Schuljahres, unabhängig von der Intervention.

Ebenso sank die durchschnittliche Fehlerquote F, die Fehlerquote bei kongruenten Items F_c , als auch die Fehlerquote bei inkongruenten Items F_{ic} .

Bei der RT_c konnte sich die Interventionsschule-2 am meisten verbessern. Eine etwas schwächere Verbesserung zeigte die Kontrollschule und die geringste Verbesserung der RT_c konnte bei der Interventionsschule-1 beobachtet werden. Derselbe Trend konnte bezüglich der RT_{ic} beobachtet werden.

Da sich die Kinder der Kontrollschule ähnlich verbesserten wie jene der Interventionsschule-1, konnte somit kein eindeutiger Effekt der Intervention auf die Reaktionszeit bei kongruenten- oder inkongruenten Items nachgewiesen werden.

Bei der Fehlerquote der kongruenten Items (F_c) konnte kein signifikanter Effekt festgestellt werden. Weder zwischen Baseline- zu Follow-up, noch zwischen den Schulen. Selbiges gilt für die Fehlerquote der inkongruenten Items (F_{ic}).

Die Auswertung der Interferenz-Scores ergab einen signifikanten Effekt für die Veränderung nach Ablauf eines Schuljahres. Die Kontrollschule verbesserte sich hierbei am stärksten, gefolgt von der Interventionsschule-2 und der Interventionsschule-1. Da die Kontrollschule die größte Verbesserung zeigte, kann hier ebenfalls nicht von einem Effekt der Intervention ausgegangen werden.

Für die Interferenz-Genauigkeit ergaben sich ebenfalls weder signifikante Haupteffekte für Baseline zu Follow-up, noch zwischen den Schulen. Diese Resultate gehen mit den Ergebnissen von Konijnenberg et al. (2018) einher. Auch in der norwegischen Vorbildstudie konnte entgegen der Erwartungen kein positiver Effekt der täglichen schulbasierten Bewegungsintervention auf die Exekutivfunktion von Grundschüler*innen gefunden werden (Konijnenberg and Fredriksen, 2018).

4.6 Zusammenhang zwischen der Ausdauer und den Exekutivfunktionen

Wie bereits erwähnt, konnte bedingt durch das Alter bzw. Wachstum und die Intervention bei den meisten Kindern (61,8%) eine Verbesserung der Ausdauer gezeigt werden. Die Schüler*innen der beiden Interventionsschulen steigerten sich jedoch deutlich mehr, als jene der Kontrollschule. Eine getrennte Kovarianzanalyse mit der Kovariante BMI für die Gruppe der Kinder, die ihre Ausdauer verbessern konnten und jene, die ihre Ausdauer nicht steigern konnte, ergab aufschlussreiche Ergebnisse.

Bei Kindern, die ihre Ausdauer steigern konnten, zeigte sich ein signifikanter Effekt der Intervention auf die RT_c und die RT_{ic} . Kinder, die ihre Ausdauer verbessern konnten, zeigten eine stärkere Verbesserung der RT_c ($p < 0.001$) sowie der RT_{ic} ($p < 0.001$) wenn sie eine Bewegungsintervention erhielten im Vergleich zu jenen Kindern, die ihre Ausdauer nicht verbessern konnten.

Damit wurde die Hypothese, dass es einen Zusammenhang zwischen einer Veränderung der kognitiven Leistungsfähigkeit und einer Veränderung der Ausdauerleistung in Abhängigkeit einer täglichen Bewegungseinheit von 45 Minuten bei Schüler*innen der Interventionsschulen im Vergleich zu Veränderungen bei Schüler*innen der Kontrollschule nach Ablauf eines Schuljahres gibt, zumindest teilweise bestätigt.

Für jene Kinder, die ihre Ausdauer steigern konnten, lässt sich somit ein signifikanter Effekt der Intervention auf die Reaktionszeit bzw. die Exekutivfunktion zeigen.

