



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Diplomarbeit

Effects of Robotics – eine Trainingsstudie zur Verbesserung
der Exekutiven Funktionen

Verfasserin

Linda Wulf

Angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Manuel Sprung

Danksagung

Meiner Mutter

Besonderen Dank auch an Prof. Manuel Sprung und Kollegen für die liebevolle Unterstützung und nicht ermüdende Hilfsbereitschaft.

Lisa Bunk, eine starke, inspirierende liebgewonnene Person an meiner Seite, zusammen durch das Unternehmen Diplomarbeit.

Großen Dank auch an das Technikum Wien, insbesondere Sabrina Rubenzer, für die gemeinsame, hoch erfreuliche Zusammenarbeit.

Susanne Schürkmann, für die Freude am wissenschaftlichen Arbeiten.

Inhaltsverzeichnis

1	<u>EINLEITUNG</u>	1
1.1	PROLOG	1
2	<u>EINFÜHRUNG IN DAS THEMA</u>	2
2.1	WARUM SICH ROBOTER ALS LERNUMGEBUNG GUT EIGNEN?	4
3	<u>EXEKUTIVE FUNKTIONEN</u>	5
3.1	DEFINITION UND BEGRIFFSBESTIMMUNG	5
3.2	LOKALISATION	8
3.3	FRONTALHIRNFUNKTIONEN	9
3.3.1	ARBEITSGEDÄCHTNISMODELL	11
3.3.2	KOMPONENTENMODELL	12
3.3.3	DREIDIMENSIONALES-MEHREBENMODELL	14
3.4	ENTWICKLUNG EXEKUTIVER FUNKTIONEN	18
3.4.1	ERSTES LEBENSJAHR	19
3.4.2	1.-3. LEBENSJAHR	20
3.4.3	3.-7- LEBENSJAHR	20
3.4.4	SIEBTES LEBENSJAHR – FRÜHES ERWACHSENENALTER	21
3.4.5	ALTERNATIVE ERKLÄRUNGSVERSUCHE	23
3.5	DIAGNOSTIK EXEKUTIVER FUNKTIONEN IM ZUSAMMENHANG MIT TRAININGSSTUDIE	23
3.5.1	DIMENSIONAL CARD SORTING TASK (ZELAZO, FRYE, & RAPUS, 1996) (DCCS)	26
3.5.2	DAY-NIGHT-STROOP (GERSTAD, HONG, & DIAMOND, 1994)	27
3.5.3	TRUCK-LOADING (FAGOT & GAUVIN, 1997)	27
3.6	HOT AND COOL FUNCTIONS IM ZUSAMMENHANG MIT DEM ROBOTERTRAINING	28
4	<u>ZIELSETZUNG, FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN</u>	29
5	<u>EMPIRISCHER TEIL</u>	33
5.1	METHODE	33
5.1.1	UNTERSUCHUNGSPLAN	33
5.1.2	UNTERSUCHUNGSTEILNEHMER	34
5.1.3	UNTERSUCHUNGSBEDINGUNGEN- UND MATERIALIEN	35
5.1.4	UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG	40
5.1.5	ROBOTICS FOR KIDS	41
6	<u>ERGEBNISSE</u>	45

6.1	STICHPROBENBESCHREIBUNG	45
6.1.1	STICHPROBENUMFANG UND GESCHLECHT	45
6.1.2	ALTER	45
6.1.3	HERKUNFTSLAND, MUTTERSPRACHE UND BILDUNGSGRAD	45
6.1.4	ANZAHL DER GESCHWISTER	48
6.2	DESKRIPTIVSTATISTIK UND PRÜFUNG DER NORMALVERTEILUNGEN	48
6.2.1	K-ABC	49
6.2.2	DIMENSIONAL CHANGE CARD SORT TEST (DCCS)	50
6.2.3	TRUCK-LOAD TEST	51
6.2.4	DAY-NIGHT-STROOP-TEST	53
6.3	HYPOTHESENPRÜFUNG	54
6.3.1	VERGLEICH DER LEISTUNGEN INNERHALB DER VERSUCHSGRUPPE:	54
6.3.2	VERGLEICH DER POSTTESTLEISTUNGEN ZWISCHEN DEN BEIDEN GRUPPEN:	54
6.3.3	VERGLEICH DER LEISTUNGEN ZWISCHEN DEN GRUPPEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER INTELLEKTUELLEN FÄHIGKEITEN.	59
6.3.4	ÜBERPRÜFUNG OB ES ZWISCHEN DEN DREI VARIABLEN: INHIBITORISCHE KONTROLLE, PLANEN UND KOGNITIVE FLEXIBILITÄT EINEN ZUSAMMENHANG GIBT	63
6.3.5	UNTERSUCHUNG, OB DIE UNTERSCHIEDE IN DEN PRETESTLEISTUNGEN ALLER TEILNEHMER AUFGRUND DEMOGRAPHISCHER FAKTOREN ZU ERKLÄREN SIND...	64
7	<u>DISKUSSION</u>	65
8	<u>INTERPRETATION</u>	70
9	<u>ZUSAMMENFASSUNG BZW. ABSTRACT</u>	71
10	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	73
10.1	SEKUNDÄRZITATE	77
11	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</u>	78
12	<u>TABELLENVERZEICHNIS</u>	78
13	<u>ANHANG</u>	79
13.1	INSTRUKTIONEN	79
13.2	INFORMATIVE EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG	85
13.3	PROTOKOLLBÖGEN	86
13.4	TRAININGSPLAN ROBOTERKURS	88
13.5	TRAININGSPROTOKOLL FÜR DIE GRUPPENLEITER DES TECHNIKUM WIENS	97
13.6	FOTOS	98
13.7	LISTE DER KINDERGÄRTEN	102

1 Einleitung

1.1 Prolog

Alle Kinder der kleinen „Robotic“ Kursgruppe in einem Kindergarten in Wien, sitzen am Boden und warten gespannt auf die Roboter, die ihnen präsentiert werden sollen. Eine wirkliche Vorstellung davon, was eigentlich ein Roboter genau ist, haben nicht alle. Besonders die Äußerungen der Mädchen deutet darauf hin, dass sie zwar das Wort „Roboter“ vielleicht schon mal irgendwo aufgeschnappt haben, aber sich konkret darunter etwas vorzustellen, fällt den meisten Kindergartenkinder dieser Gruppe schwer. Daher hat auch ein Großteil der Gruppe bei einer vorherigen Aufgabe, nämlich einen Roboter zu malen, einen Menschen gemalt, zumindest laut den Aussagen der Kinder.

Nun ist es soweit, die Informatiker von Technikum Wien kommen zur Tür herein, voll bepackt mit kleinen Bee-Bots (Marienkäfer Roboter), einen Lego Roboter „NXT“ und den Android Roboter „NAO“.

Zunächst dürfen sich die Kinder mit den kleinen Bee-Bot Robotern vertraut machen. Sie spielen an ihnen rum, drücken die Navigationstasten, lachen wenn er sich bewegt und komische Geräusche macht.

Dann kommt der NXT Roboter. Dieser sehe, so die Kindern „schon etwas komischer“ aus. Das Neuartige an diesem Roboter ist, dass er so eine Art verlängerten Arm hat mit einem Knopf vorne dran. Immer wenn dieser Knopf durch ein Hindernis gedrückt wird, bleibt der Roboter stehen, wendet sich um 180 Grad und setzt dann seine Bewegung weiter fort.

Die Kinder scheint es sehr zu entzücken, dass sie den Roboter lenken können, indem sie ihre Hand hinhalten, so dass der Arm des NXT diese berührt und dann sofort kehrt macht. Jeder will mal die Hand hinhalten und den Roboter berühren. Schnell entsteht eine aufgeregte, aber heitere Stimmung.

Und dann plötzlich, holt ein Trainer von Technikum den NAO raus. Stille.

Alle Augenpaare der Kinder sind auf diese sonderbare Figur gerichtet, die aussieht wie ein viel zu klein geratenes weißes Kleinkind. Alle warten gespannt auf die erste Reaktion dieser sonderbaren Kreatur. Auf einmal erscheint rotes, dann grünes und dann blaues Licht aus den Augen des Roboters und er fragt „How are you?“ Eine Mischung aus Geschrei, lautes Lachen und Überraschung fegt durch den Raum. Einige der Kinder antworten sofort „Good, how are you?“. Scheinbar können die Vorschulkinder schon einige Wörter in Englisch verstehen und auch sprechen.

Nach dem ersten aufbrausendem Augenblick beginnt nun der NAO mit den Kindern etwas Small-Talk zu halten, zeigt dann seine überragenden Tanztalente zu einem Michael Jackson Lied und dann zum krönenden Abschluss noch seine Kong-Fu-Fähigkeiten begleitet von dem Lied „everybody is Kong-Fu fighting“ von Carl Douglas, was irgendwie aus den großen Ohren des Roboters zu schallen scheint.

Die Kinder unterhalten sich munter mit dem Roboter, verfolgen gespannt seine Bewegungen und scheinen hoch erfreut über seinen Besuch zu sein.

Außer ein Kind. Dieses sagt „ich habe Angst vor dem Roboter. Der will mich beißen“.

2 Einführung in das Thema

Die oben skizzierte Szene stammt aus dem Pilotprojekt „Robotics for Kids“ von Technikum Wien.

Dieses wurde im Wintersemester 2011 in einem Kindergarten im 20ten Bezirk durchgeführt und von mir und meiner Kommilitonin begleitet.

Das Pilotprojekt hatte das Ziel Kindern ein mehrwöchiges Robotertraining anzubieten, bei dem sie lernen sollten, wie man eigenhändig einen Roboter programmiert. In dem Fall, die kleinen Bee-Bots (Marienkäfer Roboter, siehe Bild im Anhang).

Das Projekt fand im Zusammenhang mit der Wissensakademie Wien statt. Eine von den Kinderfreunden ins Leben gerufene Organisation, die Kindern im Alter von 4-12 Jahren altersgerechte Lernwerkstätte bereit stellt, in denen sie ihren Wissensdurst und Neugierde angemessen stillen können.

Durch die Erfahrungen und Erkenntnisse mit diesem Pilotprojekt hat sich gezeigt, dass zu einer bloßen Mensch-Maschine-Interaktion mehr gehört als „nur Knöpfe zu drücken“ und zu schauen wohin der Roboter fährt, um dann den Zusammenhang zwischen „Pfeil geradeaus“ und Bewegung des Roboters (15cm) geradeaus herstellen zu können.

Die Auseinandersetzung mit dem Roboter gibt Anstoß für viele kognitive Prozesse, deren Relevanz im Kontext der Exekutiven Funktionen nicht zu unterschätzen ist. Dabei kann den Prozessen durchaus ein gewisser komplexer Charakter zugeschrieben werden, da die Kinder in der Lage sein müssen von einer anfänglichen Problemanalyse, über das Überlegen von Programmierschritten, Verstehen der Funktionalität des Roboters, hin zur tatsächlichen Programmierung durch eine bestimmte Tastenkombination zu gelangen (vgl. Slangen, Keulen, & Gravemeijer, 2011).

Die Bee-Bots funktionieren nach dem Prinzip des offenen R-A-Loop (Reasoning-Acting-Loop). Dabei handelt es sich um eine einfache Eingabe-Ausgabe Schleife, die immer wieder abgespielt werden kann, ohne, dass externe Faktoren bzw. Gegebenheiten berücksichtigt werden (Slangen, Keulen, & Gravemeijer, 2011). In diesem Fall fahren die Bee-Bots nach Tastendruck immer nur (15cm) nach vorne bzw. hinten oder drehen sich um 45° nach links oder rechts. Es gibt also keine Möglichkeit diesen Bewegungsmechanismus zu verändern. Für den Umgang mit den Bee-Bots muss daher auch ein gewisses Verständnis von einfachen kybernetischen Prinzipien (siehe Wiener, 1952) vorhanden sein, nämlich das Steuern und Regeln von Maschinen.

Diese Tatsache macht es meines Erachtens umso interessanter die Bereiche der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) mit jenen Teilbereichen der Psychologie, die in diesem Altersabschnitt relevant sind, zu verbinden.

Ab dem Vorschulalter beginnen sich die Exekutiven Funktionen schrittweise hin zu einer komplexen kognitiven Struktur zu entwickeln¹. Diese Tatsache ist dahingehend für das Robotertraining relevant, da der Programmierprozess am Bee-Bot komplexe kognitive Fähigkeiten verlangt. Exekutive Funktionen sind im Besonderen für Steuerungs- und Regulationsprozesse verantwortlich, die gleichsam beim Steuern und Regeln der Bee-Bots eingesetzt werden müssen. In diesem Sinne leitet sich die Forschungsidee ab, ein Programmiertraining am Bee-Bots bei Vorschulkindern abzuhalten, um möglicherweise die Entwicklung Exekutiver Funktionen positiv zu beeinflussen.

Die zentrale Fragestellung lautet daher, ob das Training, durch das Erlernen simpler Programmierschritte grundlegende, relevante Subprozesse Exekutiver Funktionen trainiert. Um dieses Vorhaben umzusetzen wurde eine Trainingsstudie mit Robotern (Bee-Bots) bei Vorschulkindern durchgeführt. Die Studie gliedert sich in ein 6-wöchiges Trainingsprogramm, mit jeweils einer Woche Abstand zwischen den einzelnen Trainingseinheiten.

Das experimentelle Design der Untersuchung entspricht einem klassischen Zwei-Gruppenplan mit Pre- und Posttestungen. In der Versuchsgruppe nahmen die Kinder an dem 6-wöchigen „Robotic for Kids“ Kurs teil. Die Kinder der Kontrollgruppe erhielten kein Training.

Die Pre- und Posttestungen setzen sich aus verschiedenen psychologischen Tests zusammen mit Aufgaben zu relevanten Exekutiven Funktionen und Emotionales Verständnis. Die Ergebnisse der Vor- und Nachtestungen werden anschließend im Hinblick auf einen

¹ Ausführungen zur Entwicklung der Exekutiven Funktionen in Kapitel 3.4

möglichen Einfluss der unabhängigen Variable, nämlich das Robotertraining auf die beiden abhängigen Variablen, Exekutive Funktionsfähigkeiten und Emotionales Verständnis hin untersucht, wobei mein Fokus ausschließlich auf den Exekutivfunktionen liegen wird, und der meiner Kommilitonin auf dem Emotionales Verständnis.

Zusätzlich wurden die Leistungen der Kinder pro Trainingseinheit von dem jeweiligen Gruppenleiter protokolliert, um objektivieren zu können wie viele Kindern in der Lage waren die gestellten Aufgaben pro Einheit zu lösen.

Im theoretischen Teil dieser Diplomarbeit soll zunächst eine Bedeutungsanalyse der zugrundeliegenden Konzepte bzw. Modellvorstellungen zu den Exekutiven Funktionen vorgenommen werden. Anschließend erfolgt die Variablendefinition, einschließlich der Störvariablen, zu den ausgewählten Fähigkeiten des jeweiligen Konstrukts. Der zweite Teil der Diplomarbeit umfasst die Darstellung der empirischen Arbeit mit Ausführung zur Operationalisierung der relevanten Variablen, den genauen Aufbau der Studie, den ausgewählten Erhebungsinstrumenten und die Auswertung bzw. Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf die zentrale Fragestellung.

2.1 Warum sich Roboter als Lernumgebung gut eignen?

Mit Fokus auf die Fragestellung, ob ein Robotertraining zum Erlernen von Programmierfähigkeiten dienlich ist, wird zunächst die heutige Besonderheit des Roboter im alltäglichen Leben näher beleuchtet.

Roboter gelten in der wissenschaftlichen Forschungsgemeinde als einer der neuen „Big Ideas“ in Wissenschaft und Technologie (Dijkgraaf, Fresco, Gualthe'rie van Weezel, & van Calmthout, 2008; Hacker, de Vries, & Rossouw, 2009).

Die Robotisierung in der Gesellschaft der heutigen Zeit schlägt sich in vielen Bereichen des alltäglichen Lebens nieder. So sind beispielsweise Roboter diejenigen, die unsere wertvolle Frühstücksmilch abzapfen oder unser Auto liebevoll waschen und sogar bei komplizierten chirurgischen Operationen helfen (Slangen, Keulen, & Gravemeijer, 2011).

Aufgrund der zunehmender Relevanz von Robotern bei der Bewältigung alltäglicher Anforderungen, fordern mehr Wissenschaftler die Einbindung der Thematik über automatisierte Systeme in den Lern- und Schulalltag von Kindern, da die Anwesenheit von Robotern in der zukünftigen Gesellschaft allgegenwärtig sein wird (Shin & Kim, 2007).

Nach dem Prinzip *Learning by Doing* wird von Slangen und Kollegen (2011) gefordert, Roboter aktiv in den Schulkontext zu integrieren, indem sich die Kinder mit realen Robotern auseinandersetzen und gleichzeitig typische Roboterprobleme lösen müssen, wie zum

Beispiel planen, konstruieren, programmieren, testen und optimieren (Slangen, Keulen, & Gravemeijer, 2011).

Laut den Autoren stellen Roboter in diesem Zusammenhang eine perfekte Lernumgebung zur Aneignung eines technologischen Verständnisses und technologischer Konzepte dar. Das Konzept, dass zu diesen neuen Forderungen passen soll nennt sich Direct manipulation environment (=DME) (Slangen, Keulen, & Gravemeijer, 2011). Dahinter verbirgt sich die Idee einen Lernkontext mit Robotern zu schaffen, der nicht nur hoch anregend ist, sondern auch gleichzeitig wissenschaftliches und technologisches Verstehen und Wissen vermittelt, indem es intuitives und formales Verstehen physischer Konzepte fördert. Zum Beispiel das Verständnis von Realitäten wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Schwerkraft, Reibung, Druck und Gleichgewicht. Außerdem das Praktizieren von Programmieren und Konstruieren, das funktionale Konzept eines Roboters zu erfassen und auch die generelle Problemlösefähigkeit im Zusammenhang mit Wissenschaft und Technologie zu verbessern. Diese Ausführungen zum Modell des Roboters als Lernumgebungen sollten daher im Robotertraining mit den Vorschulkindern integriert werden. Um die Annahme der Forschungsfrage angemessen untersuchen zu können, wurden folgende Fähigkeiten, die in unserer Trainingsstudie mit den Bee-Bots verbessert werden sollten ausgewählt: Inhibitorische Kontrolle, Planen und problemlösenden Denken und kognitive Flexibilität. Diese wurden angelehnt an die Forschungsliteratur (Slangen et al., 2011) als relevant für den Programmierprozess erachtet.

3 Exekutive Funktionen

Exekutive Funktionen als kognitive Fertigkeiten können als ein sehr komplexes und bis heute noch nicht eindeutig geklärtes Thema betrachtet werden. Daher soll im Weiteren eine Einführung in das Thema erfolgen, wobei jedoch nur auf die, für die Diplomarbeit wesentliche Prozesse der Exekutive Funktionen eingegangen werden soll.

3.1 Definition und Begriffsbestimmung

Der Begriff Exekutive Funktionen (EF) stammt aus der Neuropsychologie.

Exekutivfunktionen werden oft als Synonym für frontale Funktionen verwendet und beschreiben im Allgemeinen kognitive Fertigkeiten.

Eine einheitliche, klar umgrenzte und in der Wissenschaftsgemeinde akzeptierte Definition des Konstrukts Exekutive Funktionen gibt es nicht. Dafür ist anscheinend der bloße Begriff „Exekutive Funktionen“ zu weit gefasst und kann daher schwerlich eingrenzt werden, zumal zahlreiche Subprozesse der Exekutiven Funktionen zusätzlich zum Tragen kommen, dessen Komplexität durch eine kurze und prägnante Definition nicht erfasst werden könnte. Wie Renate Drechsler (2007) in ihrem Überblicksartikel klar heraus streicht, gibt es uneinheitliche und widersprüchliche Meinungen über die Begriffsbestimmung der Exekutiven Funktionen. Dies spiegelt sich besonders anhand der Tausenden Publikationen zu diesem Thema in den vergangenen 10 Jahren und den insgesamt 33 Definitionsversuchen wider (Drechsler, 2007).

Andere Autoren betonen, dass es sich bei den zahlreichen Versuchen einer einheitlichen Definition eher um eine Aufzählung dazugehöriger Funktionsbereiche der Exekutiven Funktion handle, als eine einheitliche Begriffsbestimmung (Müller, George, Hildebrandt, Münte, Reuthers, Schoof-Tams & Wallesch, 2010).

Der große gemeinsame Nenner ist deshalb nur die Einigkeit darüber, dass sich die Exekutiven Funktionen in zahlreiche Subprozesse gliedern, welche, wie es schon Baddeley 1998 akzentuierte, eine klare Gliederung in wesentliche Funktionsbereiche benötigen. Jedoch stoßen auch hier wieder verschiedene Meinungen über die Relevanz, Anzahl und Art verschiedener Funktionsbereiche zur Beschreibung exekutiver Funktionen aufeinander (Baddeley, 1998).

So unterteilen beispielsweise Müller und Kollegen (2010) den Begriff exekutive Funktionen in drei Komponenten:

- Arbeitsgedächtnis und Monitoring
- Kognitive Flexibilität
- Planerisches und Problemlösendes Denken.

Andere Untergliederungen stammen zum Beispiel von Pennington, Rogers, Bennetto, Grifith, Reed & Shyu (1997), die folgende Dimensionen als wichtigste der Exekutiven Funktionen ansehen:

- Inhibitorische Kontrolle
- Arbeitsgedächtnis
- Aufmerksamkeitsflexibilität.

Laut American Psychiatric Association (2000, zitiert nach Förstl, 2005) werden Exekutivfunktionen in den Demenz-Kriterien des DSM-IV mit abstrakten Denkvermögen,

und der Fähigkeit zur Planung, Auslösung, Sequenzierung, Überwachung und Beendigung von komplexen Verhalten operationalisiert.

Die genannten Beispiele sollen nur aufzeigen, wie schwer es ist eine klare Definition in der Literatur zu finden. Dennoch scheinen alle Versuche der Begriffsbestimmung auf dasselbe Ziel hinauszulaufen, dass Exekutive Funktionen jene Mechanismen darstellen, die verantwortlich sind, ein definiertes und geplantes Ziel zu erreichen und dabei hindernde Verhaltensweisen zu unterdrücken.

Eine treffende Beschreibung dieses komplexen Prozesses liefert die Zusammenfassung der Exekutiven Funktionen als Regulations- und Kontrollmechanismen (Drechsler, 2007; Sodian, 2007), welche vor allem zielorientiertes und situationsangepasstes Handeln beeinflussen. Dabei geht es darum das Ziel mental repräsentiert zu haben und folglich die Zielrealisation gegen konkurrierende Handlungsalternativen abzuschirmen (Sodian, 2007). Daher haben wir uns bei der Wahl der Exekutiven Funktionen, die im Kontext der Trainingsstudie untersucht werden sollen auf: inhibitorische Kontrolle, Planen und problemlösendes Denken und kognitive Flexibilität geeinigt. Diese sind vereinbar mit den hier genannten zentralen Definitionen Exekutiver Funktionen.

Die Wirkungsweise ist top-down gesteuert und greift in jenen Situationen ein, in denen von den routinierten, automatisch ablaufenden Handlungsmechanismen (default mode²) abgewichen werden muss, um den Anforderungen der speziellen Situation gerecht werden zu können.

Wie weiter oben erwähnt, handelt es sich bei den Exekutiven Funktionen um mehrere Subprozesse, die von den meisten Autoren als unabhängige Prozesse angesehen werden. Hinweise darauf gibt die Tatsache, dass ein und dieselbe Störung einer Exekutiven Funktion zu individuell unterschiedlich gearteten Symptomen und Störungsbildern führen kann (Drechsler, 2007).

Um jedoch nun zu einer anschaulichen Definition Exekutiver Funktionen zu kommen wird an dieser Stelle ein mehrgliedriges Komponentenmodell aus der Kognitionspsychologie vorgestellt. Bodenburg (2001) hebt in diesem Modell besonders die beiden Komponenten *Planen* und *Handeln* als primäre, übergeordnete Komponenten der Exekutiven Funktionen hervor.

² Default Mode geht auf den in den USA lebenden Neuropsychologen Marsel Mesulam (2002) zurück und beschreibt die neutrale Voreinstellung des Organismus

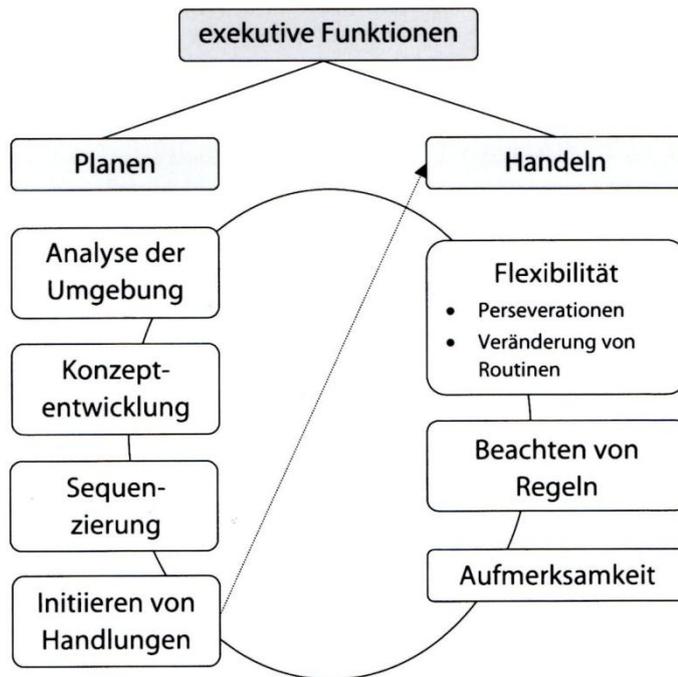


Abbildung 1: wichtige Komponenten exekutiver Funktion

Es muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Grenzen zwischen diesen beiden Komponenten nicht statisch, sondern teilweise fließend verlaufen. Diese Thematik greift auch Thier (2003) auf. Er geht davon aus, dass Handlungen über mehrere Teilschritte hinweg auf ein höheres Ziel geplant werden, während die Aufmerksamkeit auf relevante Informationen gerichtet und gleichzeitig zielgefährdende Handlungen abgewehrt werden.