Eine mögliche Erklärung für diese Ergebnisse könnte die individuelle Motivation spielen. Almagro et al. konnte bereits einen positiven Einfluss der intrinsischen Motivation auf die

körperliche Aktivität feststellen (Almagro et al., 2020). Daraus resultiert die Annahme, dass Kinder, die motivierter für die täglichen Interventionsübungen waren, sich mehr bei der Ausführung bemühten und dadurch ihre Ausdauer verbessern konnten. Genau diese Schüler*innen zeigten schlussendlich eine größere Steigerung der Exekutivfunktionen, als jene Gruppe, die keine Ausdauersteigerung erzielte. Wenn die Kinder die Übungen aufgrund mangelnder Motivation oder aus anderen Gründen qualitativ schlecht ausführten, reichte das Ausmaß an körperlicher Aktivität womöglich nicht aus, um eine Ausdauersteigerung durch die Intervention und eine damit verbundene Steigerung der Exekutivfunktion zu erzielen. Konijnenberg et al. (2018) konnte keine Verbesserung der Exekutivfunktion durch eine tägliche schulbasierte Bewegungsintervention zeigen (Konijnenberg and Fredriksen, 2018). Ein Ergebnis, das ohne Berücksichtigung weiterer Variablen mit den vorliegenden Ergebnissen korrespondiert. Konijnenberg et al. (2018) berücksichtigten in ihren Analysen den sozio-ökonomischen Status der Eltern, der möglicherweise eine untergeordnete Rolle spielt. Unter Berücksichtigung des BMI sowie der Steigerung der Ausdauerleistung konnte jedoch ein positiver Effekt der Bewegungsintervention auf die kognitiven Fähigkeiten bzw. die Exekutivfunktionen aufgezeigt werden.

4.7 Stärken und Limitationen

Die Messungen in den Schulen erfolgten durch gut geschultes Personal aus den Bereichen Medizin, Pädagogik, Sportwissenschaften und Psychologie. Trotzdem kann eine Messungenaugigkeit bis zu einem gewissen Grad nicht ausgeschlossen werden.

Erwähnenswert ist, dass der Beginn dieser Studie während der COVID-19-Pandemie stattfand. Restriktionen und ein hohes Maß an zusätzlichen organisatorischen und pädagogischen Herausforderungen führten zu einer geringen Motivation öffentlicher Schulen, an der Studie teilzunehmen. Zudem könnten COVID-19-bedingte Restriktionen die Durchführung der Intervention bis zu einem gewissen Grad auch negativ beeinflusst haben. Die Qualität der Interventionsdurchführung bildet einen weiteren limitierenden Faktor. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass zwischen den Schulen als auch zwischen den Lehrer*innen qualitative Unterschiede in der Ausführung der Übungen stattgefunden haben. Die individuelle Motivation der Schüler*innen und eventuelle Gruppendynamiken beeinflussen ebenso die Qualität der Intervention und damit die Ergebnisse.

Bereits zu Beginn der Studie zeigten sich Unterschiede zwischen den teilnehmenden Schulen in Anbetracht auf die Leistungen, den BMI als auch den Migrationsanteil. Während sich die

Interventionsschule-1 und die Kontrollschule aus sozioökonomischer Sicht her ähnelten, unterschied sich die Kontrollschule-2 stark von diesen beiden, weshalb ein Vergleich dieser Schulen nur bedingt möglich ist.

Ein hoher Migrationsanteil, besonders in den frühen Schulstufen, stellt zudem eine große sprachliche Herausforderung für die Kinder als auch die Lehrer*innen dar. Mangelnde Kenntnisse der deutschen Sprache könnten dazu führen, dass die Aufgabenstellungen nicht bzw. falsch verstanden werden könnten, wodurch die Ergebnisse maßgeblich beeinflusst werden.

Da für diese Arbeit die beiden Messpunkte Baseline und Follow-up herangezogen wurden, könnte die individuelle Konstitution der Teilnehmer*innen am Testtag ebenfalls einen Einfluss auf die Resultate haben. Dadurch, dass die Teilnehmer*innen zur Follow-up-Messung bereits vertraut mit dem Ablauf der jeweiligen Tests waren, könnte dies die Ergebnisse der Follow-up-Messung positiv beeinflussen.

An dieser Studie nahmen ausschließlich öffentliche Schulen teil, wodurch Kinder aus allen sozioökonomischen Schichten repräsentiert werden. Das Projekt „Happy Children“, welches den Grundstein für diese Arbeit liefert, erstreckt sich über eine Dauer von drei Schuljahren. Dies ermöglicht die Untersuchung weiterer Langzeiteffekte auf diesem Gebiet.

4.8 Schlussfolgerung

Als Ziel dieser Studie galt es, den Einfluss einer schulbasierten Bewegungsintervention auf die Ausdauerleistung, die Exekutivfunktionen, sowie deren Interaktion bei Volksschüler*innen zu untersuchen. Die Ausdauerleistung wurde anhand des Andersen-Lauftests ermittelt und zeigte eine signifikante Verbesserung der Interventionsschulen. In der Kontrollschule konnte keine Steigerung der Ausdauer beobachtet werden, wodurch ein positiver Effekt der Intervention gezeigt werden konnte.

Zur Beurteilung der Exekutivfunktionen diente ein modifizierter Eriksen-Flanker-Test. Kinder, die ihre Ausdauer verbessern konnten sowie eine Intervention erhielten, zeigten unter Konstanthaltung des BMI eine stärkere Verbesserung der Exekutivfunktionen, gemessen anhand der Reaktionszeiten. Damit bestätigt sich die Hypothese, dass eine tägliche 45-minütige Bewegungsintervention, sofern sie einen positiven Effekt auf die physische Fitness hat, auch einen positiven Einfluss auf die Exekutivfunktionen von Kindern hat. Bei Kindern, die ihre Ausdauer nicht steigern konnten, ergab sich durch die Intervention lediglich eine Tendenz zur Verbesserung der Exekutivfunktion nach Intervention.

Die Resultate dieser Studie weisen zudem darauf hin, dass Kinder mit Migrationshintergrund einen höheren Anteil an Übergewicht und Adipositas aufweisen und eine deutlich schwächere Ausdauerleistung.

Angesichts der vielfältigen Einflussfaktoren auf die Ausdauer und die Exekutivfunktionen von Kindern sollte auf diesem Gebiet weitere Forschung betrieben werden, um die Zusammenhänge noch weiter zu analysieren. Die medizinischen Grundlagen deuten auf einen klaren Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und den kognitiven Fähigkeiten hin. Dennoch bleiben weiterhin ungeklärte Fragen, weshalb weitere Studien dahingehend angestrebt werden sollten.

Literaturverzeichnis

- Aadland, E., Terum, T., Mamen, A., Andersen, L.B., Resaland, G.K., 2014. The Andersen Aerobic Fitness Test: Reliability and Validity in 10-Year-Old Children. *PLoS ONE* 9, e110492. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110492>
- Abarca-Gómez, L., Abdeen, Z.A., Hamid, Z.A., Zhu, A., Bennett, J.E., Danaei, G., Bhutta, Z.A., 2017. Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet* 390, 2627–2642. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
- Almagro, B.J., Sáenz-López, P., Fierro-Suero, S., Conde, C., 2020. Perceived Performance, Intrinsic Motivation and Adherence in Athletes. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 17, 9441. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249441>
- Alsaad, F., Binkhamis, L., Alsalman, A., Alabdulqader, N., Alamer, M., Abualait, T., Khalil, M.S., Al Ghamdi, K.S., 2022. Impact of Action Video Gaming Behavior on Attention, Anxiety, and Sleep Among University Students. *Psychol. Res. Behav. Manag.* Volume 15, 151–160. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S347694>
- Andersen, L.B., Andersen, T.-E., Andersen, E., Anderssen, S.A., 2008. An intermittent running test to estimate maximal oxygen uptake: the Andersen test. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008 Dec;48(4):434-7. PMID: 18997644.
- Apperley, L.J., Blackburn, J., Erlandson-Parry, K., Gait, L., Laing, P., Senniappan, S., 2022. Childhood obesity: A review of current and future management options. *Clin. Endocrinol. (Oxf.)* 96, 288–301. <https://doi.org/10.1111/cen.14625>
- Besharat Pour, M., Bergström, A., Bottai, M., Kull, I., Wickman, M., Håkansson, N., Wolk, A., Moradi, T., 2014. Effect of Parental Migration Background on Childhood Nutrition, Physical Activity, and Body Mass Index. *J. Obes.* 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/406529>
- Bidzan-Bluma, I., Lipowska, M., 2018. Physical Activity and Cognitive Functioning of Children: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 15, 800. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040800>
- Bruyndonckx, L., Hoymans, V.Y., Van Craenenbroeck, A.H., Vissers, D.K., Vrints, C.J., Ramet, J., Conraads, V.M., 2013. Assessment of Endothelial Dysfunction in Childhood Obesity and Clinical Use. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2013, 1–19. <https://doi.org/10.1155/2013/174782>