Auf das Komponentenmodell und andere Ansätze zur Gliederung der Exekutiven Funktionen wird später noch näher eingegangen.

Daher soll zunächst die Aufmerksamkeit auf die Lokalisation der Gehirnregionen gelenkt werden, die mit den Exekutiven Funktionen im Zusammenhang stehen.

3.2 Lokalisation

Die neuronale Repräsentation der wichtigsten Exekutiven Funktionen wird hauptsächlich mit den präfrontalen Kortex (PFK) in Verbindung gebracht (Baddeley A. , 1986).

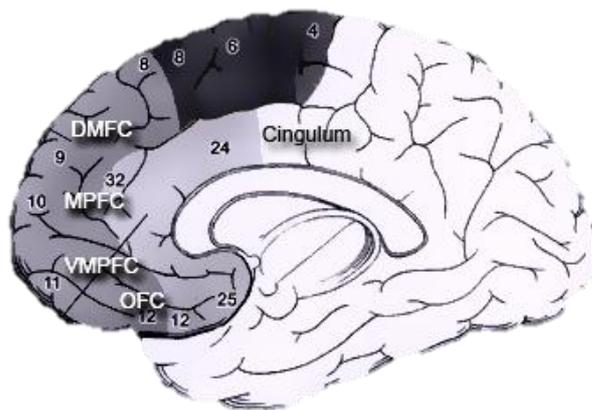


Abbildung 2: mediale Präfrontalkortex³

Dieser ist Teil des Frontallappens, der sich grob in zwei Bereiche aufteilen lässt (Thier, 2003). Den vorderen Bereich bilden der Präfrontale Kortex und den hinteren Bereich der Prämotorische, der supplementär-motorische und der primär motorische Kortex. Weitere Gehirnstrukturen, die die Übergangszone zwischen PFK und dem hinteren Teil des Frontallappens konstituieren sind zum einen das frontale Augenfeld. Dieses ist vorrangig für die Repräsentation von Sakkaden⁴ und langsamen Augenfolgebewegungen zuständig. Zum anderen das Broca Areal, das wesentlich für die Sprachrepräsentation verantwortlich ist.

3.3 Frontalhirnfunktionen

Der frontale Kortex gilt phylogenetisch als jüngster Teil des Neokortex⁵ und ist im Gegensatz zu Tieren stark vergrößert (siehe Fuster, 1989). Desweiteren kommt der frontale Kortex nur bei Säugetieren vor (Kirschbaum, 2008).

Er wird mit den „höchsten“ Integrationsleistungen assoziiert, die maßgeblichen Einfluss auf die Steuerung und Kontrolle menschlichen Verhaltens besitzen (Karnath & Kammer, 2003). Dies geht in erster Linie auf seine hohe bidirektionale Verschaltungsdichte mit den meisten Gehirnstrukturen zurück; wie zum Beispiel den hinteren Anteilen des Frontallappens, aber auch den frontal-limbischen Systemen, sowie die Integration von Informationen aus dem sensorischen und motorischen System, (Ullsperger & von Cramon, 2003).

³ Aus: Devinsky & D'Esposito (2004)

⁴ Spontane Blickbewegungen

⁵ beide Hemisphären des Großhirn zusammenfassend

Die Autoren verweisen auf die Schlussfolgerung von Fuster (1997, 2000), der behauptet, dass der frontale Kortex hierarchisch dem sensorischen und auch motorischen System übergeordnet ist. Ullsperger und Cramon (2003) räumen dieser Behauptung jedoch gewisse Einschränkungen ein, da die Leistungen des frontalen Kortex eher als Produkt des Zusammenwirkens mehrerer Gehirnstrukturen angesehen werden kann, als eine einzelne Leistung.

Der schlagkräftigste Hinweis, dass der Frontale Kortex mit den Exekutiven Funktionen im Zusammenhang steht, liefern vor allem Befunde über die Auswirkung von Frontalhirnschädigungen, welche zu erheblichen Beeinträchtigungen der Exekutiven Funktionen führen können (Karnath & Kammer, 2003).

Anatomisch wird der präfrontale Kortex in drei Gebiete aufgegliedert, den medialen, den dorsolateralen und den orbitofrontalen Teil. Diese drei Bereiche unterscheiden sich nicht nur in ihrer Entwicklungsgeschichte, sondern sind funktionell mit unterschiedlichen kortikosubkortikalen Systemen verbunden (Karnath & Kammer, 2003). Daher kann eine Schädigung dieser genannten Bereiche zu funktionell unterschiedlichen Beeinträchtigungen führen.

Laut Kahnert und Kammer (2003) kann man verallgemeinert sagen, dass Frontalhirnschädigungen zu Beeinträchtigungen in kognitiven Prozessen führen, wie das Problemlösen, mentales Planen oder das Initiieren bzw. inhibieren von Handlungen. Eine umfassende Störung der Funktionen wird als dysexekutives Syndrom bezeichnet.

Wobei auch hier wieder unterschiedliche Auffassungen zur Taxonomie der Störungen Exekutiver Funktionen herrschen. So findet man in der Literatur verschiedene Synonyme zur Beschreibung derselben Störungen, wie zum Beispiel Frontalhirnsyndrom, exekutive Dysfunktionen oder eben dysexekutives Syndrom.

Zum weiteren Verständnis der topographischen Aufteilung relevanter Komponenten Exekutiver Funktionen, ein kurzer Überblick über die Verteilung in den verschiedenen Bereichen des Präfrontalen Kortexes.

Insgesamt lassen sich vier zentrale Bereiche des PFK unterscheiden(siehe Übersicht in Förstl, 2005, S. 64).

- 1) Die ventromediale Region, welche primär mit Funktionen wie Sozialverhalten, Hemmung und Motivation im Zusammenhang gebracht wird.
- 2) Der mediale PFK, wo Funktionen wie Aufmerksamkeit und die Ausführung Handlungsrouninen angesiedelt sind.

- 3) Die Frontopolare Region, welche für Handlungsanpassungen in bestimmten Situationen verantwortlich ist.
- 4) Der Dorsolaterale PFK (DL-PFK), der vorrangig mit dem Arbeitsgedächtnis und dem Problemlösenden Denken assoziiert wird.

Im Folgenden werden einige Modelle zur Beschreibung und Darstellung exekutiver Funktionsbereiche vorgestellt, um einem Überblick über die vielen und immer komplexer werdenden Versuche zur Gliederung der einzelnen Funktionen zu geben.

Als erstes wird auf das klassische Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley eingegangen, einem britischen Wissenschaftler, der sich schon in den 70er Jahren dem Versuche widmete eine Differenzierung und Abgrenzung relevanter kognitiver Prozesse der Exekutiven Funktionen vorzunehmen.

Danach erfolgt ein kurzer Abriss über das Komponentenmodell auf Basis kognitionspsychologischer Ansätze zur Aufgliederung wesentlicher Subprozesse der übergeordneten Komponenten *Planen* und *Handeln* von Exekutiven Funktionen.

Als Abschluss soll das Modell, angelehnt an Drechsler (2007), aufgegriffen werden, da es in seiner Komplexität und Vielschichtigkeit eine gute Ergänzung zum Komponentenmodell liefert.

3.3.1 Arbeitsgedächtnismodell

Ein oft zitiertes Model zur Fraktionierung der wichtigsten Komponenten stellt das Arbeitsgedächtnis Modell von Baddeley (1986) dar, was im Folgenden kurz vorgestellt, aber nicht weiter im Detail besprochen wird.

Das Arbeitsgedächtnis ist laut Baddeley (1986) in seiner Funktion hoch komplex und verantwortlich für die kurzzeitige Aufrechterhaltung und Verarbeitung relevanter Informationen und zur Ausführung komplexer Aufgaben wie Lernen, Verstehen und Schlussfolgern (Baddeley A. , 1998).

Baddeley (1986) schreibt dem Arbeitsgedächtnis drei wesentliche Komponenten zu, mit der Zentralen Exekutive als höchste Instanz. Dieser sind zwei Subsysteme untergeordnet, die Phonologische Schleife und der Visuell-Räumliche Notizblock. Die Phonologische Schleife ist primär für die Verarbeitung auditiver und sprachbasierter Informationen zuständig.

Außerdem wird angenommen, dass ihr entwicklungsgeschichtlicher Ursprung mit sprachwahrnehmenden und sprachproduzierenden Systemen im Zusammenhang steht, um möglicherweise den Spracherwerb zu erleichtern (Baddeley A. , 1998)

Zum anderen der Räumlich-Visuelle Notizblock. Dieser dient vor allem der Aufrechterhaltung und Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen, wie zum Beispiel die Lokalisation eines Objekts im Raum oder Informationen über die äußere Erscheinung. Der Zentralen Exekutive kommt in diesem Model eine Art *Überwacher-Funktion* im Sinne einer Aufmerksamkeitskontrolle über beide Subsysteme zu. Es delegiert Verarbeitungsprioritäten, unterbricht bei Bedarf Routineprozesse und überwacht nicht-routinierte Prozesse, sowie den Vergleich von Handlungsergebnisse mit Handlungszielen (Buchner, 2003). Außerdem überträgt die Zentrale Exekutive auch jene Prozesse an das Arbeitsgedächtnis, die weder in den Verantwortungsbereich der Phonologischen Schleife, noch dem räumlich-visuellen Notizblock fallen.

3.3.2 Komponentenmodell

Das Komponentenmodell (Abbildung 1, S.8) stellt eine Zusammenfassung vieler bisheriger Versuche zur Gliederung und Abgrenzung einzelner Teilprozesse der Exekutiven Funktionen dar.

Die Erkenntnisse von Baddeley sind maßgeblich in diese Komponentenaufstellung mit eingeflossen und ist daher nicht als Gegenmodell zum Arbeitsgedächtnismodell anzusehen. Vorrangig werden zwei Hauptkomponenten der Exekutiven Funktionen unterschieden, das *Planen* und *Handeln*. Den beiden Komponenten sind wiederum Unterfunktionen untergeordnet, die auch teilweise miteinander zusammenhängen und daher nicht als unabhängig betrachtet werden können.

Angelehnt an Bodenburg (2001) soll nun eine kurze Auflistung der einzelnen Subkomponenten erfolgen, um das Verständnis über die Wahl der genannten Exekutiven Funktionen und dessen Anwendung im Programmierprozess während des Robotertrainings zu erweitern:

Planen

1. Analyse der Umgebung

Eine Analyse der Umgebungsbedingung ist die Voraussetzung für die Auswahl eines situationsangemessenen Verhaltens. Dies ist besonders in neuen bzw. ungewohnten Situationen von Bedeutung wenn das Planen lösungsorientierter und zielführender Verhaltensweise gefordert ist. Zusätzlich ist die Umgebungsanalyse auch mit der Suche nach Hilfsmitteln für eine eventuelle Problemlösung, sowie mit dem Abruf eigener

Vorerfahrungen mit ungewohnten Situationen verbunden, die mit in die Planungsgestaltung einbezogen werden.

2. Konzeptentwicklung

Beschreibt die Fähigkeit einen Handlungsplan zu entwerfen, der auf ein aktuelles Problem anwendbar ist. Notwendige Variablen sind beispielsweise zielgerichtete Augenbewegungen, um Ideen über wichtige kontextbezogene Elemente zu entwickeln.

Darüber hinaus ist auch Wortproduktion und Einfallsreichtum wichtig. Ein Mangel an Einfällen steigert die Tendenz fremde Lösungsstrategien zu übernehmen oder auch vordergründig praktikable Lösungen zu akzeptieren ohne sie auf Zieleignung zu überprüfen. Zudem sind das richtige Einschätzen einer gegebenen Situation und schlussfolgerndes Denken, um zur Lösung des Problems zu gelangen, wichtige Merkmale zur Entwicklung eines Konzepts.

3. Sequenzierung

Meint die zeitliche Reihung von Teilschritten eines Handlungsentwurfs als Bestandteil des Planens. Damit einhergehend ist auch die Koordination von Teilschritten in einem Gesamtplan von hoher Wichtigkeit.

Handlungsentwurf bedeutet in diesem Zusammenhang, eine Vorstellung über die Ordnung und Ausführung einzelner Handlungsschritte zu haben, sowie die Antizipation möglicher Konsequenzen von notwendigen Handlungsschritten, um schließlich zur Problemlösung zu gelangen.

4. Initiieren von Handlungen

Diese Teilfunktion stellt das Bindeglied zwischen den beiden Hauptkomponenten *Planen* und *Handeln* dar, weil es hierbei um die konkrete Umsetzung eines Handlungsplans in eine selbstgesteuerte Handlung geht und auch das Abarbeiten bestehender Lösungskonzepte impliziert. Des Weiteren spielt diese Komponente auch eine wichtige Rolle bei der Wiederaufnahme von Handlungen nach Unterbrechung und externer Ablenkung.

Handeln

5. Flexibilität

Diese Komponente umfasst zwei Teilbereiche; Perseveration und Veränderung von Routinen. Perseveration kennzeichnet in diesem Fall die Wiederholung von Bewegungen

oder umgrenzten Handlungen, die für die gegebene Situation nicht adäquat sind. Das bedeutet ein einmal begonnenes Verhalten kann nicht oder nur schwer unterdrückt werden. Die Veränderung von Routinen charakterisiert die Fähigkeit zur Modifikation von Routinen, die auf höherem Komplexitätsniveau angesiedelt sind.

Wenn beispielsweise bei einer bestimmten Problemstellung Routinehandlungen⁶ nicht angebracht sind, müssen diese unterbrochen und durch eine Alternativhandlung ersetzt werden. Eine Anpassung des aktuellen Verhaltens an das geplante Ziel erfolgt über sogenannte Rückkopplungsschleifen, bei der ein ständiger Vergleich zwischen der ausgeführten Handlung und des geplanten Ziel vorgenommen wird und somit das Verhalten im Hinblick auf das angestrebte Ziel korrigiert werden kann.

6. Beachten von Regeln

Ist wichtig, wenn es darum geht das eigene Verhalten mit den bestehenden Regeln und Konventionen in Einklang zu bringen. Der Einbezug von moralischen, ethischen und rechtlichen Aspekten in der Planerstellung und –Ausführung vermindert in diesem Kontext auch die Tendenz zu rücksichtslosen Verhalten.

7. Ablenkbarkeit und Daueraufmerksamkeit

Ist gegeben wenn sich konkurrierende Handlungsanreize interferieren und sich gegenseitig hemmen. Dies kann zu impulsiven, vorschnellen Handlungen oder bei interner und externer Ablenkung zu Handlungsabbrüchen führen, was wiederum auch mit mangelnder Impulskontrolle und einer hohen Ablenkbarkeit⁷ verbunden ist.

Daueraufmerksamkeit ist dann von Bedeutung wenn beispielsweise Schwierigkeiten auftreten, deren Lösung mit einem gewissen Durchhaltevermögen verknüpft ist. In dem Sinne, dass ein bestimmtes Verhalten über einen längeren Zeitraum zu planen und zu organisieren ist oder auch länger andauernde Aufgaben zu bewältigen sind.

3.3.3 Dreidimensionales-Mehrebenenmodell

Einen Schritt weiter geht Drechsler (2007). Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand arbeitet sie mithilfe einer plastischen, dreidimensionalen und mehrebenen Darstellung die verschiedenen Regulations- und Kontrollprozesse exekutiver Funktionen heraus (siehe Abbildung 3; Drechsler, 2007). Die einzelnen Ebenen und Dimensionen des Würfels sollen

⁶ sind überlernte, häufig angewendete Verhaltensweisen oder -ketten, die in ihrem Komplexitätsgrad über Einzeltätigkeiten hinausgehen

⁷ Ist die Folge von Störungen in der selektiven Aufmerksamkeit

hier kurz beschrieben werden, um das Verständnis exekutiver Funktionsbereiche ausreichend zu komplementieren.

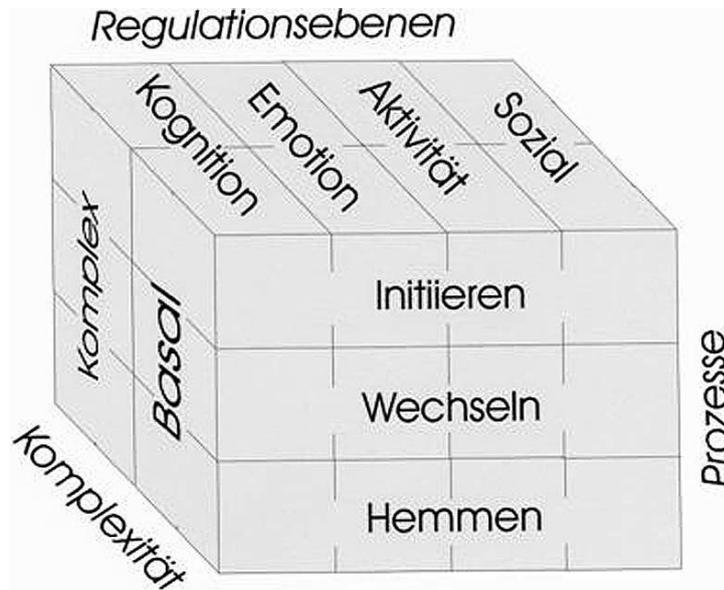


Abbildung 3: Beschreibung exekutiver Funktionen

Ein weiterer Unterschied zum Komponentenmodell besteht in der Unterscheidung zwischen basalen und komplexen Prozessen, wodurch eine angemessene Annäherung an die Vielschichtigkeit exekutiver Prozesse vorgenommen wird.

Die basalen Prozesse beinhalten vorrangig Vorgänge des „Initiieren“, „Wechsel“ und „Hemmen“, welche teilweise auch schon weiter oben im Komponentenmodell (Kapitel 3.3.2) beschrieben wurden. Deswegen werden sie an dieser Stelle nicht im Detail vorgestellt um Redundanz zu vermeiden.

Auf komplexer Prozessebene werden insgesamt sechs Funktionen differenziert. Komplexe Prozesse kommen laut Drechsler (2007) dann zum Tragen, wenn mehrere kognitive Prozesse gleichzeitig ablaufen oder an bestimmte situative Bedingungen angepasst werden müssen.

Folgende Funktionen sind dabei von Relevanz:

a) Kognitive Ebene

1. **Monitoring.** Beinhaltet die fortlaufende Überwachung eigener kognitiver Leistungen, die, wie Drechsler anmerkt sich aus neuropsychologischer Sicht

sowohl auf untergeordnete Prozesse während der Überwachung selbst beziehen, als auch den nachträglichen Vergleich von Ist- und Sollzuständen, was dann wiederum zur Fehlerentdeckung und Fehlerkorrektur beiträgt.

2. **Problemlösen** im Sinne des induktiven Denkens, wobei ausgehend von Einzelereignissen auf allgemeine Regeln geschlossen wird und diese dann im Gegenzug auf andere Einzelereignisse angewendet werden (vgl. Cramon & Matthes-von Cramon, 1993).
3. **Planen** der Schritte die notwendig für die Zielerreichung sind. Dies impliziert zudem auch die Antizipation möglicher Hindernisse oder Fehler, die dann vermieden werden können.
4. **Ablauforganisation**. Wird im unserem heutigen Sprachgebrauch allgemein als „Multitasking“ beschrieben. Die Fähigkeit bezieht sich auf Problemlöse-Planung- und Evaluationsaspekte, mit deren Hilfe die Bewältigung komplexer Anforderungen stattfindet, die eine flexible Anpassung an sich ändernde Bedingungen und fortlaufende Entscheidungsprozesse erfordern.

b) Exekutive Kontrollprozesse

5. **Aufmerksamkeitsleistung**: Aufmerksamkeitsverteilung und Konfliktverarbeitung
 - a. findet statt, wenn gleichzeitig ablaufende Prozesse in gleicher Weise die kognitive Aufmerksamkeit verlangen oder
 - b. die kognitive Leistung an die jeweilige Aufgabenschwierigkeit angepasst werden muss (Sanders, 1998)
6. **Gedächtnisleistung** betreffen vorrangig Enkodier- und Abrufstrategien, bei denen
 - a. die Verknüpfung von neu gelerntem Material mit bereits vorhandenen Wissensinhalten erfolgt und
 - b. durch die Analyse des neuen Materials auf vorhandene Merkmale, diese dann bestimmten Ordnungsstrukturen zugeordnet werden. Die Ordnungsstrukturen erleichtern dann im späteren Verlauf den Wissensabruf (Fletcher & Henson, 2001)

Aktivitätsebene

- 7. Aktivitätsregulation** nimmt Bezug auf ein „zu viel“ oder „zu wenig“ von gezeigten Verhalten. Blumer & Benson (1975) sprechen in diesem Zusammenhang von einer sogenannten Plus- oder Minus-Symptomatik, bei der entweder ein Aktivitätsüberschuss oder –defizit vorliegt. Merkmale von einem Defizit sind bspw. Apathie, Motivationsverlust, mangelnde emotionale Beteiligung usw. Ein Überschuss an Aktivität ist zum Beispiel durch Hyperaktivität, Rastlosigkeit, Distanzlosigkeit, Sprachdrang usw. charakterisiert. Es gleicht quasi einem Hemmungsdefizit.

Emotionsebene

- 8. Emotionale oder auch affektive Regulation** betrifft Prozesse des
- a. emotionalen Lernens, durch negative oder positive Rückmeldung an das Belohnungssystem.
 - b. Damit zusammenhängend ist die affektive Regulation auch bei langfristiger Zielverfolgung von großer Wichtigkeit, im Hinblick auf das Lernen aus vergangenen positiven und negativen Erfahrungen.
 - c. Ein Mangel an affektiver Kontrolle kann zu impulsiven Entscheidungen führen, die oft an unmittelbare Bedürfnisse geknüpft sind ohne dabei langfristige Konsequenzen zu beachten.

Soziale Ebene

- 9. Bewusstsein/ Störungsbewusstsein** lässt sich nach Stuss (1991) hierarchisch in folgende Komponenten gliedern:
- i. Bewusstsein für die eigene Person (self-awareness) und Selbstreflektion
 - ii. Bewusstsein für ein zeitlich überdauerndes Ich mit stabilen Merkmalen und Zielen
 - iii. Störungsbewusstsein (d.h. sich eigener Störungen bewusst sein)

10. Empathie und Theory of Mind

Empathie ist die Fähigkeit sich in andere Personen einzufühlen und deren Rolle bzw. Perspektive gedanklich zu übernehmen.

Stuss und Anderson (2004) gehen davon aus, dass eine intakte Frontalhirnfunktion Voraussetzung ist, um eine Theory-of-mind zu entwickeln. Theory-of-Mind bezeichnet daher in diesem Zusammenhang das eher kognitive als emotionale

Vermögen sich in die inneren Zustände anderer Personen hineinzusetzen und somit auf die Intentionen ihrer Handlungen zu schließen (Förstl, 2005).

11. Soziale Regulation und Gesprächsverhalten

- a. Soziale Selbstregulation ist die Fähigkeit soziale Interaktionen im Hinblick auf Initiierung, Häufigkeit, Intensität und Dauer regulieren zu können
(Eslinger, Grattan, & Geder, 1995). Im Konkreten bezieht sich dies auf Kontaktaufnahme mit anderen Personen, auch wenn diese fremd sind, und ein angemessenes, also situationsadäquates Kontaktverhalten.
- b. Kontrolle bezüglich des Gesprächsverhaltens bezieht sich vor allem auf Gruß-, Abschieds- oder Höflichkeitsformeln, das Beachten von Regeln beim Sprecherwechsel, die Länge von Redebeiträgen, die Themenaushandlung, Wahl des falschen Registers (offizielle statt familiärer Ebene) und die Fähigkeit kontextunabhängige Bedeutungen zu verstehen, wie z.B. Ironie, oder Metaphern, oder Inferenzen zu bilden.

3.4 Entwicklung exekutiver Funktionen

Die Entwicklung der Exekutivfunktionen steht im alterskorrelativen Zusammenhang mit Verbesserungen der kognitiven Leistung. Demzufolge messen Zelazo, Müller, Frye und Markovitsch (2003) den Vollzug relevanter Entwicklungsschritte in der exekutiven Funktionsleistung daran, was das Kind kognitiv imstande ist zu lösen. Daher können Aufgaben zur kognitiven Leistungserfassung gleichsam als valide Messinstrumente fungieren, z.B. der A-not B-Test nach Piaget (1954 [1936]).

Weshalb es zu den Veränderungen bzw. Verbesserungen in der kognitiven oder auch Exekutivleistung kommt, versuchen verschiedene Erklärungsansätze annäherungsweise zu begründen. Dabei werden kognitive Leistungsverbesserungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln herangezogen, bspw. die Zunahme der Arbeitsgedächtnisfähigkeit (Morton & Munakata, 2002, in Rötthlisberger, 2010), Die Reifung von Inhibitionsmechanismen (siehe Diamond, 2002, in Rötthlisberger, 2010) die Einsicht in die hierarchische Komplexität von Regelsystemen (Zelazo et al., 2003, in Rötthlisberger, 2010) oder der Konzepterwerb von

Intentionen bzw. der Perspektivenübernahme (Kloo & Perner, 2003, in Röthlisberger 2010)⁸.

Die Entwicklung der exekutiven Funktionen beginnt bereits im Laufe des ersten Lebensjahres. In dieser Zeit vollziehen sich wichtige Reifungsprozesse im Präfrontalen Kortex, die mitunter auch einen wichtigen Beitrag in der kognitiven Entwicklung leisten. Andere signifikante Entwicklungsschritte finden im Alter von 3-6 Jahren und 7-11 Jahren statt (Röthlisberger, Neuenschwader, Roebers, & Roebers, 2010). Daher im Folgenden Abschnitt eine kurze Auslistung der wichtigsten Entwicklungsfortschritte von der Geburt bis in frühe Erwachsenenalter.

3.4.1 Erstes Lebensjahr

Um etwa 7 ½ bis 8 Monate herum vollziehen sich erste operationalisierbare Entwicklungsschritte in Bereich der Exekutiven Funktionen. So lässt sich zum Beispiel anhand des berühmten *A-not B-Test* nach Piaget (1954 [1938]) zeigen, dass sich in dieser Altersperiode ein Fortschritt in den Arbeitsgedächtnisfähigkeiten und kognitiver Flexibilität vollzieht (Diamond, 2002; Zelazo, 2003).

Bei dem A-not B-Test wird vor den Augen der Kinder ein Objekt an einem bestimmten Ort A versteckt. Zur Auswahl gibt es zwei Versteckorte, A und B die sich nur dahingehend unterscheiden, dass der eine sich links und der andere sich rechts vom Kind befindet. Das Objekt wird zunächst immer an Ort A versteckt, wo das Kind ihn auch findet.

Nach einigen Durchgängen wird das Objekt nun an Ort B versteckt. Der Fehler, den Kinder bis zum Alter von etwa 10 Monaten machen, ist, dass sie weiterhin an Ort A nach dem Objekt suchen, obwohl sie gesehen haben, dass es an Ort B versteckt wurde.

Sie „perseverieren“ also in ihrer Suchstrategie. Zelazo (2003) attribuiert diesen Suchfehler auf die Unfähigkeit die mentale Repräsentation des Objekts zum Suchen zu nutzen und somit die Hemmung der vorherrschenden Suchstrategie zu überkommen.

Da Kinder ab einem Alter von ca. drei Jahren im Stande sind diese Aufgaben und Ähnliche fehlerfrei zu lösen, kann angenommen werden, dass sich in diesem Alter ein markanter Entwicklungsschritt vollzieht. De Loach (1995) weist darauf hin, dass die altersbezogene Veränderung in der Bewältigung der Aufgaben eine Verbesserung in der Fähigkeit zur kognitiven Flexibilität repräsentiert.

⁸ Von diesem Ansatz ausgehend wird an dieser Stelle der alterskorrelative Zusammenhang mit der Theory-of-Mind deutlich

Ein weiterer wichtiger Punkt in diesem Kontext ist die Vermutung, dass Entwicklungsfortschritte in diesem Alter auf Veränderungen im Aktivitätsmuster elektrischer Impulse im Gehirn (vgl. Fox & Bell, 1990) zurück zu führen sind. Darauf bezugnehmend postuliert u.a. Diamond (2002) , dass in diesem Stadium eine Leistungsverbesserung in den genannten Funktionsbereichen eher auf eine gesteigerte neuronale Aktivität, als auf die Reifung der Hirnregionen um den DL-PFK zurückzuführen ist.

3.4.2 1.-3. Lebensjahr

Gemäß des Erklärungsansatzes zur Verbesserten Arbeitsgedächtnisfähigkeit (siehe weiter oben), sind in einem Alter von ungefähr 2 ½ Jahren Kleinkinder bereits in der Lage eine gelernte und daher vorherrschende Verhaltenstendenz im Sinne der inhibitorischen Kontrolle (Hemmung) zu unterdrücken und eine andere oder der Situation mehr entsprechende Verhaltensweise auszuführen. Diese Fähigkeit reift bis Ende des dritten Lebensjahres heran (Diamond, 2002). Verbesserungen in der Arbeitsgedächtnisfähigkeit leiten sich vor allem aus den höheren Kapazitäten im Kurzzeitgedächtnis ab (vgl. Case, 1995). Das Kurzzeitgedächtnis ist semantisch mit der Phonologischen Schleife verknüpft (siehe Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley (Kapitel 3.3.1). Daher werden Verbesserungen des Kurzzeitgedächtnisses auf höhere Kapazitäten der Phonologischen Schleife zurückgeführt, weshalb dann auch mehr Kapazitäten sich „Regeln“ zu merken, um Aufgaben zu lösen (z.B. denn DCCS nach Zelazo, 2003), zur Verfügung stehen.

3.4.3 3.-7- Lebensjahr

In dieser Periode ist die Verbesserung bei der Bewältigung kognitiver Aufgabenstellungen im Alter von 3-5 Jahren am bedeutendsten. Laut Erklärungsansatz zu gesteigerten Inhibitionsmechanismen (siehe weiter oben, Diamond, 2002) werden Verbesserungen der exekutiven Kontrolle durch verbesserte Hemmmechanismen erklärt. Ab einem Alter von etwa 4 Jahren überkommen Kinder die Tendenz vorherrschende Verhaltensmuster oder vorherrschendes Antwortverhalten zu zeigen, durch die Entwicklung eines konzeptuellen Verständnisses über Konsequenzen eines Aktionsschemas, die nicht beabsichtigt waren (Perner & Lang, 1999).

Vor allem bei jenen Aufgaben (Day-Night-Stroop, card sorting, False belief usw.) die auf Fähigkeiten des Arbeitsgedächtnisses, also das Aufrechterhalten von Informationen und die Inhibition abzielen, zeigen deutliche Verbesserungen.

Bei dem Day-Night-Stroop (Gerstad, Hong, & Diamond, 1994), der auch in der Roboter-Trainingsstudie verwendet wird werden den Kindern zwei Karten gezeigt, auf denen sich jeweils die Abbildung einer Sonne oder eines Monds befinden. Die Regeln lauten, jeweils das Wort „Tag“ bei der Mondkarte oder „Nacht“ bei der Sonnenkarte zu sagen. Die Herausforderung liegt darin, zwei Regeln zeitgleich im Arbeitsgedächtnis zu behalten und den Impuls das laut auszusprechen, was auf der Karte gesehen wird, zu unterdrücken (Inhibition).

Diamond (2002) merkt in diesem Kontext an, dass die Schwierigkeit bei jüngeren Kindern, 3 ½ - 4 ½ Jahre, die Aufgabe zu bewältigen darin besteht, dass sie zwar die Regeln merken und den Impuls den Inhalt, der sich auf der Karte zeigt zu benennen unterdrücken können, dies jedoch dadurch eingeschränkt ist, wenn das gezeigte Bild (z.B. Sonne) semantisch mit dem was gesagt werden muss (z.B. Nacht) verknüpft ist.

Ein anderes Beispiel bietet der Dimensional Card Sorting Test (Zelazo et al., 2003). Die Aufgabenstellung lautet dabei, Karten je nach vorgegebener Dimension, z.B. Farb- oder Formspiel, in die entsprechenden Boxen einzusortieren. Beim Farbspiel lautet die Regel die Karten der Farbe (rot und blau) und beim Formspiel die Karten der jeweiligen Form (Hund und Vogel) entsprechend, einzusortieren.

Dieser Test fordert gleichsam Regeln im Arbeitsgedächtnis präsent zu haben und danach die Karten in die entsprechenden Boxen, an denen sich die Zielkarten befinden, ein zu sortieren. Der Reaktionskontrolle liegt darin, die Tendenz zu unterdrücken die Aufmerksamkeit weiterhin auf die anfänglich relevanten Regeln zu richten und die Neuen nicht zu beachten. Kognitionspsychologisch wird dieses Phänomen mit dem Begriff „attentional inertia“ beschrieben (Kirkham, Cruess, & Diamond, 2002). Damit ist die Neigung zur Aufmerksamkeitsermüdung gemeint. Allport und Kollegen (Allport, Styles, & Hsieh, 1994) konnten zeigen, dass sich diese Tendenz auch noch bei Erwachsenen zeigt und daher niemals vollkommen zu verschwinden scheint.

3.4.4 Siebtes Lebensjahr – frühes Erwachsenenalter

In dieser Zeit zeigen sich vor allem Verbesserungen, die direkt mit dem Präfrontalen Kortex und im besonderem mit dem DL-PFK in Verbindung stehen.

Die Veränderungen betreffen vorrangig folgende vier Fähigkeiten:

a) Verarbeitungsgeschwindigkeit

Eine gesteigerte Verarbeitungsgeschwindigkeit ist vor allem mit einer gesteigerten Arbeitsgedächtnisleistung, einer effizienteren Enkodiergeschwindigkeit und Enkodiergenauigkeit assoziiert.

b) Fähigkeit gelernte Strategien einzusetzen

Je älter Kinder werden, desto eher benutzen sie Strategien und verbessern diese. Ein gutes Beispiel bietet die sogenannte „Wiederholstrategie“, die oft bei Kindern in diesem Alter beobachtet werden kann. Dabei wird diese Strategie als Gedächtnisstütze eingesetzt, indem Inhalte immer wieder wiederholt werden, um besser gemerkt werden und wieder abgerufen werden zu können. Bei jüngeren Kindern wird das Anwenden dieser Strategie nur selten beobachtet.

c) Informationen im Gedächtnis aufrechtzuerhalten und mit diesen zu arbeiten

(Manipulation, Monitoring, Transformation usw.)

Piaget (1958, in Diamond, 2002) konstatiert, dass Kinder um sieben Jahre herum zunehmend befähigt werden mehr als zwei Perspektiven in Betracht ziehen und simultan über zwei Aspekte nachdenken zu können.

Ab sieben Jahren verbessert sich die Fähigkeit mental kombinieren, separieren, ordnen und neuordnen zu können. Das bedeutet, die Kinder schreiten in ihrer kognitiven Flexibilität voran und können Alternativen mit einbeziehen wenn sie zur Lösung eines bestehenden Problems gelangen sollen.

d) Aufrechterhalten von Informationen und Inhibition

Kane und Engel (2000; zitiert in Diamond, 2002) unterscheiden sich teilweise in ihrer Definition vom Arbeitsgedächtnis im Vergleich zu Baddeley (1986, 1998). Das Aufrechterhalten selektiver Informationen geschieht ihrer Ansicht nach in einer Aktiven und leicht wieder abrufbaren Form.

Das Blockieren bzw. Inhibieren anderer Informationen, nicht relevanter Informationen betrifft dabei das Verhindern der Überführung dieser Informationen in den Aktiven/Abrufbaren Status. Bei dem sogenannten „Task-Switching-Paradigma“ kommen beide Fähigkeiten zum Einsatz. Zum einen die aktive Aufrechterhaltung und zum anderen die Inhibition störender Informationen. Am Beispiel des DCCS wäre es das aktive

Aufrechterhalten des einen Regelsets und die Inhibition des anderen nicht erwünschten Regelsets.

Ab ca. vier Jahren verbessert sich die Fähigkeit zum kognitiven Wechsel (switching) bis ins frühe Erwachsenenalter. Selbst 11-jährige Kinder bewältigen Tast-Switch Aufgaben noch nicht auf Erwachsenenniveau (vgl. Cohen, Bixenman, Meiran, & Diamond, May, 2001).

3.4.5 Alternative Erklärungsversuche

Einen wichtigen Aspekt liefern in diesem Kontext Dowsett und Livesey (2000). Die Autoren betonen in ihren Ausführungen den Einfluss der Erfahrung als wesentlichen Faktor für die Entwicklung Exekutiver Funktionen. Anders als Fox und Bell (1990), die vor allem altersabhängige zerebrale und neuronale Reifungsprozesse als Entwicklungsmotor ansehen oder Diamond (2002), die eine gesteigerte neuronale Aktivität als Determinante für progressive Entwicklungsschritte beschreibt, führen Dowsett und Livesey (2000) den Faktor der Erfahrung als Erklärungskonzept auf. Die Autoren postulieren, dass neben der biologischen Reifung, eine mehrmalige Vorgabe an Exekutiven Aufgaben zu wesentlich strukturellen Veränderungen in der exekutiven Organisation führe (Dowsett & Livesey, 2000). Sie gehen davon aus, dass durch die Vorgabe bzw. Auseinandersetzung mit Testmaterial, das exekutive Funktionsleistung erfordert (z.B. der DCCS-Test; Zelazo, Frye, & Rapus, 1996) eine Reflexion der Regeln und daher die explizite Auswahl der am geeignetsten Regel stattfindet. Daraus resultiere, so Dowsett und Livesey (2000) eine Beschleunigung in der Aneignung eines komplexeren Regelverständnisses und Regelreflexion. Dieses würde dann wiederum im weiteren Verlauf zu einer verbesserten Kontrolle der Gedanken und den damit verbundenen Handlungen führen. Zusätzlich kommen Dowsett und Livesey (2000) zu dem Schluss, dass ein allgemeines Exekutives Funktionstraining zu besseren Ergebnissen in der Verbesserung der Fähigkeiten führe, als ein domain-spezifisches Training. Sie berufen sich in ihrer Behauptung darauf, dass ein allgemeines Training mehrere, verschiedene Exekutive Leistung erfordere und daher im größeren Ausmaß zu einer Verstärkung der kognitiven, exekutiven Strukturen führe und somit zu einer mehr generalisierbaren Reaktionkontrolle (Dowsett & Livesey, 2000).

3.5 Diagnostik Exekutiver Funktionen im Zusammenhang mit Trainingsstudie

Die Diagnostik Exekutiver Funktionsbereiche ist Teil der Neuropsychologischen Diagnostik, die zur Klärung und Auffindung von Frontalhirn- oder anderen hirnorganischen Schädigungen, die oft mit kognitiven und affektiven Veränderungen einhergehen, dienen.

Trotz vieler psychologischer Tests zur psychometrischen Erfassung Exekutiver Funktionen, ist es dennoch schwer ein ganzheitliches Störungsbild abzubilden. Exekutive Funktionsstörungen werden vor allem in der Bewältigung von Alltagsanforderungen sichtbar, da die Personen einer ablenkungsreicheren Umgebung ausgesetzt sind, als in einer standardisierten Laborsituation (vgl. Bodenburg, 2001).

Daher sind neben der testpsychologischen Untersuchung auch die Verhaltensbeobachtung, sowie Selbst- und Fremdanamnese von großer Wichtigkeit (siehe Karnath, Hartje, & Ziegler, 2006). Im klinisch-psychologischen Bereich werden aufgrund dessen neben standardisierten und normierten Test zur Erfassung exekutiver Komponenten, auch verschiedene Intelligenzmessverfahren verwendet, die zusammen als Grundlage zur Verhaltensbeobachtung dienen (Karnath, Hartje, & Ziegler, 2006).

Eine gute Übersicht zu verschiedene Messverfahren zur Beurteilung von Exekutiven Funktionsleistungen bieten u.a. Cramon und Matthes-von Cramon (1995) und Drechsler (2007).

Die klinische Diagnostik fokussiert sich primär auf drei wesentlich Fähigkeiten der Exekutiven Funktionen:

a) Flexibilität

Dazu klassische angewendet werden bspw. der WCST, DCCS .

b) Handlungsplanung

Die Planung von intendierten Handlungen stellt ein hoch komplexes Aufgabengefüge dar, angefangen von der Problemidentifikation und –Analyse, sowie das Generieren von Hypothesen, der Abruf verschiedener Methoden und schließlich die Ausarbeitung einzelner Handlungsschritte (Cramon & Matthes-von Cramon, 1995).

Beliebte Messverfahren in diesem Zusammenhang sind beispielsweise Labyrinth Aufgaben oder Transformationsaufgaben. Bei ersteren wird vor allem das visuell-räumliche Planungsvermögen erfasst. Bei den Transformationsaufgaben lassen sich zwei sehr beliebte Methoden anführen, zum einen der Turm von Hanoi (Simon, 1975) und der Turm von London (Shallice, 1982). Bei beiden Aufgaben werden komplexe Planungsprozesse gefordert. Beim Turm von Hanoi stehen drei Stäbchen zur Verfügung. An einem der Stäbe befinden sich Scheiben, die in abnehmender Größe übereinanderliegen. Die Aufgabe ist es nun alle Scheibe von Stab A, über die Zwischenstation Stab B, auf Stab C zu überführen, so dass sie wieder in der anfänglichen Ordnung übereinander liegen. Die Regeln lauten dabei, dass nur jeweils eine Scheibe bewegt und eine größere Scheibe nicht auf eine kleinere

Scheibe gelegt werden darf. Das Ziel sollte dabei mit möglichst wenigen Scheibenbewegungen erreicht werden.

Der Turm von London beinhaltet dieselben Regeln wie der Turm von Hanoi, mit dem Unterschied, dass es anstatt Scheiben Kugeln zu bewegen gilt und die Kinder vor der Aufgabenbearbeitung ihre geplanten Schritte zur Lösung erklären sollen (Shallice, 1982).

c) Handlungskontrolle

Gängige Verfahren in diesem Bereich zielen vor allem auf Sorgfältigkeitsleistungen ab, bei denen über einen längeren Zeitraum gespeicherte und manipulierte Informationen aufrechterhalten werden müssen, um sie dann für die Handlungssteuerung einsetzen zu können. Die Zielintention muss also Zeit und Situation übergreifend aufrechterhalten werden (siehe Förstl, 2005).

Ein klassisches Messverfahren ist die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung.

Bei diesem Verfahren werden fortlaufend einzelne Ziffern präsentiert. Wenn eine Ziffer der vorherigen Ziffer gleicht soll der Proband per Tastendruck darauf reagieren. Diese Aufgabe erfordert eine kontinuierliche Kontrolle des Informationsflusses durch den Kurzzeitspeicher des Arbeitsgedächtnisses.

Im Folgenden soll nur auf die Diagnostik Exekutiver Funktionen eingegangen werden, die auch im Kontext unserer Trainingsstudie verwendet werden. Damit sind relevante und gängige Methoden zur Erfassung einzelner Funktionsbereiche vorgestellt.

In unserer Trainingsstudie kamen insgesamt drei Verfahren zur Erfassung einzelner Komponenten Exekutiver Funktionen zum Einsatz.

- a) Dimensional Card Sorting Test nach Zelazo. Dieser sollte dazu dienen die kognitive Flexibilität zu erfassen.
- b) Day-Night Stroop. Mit diesem Test sollte die inhibitorische Kontrolle erfasst werden.
- c) Truck-loading Task. Diente dazu das Planen und problemlösenden Denken zu testen.

3.5.1 Dimensional Card Sorting Task (Zelazo, Frye, & Rapus, 1996) (DCCS)

Der DCCS ist konzeptuell an den Wisconsin-Card-Sorting Test (WCST) (Grant & Berg, 1948) angelehnt, der oft als prototypischer Frontalhirn-Test eingesetzt wird (siehe Förstl, 2005).

Genauso wie der WCST dient auch der DCCS als Messverfahren zum Regelverständnis bzw. –Benutzung. Dabei gibt die Anzahl der perseverativen Fehler Aufschluss über die mangelhafte Umstellfähigkeit im Sinne der kognitiven Flexibilität (Förstl, 2005).

Der DCCS offenbart zusätzlich ein relativ gut definiertes Zeitfenster in der Entwicklung Exekutiver Funktionen im Vorschulalter (Towse, Redbond, Houston-Price, & Cook, 2000).

Die Lösung der Aufgaben im DCCS erfordern vor allem Fähigkeiten zur kognitiven Flexibilität, im Besonderen zum Wechsel (kognitive Flexibilität), sowie Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses.

Die Kinder müssen Karten nach einer bestimmten Dimension bzw. Regeln, z.B. Farbe (rot/blau) sortieren. Nach einigen Durchgängen kommt es dann zum sogenannten „Switch (Wechsel)“, bei dem sich die Sortierregeln ändern, z.B. sortieren nach Form (Hund/Vogel) anstatt Farbe.

Als letztes Erfolgt eine Interferenzaufgabe bei der beide Regelsets gleichzeitig relevant sind; also sortieren der Farbe oder Form entsprechend.

Bezüglich des Arbeitsgedächtnisses müssen zwei Regeln im Arbeitsspeicher aufrechterhalten und aktiv benutzt werden. In der Interferenzaufgabe muss das Kind in der Lage sein flexibel zwischen den zwei Regeln alternieren zu können, je nachdem welche der beiden Dimensionen gefragt ist.

Ist die Fähigkeit zur kognitiven Flexibilität noch nicht gänzlich ausgereift, werden die Kinder in der Interferenzaufgabe oder nach dem ersten Switch an den Regeln, die sie als erstes gelernt haben festhalten; sie perseverieren also. Dies ist teilweise mit mangelhaften Hemmmechanismen assoziiert, das Hemmen der nicht-gefragten Regel (vgl. Diamond, 2002). Towse und Kollegen (2000) argumentieren, dass Fehler in der Flexibilität bei dieser Aufgabenstellung auf Schwierigkeiten in der Organisation multipler kognitiver Repräsentationen zurückzuführen sind. Weiteres wird in diesem Kontext von den Autoren vermutet, dass sich diese Art von Fehler in diesem Alter auch in anderen Paradigmen widerspiegelt, bspw. beim False-Belief-Test.

3.5.2 Day-Night-Stroop (Gerstad, Hong, & Diamond, 1994)

Der Day-Night Stroop ist einer der zahlreichen Abwandlungen des Original Stroop Tests. Dieser geht auf den sogenannten Stroop-Effekt zurück, der erstmals 1935 von seinem Begründer John Ridley Stroop vorgestellt wurde. Dabei kommt es zu Interferenzen bei der Verarbeitung gleichzeitig dargebotener Stimuli und somit zu erhöhten Reaktionszeiten. Das klassische Beispiel aus dem Stroop-Test sind farbig gedruckte Wörter, dessen Farbe jedoch nicht mit dem Inhalt des Wortes übereinstimmt: **Blau**. Es kommt folglich zu Verarbeitungskonflikten, so dass es schwer fällt die Farbe der Buchstaben zu benennen. Der Effekt kommt durch den Konflikt zwischen automatisch ablaufenden Handlungen, lesen des Wortes, und der aufmerksamkeitserfordernden Aufgabe, Farbe benennen, zustande. Bei dem Day-Night-Stroop erfordert die Lösung, gleichsam wie im Stroop-Test, die Hemmung (inhibitorische Kontrolle) der automatisch ablaufenden Prozesse und die bewusste Ausführung einer Alternativhandlung. Zusätzlich werden noch zwei Regeln vorgegeben, die dem vorherrschenden Antwortverhalten entgegengesetzt sind und es daher inhibiert werden muss; Tag bei dem Mondbild und Nacht bei dem Sonnenbild zu sagen. Daneben sind auch wieder Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses erforderlich, durch das Aufrechterhalten und aktive Benutzen zweier Regeln im Arbeitsspeicher. Der Stroop- oder auch Interferenzeffekt tritt hier laut Diamond (2002) auf, da es hier zu semantischen Verarbeitungskonflikten kommt. Die Hemmung der vorherrschenden Antworttendenz, Sonne bei der Sonnenkarte und analog dazu „Nacht“ bei der Nachtkarte zu sagen, sei dadurch erschwert.

3.5.3 Truck-Loading (Fagot & Gauvin, 1997)

Dieses Verfahren stammt von Beverly Fagot und Mary Gauvin. Zwei Psychologinnen aus den USA, die während ihrer Forschungsarbeiten zum Zusammenhang zwischen dem mütterlichen Problemlöseverhalten und dem Problemlöseverhalten ihrer Kinder, diesen Test zur Erfassung der kognitiven Problemlösefähigkeit entwickelt haben.

Bei diesen Verfahren liegt der Fokus besonders auf dem Planen von Teilschritten, um zur Lösung des Problems bzw. zur Zielerreichung zu gelangen (Planen und problemlösendes Denken).

Dabei muss das Kind nicht nur mehrere Regeln zur gleichen Zeit im Arbeitsgedächtnis behalten, sondern diese während der Planung von relevanten Teilschritten anwenden. Die Schwierigkeit bei diesem Test liegt darin, dass das Kind eine Strategie zur umgekehrten

Reihenfolgebildung einsetzen muss. Eine ausführliche Beschreibung dieses Verfahren befindet sich im empirischen Teil dieser Arbeit (Kapitel 5.1.3)

3.6 Hot and Cool Functions im Zusammenhang mit dem Robotertraining

Das in der Wissenschaftsgemeinde allgemein anerkannte Modell der Exekutivfunktionen als bereichsübergreifende Fähigkeit wird zunehmend aufgrund neuer Befunde aus Hirnstudien zum Präfrontalen Kortex kritisiert bzw. der Hinweis darauf gegeben, dass möglicherweise bestimmte Komponenten der Exekutiven Funktionen verschiedenartig in unterschiedlichen Kontexten operieren (Hongwanishkul, Happaney, Lee, & Zelazo, 2005). In diesem Zusammenhang unterschieden beispielsweise Zelazo und Müller (2002) zwei distinkte Aspekte der Exekutivfunktionen voneinander, wobei diese jeweils mit unterschiedlichen Regionen des präfrontalen Kortexes assoziiert sind.