- Chaddock, L., Erickson, K.I., Prakash, R.S., VanPatter, M., Voss, M.W., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Hillman, C.H., Kramer, A.F., 2010. Basal Ganglia Volume Is Associated with Aerobic Fitness in Preadolescent Children. *Dev. Neurosci.* 32, 249–256. <https://doi.org/10.1159/000316648>
- Chan, Y.-S., Jang, J.-T., Ho, C.-S., 2022. Effects of physical exercise on children with attention deficit hyperactivity disorder. *Biomed. J.* 45, 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2021.11.011>
- Chojnacki, M.R., Raine, L.B., Drollette, E.S., Scudder, M.R., Kramer, A.F., Hillman, C.H., Khan, N.A., 2018. The Negative Influence of Adiposity Extends to Intraindividual Variability in Cognitive Control Among Preadolescent Children. *Obesity* 26, 405–411. <https://doi.org/10.1002/oby.22053>
- Chung, S.T., Krenek, A., Magge, S.N., 2023. Childhood Obesity and Cardiovascular Disease Risk. *Curr. Atheroscler. Rep.* 25, 405–415. <https://doi.org/10.1007/s11883-023-01111-4>
- Cole, T.J., 2000. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 320, 1240–1240. <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7244.1240>
- De Bourdeaudhuij, I., Lefevre, J., Deforche, B., Wijndaele, K., Matton, L., Philippaerts, R., 2005. Physical Activity and Psychosocial Correlates in Normal Weight and Overweight 11 to 19 Year Olds. *Obes. Res.* 13, 1097–1105. <https://doi.org/10.1038/oby.2005.128>
- De Onis, M., 2007. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* 85, 660–667. <https://doi.org/10.2471/BLT.07.043497>
- De Sousa, A.F.M., Medeiros, A.R., Benitez-Flores, S., Del Rosso, S., Stults-Kolehmainen, M., Boulosa, D.A., 2018. Improvements in Attention and Cardiac Autonomic Modulation After a 2-Weeks Sprint Interval Training Program: A Fidelity Approach. *Front. Physiol.* 9, 241. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00241>
- Diamond, A., 2013. Executive Functions. *Annu. Rev. Psychol.* 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Eriksen, B.A., Eriksen, C.W., 1974. Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept. Psychophys.* 16, 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>

- Fredriksen, P.M., Hjelle, O.P., Mamen, A., Meza, T.J., Westerberg, A.C., 2017. The health Oriented pedagogical project (HOPP) - a controlled longitudinal school-based physical activity intervention program. *BMC Public Health* 17, 370. <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4282-z>
- Fredriksen, P.M., Mamen, A., Gammelsrud, H., Lindberg, M., Hjelle, O.P., 2018. Factors affecting running performance in 6–12-year-olds: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Scand. J. Public Health* 46, 61–67. <https://doi.org/10.1177/1403494818767816>
- Gavriilaki, E., Anyfanti, P., Gavriilaki, M., Lazaridis, A., Douma, S., Gkaliagkousi, E., 2020. Endothelial Dysfunction in COVID-19: Lessons Learned from Coronaviruses. *Curr. Hypertens. Rep.* 22, 63. <https://doi.org/10.1007/s11906-020-01078-6>
- Goswami, N., Hansen, D., Gumze, G., Brix, B., Schmid-Zalaudek, K., Fredriksen, P.M., 2022. Health and Academic Performance With Happy Children: A Controlled Longitudinal Study Based on the HOPP Project. *Front. Cardiovasc. Med.* 9, 820827. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.820827>
- Gutin, I., 2018. In BMI we trust: reframing the body mass index as a measure of health. *Soc. Theory Health* 16, 256–271. <https://doi.org/10.1057/s41285-017-0055-0>
- Haghjoo, P., Siri, G., Soleimani, E., Farhangi, M.A., Alesaeidi, S., 2022. Screen time increases overweight and obesity risk among adolescents: a systematic review and dose-response meta-analysis. *BMC Prim. Care* 23, 161. <https://doi.org/10.1186/s12875-022-01761-4>
- Hens, W., Vissers, D., Hansen, D., Peeters, S., Gielen, J., Van Gaal, L., Taeymans, J., 2017. The effect of diet or exercise on ectopic adiposity in children and adolescents with obesity: a systematic review and meta-analysis. *Obes. Rev.* 18, 1310–1322. <https://doi.org/10.1111/obr.12577>
- Hijmering, M.L., Stroes, E.S.G., Olijhoek, J., Hutten, B.A., Blankestijn, P.J., Rabelink, T.J., 2002. Sympathetic activation markedly reduces endothelium-dependent, flow-mediated vasodilation. *J. Am. Coll. Cardiol.* 39, 683–688. [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(01\)01786-7](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(01)01786-7)
- Hillman, C.H., Khan, N.A., Kao, S.-C., 2015. The Relationship of Health Behaviors to Childhood Cognition and Brain Health. *Ann. Nutr. Metab.* 66, 1–4. <https://doi.org/10.1159/000381237>
- Jiang, Z.Y., Lin, Y.-W., Clemont, A., Feener, E.P., Hein, K.D., Igarashi, M., Yamauchi, T., White, M.F., King, G.L., 1999. Characterization of selective resistance to insulin