Sie benennen diese zum einen als „Hot Functions“ und zum anderen als „Cool Functions“ der exekutiven Funktionen.

Hot Functions werden laut den Autoren mit affektiven Aspekten in Zusammenhang gebracht und kommen daher in Problemstellungen, wo es um die Regulation von Affekt und Motivation geht (z.B. regulieren der elementaren limbischen Funktionen) oder auch bei Neubewertungen der motivationalen Bedeutung eines Stimuli (wie zum Beispiel beim Iowa Gambling Test⁹; Bechara, Damasio, Damasio, & Anderson, 1994) zum Tragen. Aus der neurophysiologischen Perspektive werden die Hot Functions als Funktionen des Ventromedialen-Präfrontalen Kortexes (VM-PFK) angesehen, die vorzugsweise mit den Fähigkeiten zu sozialen und emotionalen Entscheidungsprozessen in Verbindung gebracht werden (Hongwanishkul, Happaney, Lee, & Zelazo, 2005).

Cool Functions werden dagegen als reine, kognitive Fähigkeiten angesehen, die vor allem bei abstrakten, dekontextualisierten Problemstellung relevant werden (z.B. DCCS-Test). Neurophysiologisch gelten die als Fähigkeiten des Dorsolateralen-Präfrontalkortexes, dessen klassische Funktionen beispielsweise Arbeitsgedächtnis Fähigkeiten und der flexible Gebrauch gelernter Regeln sind. Daher sind alle der drei verwendeten Tests in der Trainingsstudie den Cool Functions der Exekutiven Funktionen zuzuordnen.

Entwicklungsgeschichtlich wird den Cool Functions ein markanter Entwicklungsschritt im Alter zwischen drei und vier Jahre zugeschrieben (Zelazo, Muller, Frye, & Markovitsch, 2003).

⁹ Wo es darum geht zu lernen jene Alternative zu wählen, die den höchsten Gewinn bringt

Auch wenn die Hot Function weniger frequentiert untersucht werden, geht man davon aus, dass sich diese schon etwas früher entwickeln als die Cool Functions. Hinweise darauf gibt vor allen die Tatsache, dass der VM-PFK zeitlich früher relevanter Reifungsprozesse durchläuft als der DL-PFK (Gogtay, et al., 2004).

Die Wichtigkeit der Unterscheidung beider Konzepte wird überwiegend im klinischen Bedeutungszusammenhang deutlich. So sind viele klinische Störungen und Beeinträchtigungen im Kindesalter mit Störungen in den Exekutivfunktionen verbunden. Zum Beispiel vermuten Zelazo und Müller (2002) das bei einigen Störungen die Beteiligung der Cool und Hot Functions in unterschiedlichen Maß ausfällt. So vermuten sie, dass beispielsweise bei Autismus eher eine Störung der Hot Functions vorliegt und Cool Function relativ unbeteiligt bleiben. Dagegen wird zum Beispiel bei ADHS angenommen, dass diese Störungen vielmehr mit Störungen bzw. Beeinträchtigungen in den Cool Functions zusammenhängt.

Dennoch ist sich die Wissenschaft einig, diese beiden Funktionen nicht als unabhängig voneinander zu betrachten, sondern eher als Teile eines Systems, die zusammen arbeiten und daher die Vermutung eines korrelativen Zusammenhangs beider Funktionen bei der Durchführung und Bearbeitung relevanter Aufgaben zu Hot und Cool Functions (z.B. DCCS) naheliegt.

4 Zielsetzung, Fragestellung und Hypothesen

Das in den letzten zehn Jahren zunehmende Interesse an Exekutiven Funktionen, stellt auch im Alltag von Kindern ein wichtiges Thema dar. Exekutive Funktionen spielen eine wesentlich Rolle bei der Bewältigung des (Schul-)Alltages durch zur Hilfenahme Exekutiver Subfunktionen wie das Planen und Initiieren beabsichtigter Handlungen, sowie die Überwachung, Evaluation, und Korrektur gesetzter Handlung mit Blick auf die intendierte Zielerreichung. Diese Erkenntnis macht das Forschungsprojekt, in Zusammenarbeit mit dem Technikum Wien, umso interessanter. Ausgehend von der Wissensakademie Wien hat sich das Technikum Wien zur Aufgabe gemacht Kinder spielerisch das Programmieren anhand kleiner Marienkäfer-Roboter beizubringen. Darauf aufbauend, warf sich der Gedanke auf, dieses Vorhaben wissenschaftlich zu begleiten und zu evaluieren. Die dahinterstehende Idee war es zu untersuchen, ob sich durch das Programmiertraining eine Verbesserung betreffender Exekutiver Funktionen feststellen lässt.

Der Leitgedanke war demzufolge den Roboterkurs als ein hilfreiches kognitives Training zur Verbesserung Exekutiver Funktionsleistungen einzusetzen.

Die zentrale Fragestellung lautet daher, ob das Training, durch das Erlernen simpler Programmierschritte grundlegende, relevante Subprozesse Exekutiver Funktionen trainiert. Mit einem abschließenden Posttest sollte eruiert werden, ob das Robotertraining signifikante Einflüsse auf die Verbesserung Exekutiver Funktionen hat und in welchen Bereichen, insbesondere Hemmung, Planen oder kognitive Flexibilität, die Verbesserungen besonders stark ausgeprägt sind.

Die zentralen Hypothesen die sich aus der Forschungsfrage herleiten ergeben sich wie folgt:

Primär geht es darum festzustellen, ob das Robotertraining einen Einfluss auf die Exekutive Funktionsleistung hat. Diese Annahme lässt sich prüfen, indem man die Ergebnisse der Leistungen der Versuchsgruppe vor und nach dem Training vergleicht. Zu erwarten wäre laut Slangen et al. (2011), dass die Interaktion mit dem Roboter und die komplexe Aufgabenbewältigung zu verbesserten Leistungen in Steuerung- und Regulationsprozessen und damit auch zu verbesserten Exekutivleistungen führen. Nach Dowsett & Livesey (2000) müssten Verbesserungen in der Posttestleistung zu verzeichnen sein, aufgrund der wiederholten Auseinandersetzung mit Material, das exekutive Funktionsleistungen erfordert. Somit ergibt sich die erste Hypothese, dass die Leistungen in der Posttestung signifikant besser sind als in der Vortestung:

1) Vergleich der Leistungen innerhalb der Versuchsgruppe:

H₁: Die Leistungen der Robotergruppe sind im Posttest sind signifikant besser als im Pretest.

Insofern signifikante Unterschiede in der ersten Hypothese festgestellt werden, ist es weiter wichtig zu eruiern, ob die bestehenden Unterschiede auf das Robotertraining zurückzuführen sind. Um diese Annahme zu untersuchen wurde eine Kontrollgruppe in die Testungen miteinbezogen, die kein Training erhalten hat. Die Kontrollgruppe wurde jedoch zur gleichen Zeit, wie die Versuchsgruppe, mit denselben Test Pre- und Posttestungen unterzogen.

Die zweite Hypothese bezieht sich daher auf mögliche Leistungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen. Das zu erwartende Ergebnis wäre, dass die Posttestleistungen der Versuchsgruppe signifikant besser sind, als jene der Kontrollgruppe.

2) Vergleich der Posttestleistungen zwischen den beiden Gruppen:

H₁: Nach der Teilnahme am Robotertraining sind die Exekutiven Funktionsleistungen der Versuchsgruppe signifikant besser als die der Kontrollgruppe.

Um mögliche Gruppenunterschiede besser erklären zu können, werden die Leistungen im K-ABC als Kontrollvariable mitaufgenommen. Dieses dient dazu mögliche Gruppenunterschiede aufgrund eines unterschiedlichen intellektuellen Leistungsniveaus ausschließen zu können.

Die dritte Hypothese bezieht sich daher auf den Vergleich der Pretestleistungen beider Gruppe unter Kontrolle der Intelligenztestleistungen:

3) Vergleich der Leistungen zwischen den Gruppen unter Berücksichtigung der intellektuellen Fähigkeiten.

H_{1.1}: Es bestehen signifikante Unterschiede im Pretest zwischen der Roboter und Kontrollgruppe unter Kontrolle der Variable der intellektuellen Fähigkeiten.

H_{1.2}: Es bestehen signifikante Unterschiede im Posttest zwischen der Roboter und Kontrollgruppe unter Kontrolle der Variable der intellektuellen Fähigkeiten.

Angelehnt an die angeführten Komponentenmodelle der Exekutiven Funktionen (siehe Bodenburg, 2001¹⁰; Drechsler, 2007¹¹) stellt sich die Frage, ob es mögliche korrelative Zusammenhänge zwischen den drei getesteten Komponenten der Exekutiven Funktionen gibt. Den theoretischen Ausführungen entsprechend wären signifikante Korrelationen zwischen den Leistungen aller Teilnehmer im DCCS, Day-Night-Stroop und Truck-Load Test zu erwarten. Die vierte Hypothese lautet daher:

4) Es besteht eine Beziehung zwischen den drei Variablen: inhibitorische Kontrolle, Planen und kognitive Flexibilität

H₁: Der statistische Zusammenhang zwischen den Variablen inhibitorische Kontrolle, Planen und kognitive Flexibilität ist signifikant.

Die letzte Hypothese in dieser Arbeit stellt den mögliche Einfluss demographischer Faktoren auf die Testleistungen dar. Diese Daten wurden mithilfe der informativen Einverständniserklärungen gewonnen. Da das Angeben dieser Daten auf freiwilliger Basis

¹⁰ Siehe Kapitel 3.3.2

¹¹ Siehe Kapitel 3.3.3

erfolgten, wurden leider nicht alle Felder ausgefüllt. Dennoch liegt uns ausreichendes Datenmaterial zu Verfügung, um der Frage nach dem Einfluss der Muttersprache, Bildungsgrad der Eltern, Herkunftsland der Eltern und Anzahl der Geschwister auf die Testleistungen nachzugehen. Die fünfte Hypothese lautet daher:

5) Untersuchung, ob die Unterschiede in den Pretestleistungen aller Teilnehmer aufgrund demographischer Faktoren zu erklären sind...

- a) Muttersprache
- b) Bildungsgrad der Eltern
- c) Herkunftsland der Eltern
- d) Anzahl der Geschwister

H₁: Die demographischen Faktoren haben einen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im Pretest.

5 Empirischer Teil

5.1 Methode

5.1.1 Untersuchungsplan

Die vorliegende Untersuchung ist Teil einer Kooperation zwischen dem Technikum Wien und dem Institut für Angewandte Psychologie¹². Die Grundidee war, dass Vorschulkinder spielerisch das Programmieren mithilfe kleiner Marienkäferroboter, Bee-Bots, erlernen sollten. Diese Roboter folgen einem einfachen Eingabe-Ausgabe-Schema, bei dem durch Tastendruck die Bewegungsrichtung vorgegeben bzw. programmiert wird (Kapitel 2). Das Ziel der Untersuchung stellt der Vergleich zweier Gruppen dar, im Hinblick auf mögliche Veränderungen exekutiver Funktionsleistungen durch das Robotertraining. Die Versuchsgruppe bilden jene Teilnehmer, die 6 Wochen lang an einem Kurs „Robotics for kids“ teilnahmen; die Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten kein Training. Beide Gruppen wurden zusätzlich einer Pre- und Posttestung unterzogen, bei der verschiedene psychologische Tests zur Erfassung exekutiver Funktionen angewendet wurden. Somit wurde der Versuch unternommen, mögliche Unterschiede in den Leistungen der beiden Gruppen und der einzelnen Teilnehmer vor und nach dem Training feststellen zu können. Zur Operationalisierung der zweiten und interessantesten Forschungshypothese, ob sich signifikante Verbesserung in der Versuchsgruppe durch das Robotertraining zeigen, wurde ein Mixed Design mit Messwiederholungen gewählt. Als Unabhängige Variablen dienen zum einen die Gruppenvariabel, Training- und Kontrollgruppe und zum anderen die Messzeitpunkt, Pre- und Posttest.

Die Abhängigen Variablen konstituieren die Leistungen in den drei verschiedenen Tests zur Erfassung der Exekutiven Funktionen.

Mögliche Störvariablen, wie zum Beispiel mangelnde Deutschkenntnisse, Rot-Grün-Blindheit, Versuchsleiter- und Durchführungseffekte, wurden wie folgt versucht auszuschalten.

Als Auswahlkriterium zur Teilnahme an diesem Projekt wurden nur Vorschulkinder gewählt, die zum ersten Testzeitpunkt mindestens viereinhalb Jahre alt waren oder im Untersuchungszeitraum dieses Alter erreichten, um ausreichende kognitive als auch sprachliche Voraussetzung zur Bewältigung der Aufgaben innerhalb der Untersuchung gewährleisten zu können. Zu Anfang der Vortestung, wurden zwei Untertests des K-ABC

¹² Institut für Angewandte Psychologie: Gesundheit, Entwicklung und Förderung

(Melchers & Preuß, 2009), Wortschatztest und Dreiecke, vorgegeben. Kinder, die diese beiden oder auch nur einen der Tests nicht bestanden haben, wurden aus der Stichprobe rausgenommen. Des Weiteren wurde im darauffolgenden Test mit Hilfe der Testkarten aus dem DCCS Test die Rot-Blau Blindheit überprüft, indem die Kinder die Farben, rot und blau, benennen mussten.

Mögliche Durchführungs- und Versuchsleitereffekte wurden zum einen durch standardisierte Instruktionen und zum anderen durch einen Wechseln an Testleitern für die Posttestung, denen nicht bekannt war, zu welcher Gruppe die Kinder gehören, umgangen.

Die Aufteilung der Versuchspersonen in die Versuchs- oder Kontrollgruppe war abhängig von der Kindergartenzugehörigkeit. Vom Technikum Wien wurde eine Ausschreibung zur Teilnahme am Kurs „Robotic for Kids“ im Folder der Wissensakademie geschaltet. Die Folder haben alle Kindergärten, die der Organisation „Kinderfreunde Wien“ angehören, erhalten. Die Teilnahmegebühr für den Roboterkurs belief sich auf 66 € pro Kind für 6 Einheiten im Abstand von einer Woche. Da sich leider auf die Anzeige nur ein Kindergarten gemeldet hat, haben wir einen zweiten Kindergarten unabhängig von der Ausschreibung der Wissensakademie gesucht, um eine ausreichende Stichprobengröße zu erhalten. Der „Robotic for Kids“ Kurs wurde daher gratis angeboten, um die Zustimmung zur Teilnahme an der Untersuchung zu erleichtern.

Insgesamt konnten wir vier Kindergärten für die Teilnahme an dem Diplomarbeitsprojekt in Zusammenarbeit mit dem Technikum Wien gewinnen. Davon erhielten zwei Kindergärten das Robotertraining, und zwei nahmen nur an den Pre- und Posttestungen mit einem Abstand von 6 Wochen teil.

5.1.2 Untersuchungsteilnehmer

Innerhalb der Kindergärten durften jene Vorschulkinder teilnehmen, die das Mindestalter von 54 Monaten (viereinhalb Jahre) erreicht hatten¹³ und deren Eltern sich mit der Teilnahme an der Untersuchung schriftlich¹⁴ einverstanden erklärt haben. Zusätzlich galt das erfolgreiche Absolvieren der beiden Untertests des K-ABC als Voraussetzung, um in die Stichprobe aufgenommen zu werden.

Des Weiteren wurden jene Teilnehmer aus der Stichprobe ausgeschlossen, die mehr als zwei Mal beim Roboterkurs gefehlt haben oder eine weitere Teilnahme nicht mehr wünschten.

¹³ Oder im Laufe des Untersuchungszeitraumes den 54. Lebensmonat erreichen werden

¹⁴ Es wurde an alle Eltern der teilnehmenden Kinder informative Einverständniserklärungen ausgeteilt

5.1.3 Untersuchungsbedingungen- und Materialien

In diesem Abschnitt werden zum einen die verwendeten Materialien für die Pre- und Posttestungen beschrieben, sowie die Instruktionen erläutert. Zum anderen wird konkret auf das Robotertraining eingegangen, indem kurz beschrieben wird, was in den jeweiligen Einheiten trainiert bzw. welche Materialien verwendet wurden.

Für die Pre- und Posttestung wurden dieselben Materialien und Tests verwendet.

Der einzige Unterschied bestand in der Vorgabe des K-ABC am Anfang der Pretestung, der als Messinstrument zu Erfassung des Intelligenzniveaus und Deutschkenntnisse, diente.

Zusätzlich wurden die Leistungen im K-ABC Test bei der späteren statistischen Analyse als Kontrollvariable integriert, um mögliche Unterschiede in den Exekutivleistungen aufgrund unterschiedlicher Intelligenzleistungen ausschließen zu können.

Die Testungen fanden im Einzelsetting im jeweiligen Kindergarten in einem abgetrennten Raum statt. Die Pretestungen wurden von mir und meiner Diplomgruppenkollegin durchgeführt, so dass immer zwei Kinder gleichzeitig getestet werden konnten. Zusammen mit der Vorgabe der K-ABC dauerte die Vortestung insgesamt ca. 50 Minuten pro Kind.

Pausen wurden immer nach der Durchführung des K-ABC gemacht, da dieser kognitiv sehr anspruchsvoll ist und auch einen Zeitraum von etwa 20 Minuten benötigte.

Wie weiter oben erwähnt, wurden die Posttestungen von anderen Diplomanden durchgeführt, um möglichen Testleitereffekten vorzubeugen. Diese wurde vor den Testungen von uns ausreichend instruiert und bekamen zusätzlich einen Ausdruck der standardisierten Testinstruktion (siehe Anhang) zur Testung beigelegt.

Zum Einsatz kamen folgende psychologische Tests (siehe Anhang):

- Kaufmann Assessment battery for Child (K-ABC; (Melchers & Preuß, 2009)
- Dimension change card sorting test (DCCS; Zelazo, Frye, & Rapus, 1996)
- Day-Night-Stroop (Gerstad, Hong, & Diamond, 1994)
- Truck-Load (Carlson, Moses, & Claxton, 2004, adopted from Fagot & Gauvain, 1997)

Exekutive Funktionen

Um jene Fähigkeiten zu erheben, die nicht nur im alterskorrelativen Zusammenhang stehen, sondern auch im direkten Bezug zum Programmieren bzw. Umgang mit Robotern wurden Tests ausgewählt, die Fähigkeiten der Exekutiven Funktionen erfassen.

Angelehnt an die Arbeitsdefinition exekutiver Funktionen in dieser Diplomarbeit waren folgende Exekutiven Funktionen von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit dem Programmiertraining am Roboter.

Kognitive Flexibilität (shifting): da es unter anderen darauf ankommt, flexibel auf neue Situation oder Problemstellungen reagieren zu können. Zum Beispiel je nach Aufgabe eine andere bzw. neue Tastenkombination auszuprobieren oder erlernte Regeln flexibel einzusetzen.

Diese Fähigkeit wurde mit den DCCS Test erfasst, der nicht nur das Merken zweier Regeln, sondern auch dessen flexible Anwendung in der Interferenzphase erfordert (Instruktionen siehe Anhang).

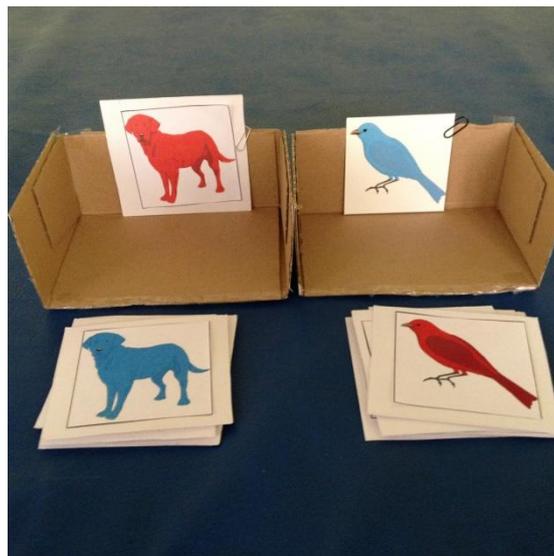


Abbildung 4: Aufbau des DCCS Tests

Planen (planning): Beim Programmieren ist es vor allem wichtig die nötigen Schritte¹⁵ im Voraus zu planen und zu ordnen, um somit den Roboter an das gewünschte Ziel zu navigieren, ohne sich zu verfahren oder die Aktionsmatte¹⁶ zu verlassen. Diese Fähigkeit wurde mit Hilfe des Truck-Loading Tests zur kognitiven Problemlösefähigkeit erhoben. Die Instruktionen befinden sich aufgrund ihrer Länge im Anhang. Bei diesem Verfahren wird dem Kind ein Spielfeld vorgelegt auf dem es eine Straße mit ovalem Verlauf sieht. Neben der Straße sind rote und blaue Häuser aufgestellt. Am Anfang der Straße befindet sich ein gelbes Postamt vor dem kleine rote und blaue Einladung in Form eines Briefumschlages liegen.

¹⁵ in unserem Fall die richtige Tastenkombination

¹⁶ Matte auf der die Aufgaben mit den Roboter ausgeführt wurden

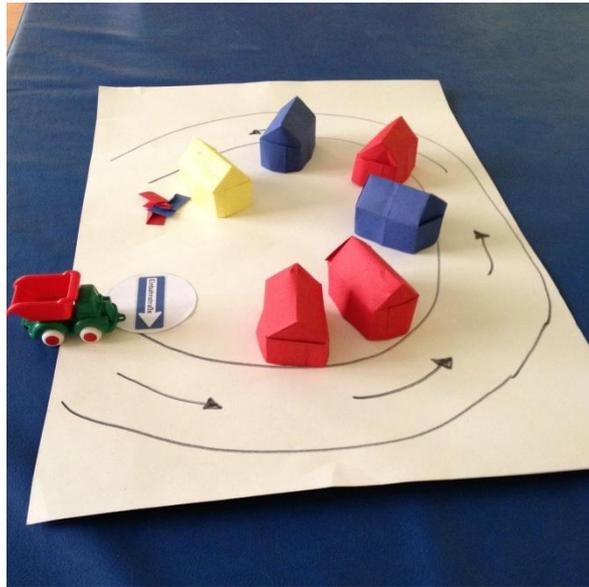


Abbildung 5: Aufbau des Truck-Loading-Tests

Die Aufgabe an das Kind ist es, die Häuser zu einer Party einzuladen, indem es die Einladung zu den farbgleichen Häusern bringt. Dazu steht dem Kind ein kleiner Truck mit einer Ladefläche zur Verfügung, auf die das Kind die Einladungen legen kann. Bevor der Tests beginnt werden dem Kind die Regeln erklärt (Instruktionen siehe Anhang). Wichtig dabei ist zu beachten, dass die Kinder lernen, dass der Truck immer nur in eine Richtung fahren kann, also nicht rückwärtsfahren oder umkehren kann. Zusätzlich kann immer nur die oben liegende Einladung herunter genommen werden. Damit wird sichergestellt, dass das Kind die Einladungen der Reihenfolge der Häuser entsprechend aufladen muss, so dass immer die Farbe der Einladung der Farbe des Hauses das angefahren wird, entspricht. Stehen mehrere Häuser in verschiedenen Farben an der Straße, muss das Kind erkennen, dass die Reihenfolge der Einladungen entgegengesetzt der Reihenfolge der Häuser an der Straße ist. Wenn zum Beispiel die Reihenfolge der Häuser rot, rot, blau ist, muss das Kind die Einladungen in verkehrte Reihenfolge aufladen, also blau, rot, rot, damit die rote Einladung oben liegt, weil das erste Haus rot, das zweite rot und das letzte blau ist.

Der Tests gliedert sich in vier Levels; pro Level kommt ein neues Haus dazu:

Level 1: rotes Haus, rotes Haus

Level 2: rotes Haus, rotes Haus, blaues Haus

Level 3: rotes Haus, rotes Haus, blaues Haus, rotes Haus

Level 4: rotes Haus, rotes Haus, blaues Haus, rotes Haus, blaues Haus.

Jedes Kind hat zwei Versuche pro Level. Wenn beide Versuche nicht geschafft wurden, gilt dies als Abbruchkriterium. Ein Versuch wurde gewertet sobald das Kind mit dem Truck zum ersten Haus gefahren ist. Wenn der erste Versuch als falsch gewertet wurde, durfte das Kind zurück zum Postamt fahren und alle Einladungen noch mal von vorne einladen. Pro Versuch wurde 1 Punkt vergeben und 0 Punkte für einen Fehlversuch. Wurde ein Level beim ersten Versuch geschafft, hat das Kind 2 Punkte erhalten.