- signaling in the vasculature of obese Zucker (fa/fa) rats. *J. Clin. Invest.* 104, 447–457. <https://doi.org/10.1172/JCI5971>
- Kamijo, K., Khan, N.A., Pontifex, M.B., Scudder, M.R., Drollette, E.S., Raine, L.B., Evans, E.M., Castelli, D.M., Hillman, C.H., 2012. The Relation of Adiposity to Cognitive Control and Scholastic Achievement in Preadolescent Children. *Obesity* 20, 2406–2411. <https://doi.org/10.1038/oby.2012.112>
- Kamijo, K., Pontifex, M.B., Khan, N.A., Raine, L.B., Scudder, M.R., Drollette, E.S., Evans, E.M., Castelli, D.M., Hillman, C.H., 2014. The Negative Association of Childhood Obesity to Cognitive Control of Action Monitoring. *Cereb. Cortex* 24, 654–662. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs349>
- Kim, E.S., Kwon, Y., Choe, Y.H., Kim, M.J., 2021. COVID-19-related school closing aggravate obesity and glucose intolerance in pediatric patients with obesity. *Sci. Rep.* 11, 5494. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84766-w>
- Kim, J., Montagnani, M., Koh, K.K., Quon, M.J., 2006. Reciprocal Relationships Between Insulin Resistance and Endothelial Dysfunction: Molecular and Pathophysiological Mechanisms. *Circulation* 113, 1888–1904. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.563213>
- Konijnenberg, C., Fredriksen, P.M., 2018. The effects of a school-based physical activity intervention programme on children’s executive control: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Scand. J. Public Health* 46, 82–91. <https://doi.org/10.1177/1403494818767823>
- Kraemer, R.R., Kraemer, B.R., 2023. The effects of peripheral hormone responses to exercise on adult hippocampal neurogenesis. *Front. Endocrinol.* 14, 1202349. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1202349>
- Letswalo, B.P., Schmid-Zalaudek, K., Brix, B., Matjuda, E.N., Klosz, F., Obernhumer, N., Gaisl, M., Engwa, G.A., Sewani-Rusike, C., Fredriksen, P.M., Nkeh-Chungag, B., Goswami, N., 2021. Cardiometabolic risk factors and early indicators of vascular dysfunction: a cross-sectional cohort study in South African adolescents. *BMJ Open* 11, e042955. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042955>
- Loot, A.E., Schreiber, J.G., Fisslthaler, B., Fleming, I., 2009. Angiotensin II impairs endothelial function via tyrosine phosphorylation of the endothelial nitric oxide synthase. *J. Exp. Med.* 206, 2889–2896. <https://doi.org/10.1084/jem.20090449>