Inhibitorische Kontrolle (Hemmung; Inhibition)

Über die einzelnen Kurseinheiten hinweg wurden die Kinder mit immer komplexeren Aufgabenstellungen konfrontiert. Daher ist es wichtig vorherrschende oder gelernte Antwort bzw. Reaktionstendenzen zu hemmen und neue, alternative Verhaltensweise anzuwenden, um zur Problemlösung zu gelangen. Die Einheiten fanden immer im Gruppensetting statt, weshalb allein durch die Anwesenheit der anderen Kinder, als auch der Trainingsleiter und die Geräusche der Bee-Bots viele ablenkende Reize präsent waren. Daher sollte auch ein gewisses Durchhalte- und Konzentrationsvermögen vorhanden sein, um ablenkende Reize ausblenden bzw. hemmen zu können. Als angemessenes Verfahren zur Erfassung der Inhibitionsfähigkeit wurde der Day-Night-Stroop gewählt.

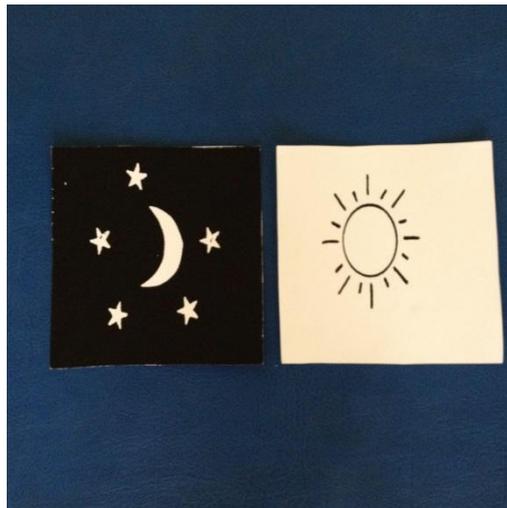


Abbildung 6: Zielkarten des Day-Night-Stroop Tests

Dabei werden den Kindern Karten vorgehalten auf denen entweder eine Sonne oder ein Mond mit Sternen zu sehen ist. Die Regel bei diesem Test ist es bei der Sonnenkarte „Nacht“ zu sagen und bei der Mondkarte „Tag“ zu sagen. Es geht also darum die vorherrschende Antworttendenz zu unterdrücken, also „Tag“ bei der Sonnenkarte und „Nacht“ bei der Mondkarte zu sagen und die alternative, aber richtige Antwort zu geben. Gewertet wurde

immer die erste Antwort, auch wenn sich das Kind sofort nach einer falschen Antwort berichtet hat, wurde es trotzdem mit 0 Punkten gewertet.

Eine richtige Antwort wurde mit zwei Punkten bewertet. Wenn das Kind lange überlegen musste oder gezögert hat wurde ein Punkt vergeben.

Die Anleitung zur Testdurchführung wurde dem Kind wie folgt vorgegeben:

„Wir spielen jetzt gemeinsam das Tag-Nacht-Spiel.“

Training:

*1. Instruktion: Versuchsleiter (VL) zeigt dem Kind die Mond mit Sternen- Karte:
„Wenn du diese Karte siehst, möchte ich, dass du Tag sagst.“ VL fordert Kind auf das Wort „Tag“ zu wiederholen.*

*2. Dann nimmt der VL die Karte weg und zeigt die Sonnenkarte und instruiert:
„Wenn du diese Karte siehst, möchte ich, dass du Nacht sagst“. VL fordert das Kind auf, das Wort „Nacht“ zu wiederholen.*

3. Dann zeigt er die Sonnenkarte. Dieses Mal erfolgt keine Instruktion. Wenn Kind zögert „Was sagst du zu dieser Karte?“. VL soll nie Tag oder Nacht sagen.

Wenn Kind korrekt antwortet, loben und fährt fort mit der Mondkarte. Wenn Kind richtig antwortet, loben, und die ersten beiden Durchgänge werden gewertet für die Testung

Testung beginnt

Wenn Kind inkorrekt oder nicht antwortet, werden die beiden Durchgänge als Übung gezählt und der VL erinnert Kind an beide Regeln, beginnend mit der Karte, die das Kind nicht korrekt identifiziert hat. Dann Sonnenkarte zeigen, wenn Kind korrekt antwortet, loben, fortfahren mit Mondkarte. Wenn Kind korrekt geantwortet werden die Versuche als Testversuch 1 und 2 gezählt und es wird fortgefahren. Wenn es einer der Karten falsch identifiziert, wird es als Übung gezählt und VL erinnert das Kind an die Regeln und es wird mit der falsch identifizierten Karte wieder begonnen.

Testung beginnt

Kind muss jede Regel zumindest einmal korrekt beantwortet haben im Übungsteil und Versuch 1 und 2, um Durchgang als geschafft zu zählen.

Es erfolgen insgesamt 16 Durchgänge mit 8 „Tag“-Karten und 8 „Nacht“-Karten, Die Vorgabe der Karten erfolgt dem Pseudozufallsprinzip.

Folgende Reihenfolge für Versuchsbedingung (N=Nacht; T=Tag): N, T, T, N, T, N,N, T, T, N, T, N, N, T, N, T (entspricht den Antworten, die das Kind geben muss)

Wenn Kind zögert, Versuchsleiter: „Was sagst du für diese Karte“; VL sagt nie „Tag“ oder „Nacht“

Während der 16 Durchgänge wird kein Feedback gegeben.

5.1.4 Untersuchungsdurchführung

Die Vortestungen fanden alle im Zeitraum von März bis April 2012 statt. Die beiden Versuchskindergärten waren zum einen der städtische Kindergarten am Handelskai 78, 1020 Wien und zum anderen der Studentenkindergarten der österreichischen Hochschulschülerschaft (ÖH) im Universitätscampus Altes Allgemeines Krankenhaus (AAKH) statt. Die Kontrollkindergärten waren beide Privatkindergärten, Castellino, Lederergasse 26 und Alt-Wien, Lederergasse 33 in 1080 Wien, da es sehr schwierig gestaltet hat städtische Kindergärten für die Teilnahme am Projekt zu gewinnen.

Vorzugsweise war der Beginn jeder Testung auf den frühen Morgen gelegt, um mit den Kindern möglichst ausgeruht und unbelastet arbeiten zu können. Die Testungen in den Versuchskindergärten fanden jeweils eine Woche vor dem Roboterkurs statt.

Wie vorher schon erwähnt wurden die Testungen von mir und meiner Kommilitonin durchgeführt, so dass immer zwei Kinder gleichzeitig getestet werden konnten. Zuerst absolvierte jedes Kind den K-ABC bei einer Testleiterin und dann nach einer kurzen Pause die restlichen Verfahren bei der anderen Testleiterin.

In jedem Kindergarten wurde eine Liste mit den Namen der Kinder, dessen Eltern sich zur Teilnahme bereit erklärt haben, zur Verfügung gestellt. Somit wurde nach und nach jedes Kind, das auf der Liste stand, aufgerufen. Den Kindern wurde von uns als Erklärung für die Einzelsitzung mitgeteilt, dass wir Spiele mit ihnen spielen möchten. Der Großteil der Kinder war während der Testung sehr interessiert und hat gut und konzentriert mitgearbeitet.

Auf den Einverständniserklärungen der Eltern waren zusätzlich noch Fragen zum Herkunftsland und zur höchsten abgeschlossene Ausbildung aufgeführt, um darüber hinaus auch Informationen zum Bildungsgrad der Eltern und zur Muttersprache des Kindes zu erhalten.

Nach Beendigung des Roboterkurses bzw. Ablauf der 6 Wochen Wartezeit für die Kontrollkindergärten, wurden die Posttestungen im Zeitraum Mai bis Anfang Juni durchgeführt. Um möglichen Versuchsleitereffekten entgegenzuwirken aufgrund des Vorwissens darüber welches Kind an dem Training teilgenommen hat und den Ergebnissen aus den Vortestungen, wurden andere Testleiter zur Durchführung ausgewählt. Die Testungen wurden jedoch von uns überwacht und kontrolliert.

Die Dauer der Sitzung reduzierte sich in der Posttestung auf ca. 20 Minuten pro Kind, da der K-ABC nicht mehr vorgegeben wurde.

Zusätzlich wurde bei jedem Kind nach der Posttestung ein 5 minütiges Interview zum konzeptuellen Verständnis eines Roboters abgehalten (siehe Anhang). Für jene Kinder aus der Kontrollgruppe, wurde der Bee-Bot vor dem Interview kurz vorgeführt und seine Funktion erklärt, um sicher zu stellen, dass in beiden Gruppen der Bee-Bot als Roboter bekannt ist.

5.1.5 Robotics for Kids

Der Kurs zum Erlernen von Programmierfähigkeiten wurde über einen Zeitraum von 6 Wochen abgehalten mit einer Woche Abstand zwischen den jeweiligen Einheiten.

Die Gruppengröße betrug pro Kurs zwischen 12 und 16 Kindern. Um eine gute Betreuung während der Einheiten gewährleisten zu können, einigten wir uns auf eine

Trainingsleiteranzahl von 4 Personen. Während der Kurseinheiten wurden vier Kleingruppen gebildet, die dann jeweils von einem Trainer betreut wurden. Jeder Trainer hat vor Beginn des Roboterurses einen strukturierten Trainingsplan (siehe Anhang) erhalten, so dass für jede Einheit die Aufgaben für jedes Kind dieselben waren. Zusätzlich erhielt jeder Trainer ein Kursprotokoll (siehe Anhang) auf dem er nach der Einheit eintragen musste wie viele Kinder eine bestimmte Aufgabe geschafft oder nicht geschafft haben, um uns einen groben Überblick über die Leistungsfähigkeit der beiden Kurse liefern zu können.

Die Materialien für den Kurs wurden alle von Technikum Wien gestellt:

- 6 Bee-Bots
- 3 Symbolmatten
- 2 Landschaftsmatten
- 1 Straßenmatte
- Ein Zeichenheft pro Kind

An dieser Stelle ist zu bemerken, dass zu Anfang der ersten Einheit an jedes Kind ein Zeichenheft ausgeteilt wurde. In dieses sollten die Kinder einen Roboter zeichnen, so wie sie ihn sich vorstellten. Ziel dieser Aufgabe war es festzustellen inwiefern das Konzept „Roboter“ den Kindern bekannt und ist was sie sich darunter vorstellen. Des Weiteren diente das Zeichenheft auch als Stickerheft in das die Kinder nach erfolgreicher Absolvierung der Kursaufgaben Sticker hineinkleben durften, um somit eine kleine Form der Belohnung zu erhalten.

Danach wurden Videos von verschiedenen Robotern gezeigt, um das funktionale Konzept des Roboters den Kindern näher zu bringen. Die Funktionen der Roboter variierte dabei je nach Kontext, beispielsweise ein Staubsaugerroboter als Hilfe im Haushalt, Wall-E als vermenschlichter Roboter, der NAO-Roboter als Spielzeug für Kinder usw. (Fotos siehe Anhang).

Das 6-wöchige Training mit einer Einheit pro Woche wurde nach einem festgelegten Trainingsplan¹⁷ abgehalten.

In der ersten Einheit wurden die Kinder den Trainingsleitern vom Technikum vorgestellt, die dann die weitere Durchführung des Trainings übernommen haben.

Zunächst wurde den Kindern ein Zeichenheft ausgeteilt, in das sie einen Roboter, so wie sie ihn sich vorstellen, malen sollten. Diese Aufgabe diente dazu herauszufinden, wie die Kinder im Vorschulalter das Konzept *Roboter* erfassen. Danach fand in großer Runde ein kurze Diskussion statt, bei der Fragen zum Wesen des Roboters an die Kinder gestellt wurden, wie z.B.: „Was glaubt ihr kann ein Roboter?“, „Wie funktioniert ein Roboter?“, „Kann er denken?“, „Hat er Gefühle?“, „Kann der Roboter zum Beispiel traurig sein?“

Nach der theoretischen Beschäftigung wurden anschließend *echte* Roboter vorgeführt (z.B. NAO, NXT usw. siehe Bilder Anhang). Die praktische Auseinandersetzung sollte den Kindern auf eine spielerische Art und Weise die Funktionalität des Roboters näherzubringen.

In der zweiten Einheit wurden zu Beginn den Kindern Videos vorgeführt. Dieses sollte zum einen den Kindern wieder das Thema Roboter und das, was sie in der Einheit davor gelernt haben ins Gedächtnis rufen. Zum anderen werden in den Videos Roboter mit unterschiedlichen Funktionalitäten gezeigt, wie z.B. ein Staubsaugerroboter als Hilfe im Haushalt, ein Spielzeugroboter zur Unterhaltung eines Kindes und der Wall-E, ein Zeichentrickroboter mit menschlichen Eigenschaften. Danach erfolgte die Einteilung in kleine Arbeitsgruppen mit einem Trainingsleiter pro Gruppe. Diese blieben über die restlichen Einheiten in ihrer Konstellation bestehen. Der Trainingsleiter stellte daraufhin den Kindern die Bee-Bot vor und erklärte die Funktionsweise der Pfeiltasten, mit denen die Kinder die Bee-Bots steuern können. Nach der Reihe durfte dann jedes Kind einmal die Pfeiltasten ausprobieren. Sobald jedes Kind an die Funktionsweise des Boo-Bots gewöhnt war, wurden die eigentlichen Trainingsaufgaben bearbeitet:

1. Aufgabe: Drücken der Tasten im Uhrzeigersinn beginnend mit der Geradeaus-Taste (PB) → *Matte* „*Straße*“

¹⁷ Der detaillierte Trainingsplan ist dem Anhang zu entnehmen

2. Aufgabe: „Der Bee-Bot soll geradeaus fahren, wie machst du das?“ (PB) → *Matte „Straße“*
3. Aufgabe: Bee-Bot 2 Felder geradeaus bewegen: „Fahre vom „Topf“ zum „Kind“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
4. Aufgabe: Bee-Bot 2 Felder rückwärts bewegen: „Fahre vom „Wasserhahn“ zur „Landkarte“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
5. Aufgabe: Bee-Bot 2 Felder geradeaus und ein Feld nach rechts: „Fahre vom „Autobus“ zum „Kind“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
6. Aufgabe: Bee-Bot 2 Felder geradeaus und ein Feld nach links: „Fahre vom „Hahn“ zum „Wasserhahn“.“ (PB) → *Matte „Feld“*

Ab der dritten Einheit wurde nach einer kleinen Wiederholung zweier Aufgaben aus der vorangegangenen Einheit nur noch mit den Matten (siehe Foto im Anhang) gearbeitet. Da die Aufgaben jetzt schon komplexer waren, nahm ihre Bearbeitung eine ganze Stunde ein, sodass jedes Kind einmal jede Aufgabe bearbeiten konnte. In der dritten Einheit wurden folgende Aufgaben gestellt:

1. Aufgabe: Koordinatenaufgabe: Bee-Bot soll über eine Verzweigung fahren, einmal abbiegen und wieder mehrere Felder geradeaus „Fahre vom „Autobus“ zum „Hund“.“ (PB)
2. Aufgabe: Rechteck fahren: Bee-Bot soll an einem Punkt (bspw. Mund) starten und zum Schluss wieder auf dem Feld „Mund“ landen.

Die Kinder bekommen für jede gelöste Aufgabe als Belohnung einen Sticker oder Stempel in ihr Zeichenheft, das sie in der ersten Einheit bekommen haben.

Die Vierte und Fünfte Einheit waren nach demselben Schema wie Einheit Drei gestaltet. Folgende Aufgaben wurden bearbeitet:

Einheit 4:

1. Aufgabe: Koordinatenaufgabe rückwärts: Bee-Bot rückwärtsfahren lassen mit einer Verzweigung: „Fahre vom „Spinnennetz“ zum „Schwamm“.“ (PB)
2. Aufgabe: Rechteck rückwärtsfahren: Bee-Bot soll an einem Punkt (bspw. Hund) starten und ein Rechteck rückwärtsfahren, so dass er zum Schluss wieder auf dem Feld „Hund“ ankommt. (PB)

3. Aufgabe: Barriereaufgabe: Bee-Bot von Start zu Ziel navigieren mit Barriere: „Fahre von der „Maus“ zum „Stern“.“ (Barriere auf „Kinderbett“ – *Anm.: Barriere auf den Rand setzen*) (PB)

Einheit 5:

1. Aufgabe: Zielobjektaufgabe: Bee-Bot neben Zielobjekt (Kuscheltier) platzieren: Kuscheltier ist auf dem Feld „Karton“, Bee-Bot startet vom Feld „Mensch“, „Fahre vom „Mensch“, so dass der Bee-Bot rechts neben dem Kuscheltier steht und in die gleiche Richtung schaut.“ (PB)
2. Aufgabe: Kussaufgabe: Bee-Bot soll Zielobjekt /Kuscheltier) küssen: „Fahre vom „Topf“ so zum Kuscheltier, dass der Bee-Bot es küsst“ Das Kuscheltier befindet sich auf dem Feld „Baumstamm“ und schaut nach links. (PB)
3. Aufgabe: Anstoß-Aufgabe: Bee-Bot soll Zielobjekt von der Seite anstoßen: „Fahre von dem Feld „10“ zum Kuscheltier, dass es von rechts angestoßen wird.“ Das Kuscheltier befindet sich auf dem Feld „Nonne“. (PB)

Die sechste Einheit bildete die letzte Einheit des Robotertrainings. Der Anfang der Stunde war wieder nach demselben Schema wie die Einheiten davor gestaltet. Die Kinder bearbeiten zunächst zwei Wiederholungsaufgaben und anschließend die eigentlichen Aufgaben:

1. Aufgabe: Bee-bot muss Zielobjekt küssen, dann den Weg ins „Haus“ finden: „Fahre vom „Bein“ zum Kuscheltier, so dass der Beebot es küsst, dann fahre ins „Haus“.“ Das Kuscheltier befindet sich auf dem Feld „Huhn“. (PB)
2. Aufgabe: Parcour-Aufgabe: Zwei Kinder sitzen sich gegenüber, sollen mit den Bee-Bots einen Parcour fahren, ohne dass sich die Beebots behindern: (PB)
Startpunkt 1: „Bett“ Ziel 1: „Schwamm“
Startpunkt 2: „Bein“ Ziel 2: „Fuchs“

Für den Abschluss des Trainings wurden die Kinder noch einmal aufgefordert einen Roboter in ihr Zeichenheft zu malen. Interessant dabei war zu sehen, ob es Veränderungen in ihrer Gestaltungsweise eines Roboters gab. Da die Kinder sowohl vor dem Training als auch nach dem Training eine Roboterzeichnung anfertigen mussten, kann der Vergleich beider Zeichnungen eventuell bemerkenswerte Einsichten liefern. Zum Beispiel ähnelten einige Roboterzeichnungen der ersten Einheit eher einer Menschengestalt und jene der letzten Einheit eher einem Roboter (siehe Anhang).

6 Ergebnisse

Alle hier angeführten Ergebnisse und Berechnungen sowie Tabellen und Grafiken wurden mittels des Computerprogramms SPSS 11.5 für Windows durchgeführt.

6.1 Stichprobenbeschreibung

6.1.1 Stichprobenumfang und Geschlecht

Insgesamt nahmen 55 Vorschulkinder an der Studie teil, wovon 28 Kinder in der Trainingsgruppe und 27 Kinder in der Kontrollgruppe waren. Zum Zeitpunkt der Posttestungen hatten wir in der Trainingsgruppe einen Drop-Out von drei Kindern aufgrund nicht ausreichender Teilnahme am Robotertraining. Daher beläuft sich die Drop-Out Quote auf 5,46%. Die statistische Auswertung basiert auf dem Datensatz der übrigen 52 Kinder.

Davon waren 36 Kinder männlich (67%) und 17 Kinder weiblich (33%).

In der Versuchsgruppe belief sich die Anzahl an Teilnehmern auf 25 Kinder, wovon 17 Kinder männlich (68%) und 8 Kinder weiblich (32%) waren.

In der Kontrollgruppe waren 27 Teilnehmer, darunter 18 männliche (67%) und 9 weibliche (33%) Kinder. Vergleicht man die Häufigkeiten der Geschlechter, zeigt sich eine Überrepräsentation männlicher Teilnehmer in Versuchs- und Kontrollgruppe

6.1.2 Alter

Das Alter der Gesamtstichprobe, sowie aufgeteilt für Versuchs- und Kontrollgruppe befinden sich zur besseren Übersicht in

Tabelle 1: Alter in Monaten, sowie Mittelwert, Standardabweichung und Range der untersuchten Stichprobe

Alter	Gesamt (N=52)	Robotergr. (N=25)	Kontrollgr. (N=27)
MW	64,85	64,99	64,72
SD	6,63	6,85	6,56
Range	55,2-79,2	55,2-79,2	55,2-76,8

6.1.3 Herkunftsland, Muttersprache und Bildungsgrad

Die Daten zum Herkunftsland und Bildungsgrad der Eltern sowie zur Muttersprache der Kinder wurden über die informative Einverständniserklärungen gewonnen, die von den Eltern ausgefüllt werden mussten.

Das Ausfüllen der betreffenden Zeilen war freiwillig, weshalb der Datenrücklauf teilweise ohne Angaben erfolgte.

Insgesamt wurden 13 verschiedene Herkunftsländer angegeben. Die Eltern kommen überwiegend aus Österreich (36,4%), wobei an dieser Stelle anzumerken ist, dass ein beträchtlicher Teil der Eltern keine Angaben zum Herkunftsland gemacht hat (26,9%), was etwa einem Drittel der Gesamtstichprobe entspricht.

Abbildung 7 zeigt die prozentualen Anteile der verschiedenen Herkunftsländer.

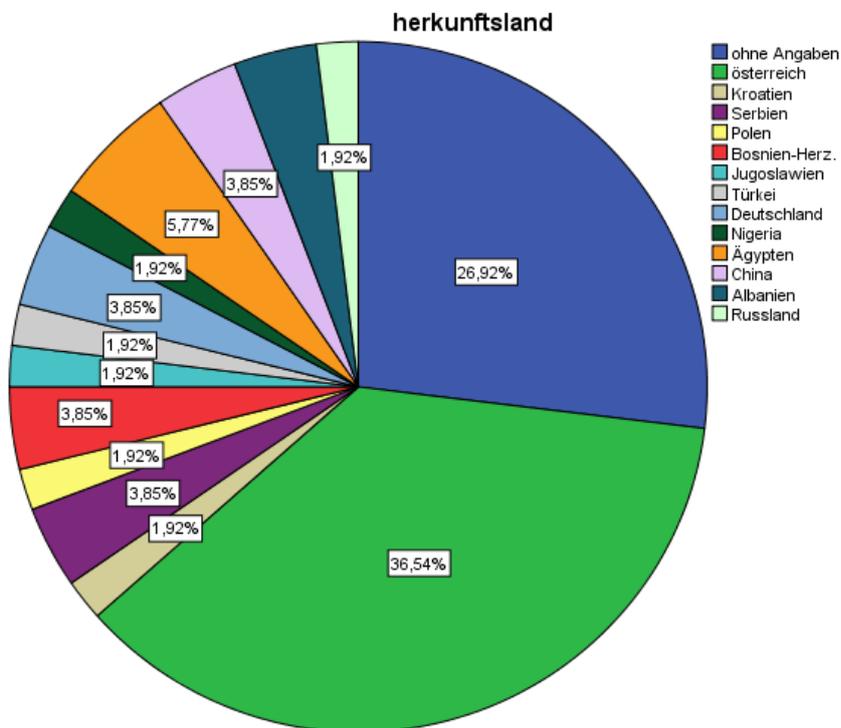


Abbildung 7: Herkunftsländer

Die Angaben zur Muttersprache der Kinder zeigt ein vergleichbares Ergebnis. Der Anteil an Kindern die deutschsprachig aufgewachsen sind liegt bei etwa 46%. Insgesamt füllten bei dieser Frage ca. ein Fünftel der Eltern die Frage nicht aus (23,08%).

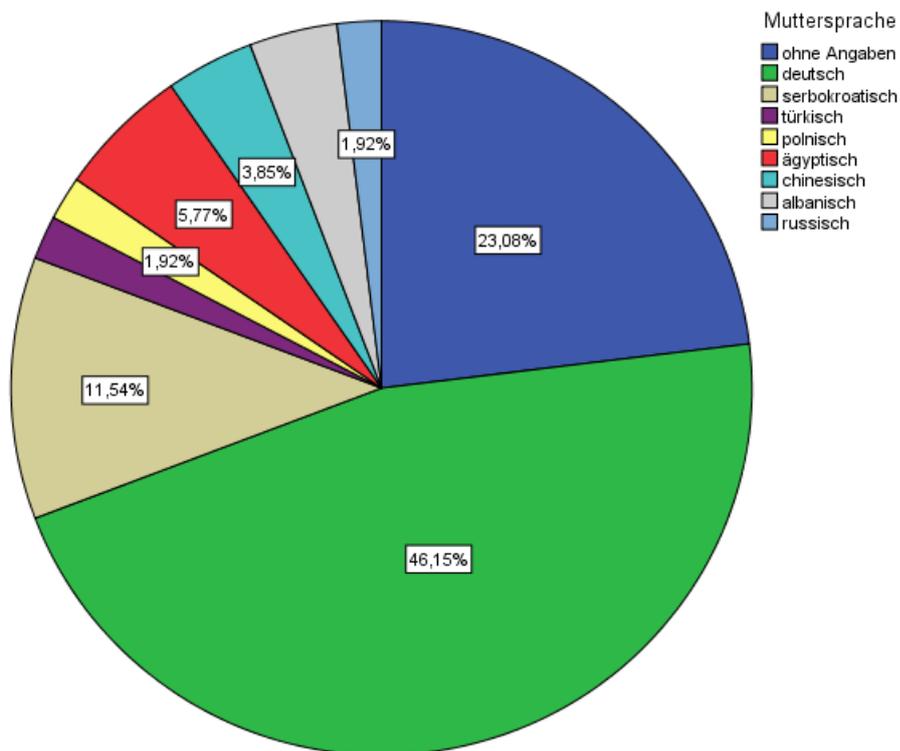


Abbildung 8: Muttersprache

Der Bildungsgrad der Eltern (Abbildung 9) wird gemäß dem österreichischen Bildungssystem in drei Stufen untergliedert:

1. Sekundarstufe, deren Besuch der allgemeinen Schulpflicht unterliegt
2. Matura, entspricht einen Abschluss nach Ende der Schulpflicht
3. Hochschulabschluss, akademischer Abschluss als höchste Bildungsstufe

Der überwiegende Teil der Eltern verfügt über einen Hochschulabschluss (46,15%), wodurch sich annehmen lässt, dass der Großteil der Kinder in einem bildungsnahen Umfeld aufgewachsen ist. Der Anteil ohne Angaben liegt hier bei etwas über einem Drittel (32,69%).