- Luna, B., 2009. Developmental Changes in Cognitive Control through Adolescence, in: *Advances in Child Development and Behavior*. Elsevier, pp. 233–278. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(09\)03706-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(09)03706-9)
- Mamen, A., Lindberg, M., Fredriksen, P.M., 2022. Increase in peak oxygen uptake and Andersen test performance in children from age six to ten: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Front. Physiol.* 13, 976505. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.976505>
- Miller, A.A., Spencer, S.J., 2014. Obesity and neuroinflammation: A pathway to cognitive impairment. *Brain. Behav. Immun.* 42, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2014.04.001>
- Moore, R.D., Wu, C.-T., Pontifex, M.B., O’Leary, K.C., Scudder, M.R., Raine, L.B., Johnson, C.R., Hillman, C.H., 2013. Aerobic fitness and intra-individual variability of neurocognition in preadolescent children. *Brain Cogn.* 82, 43–57. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.02.006>
- Norris, T., Salzmänn, A., Henry, A., Garfield, V., Pinto Pereira, S.M., 2023. The relationship between adiposity and cognitive function: a bidirectional Mendelian randomization study in UK Biobank. *Int. J. Epidemiol.* 52, 1074–1085. <https://doi.org/10.1093/ije/dyad043>
- Obesity and overweight [WWW Document], n.d. URL <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (accessed 5.10.24).
- Ogden, C.L., Carroll, M.D., Kit, B.K., Flegal, K.M., 2014. Prevalence of Childhood and Adult Obesity in the United States, 2011–2012. *JAMA* 311, 806. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.732>
- on behalf of the DEDIPAC consortium, Stierlin, A.S., De Lepeleere, S., Cardon, G., Dargent-Molina, P., Hoffmann, B., Murphy, M.H., Kennedy, A., O’Donoghue, G., Chastin, S.F., De Craemer, M., 2015. A systematic review of determinants of sedentary behaviour in youth: a DEDIPAC-study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 12, 133. <https://doi.org/10.1186/s12966-015-0291-4>
- Øvrebø, B., Kjøllestad, M., Stea, T.H., Wills, A.K., Bere, E., Magnus, P., Juliusson, P.B., Bergh, I.H., 2023. The influence of immigrant background and parental education on overweight and obesity in 8-year-old children in Norway. *BMC Public Health* 23, 1660. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16571-1>
- Pahkala, K., Heinonen, O.J., Simell, O., Viikari, J.S.A., Rönnemaa, T., Niinikoski, H., Raitakari, O.T., 2011. Association of Physical Activity With Vascular Endothelial

- Function and Intima-Media Thickness. *Circulation* 124, 1956–1963. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.111.043851>
- Pojksic, H., Eslami, B., 2018. Relationship Between Obesity, Physical Activity, and Cardiorespiratory Fitness Levels in Children and Adolescents in Bosnia and Herzegovina: An Analysis of Gender Differences. *Front. Physiol.* 9, 1734. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01734>
- Qi, J., Yan, Y., Yin, H., 2023. Screen time among school-aged children of aged 6–14: a systematic review. *Glob. Health Res. Policy* 8, 12. <https://doi.org/10.1186/s41256-023-00297-z>
- Raine, L.B., Kao, S.-C., Drollette, E.S., Pontifex, M.B., Pindus, D., Hunt, J., Kramer, A.F., Hillman, C.H., 2020. The role of BMI on cognition following acute physical activity in preadolescent children. *Trends Neurosci. Educ.* 21, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2020.100143>
- Ruedl, G., Ewald, P., Niedermeier, M., Kirschner, W., Kopp, M., Drenowatz, C., Greier, K., 2019. Long-term effect of migration background on the development of physical fitness among primary school children. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 29, 124–131. <https://doi.org/10.1111/sms.13316>
- Schmid-Zalaudek, K., Brix, B., Sengeis, M., Jantscher, A., Fürhapter-Rieger, A., Müller, W., Matjuda, E.N., Mungamba, M.M., Nkeh-Chungag, B., Fredriksen, P.M., Goswami, N., 2021. Subcutaneous Adipose Tissue Measured by B-Mode Ultrasound to Assess and Monitor Obesity and Cardio–Metabolic Risk in Children and Adolescents. *Biology* 10, 449. <https://doi.org/10.3390/biology10050449>
- Scudder, M.R., Khan, N.A., Lambourne, K., Drollette, E.S., Herrmann, S.D., Betts, J.L., Washburn, R.A., Donnelly, J.E., Hillman, C.H., 2015. Cognitive control in preadolescent children with risk factors for metabolic syndrome. *Health Psychol.* 34, 243–252. <https://doi.org/10.1037/hea0000114>
- Singh, A.S., Mulder, C., Twisk, J.W.R., Van Mechelen, W., Chinapaw, M.J.M., 2008. Tracking of childhood overweight into adulthood: a systematic review of the literature. *Obes. Rev.* 9, 474–488. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2008.00475.x>
- Skår, A., Meza, T.J., Fredriksen, P.M., 2018. Development of weight and height in Norwegian children: The Health Oriented Pedagogical Project (HOPP). *Scand. J. Public Health* 46, 3–11. <https://doi.org/10.1177/1403494818769852>

- Smith, P.J., Blumenthal, J.A., Hoffman, B.M., Cooper, H., Strauman, T.A., Welsh-Bohmer, K., Browndyke, J.N., Sherwood, A., 2010. Aerobic Exercise and Neurocognitive Performance: A Meta-Analytic Review of Randomized Controlled Trials. *Psychosom. Med.* 72, 239–252. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633>
- Solberg, R.B., Steene-Johannessen, J., Wang Fagerland, M., Anderssen, S.A., Berntsen, S., Resaland, G.K., Van Sluijs, E.M.F., Ekelund, U., Kolle, E., 2021. Aerobic fitness mediates the intervention effects of a school-based physical activity intervention on academic performance. The school in Motion study – A cluster randomized controlled trial. *Prev. Med. Rep.* 24, 101648. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101648>
- Steinberg, D., Witztum, J.L., 2002. Is the Oxidative Modification Hypothesis Relevant to Human Atherosclerosis?: Do the Antioxidant Trials Conducted to Date Refute the Hypothesis? *Circulation* 105, 2107–2111. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000014762.06201.06>
- Wang, Y., Lim, H., 2012. The global childhood obesity epidemic and the association between socio-economic status and childhood obesity. *Int. Rev. Psychiatry* 24, 176–188. <https://doi.org/10.3109/09540261.2012.688195>
- Whiteman, A.S., Young, D.E., He, X., Chen, T.C., Wagenaar, R.C., Stern, C.E., Schon, K., 2014. Interaction between serum BDNF and aerobic fitness predicts recognition memory in healthy young adults. *Behav. Brain Res.* 259, 302–312. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2013.11.023>
- Whiting, S., Buoncristiano, M., Gelius, P., Abu-Omar, K., Pattison, M., Hyska, J., Duleva, V., Musić Milanović, S., Zamrazilová, H., Hejgaard, T., Rasmussen, M., Nurk, E., Shengelia, L., Kelleher, C.C., Heinen, M.M., Spinelli, A., Nardone, P., Abildina, A., Abdrakhmanova, S., Aitmurzaeva, G., Usuopva, Z., Pudule, I., Petrauskiene, A., Sant’Angelo, V.F., Kujundzic, E., Popovic, S., Fismen, A.-S., Bergh, I.H., Fijalkowska, A., Rito, A.I., Cucu, A., Brinduse, L.A., Peterkova, V., Gualtieri, A., García-Solano, M., Gutiérrez-González, E., Abdurrahmonova, Z., Boymatova, K., Yardim, N., Tanrygulyyeva, M., Weghuber, D., Schindler, K., Stojisavljević, D., Filipović Hadžiomerađić, A., Markidou Ionaidu, E., Ahrens, W., Hassapidou, M., Kovacs, V.A., Ostojic, S.M., Ticha, L., Starc, G., Russell Jonsson, K., Spiroski, I., Rutter, H., Mendes, R., Williams, J., Rakovac, I., Breda, J., 2021. Physical Activity, Screen Time, and Sleep Duration of Children Aged 6–9 Years in 25 Countries: An

- Analysis within the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) 2015–2017. *Obes. Facts* 14, 32–44. <https://doi.org/10.1159/000511263>
- Woods, N., Seabrook, J.A., Schaafsma, H., Burke, S., Tucker, T., Gilliland, J., 2024. Dietary Changes of Youth during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. *J. Nutr.* 154, 1376–1403. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2024.02.022>
- Wu, C.-T., Pontifex, M.B., Raine, L.B., Chaddock, L., Voss, M.W., Kramer, A.F., Hillman, C.H., 2011. Aerobic fitness and response variability in preadolescent children performing a cognitive control task. *Neuropsychology* 25, 333–341. <https://doi.org/10.1037/a0022167>
- Zhang, Y., Tian, S., Zou, D., Zhang, H., Pan, C.-W., 2022. Screen time and health issues in Chinese school-aged children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health* 22, 810. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13155-3>

Anhang

Prüfbogen des Andersen-Lauftests

ANDERSEN-LAUFTEST CODE:HC__ - ___

NAME DER SCHULE: _____ KLASSE: _____

DATUM: _____ 2021 Gültig: Ungültig: Unsicher: (Tick)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80

Kommentar: (Schuhe, Laufmuster, Testunterbrechung, Krankheit, etc.)	Meter letzte Runde:
---	----------------------------