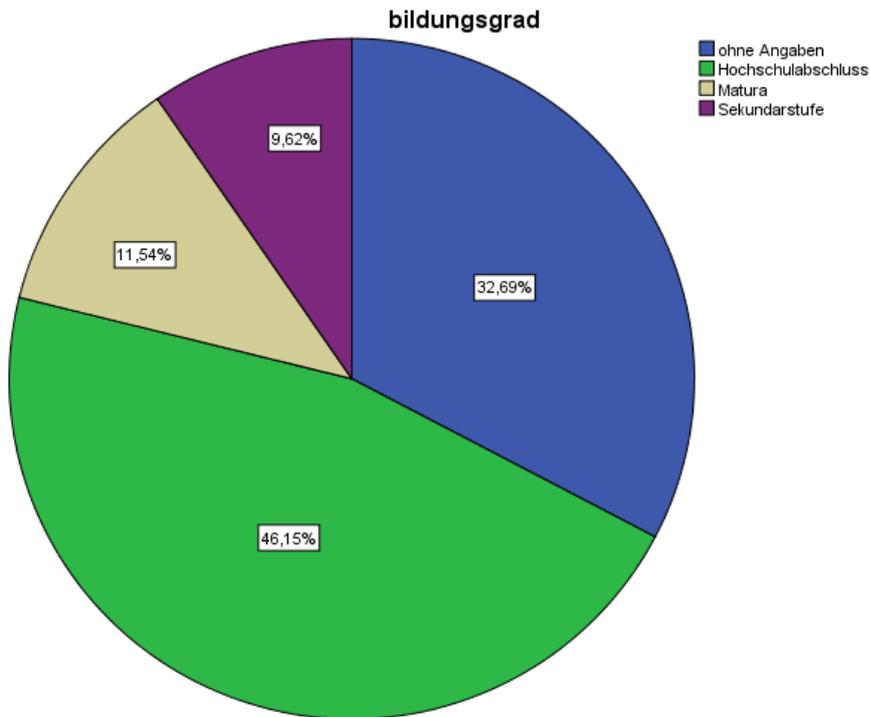


Abbildung 9: Bildungsgrad der Eltern

6.1.4 Anzahl der Geschwister

Die Angaben zur Anzahl der Geschwister zeigen, dass die meisten Kinder zumindest ein Geschwisterkind haben (69,2%). Zehn Kinder haben 2 Geschwister (19,2%), vier Kinder haben drei Geschwister (7,7%) und nur ein Kind hat gar keine Geschwister (1,9%).

6.2 Deskriptivstatistik und Prüfung der Normalverteilungen

Im folgenden Kapitel werden jeweils die Deskriptivstatistiken der einzelnen Testverfahren sowie deren Prüfung auf Normalverteilung dargestellt.

Die Annahmen der Normalverteilung sind daher für alle Testverfahren gleich, mit der

H_0 : die Daten sind gleichverteilt ($F(x) = F_0(x)$)

H_1 : die Daten sind nicht gleichverteilt ($F(x) \neq F_0(x)$)

6.2.1 K-ABC

Alle Teilnehmer mussten am Anfang der Pretestung zwei Untertests des K-ABC absolvieren. Dies erfolgte mit der Absicht sprachliche und kognitive Defizite auszuschließen, sowie zusätzlich den Einfluss kognitiver Fähigkeiten auf die Leistung in den Exekutiven Funktionstests berücksichtigen zu können. In Tabelle 2 sind die durchschnittlichen Leistungen der Teilnehmer in beiden Untertests zu sehen.

Tabelle 2: Mittelwerte, Standardabweichung und Range der Leistungen in den Untertests des K-ABC

Test	Untertest	Gesamt	Robotergr.	Kontrollgr.
		MW (SD, Range)*	MW (SD, Range)	MW (SD, Range)
K-ABC	Dreiecke	63,1 (26,4; 4-98)*	46,9 (24,5; 5-86)	38,22 (30,4; 2-86)*
	Wortschatz	42,4 (27,8; 2-86)*	53,3 (29,0; 4-98)	71,85 (20,8; 9-98)*

*= nicht normalverteilte Daten

Die Häufigkeiten erreichter Prozentränge (PR) im überdurchschnittlichen (PR: 75-100), durchschnittlichen (PR: 25-75) und unterdurchschnittlichen (PR:0-25) Bereich beider Gruppen für die Untertests Wortschatz und Dreiecke Test sind in Abbildung 10 zu sehen.

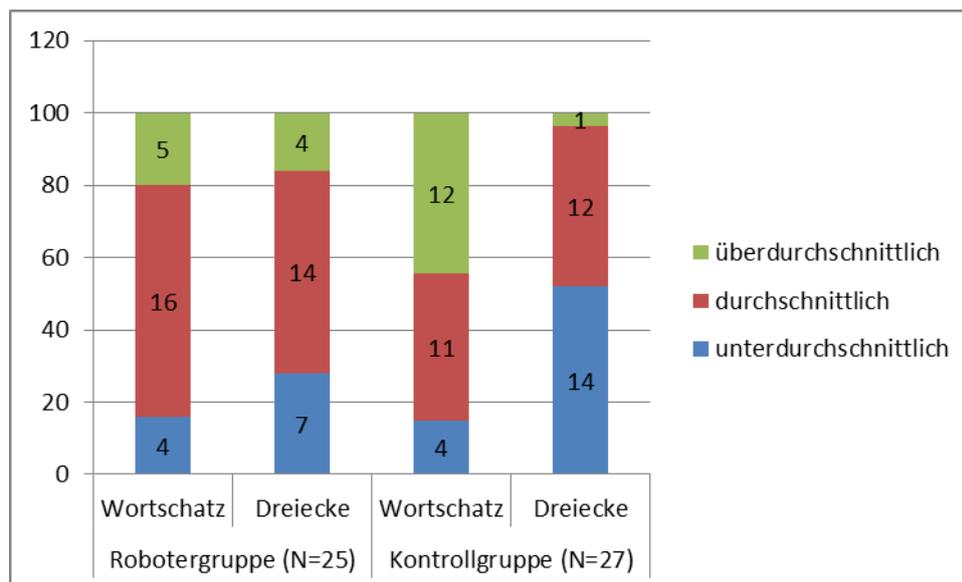


Abbildung 10: Anzahl erreichter Prozentränge beider Gruppen in allen Tests

Wie aus der Abbildung 10 zu entnehmen ist, haben mehr Kinder aus der Kontrollgruppe (24,1%) Prozentränge im überdurchschnittlichen Bereich erreicht, als Kinder der Robotergruppe (18%).

Prozentränge im Durchschnittsbereich wurden öfters von Kindern aus der Robotergruppe (60%), als von Kindern der Kontrollgruppe (42,6%) erzielt.

Unterdurchschnittliche Ergebnisse zeigen sich öfters in der Kontrollgruppe (33,3%), als in der Robotergruppe (22%).

6.2.2 Dimensional Change Card Sort Test (DCCS)

Die Leistungen im DCCS Test wurden sowohl in der Pre- als auch Posttestung erhoben. Die zu erreichenden Punktzahlen reichen von 0 – 6 Punkten mit einem Punkt pro korrekt angewendete Sortierregel beim Dimensionswechsel. Die Mittelwerte erreichter Punkte sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichungen und Range der Leistungen im DCCS

		Gesamt	Robotergr.	Kontrollgr.
Test	Zeitpunkt	MW (SD, Range)	MW (SD, Range)	MW (SD, Range)
DCCS	Pretest	3,9 (1,3; 1-6)*	4,04 (1,4; 1-6)*	3,6 (1,3; 1-6)*
	Posttest	4,1 (1,3; 2-6)*	4,1 (1,4; 2-6)*	4,0 (1,2; 2-6)*

*= nicht normalverteilte Daten

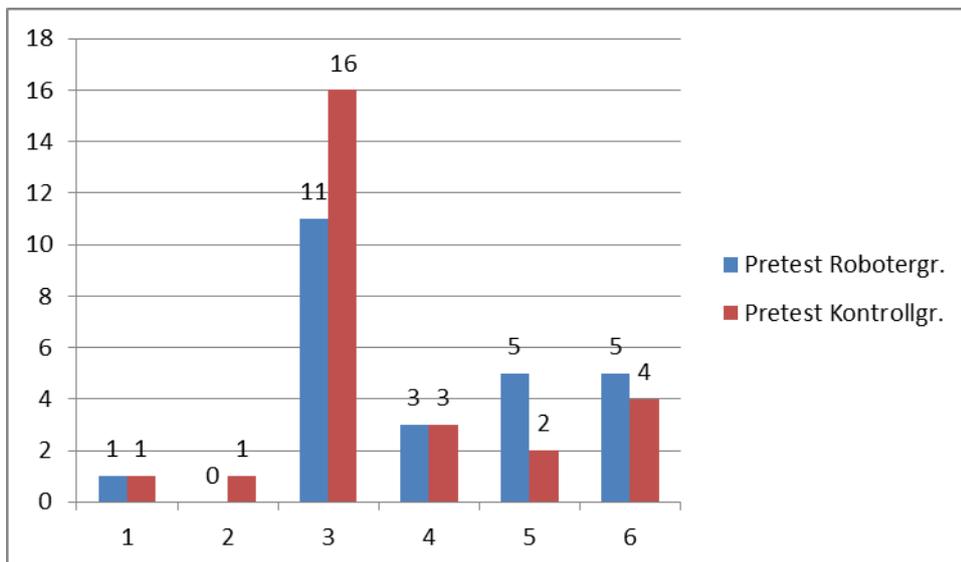


Abbildung 11: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im DCCS Test beider Gruppen im Pretest

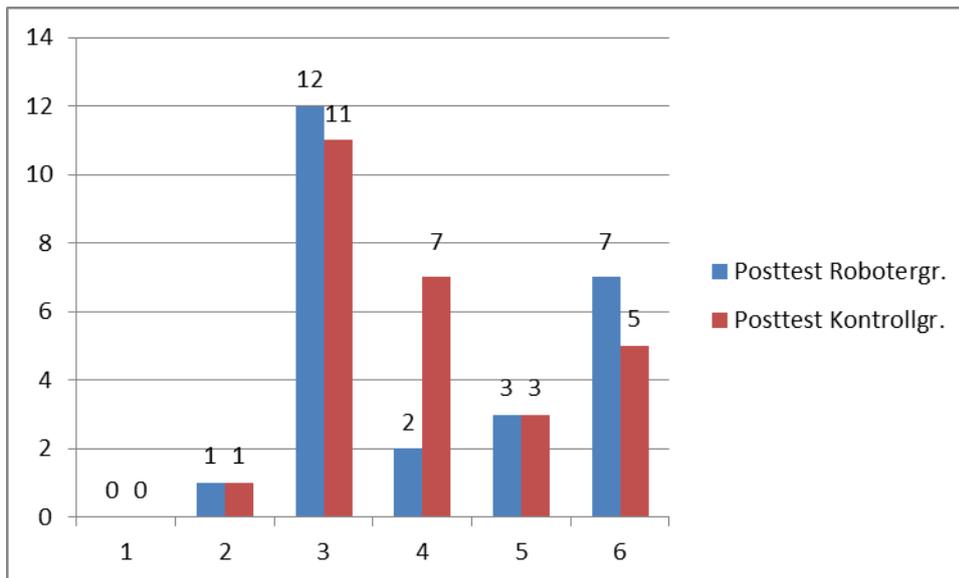


Abbildung 12: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im DCCS Test beider Gruppen im Posttest

Die Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen die Häufigkeiten erreichter Punktwerte zu beiden Messzeitpunkten in beiden Gruppen. Die Anzahl an Kindern, die fehlerfrei den DCCS Test bestehen (6 Punkte), also flexibel auf sich ändernde Sortierregeln reagieren können, ist in der Robotergruppe zum ersten Messzeitpunkt etwas höher. 5 Kinder (20%) lösen die Aufgabe fehlerfrei und 4 Kinder (14,8%) der Kontrollgruppe.

In Posttest zeigt sich ein ähnliches Ergebnis. Hier lösen in der Robotergruppe 7 Kinder (28%) die Aufgabe fehlerfrei und 5 Kinder (18,5%) der Kontrollgruppe.

6.2.3 Truck-Load Test

Der Truck-Load Test wurde zur Pre- und Posttestung eingesetzt. Der Test gliedert sich in 4 zu durchlaufende Levels, wobei pro Level die zu erreichende Punktzahl von 0 – 2 Punkten geht. Im gesamten Test können daher minimal 0 Punkt bis maximal 8 Punkte erzielt werden.

Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte erreichter Punkte.

Tabelle 4: Mittelwerte, Standardabweichungen und Range der Leistungen im Truck-Load Tests

Test	Zeitpunkt	Gesamt	Robotergr.	Kontrollgr.
		MW (SD, Range)	MW (SD, Range)	MW (SD, Range)
Truck-Load	Pretest	5,3 (2,1; 1-8)*	5,2 (2,3; 1-8)*	4,9 (2,2; 1-8)
	Posttest	5,9 (2,0; 2-8)*	5,8 (2,0; 2-8)*	6,0 (2,0; 2-8)*

*= nicht normalverteilte Daten

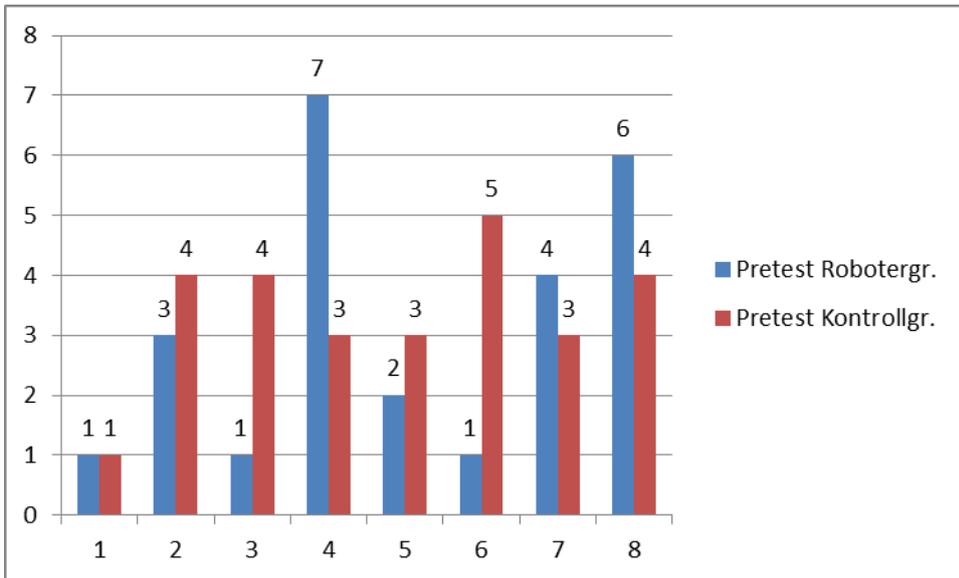


Abbildung 13: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im Truck-Load Test beider Gruppen im Pretest

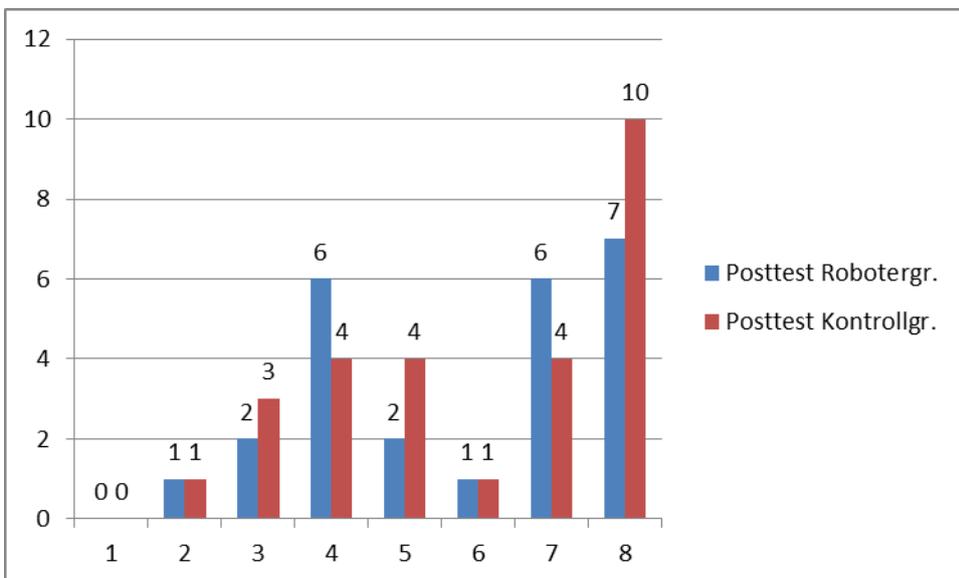


Abbildung 14: Häufigkeiten erreichter Punktwere im Truck-Load Test beider Gruppen im Posttest

Die Abbildung 13 Abbildung 14 zeigen die erreichten Punkte beider Messzeitpunkte in beiden Gruppen. Der Vergleich der Balkendiagramme lässt eine leichte Verschiebung nach rechts erkennen. Dies deutet darauf hin, dass zum zweiten Messzeitpunkt mehr Kinder höhere Werte erreichen konnten.

Dieses lässt sich am besten mit dem Median veranschaulichen. Im Pretest liegt der Median sowohl bei der Roboter als auch bei der Kontrollgruppe bei 5. In der Posttestung zeigt der Median ein Wert von 7, auch wieder bei beiden Gruppen. Das bedeutet, dass 50% beider Gruppen in den Posttestungen einen Punktwert größer oder gleich 7 erreicht haben. Die Vermutung liegt nahe, dass mehr Kinder imstande waren komplexe Denkleistungen zu vollziehen.

6.2.4 Day-Night-Stroop-Test

Der Stroop-Test wurde zu beiden Messzeitpunkten vorgegeben. Für eine korrekte Antwort wurden 2 Punkte vergeben. Bei Zögern, ein Punkt und bei falscher Antwort 0 Punkte.

Die zu erreichenden Punkte beliefen sich von 0 bis möglichen 32 Punkten.

Tabelle 5 zeigt die deskriptiven Werte der Leistungen im Day-Night-Stroop.

Tabelle 5: Mittelwerte, Standardabweichung und Range des Stroop-Tests

Test	Zeitpunkt	Gesamt	Robotergr.	Kontrollgr.
		MW (SD, Range)*	MW (SD, Range)*	MW (SD, Range)*
Stroop	Pretest	19,3 (7,7; 1-32)*	13,8 (2,5; 7-16)*	13,2 (3,3; 2-16)*
	Posttest	27,3 (4,6; 12-32)*	27,6 (3,8; 17-32)	26,9 (5,2; 12-32)*

*= nicht normalverteilte Daten

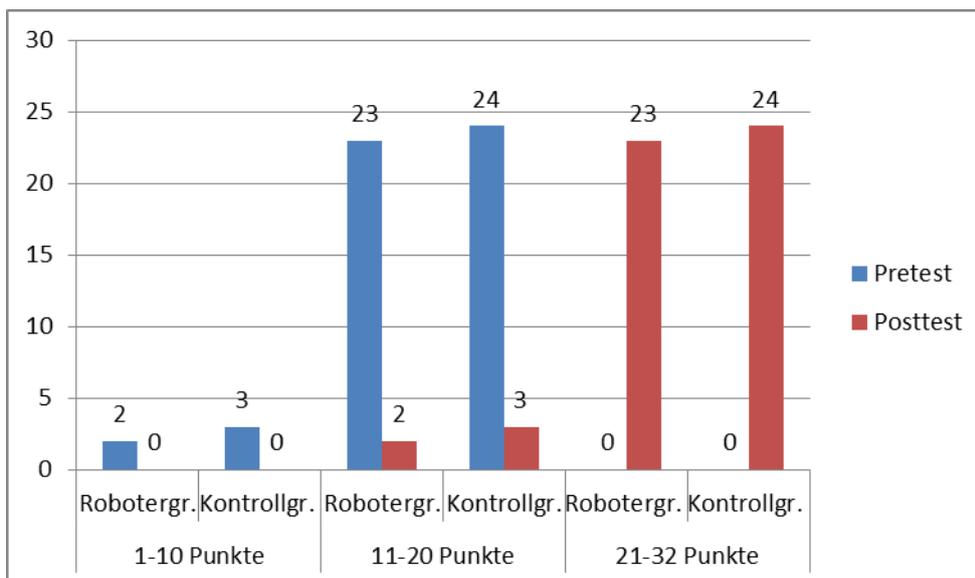


Abbildung 15: Häufigkeiten erreichter Punkte beider Gruppen im Day-Night-Stroop Test

Vergleicht man die Häufigkeiten erreichter Punkte (siehe Abbildung 15), ist es auffällig, dass höhere Punktwerte bei beiden Gruppen im Posttest erreicht wurden, als im Pretest.

Dieses weist darauf hin, dass sich die Leistung der inhibitorischen Kontrolle der Kinder zum zweiten Messzeitpunkt verbessert hat.

6.3 Hypothesenprüfung

Im Anschluss werden die hypothesenbezogenen Ergebnisse dargestellt.

6.3.1 Vergleich der Leistungen innerhalb der Versuchsgruppe:

H₁: Die Leistungen der Robotergruppe sind im Posttest sind signifikant besser als im Pretest.

Diese Hypothese wurde mittels Wilcoxon-Rang Test für verbundene Stichproben überprüft.

Die Testleistungen im DCCS, Truck-Load und Stroop-Test zum ersten und zweiten Messzeitpunkt bilden die zu vergleichenden Stichprobenpaare.

Die Ergebnisse zeigen für den DCCS und Truck-Load Test einen nicht-signifikanten Wert $p \geq 0,05$. Das bedeutet, dass sich die Posttestleistungen der Robotergruppe nicht signifikant besser waren als im Pretest.

Dagegen sind für den Stroop-Test die Testleistungen von Pre- (MW= 13,94; SD= 2,43) und Posttest (MW=28; SD=3,74), $p=0,00$, $r=-0,9^{18}$, signifikant unterschiedlich. Das impliziert, dass die Testleistungen der Robotergruppe im Posttest signifikant besser waren als im Pretest.

Die H₁ kann demnach für den Stroop-Test angenommen werden. Die H₁ wird für den Truck-Load und DCCS Test zugunsten der H₀ verworfen.

6.3.2 Vergleich der Posttestleistungen zwischen den beiden Gruppen:

H₁: Nach der Teilnahme am Robotertraining sind die Exekutiven Funktionsleistungen der Versuchsgruppe signifikant besser als die der Kontrollgruppe.

Um diese Annahme zu überprüfen bedarf es eines 2*2*3 Designs, da die Kinder zweimal getestet wurden und die Daten daher abhängig sind. Des Weiteren kamen drei verschiedene psychologische Tests zum Einsatz, wodurch sich 3 abhängige Variablen ergeben. Um dieses komplexe Design inferenzstatistisch auszuwerten wird eine Mixed ANOVA verwendet.

Der Zwischensubjektfaktor wird in diesem Fall durch die Gruppenzugehörigkeit (Roboter- oder Kontrollgruppe) definiert, um Unterschiede zwischen den beiden Gruppen feststellen zu können.

¹⁸ zeigt die Effektstärke an

Die Ergebnisse des Mauchley's Test zeigt eine Verletzung der Sphärizität in allen drei Hauptfaktoren auf (Zeit: $\chi^2(0)=0,00$, $p=,00$; Test: $\chi^2(2)=22,03$, $p=,00$; Zeit*Test: $\chi^2(2)=25,83$, $p=,00$).

Die Freiheitsgrade wurde daher mittels Greenhouse Geisser Schätzer korrigiert (Zeit: $\epsilon=1$; Test: $\epsilon=0,734$; Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Test: ($\epsilon=0,74$).

In Tabelle 6 sind die Mittelwerte aller Testleistungen zu beiden Messzeitpunkten sowie alle Haupteffekte und Interaktionen zwischen den beiden unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkte auf die drei abhängigen Variablen der Testleistungen zu sehen. Gezeigt werden die Prüfstatistiken sowie die Signifikanz der Ergebnisse. Die einzelnen Haupteffekt und Interaktionen werden im Folgenden einzeln erklärt.

Tabelle 6: Mittelwerte und Signifikanzüberprüfung der Haupteffekte und Interaktionen

Tests	Gruppenzugehörigkeit	Mittelwerte	Standardabweichung
DCCS	Roboter	4,04	1,369
	Kontroll	3,59	1,279
Truck-Load	Roboter	5,2	2,273
	Kontroll	4,85	2,179
Stroop	Roboter	13,78	2,509
	Kontroll	13,19	3,294

Haupteffekte	F	df1	df2	Signifikanz
Gruppenzugehörigkeit	1932	1	50	n.s.
Messzeitpunkt	498,83	1	5	0,00**
Tests	498,83	1	50	0,00**
Test*Zeit	368,51	1,4	70,94	0,00**
Test*Gruppe	0,4	2	10	n.s.

n.s.= nicht signifikant

**= Signifikanzniveau kleiner als $p=0.01$

Haupteffekt Gruppenzugehörigkeit

Das Ergebnis zeigt keinen signifikanten Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit, $F(1,50)=1932,32$, $p=0,401$, $\omega=0,12$ ¹⁹. Daraus lässt sich schließen, dass Gruppenunterschiede in den Leistungen nicht signifikant sind (Tabelle 6).

Haupteffekt der Messzeitpunkte

Aufgrund der Ergebnisse lässt sich ein Haupteffekt der Messzeitpunkte feststellen, $F(1,50)=498,83$, $p=,00$, $\omega\approx 1$ (Tabelle 6). Dies bedeutet, dass die Leistungen der Kinder sich zwischen der Pre- und Posttestungen signifikant voneinander unterscheiden. In Abbildung 16 sind die Mittelwerte der Kontraste von Pre- und Posttestung grafisch dargestellt. Diese zeigt bessere Leistungen aller Kinder in den Posttestungen.

SE=0,223 (Standardfehler)

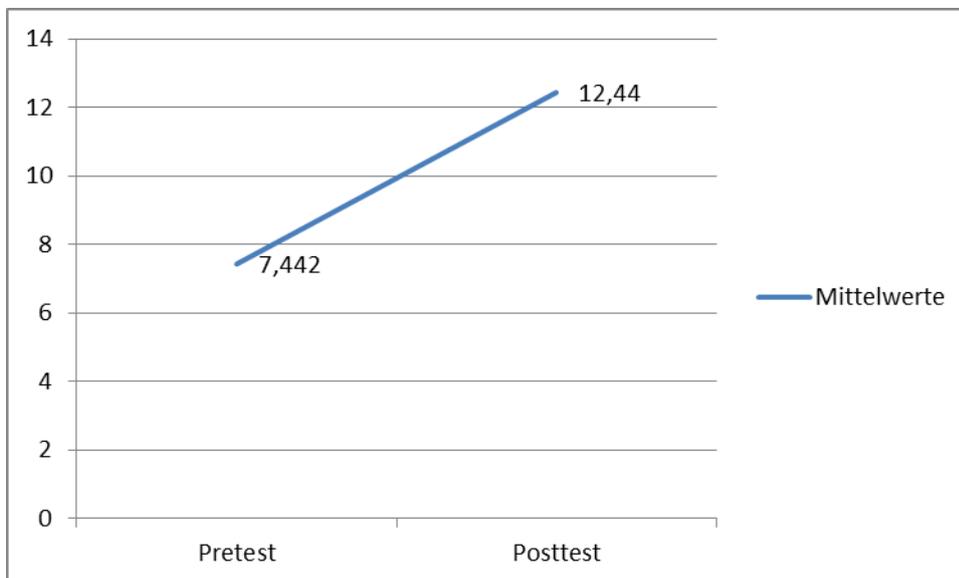


Abbildung 16: Mittelwerte der Kontraste aller Test zur Pre- und Posttestung

Haupteffekt der Tests

Die Ergebnisse zeigen, dass der Haupteffekt der Tests signifikant ist, $F(1,47, 73,41)=1222,64$, $p=,00$, $\omega\approx 1$ (Tabelle 6).

¹⁹ Zeigt die Effektstärke an, d.h. die Größe und damit praktische Relevanz des gefundenen Effekts

Dies bedeutet, dass sich die Leistungen zwischen den Test signifikant unterscheiden. Dieses Ergebnis ist jedoch zu erwarten, da die zu erreichenden Punktwerte von Test zu Test verschieden sind.

Haupteffekt der Interaktion zwischen Testleistungen und des Messzeitpunkten

Betrachtet man die Interaktion zwischen den Messzeitpunkten und den Leistungen in den Tests, zeigt sich ein signifikanter Wert von $F(1,4; 70,94)=368,51, p=,00, \omega \approx 1$ (Tabelle 6). Das bedeutet, dass die Leistungen in den Pre- und Posttests sich signifikant zwischen den Tests unterscheiden.

Kontraste zeigen, dass die Testleistungen sich signifikant von der Pre- zur Posttestung im Stroop- ($MW_{pre}=13,5; SD=0,408; MW_{post}=27,3, SD=0,637$) und Truck-Load Test ($MW_{pre}=5,03, SD=0,309; MW_{post}=5,9, SD=0,278$) verbessert haben, $F(1,50)=370,09, p=,00, \omega \approx 1$.

Abbildung 17 zeigt die Mittelwerte der Leistungen in allen Test zu beiden Messzeitpunkten. Wie zu erkennen ist, sind die Mittelwerte der Posttestungen in allen drei Testbedingungen höher als in der Pretestung. Dies lässt darauf schließen, dass die Kinder sich in ihren Leistungen von dem ersten bis zum zweiten Messzeitpunkt verbessert haben.

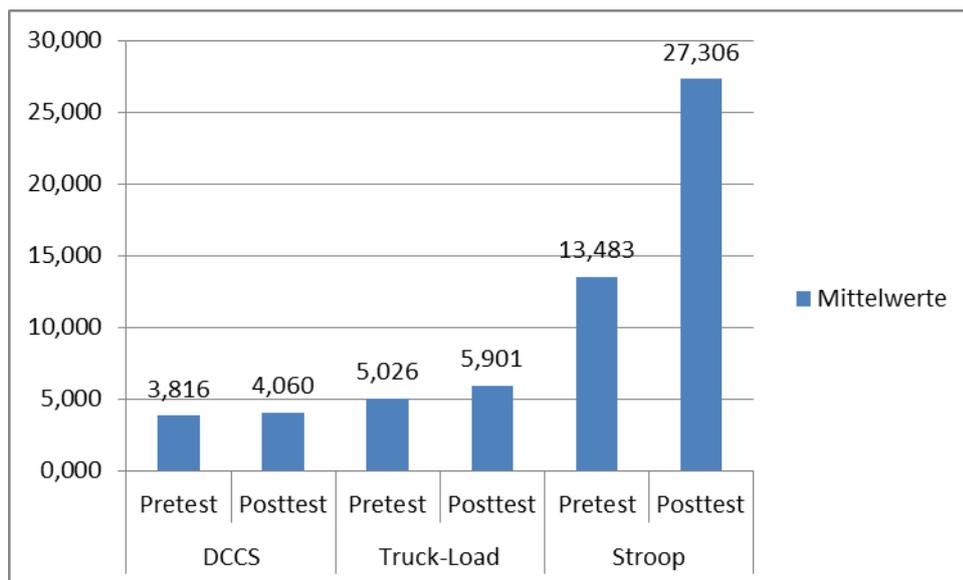


Abbildung 17: Mittelwerte der einzelnen Tests zu beiden Messzeitpunkten

Haupteffekt der Interaktion zwischen Messzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit

Das Ergebnis zeigt einen nicht-signifikanten Wert, $F(1,50)=0,13, p=0,72$. Daraus ist zu schließen, dass der weiter oben gezeigte signifikante Haupteffekt des Messzeitpunktes durch

den Einfluss des Faktors der Gruppenzugehörigkeit nivelliert wird. Das bedeutet, dass die Leistungen des Pre- und Posttests der Roboter- und Kontrollgruppe sich nicht signifikant voneinander unterscheiden. Abbildung 18 zeigt die Mittelwerte beider Gruppen in allen drei Testbedingungen zu beiden Messzeitpunkten.

Das Balkendiagramm lässt erkennen, dass die Robotergruppe in allen Testbedingungen der Kontrollgruppe etwas überlegen war. So erzielen die Kinder der Robotergruppe leicht höhere Mittelwerte im DCCS, im Stroop und im Pretest des Truck-Load Tests.

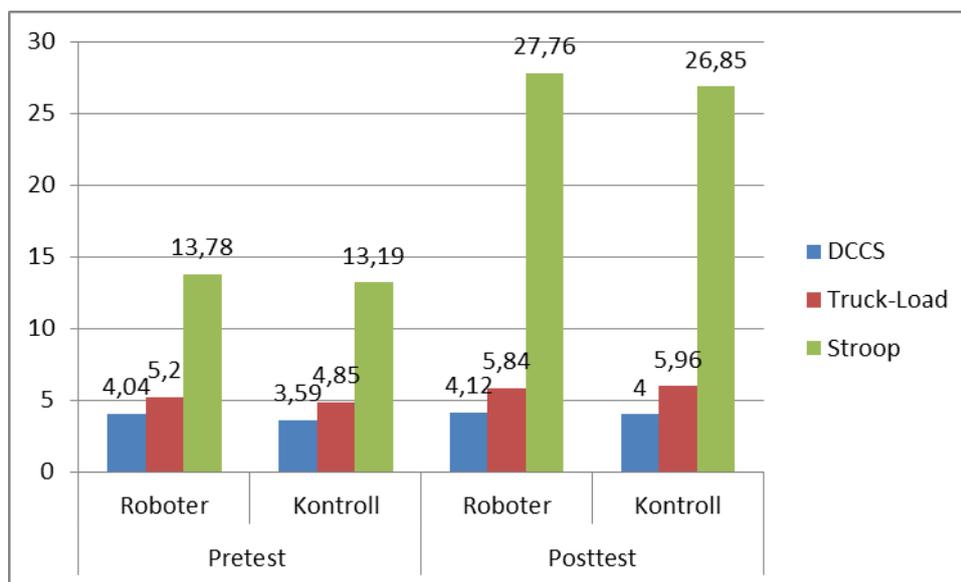


Abbildung 18: Mittelwerte beider Gruppen bei Pre- und Posttest

Haupteffekt der Interaktion zwischen Testleistung und Gruppenzugehörigkeit

Die Interaktion zwischen der Testleistung und der Gruppenzugehörigkeit zeigt keinen signifikanten Wert, $F(2,10)=0,40$, $p=,605$. Die Testleistungen zwischen der Roboter- und Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da sich die Mittelwerte der Leistungen beider Gruppen nur minimal unterschieden haben.

In Anbetracht der Ergebnisse wird die H_1 verworfen. Die Leistungen in allen drei Tests der Robotergruppe unterschieden sich nicht signifikant von denen der Kontrollgruppe.

6.3.3 Vergleich der Leistungen zwischen den Gruppen unter Berücksichtigung der intellektuellen Fähigkeiten.

H_{1.1}: Es bestehen signifikante Unterschiede im Pretest zwischen der Roboter und Kontrollgruppe unter Kontrolle der Variable der intellektuellen Fähigkeiten.

H_{1.2}: Es bestehen signifikante Unterschiede im Posttest zwischen der Roboter und Kontrollgruppe unter Kontrolle der Variable der intellektuellen Fähigkeiten.

a) Dreiecke Test

Zur Überprüfung dieser Annahme wurde eine Multivariate Kovarianzanalyse berechnet. Die Kontrollvariable der intellektuellen Fähigkeiten aus dem K-ABC Test fungiert daher als Kovariate. Als fester Faktor wurde die Gruppenzugehörigkeit festgesetzt.

Das Ergebnis der Levene's Test zeigt ein nicht-signifikante Ergebnis für alle drei Testbedingungen [DCCS: $F(1,50)=0,27, p=,603$; Truck-Load: $F(1,50)=0,02, p=,892$; Stroop: $F(1,50)=0,44, p=,51$]. Das bedeutet, dass die Varianzen der Roboter- und Kontrollgruppe homogen sind.

Der Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit zeigt einen nicht signifikanten Wert für keiner der drei Tests (DCCS: $p=,091$; Truck-Load: $p=,09$; Stroop: $p=,318$). Dies impliziert, dass die Leistungen der beiden Gruppen sich im Pretest nicht signifikant voneinander unterscheiden (siehe Mittelwerte Tabelle 7).

Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Leistungen beider Gruppen

Tests	Gruppenzugehörigkeit	Mittelwert	Standardabweichung
DCCS	Roboter	4,04	1,369
	Kontroll	3,59	1,279
Truck-Load	Roboter	5,2	2,273
	Kontroll	4,85	2,179
Stroop	Roboter	13,78	2,509
	Kontroll	13,19	3,294

Integriert man die Kovariate (Dreiecke Test), zeigt sich ein signifikanter Effekt der Kovariate auf die Leistungen im Truck-Load Test, $F(1,49)=11,05, p=,002, \omega=0,4$, nicht aber auf den DCCS und Stroop-Test. Daraus ist zu schließen, dass die Leistungen der Kinder im Dreiecke Test die Leistungen im Truck-Load Test zum ersten Messzeitpunkt signifikant beeinflusst haben. Das korrigierte $R^2=0,156$ gibt an, dass die Kovariate zu 15,6% den Anteil an der Gesamtvarianz in der Truck-Load Testleistung erklärt.

Tabelle 8 zeigt die adjustierten Mittelwerte nach Einbezug der Kovariate und die alten Mittelwerte ohne die Kovariate der einzelnen Testleistungen für beide Gruppen. Die Mittelwerte der Leistungen nach Gruppen aufgeteilt zeigt in Tabelle 8 eine etwas bessere Leistung der Robotergruppe im Pretest bei allen drei Tests mit und ohne Einbezug der Kovariate.

Tabelle 8: alte und adjustierte Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler

Tests	Gruppenzugehörigkeit	alte		adjustierte	
		Mittelwerte	Standardabweichung	Mittelwerte	Standardfehler
DCCS	Roboter	4,04	1,369	4,152	0,269
	Kontroll	3,59	1,279	3,489	0,259
Truck-Load	Roboter	5,2	2,273	5,559	0,42
	Kontroll	4,85	2,179	4,519	0,403
Stroop-Test	Roboter	13,78	2,509	13,928	0,61
	Kontroll	13,19	3,294	13,048	0,585

Die H_1 wird daher nur für die Leistungsunterschiede im Truck-Load Test angenommen. Bezüglich der Leistungsunterschiede im DCCS und Stroop-Test wird die H_1 zugunsten der H_0 verworfen, da es keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den beiden Gruppe unter Einfluss der Kovariate gibt.

b) Wortschatz Test

Der Levene's Test zeigt für alle drei Testbedingungen ein nicht-signifikantes Ergebnis mit DCCS: $F(1,50)=1,13, p=,293$; Truck-Load: $F(1,50)=0,5, p=,485$; Stroop: $F(1,50)=0,53, p=,472$. Die Varianzen der Gruppen sind dementsprechend als homogen anzusehen.

Die Ergebnisse der Kovarianzanalyse zeigen einen nicht signifikanten Wert ($p \geq 0,05$) für keiner der drei Testbedingungen [DCCS [$F(1,49)=1,40$; Truck-Load Test $F(1,49)=2,54$; Stroop-Test [$F(1,49)= 2,43$. Auch der Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit ist nicht signifikant und zeigt demnach keinen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im DCCS [$F(1,45)=1,04, p=,242$], im Truck-Load Test [$F(1,49)=0,99, p=,117$] und dem Stroop-Test [$F(1,49)=0,23, p=,126$].

Zusammen betrachtet lässt sich daraus schließen, dass sowohl die Unterschiede der Testleistungen zwischen der Roboter- und Versuchsgruppe nicht signifikant voneinander unterschiedlich sind und das Ergebnis auch nach Einbezug der Kovariate nicht signifikant

wird. Daraus ist zu schlussfolgern, dass die Leistung im Wortschatztest keinen signifikanten Einfluss auf die Leistungen in den drei anderen Testbedingungen hat.

Die H_1 wird daher verworfen.

In Tabelle 9 sind die adjustierten Mittelwerte nach Einbezug der Kovariate abgebildet, zusammen mit den alten Mittelwerten ohne Einbezug der Kovariate.

Tabelle 9: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler

Tests	Gruppenzugehörigkeit	Mittelwert	Standardabweichung	adjustierte Mittelwerte	Standardfehler
DCCS_1	Roboter	4,04	1,369	4,004	0,265
	Kontroll	3,59	1,279	3,626	0,255
truckload_1	Roboter	5,2	2,273	5,119	0,441
	Kontroll	4,85	2,179	4,926	0,424
Stroop_1	Roboter	13,78	2,509	13,676	0,584
	Kontroll	13,19	3,294	13,282	0,562

H_{1.2}: Es bestehen signifikante Unterschiede im Posttest zwischen der KG und VG unter Berücksichtigung der kognitiven Fähigkeiten.

a) Dreiecke Test

Das Ergebnis des Levene's Test zeigt, dass die Gruppenvarianzen für den DCCS Test nicht homogen sind, da der Wert signifikant ist, $F(1,50)=63$, $p=,015$.

Die Ergebnisse zur Kovarianzanalyse zeigen für Haupteffekt der Gruppenzugehörigkeit kein signifikantes Ergebnis (DCCS: $p=,181$; Truck-Load: $p=,934$; Stroop: $p=,42$). Die Gruppen unterscheiden sich nicht voneinander. Wird die Kovariate, die Leistungen im Dreiecke Test hinzugenommen, zeigen sich für den DCCS und Truck-Load Test signifikante Werte. Für den DCCS mit $F(1,48)=6,13$, $p=,017$, $\omega=0,4$ und den Truck-Load mit $F(1,48)=6,8$, $p=,012$, $\omega=0,3$. Daraus lässt sich schließen, dass die Leistungen im Dreiecke Test einen Einfluss auf die Posttestleistungen im DCCS und Truck-Load Test haben. Für den DCCS Test ist das Ergebnis aufgrund der Verletzung der Varianzhomogenität weniger robust anzusehen als für den Truck-Load Test.

Das korrigierte R^2 erklärt für den DCCS Test 6,2% und für den Truck-Load Test 9,3% der Gesamtvarianz.

Die H_1 ist aufgrund der Ergebnisse für den DCCS und Truck-Load anzunehmen.

Tabelle 10 zeigt die alten Mittelwerte und die adjustierten Mittelwerte nach Einbezug der Kovariate.

Tabelle 10: alte Mittelwerte und adjustierte Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler

Tests	Gruppenzugehörigkeit	MW	SD	adjustierte	
				MW	Standardfehler
DCCS_2	Roboter	4,12	1,394	4,22	0,263
	Kontroll	4	1,209	3,775	0,261
truckload_2	Roboter	5,84	1,972	6,153	0,398
	Kontroll	5,96	2,028	5,747	0,395
Stroop_2	Roboter	27,76	3,854	28,278	0,957
	Kontroll	26,85	5,172	26,952	0,95

b) Wortschatztest

Zur Überprüfung der Hypothese wird die gleiche Kovarianzanalyse mit denselben fixen Faktoren berechnet. Diesmal wird der Einfluss der Kovariate, Leistungen im Wortschatztest, auf die Leistungen in der Posttestung berechnet.

Der Levene's Test zeigt Varianzhomogenität für den Truck-Load ($p=,901$) und Stroop Test ($p=,448$) zum Zeitpunkt der Posttestung an. Das signifikante Ergebnis des DCCS ($p=,02$) lässt auf nicht homogene Gruppenvarianzen schließen.

Das Ergebnis der Kovarianzanalyse ist in Tabelle 11 dargestellt. Keines der Ergebnisse zeigt einen signifikanten Wert an. Daher kann angenommen werden, dass die Leistungen im Wortschatztest keinen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im Posttest haben.

Die H_1 wird angesichts der nicht signifikanten Ergebnisse zugunsten er H_0 verworfen.

Tabelle 11: Signifikanzprüfung der Kovariate

Kovariate	Tests	df	F	Sign.
kabcwortschatzPR	DCCS_2	1	1,447	,235
	truckload_2	1	1,164	,286
	Stroop_2	1	3,013	,089

Anhand der Ergebnisse beider Kovarianzanalyse lässt sich schlussfolgern, dass nur die Performance im Dreiecke Test die Posttestleistungen im DCCS und Truck-Load Test signifikant beeinflusst und damit voraussagt.

6.3.4 Überprüfung ob es zwischen den drei Variablen: inhibitorische Kontrolle, Planen und kognitive Flexibilität einen Zusammenhang gibt

H₁: Es besteht ein statistischer Zusammenhang zwischen den drei abhängigen Variablen (DCCS, Truck-Load und Stroop-Test).

Zur Überprüfung der theoretischen Annahme, dass die drei Komponenten der inhibitorischen Kontrolle, Planen und kognitive Flexibilität demselben Konstrukt der Exekutiven Funktionen untergeordnet sind und somit als zusammenhängend angesehen werden können, wird eine einseitige²⁰ Korrelation nach Pearson berechnet.

Die Ergebnisse in Tabelle 12 zeigen, dass für alle drei Tests signifikante Zusammenhänge bestehen. Die Korrelationskoeffizienten der einzelnen Zusammenhänge zeigen jedoch durchgehend einen schwachen linearen Zusammenhang an.

Dennoch lassen die Ergebnisse den Schluss zu, dass alle drei Komponenten der Exekutiven Funktionen, die in unserer Studie mithilfe der drei Tests erfasst wurden einen signifikanten statistischen Zusammenhang aufweisen und daher die Annahme der Zugehörigkeit zu ein und demselben Konstrukt Exekutiver Funktionen untermauert wird.

Leistungsverbesserungen in einem Bereiche könnten sich daher auf die Leistungsverbesserungen in den anderen Bereichen auswirken. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse der zweiten Hypothesenprüfung (Tabelle 10) unterstützt, da diese eine Leistungsverbesserung aller Kinder in allen drei Tests vom ersten bis zum zweiten Messzeitpunkt zeigen.

Die H₁ kann daher angenommen werden.

²⁰ Da ein positiver Zusammenhang erwartet wird

Tabelle 12: Korrelationen zwischen den drei Variablen (DCCS, Truck-Load, Stroop-Test)

Tests	DCCS	Truck-Load	Stroop
	<i>r (p)</i>	<i>r (p)</i>	<i>r (p)</i>
DCCS	-	0,475 (,00)**	0,359 (,004)**
Truck-Load	-	-	0,357 (,005)**
Stroop			

**= Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (1-seitig) signifikant

6.3.5 Untersuchung, ob die Unterschiede in den Pretestleistungen aller Teilnehmer aufgrund demographischer Faktoren zu erklären sind...

- a) Muttersprache
- b) Bildungsgrad der Eltern
- c) Herkunftsland der Eltern
- d) Anzahl der Geschwister

H₁: Die demographischen Faktoren haben einen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im Pretest.

Zur Überprüfung der Hypothese wurde eine Multivariatanalyse durchgeführt. Dabei wurde der Einfluss der Kovariaten a) Muttersprache, b) Bildungsgrad der Eltern, c) Herkunftsland der Eltern und d) Anzahl der Geschwister auf die Abhängigen Variablen der Leistungen im DCCS, Truck-Load und Stroop-Test berechnet.

Die Ergebnisse zeigen nur einen einzigen signifikanten Wert für den Einfluss des Bildungsgrads auf die Leistung im Truck-Load Test, $F(1, 45)=4,26$, $p=0,044<,05$, $\eta^2=0,085$. Mit einem $R^2=0,022$ kann nur zu 2,2% die Variation in den Leistungen des Truck-Load Test durch den Bildungsgrad erklärt werden. Demnach bleiben 97,8% der Variation in den Leistungen unerklärt.

7 Diskussion

In diesem Kapitel werden die zuvor dargestellten Ergebnisse dieser Trainingsstudie interpretiert und diskutiert sowie in Bezug zu bisherigen Forschungsergebnissen bzw. der jeweiligen Literatur gesetzt.

Die Prüfung, ob sich die Robotergruppe in ihren Leistungen bedeutsam verbessert hat, ergab nur ein signifikantes Ergebnis für den Stroop-Test. Für den DCCS und Truck-Load Test zeigten die Ergebnisse zwar auch leichte Verbesserungen, dennoch waren diese nicht signifikant. Das interessanteste Ergebnis dieser Trainingsstudie ist jedoch, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Roboter- und Kontrollgruppe in den Posttestleistungen gibt, obwohl die Haupteffekte des Messzeitpunkts, der Testleistungen und die Interaktion zwischen Testleistungen und Messzeitpunkt signifikante Werte zeigen. Daraus lässt sich folgern, dass sich sowohl die Testleistungen als auch die Leistungen zwischen Pre- und Posttest signifikant unterscheiden. Von Relevanz ist jedoch die Interaktion zwischen den Testleistungen und der Gruppenzugehörigkeit. Der signifikante Haupteffekt der Testleistungen wird durch den Faktor der Gruppenzugehörigkeit nivelliert. Das bedeutet, dass die signifikanten Unterschiede in den Testleistungen unter Hinzunahme des Faktors der Gruppenzugehörigkeit verschwinden (siehe Kapitel 6.3.2). Ein weiteres bedeutendes Ergebnis markiert die Verbesserung der Kontrollgruppe in den Testleistungen. Die Mittelwertvergleiche (siehe Abbildung 18) legen deutlich dar, dass die Leistungsverbesserungen beider Gruppen vom Pre- zum Posttest annähernd gleich sind. Daraus lässt sich ableiten, dass es möglicherweise einen Lerneffekt gab. Die Leistungen der Kontrollgruppe in den Test zu Exekutiven Funktionen haben sich gleichermaßen verbessert, obwohl sie kein Robotertraining erhalten haben. Die Annahme, dass ein Robotertraining zum Erlernen von Programmierfähigkeiten sich direkt positiv auf die Exekutive Funktionsleistung auswirkt, kann daher nicht gehalten werden. Die Vermutung, dass Subprozesse Exekutiver Funktionen beim Programmierprozess beteiligt sind, kann durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit nicht untermauert werden. Die Verbesserungen in den Testleistungen vom Pre- zum Posttest sind daher vorzugsweise auf den möglichen Lerneffekt durch die zweimalige Vorgabe derselben Tests zurückzuführen und weniger auf den Gebrauch Exekutiver Subfunktionen während der Programmierung des Roboters.

Setzt man die vorliegenden Ergebnisse in Bezug zu bestehenden Erklärungsansätzen zur Entwicklung exekutiver Funktionen, kann der mögliche Lerneffekt tiefergehend diskutiert werden.

Während des 3. und 7. Lebensjahres vollziehen sich markante Entwicklungsschritte in der Exekutiven Funktionsleistung, die laut Diamond (2002) aus einer verbesserte Exekutive Kontrolle hervorgehen. Diese Annahme kann aufgrund der vorliegenden Resultate bestätigt werden. Das Ergebnis des Vergleichs der Testleistungen zwischen ersten und zweiten Messzeitpunkt, zeigt für den Day-Night-Stroop-Test eine signifikante Leistungsverbesserung an. Die Leistungen der Pretestung (MW= 13,93) verbessern sich zur Posttestungen um mehr als das doppelte (MW=28). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Leistungsverbesserung möglicherweise auf verbesserte Exekutive Kontrollleistungen zurückführbar ist.

Diamond (2002) spezifiziert weiteres, dass Exekutive Kontrollleistungen auch mit Aufmerksamkeitskontrolle verbunden sind, womit die Tendenz die eigene Aufmerksamkeit auf irrelevante Regeln zu lenken unterdrückt wird. In Anbetracht der Ergebnisse zum DCCS und Truck-Load Test lassen sich keine signifikanten Leistungsverbesserungen erkennen. Daher kann die Annahme von Diamond (2002), zumindest den DCCS betreffend, nicht bestätigt werden, da die erfolgreiche Lösung der testimmanenten Aufgaben eine kontrollierte Aufmerksamkeit auf die jeweils relevante Regel erfordert. Röthlisberger und Kollegen (2010) konstatieren in diesem Zusammenhang, dass in dieser Lebensphase bedeutende Entwicklungsschritte primär auf verbesserte Arbeitsgedächtnisfähigkeiten und Regelverständnis basieren. Auch diese Annahme kann analog zu Diamond (2002) nicht bekräftigt werden. Die Mittelwerte der Pretest- (MW=4,1) und Posttestleistungen (MW=4,2) im DCCS zeigen kaum einen Anstieg auf.

In diesem Kontext legen die Ergebnisse offen, dass eine Leistungsverbesserung vermutlich nur bereichsspezifisch stattgefunden hat. Rein spekulativ kann vermutet werden, dass die Fähigkeit der Hemmung (inhibitorische Kontrolle), so wie sie mit dem Day-Night-Stroop-Test erhoben wurde, zumindest im Rahmen unserer Studie, besser beeinflussbar ist als die Arbeitsgedächtnisfähigkeit und das Regelverständnis.

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse der Kovarianzanalysen interessante Werte, die näher diskutiert werden sollen. Der signifikante Effekt der Leistung im Dreiecke²¹ Tests, auf die Leistung im Truck-Load Test zu beiden Messzeitpunkten und den DCCS Test in der Posttestung lässt vermuten, dass die Intelligenzleistung wesentlich die exekutive

²¹ Misst ganzheitliches Denken im Sinne des Intelligenzkonzepts

Funktionenleistung voraussagt. In diesem Zusammenhang soll Bezug auf die Erkenntnisse von Röthlisberger und Kollegen (2010) genommen werden. Die Autoren weisen darauf hin, dass exekutive Kontrollprozesse als bedeutsame Prädiktoren für den Schulerfolg fungieren können. In ihrer Studie gingen sie der Frage nach Entwicklungsveränderungen und Beziehungsmuster verschiedener Prozesse Exekutiver Funktionen nach. Dabei wurde unter anderem der Zusammenhang zwischen Exekutiver Funktionen und Individualfaktoren, wie Intelligenz, näher untersucht. Die theoretische Argumentation ihres Untersuchungsvorhabens fußt auf der Annahme, dass Schulerfolg durch Fähigkeiten wie Selbstregulation, basierend auf kognitiven und sozial-emotionalen Kompetenzen, vorausgesagt werden kann (vgl. Blair, 2002). Wobei Exekutive Funktionen einen wesentlichen Teilaspekt der Selbstregulation darstellt. Die Ergebnisse von Röthlisberger und Kollegen (2010) zeigen einen Zusammenhang zwischen Exekutiven Funktionen und fluider Intelligenz²² unter Ausschluss von Alter und Verarbeitungsgeschwindigkeit. Daher sprechen die Autoren den Exekutiven Funktionen eine bedeutende Rolle im Hinblick auf die Entwicklungsvoraussetzungen für Schulbereitschaft bzw. –Fähigkeit zu. Diese Schlussfolgerung kann anhand der Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit gestützt werden. Der Truck-Load Test misst die Fähigkeiten zum planerischen Denken, was die Inanspruchnahme der fluiden Intelligenzfähigkeiten impliziert. Der signifikante Einfluss der Leistung im Dreiecke Tests auf die Truck-Load Testleistungen gibt demnach Hinweise auf den alterskorrelativen Zusammenhang von exekutiven Funktionenleistungen und Intelligenz.

Eine weitere wichtige Grundlage zur Diskussion der vorliegenden Ergebnisse liefert die Studie von Dowsett und Livesey (2000). In ihrer Trainingsstudie zur Verbesserung der Hemmungskontrolle gingen die Autoren der Vermutung nach, dass neben der altersbedingten Verbesserung der Fähigkeit zur Antwortkontrolle, aufgrund zerebraler und neuronaler Reifung im Präfrontalen Kortex, auch die Erfahrung mit exekutiven Aufgaben, diese Fähigkeit wesentlich mit beeinflusst. Dowsett und Livesey (2000) konnten zeigen, dass die Verbesserungen in der Antwortkontrolle zwischen Pre- und Posttest signifikant waren. Auch in der Kontrollgruppe konnten signifikante Verbesserungen in der Antwortkontrolle aufgezeigt werden, obwohl diese kein Exekutives Funktionstraining erhalten hat, sondern nur an der Pre- und Posttestung teilnahm. Damit schreiben die Autoren dem Einfluss der Erfahrung auf die Fähigkeit zur Antwortkontrolle eine erhebliche Rolle zu. Dowsett und Livesey (2000) erklären den wesentlichen Einfluss der Erfahrung damit, dass durch mehrmaliges Vorgeben relevanter Aufgaben zu den Exekutiven Funktionen, eine

²² Angeborene bzw. vererbte Fähigkeit zum schlussfolgernden Denken und Problemlösen

Regelreflexion und die Auswahl der am besten geeigneten Regel stattfindet. Dadurch würde sich, so die Autoren, die Aneignung eines komplexeren Regelverständnisses und Regelreflexion beschleunigen. Dieser Prozess resultiere dann, im Sinne verbesserte Exekutiver Leistungen, in einer verbesserten Kontrolle der Gedanken und den damit verbunden Handlungen (Dowsett & Livesey, 2000).

Im Gegensatz dazu, zeigen die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie keine signifikanten Verbesserungen in den DCCS-Testleistungen. Die Ergebnisse von Dowsett und Livsey (2000) können dadurch nicht repliziert werden. Dieser Sachverhalt lässt sich eventuell durch das Phänomen der „attention inertia“ (vgl. Kirkham, Cruess, & Diamond, 2003) erklären, wie schon im Kapitel 3.4.3 beschrieben, womit eine Aufmerksamkeitsermüdung aufgrund kognitiv beanspruchender Aufgaben bezeichnet wird.

Des Weiteren behaupten Dowsett und Livesey (2000), basierend auf ihren Studienergebnissen, dass eine Leistungsverbesserung in Exekutiven Funktionen vielmehr durch ein allgemeines Training als durch ein spezifisches Training erreicht wird. Als Begründung erläutern die Autoren, würden durch ein allgemeines Training verschiedene exekutive Leistungen gleichzeitig gefordert werden. Dadurch ergebe sich eine Verstärkung der strukturellen Eigenschaften, die für die Hemmungskontrolle notwendig sind. Als Konsequenz würde eine verbesserte generalisierbare Reaktionsfähigkeit resultieren. Unterstützend beziehen sich Dowsett und Livesey (2000) in ihren Ausführungen auf Zelazo und Kollegen, die 1996 postulierten, dass Verbesserungen in der Fähigkeit, die eigenen Regel zu reflektieren, einhergeht mit weitreichenden Verbesserungen im Selbstverständnis, der Selbstkontrolle und der sozialen Interaktion.

Bezugnehmend auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie, zeigen diese einen anderen Befund. Die Teilnehmer der Trainingsstudie mussten sich auch verschiedenen exekutiven Anforderungen stellen, die laut der Theorie von Dowsett und Livesey (2000) eine signifikante Verbesserung in allen drei Testbedingungen zur Konsequenz haben sollte. Dennoch zeigen die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten bei dem DCCS und Truck-Load Test. Daher ist anzunehmen, dass sich die Leistungsverbesserung der Hemmungskontrolle, wie im Day-Night –Stroop, nicht bereichsübergreifend auf die Performance in den beiden anderen Test ausgewirkt hat. Dies kann eventuell daran liegen, dass alle Tests zweimal in einem Abstand von 6 Wochen vorgegeben wurden und daher die zeitliche Spanne dazwischen zu lang war, um den Einfluss von Erfahrungen hinreichend zu gewährleisten.

Abschließen soll noch betont werden, dass alle drei Tests den Cool Functions (vgl. Kapitel 3.6) zugeordnet werden können. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass alle drei Komponenten²³ der Exekutiven Funktionen, die mit den drei Tests erfasst wurden, korrelativ miteinander zusammenhängen. Daher lag die Vermutung nahe, dass Leistungsverbesserungen in einem Bereich mit Verbesserungen in den anderen Bereichen einhergehen. Deswegen überrascht es, dass trotz vergleichbarer kognitiver Anforderungen, aufgrund dekontextualisierter und abstrakter Problemstellungen, eine signifikante Leistungsverbesserung nur im Day-Night-Stroop zu verzeichnen war. Dieser misst zwar die Hemmungskontrolle, dennoch wird auch im DCCS-Test die Hemmungskontrolle im Sinne der Aufmerksamkeitskontrolle und eine angemessene Regelanwendung verlangt. Im Truck-Load Test steht besonders die kognitive Flexibilität im Vordergrund. Dennoch ist auch bei diesem Test das Hemmen der vorherrschenden Antworttendenz notwendig, z.B. die Reihenfolge der Einladung nicht intuitiv der Reihenfolge der Häuser anzupassen. Darin begründet sich die Annahme möglicher bereichsübergreifender Leistungsverbesserungen, die jedoch angesichts der Ergebnisse nicht bestätigt werden konnte.

Bezugnehmend auf die soziodemographischen Faktoren, konnte gezeigt werden, dass der Bildungsgrad der Eltern einen signifikanten Einfluss auf die Leistungen im Truck-Load Test hat. Dennoch ist dieser Effekt mit Vorsicht zu betrachten, da die Varianzaufklärung durch den Faktor Bildungsgrad nur bei 2,2% liegt.

Dieses Ergebnis ist konsistent mit den Ergebnissen aus der Studie von Röthlisberger und Kollegen (2010). Sie konstatierten aufgrund des geringen Zusammenhanges zwischen Exekutiven Funktionen und sozioökonomischen Status, dass elterliche Unterstützung und Förderung in keinem grundlegenden Zusammenhang mit der Entwicklung Exekutiver Funktionen stehe. Die Autoren nehmen an, dass eine spezifische, zielgerichtete und intensive Förderungsmaßnahme notwendig sei, um Entwicklungsprozesse in den exekutiven Funktionsleistungen positiv zu beeinflussen (Röthlisberger et al., 2010).

Es kann jedoch vermutet werden, dass die Leistungen im Truck-Load Test, nämlich Planen und problemlösendes Denken mit intelligenten Verhalten im Zusammenhang stehen, welches wiederum auf ein bildungsnahes Umfeld zurückzuführen wäre. Diese Annahme kann jedoch aufgrund unserer Daten nicht geprüft werden und bleibt daher rein spekulativ.

²³ Inhibitorische Kontrolle, Planen und problemlösenden Denken und kognitive Flexibilität

8 Interpretation

Es konnte gezeigt werden, dass zumindest in einem Teilbereich der Exekutiven Funktionen, der inhibitorische Kontrolle, signifikante Leistungsverbesserungen festzustellen waren. Dennoch bleibt die Frage offen, warum die Verbesserung auf einen bestimmten Bereich determiniert ist und weshalb die anderen Bereiche, wie Arbeitsgedächtnis, Regelverständnis und -Benutzung sowie planerischen Denken und kognitive Flexibilität unberührt vom möglichen Lerneffekt blieben. Angesichts der Tatsache, dass sowohl in der Roboter- als auch Kontrollgruppe, die Leistungen im DCCS und Truck-Load Test sich nicht verbessert haben (siehe Kapitel 6.3.1), kann davon ausgegangen werden, dass das jeweilige Setting und die jeweiligen Rahmenbedingungen keinen Einfluss hatten. Auch mögliche Versuchsleiter- und Durchführungseffekte können ausgeschlossen, da die Posttestungen von anderen Versuchsleitern im Blindversuch durchgeführt wurden. Es kann vermutet, dass der zeitlich Abstand zwischen den beiden Messzeitpunkten zu lang war, als das sich ein Lerneffekt manifestieren konnte.

Einen weiteren bedeutungsvollen Aspekt kennzeichnet die Tatsache, dass der Truck-Load Test von der exekutiven Anforderung vergleichbar ist mit jener, die beim Robotertraining an die Kinder herangetragen wurde. Wie Slangen und Kollegen (2011) hervorheben, evoziert die Interaktionen zwischen Roboter und Mensch wesentlich kognitive Anforderungen. Die Autoren betonen, dass die Auseinandersetzung mit einer solchen Technologie Denken höhere Ordnung erfordere. Folglich streichen Slangen et al. (2011) kognitive Fertigkeiten, wie z.B. analysieren, synthetisieren, evaluieren, logischen schlussfolgern und eine generelle Problemlösefähigkeiten in abstrakteren Kontexte klar heraus. Diese genannten Fertigkeiten stehen stark im Zusammenhang mit den exekutiven Funktionsleistungen, wie sie beispielsweise im Modell von Bodenburg (Kapitel 3.3.2, Abbildung 1) deutlich umrissen werden (Bodenburg, 2001). Die Aufgaben pro Trainingseinheit (siehe Anhang) waren so ausgelegt, dass der Schwierigkeitsgrad mit jeder Einheit angehoben wurde. Somit sollte sichergestellt werden, dass die kognitiven Anforderungen mit dem aktuellen Leistungsniveau der Kinder konsistent sind und daher die Kinder jedes Mal an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeiten gelangen sollten, um einen Lerneffekt zu gewährleisten. Die Aufgabenschwierigkeit war weder zu schwer noch zu leicht, so dass Decken- oder Bodeneffekte ausgeschlossen werden konnten. Dennoch zeigen die Ergebnisse der Exekutiven Funktionstests, außer im Day-Night-Stroop, keine wesentlichen Verbesserung auf. Dieser Sachverhalt kann möglicherweise dadurch erklärt werden, dass die verwendeten Tests (DCCS, Truck-Load und Day-Night-Stroop) nicht sensibel genug sind, um eventuelle

strukturelle Veränderungen in der Exekutivleistung durch das Robotertraining valide zu erheben und abzubilden. Es könnte möglich sein, dass Veränderungen stattgefunden haben, diese jedoch nicht durch die verwendeten Tests erfasst werden konnten. Für weitere Studien in diesem Bereich ist daher anzudenken, andere Testinstrumente zu verwenden, die explizit jene Fähigkeiten messen, die während der Interaktion mit Robotern gefordert werden. Des Weiteren wurden zu beiden Messzeitpunkten dieselben Tests verwendet, wodurch ein Lerneffekt konsequenterweise hervorgerufen werden kann. Deshalb wäre es für zukünftige Untersuchung interessant ein Paralleltest Verfahren anzuwenden, bei denen nicht dieselben Test, sondern vielmehr konstruktvalidere Tests eingesetzt werden, um Klarheit darüber zu erhalten, ob wirklich jene gefragten Fähigkeiten trainiert wurden, oder nur eine Gewöhnung an das Testmaterial stattgefunden hat.

9 Zusammenfassung bzw. Abstract

Die Exekutiven Funktionen beschreiben ein Konstrukt, das in den letzten 10 Jahren an immenser wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Relevanz und an Interesse gewonnen hat. Der Begriff der Exekutiven Funktionen stammt aus der Neuropsychologie, welchem heutzutage zunehmend mehr an Bedeutung im Schulalltag zugesprochen wird, da die Exekutiven Funktionen im starken Zusammenhang mit der (Schul-)Alltagsbewältigung stehen. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die Entwicklung der Exekutiven Funktionen mittels einer Trainingsstudie untersucht. Dazu wurden insgesamt 52 Vorschulkinder aus österreichischen Privat- und städtischen Kindergärten rekrutiert. Die Experimentalgruppe erhielt ein 6-wöchiges Robotertraining im Abstand einer Woche, die Kontrollgruppe erhielt kein Training.

Die Posttestungen dienten zur Evaluation, inwieweit das Robotertraining auf die Exekutiven Funktionen Einfluss genommen hat. Die Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit zeigen jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Leistungen der Roboter und Kontrollgruppe zum Posttestzeitpunkt. Daher kann geschlussfolgert werden, dass das Robotertraining keinen Einfluss auf die Exekutiven Funktionen hatte. Möglicherweise können die Ergebnisse eher auf einen potentiellen Lerneffekt zurückgeführt werden durch die zweimalige Vorgabe des psychologischen Testmaterials zu den Exekutiven Funktionen.

Abstract

Executive functions characterize a construct that has gained in immense scientific and societal relevance and interest in the past 10 years. The term executive function originates from the neuropsychology realm that obtains increasingly more importance regarding school life. This is because executive functions are strongly associated with coping of (school) life. Within the framework of this diploma thesis the development of executive functions have been investigated by means of a training study. In total 52 preschool children from Austrian private- and state kindergarten has been recruited. The experimental group received a 6-week long robotic training and the control group received none.

The posttests served as evaluation in which extent the robotic training had an influence on the executive functions. However the results from the present diploma thesis indicate no significant difference between the performance of the robot group and the control group at the time of the posttest. Therefore it can be concluded that the robotic training had no influence on the executive functions. Possibly the results could be attributed rather to a learning effect because of the two time over exposure to the psychological test material of the executive functions.

10 Literaturverzeichnis

- Allport, A., Styles, E., & Hsieh, S. (1994). Shifting intentional set: exploring the dynamic control of tasks. In C. Umiltà, & M. Moscovitch (Hrsg.), *Attention and Performance XV* (S. 421-452). Cambridge, MA: MIT Press.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. (1998). Recent developments in working memory. *Current Opinion in Neurobiology*(8), S. 234-238.
- Baddeley, A. (1998). The central executive: A concept and some misconceptions. *Journal of the International Neuropsychological Society*(4), S. 523-526.
- Bechara, A., Damasio, A., Damasio, H., & Anderson, S. (1994). Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition*, 50(1-3), S. 7-5.
- Blair, C. (2002). School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. *American Psychologist*(57), S. 111-127.
- Blumer, D., & Benson, D. (1975). Personality changes with frontal and temporal lobe lesions. In F. Benson, & D. Blumer (Hrsg.), *Psychiatric aspects of neurological disease* (S. 151-170). New York: Grune & Stratton.
- Bodenburg, S. (2001). *Einführung in die Klinische Neuropsychologie*. Bern, Göttingen: Verlag Hans Huber.
- Buchner, A. (2003). Funktionen und Modelle des Gedächtnisses. In H. Karnath, & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 453-465). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Carlson, S., Moses, L., & Claxton, L. (2004). Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability. *Experimental Child Psychology*, 87, 299-319.
- Case, R. (1995). Capacity-based explanations of working memory growth: a brief history and reevaluation. In F. Weinert, & W. Schneider (Hrsg.), *Memory performance and competencies: Issue in growth and development*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cohen, S., Bixenman, M., Meiran, N., & Diamond, A. (May, 2001). Task switching in children. *Presented at the South Carolina Bicentennial Symposium on Attention*. University of South Carolina, Columbia, SC.
- Cramon, D., & Matthes von Cramon, G. (1995). Problemlösendes Denken. In D. Cramon, N. Mai, & W. Ziegler (Hrsg.), *Neuropsychologische Diagnostik* (2. Ausg., S. 123-152). Weinheim: Chapman & Hall.
- De Loach, J. (kein Datum). Early understanding and use of symbols: The Model model. *Current Directions in Psychological Science*, 4, S. 109-113.

- Devinsky, O. & D'Esposito, M. (2004). *Neurology of Cognitive and Behavioral Disorder*. New York: Oxford University Press
- Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D. Stuss, & R. Knight (Hrsg.), *Principles of frontal lobe function* (S. 466-503). New York: Oxford University Press.
- Dijkgraaf, R., Fresco, L., Gualthé'rie van Weezel, T., & van Calmthout, M. (2008). *De be`tacanon, wat iedereen moet weten van de natuurwetenschappen (the science canon, what everyone should know about the sciences)*. (M. van Calmthout, Hrsg.) Amsterdam: De Volksrat en Meulenhoff b.v.
- Dowsett, S., & Livesey, D. (2000). The Development of Inhibition Control in Preschool Children: Effects of "Executive Skills" Training. *Developmental Psychobiology*, 36(2), 161-174.
- Drechsler, R. (2007). Exekutive Funktionen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 18(3), S. 233-248.
- Eslinger, P., Grattan, I., & Geder, L. (1995). Impact of frontal lobe lesion on rehabilitation and recovery from acute brain injury. *Neurorehabilitation*(5), 161-185.
- Fagot, B., & Gauvain, M. (1997). Mother-child problem solving: Continuity through the early childhood. *Developmental Psychology*, 33, 480-488.
- Fletcher, P., & Henson, R. (2001). Frontal lobes and human memory. *Brain*(124), 849-881.
- Förstl, H. (2005). *Frontalhirn* (2. Ausg.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Förstl, H., Baron-Cohen, S., Leslie, A., & Frith, U. (2006). Does the autistic child have a "Theory of Mind?". *Cognition*(21), S. 37-46.
- Fox, N., & Bell, M. (1990). Electrophysiological indices of frontal lobe development: relations to cognitive and affective behavior in human infants over the first year of life. *Annals of the NEw York Academy of Science*(608), S. 677-704.
- Fuster, J. (1989). *The prefrontal cortex. Anatomy, physiology, and neuropsychology of the frontal lobe* (2. Ausg.). New York: Raven.
- Gallagher, H., Roepstorff, A., & Frith, C. (2002). Imaging the intentional stance in a competitive game. *Neuroimage*(16), S. 814-821.
- Gogtay, N., Giedd, J., Lusk, L., Hayashi, K., Greenstein, D., & Vaituzis, A. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proedings of the National Academy of Science*, 101, S. 8174-8179. USA.

- Grant, D., & Berg, E. (1948). A behavioral analysis of degree of reinforcement and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card-sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 38, 404-411.
- Hacker, M., de Vries, M., & Rossouw, A. (2009). *CCETE project, concepts and contexts in engineering and technology education (No. DUE 0314910)*. New York, Delft: Hofstra University and Delft University of Technology.
- Hongwanishkul, D., Happaney, K., Lee, W., & Zelazo, P. (2005). Assessment of Hot and Cool Executive Function in Young Children: Age-Related Changes and Individual Differences. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), S. 617–644.
- Kane, M., & Engle, R. (2000). Working-memory capacity, proactive interference, and divided attention: limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory & Cognition*(26), S. 336-358.
- Karnath, H., & Kammer, T. (2003). Manifestation von Frontalhirnschädigungen. In H. Karnath, & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 515-528). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Karnath, H.-O., Hartje, W., & Ziegler, W. (2006). *Kognitive Neurologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Kirkham, N., Cruess, L., & Diamond, A. (2003). Helping children apply their knowledge to their behavior on a dimension-switching task. *Developmental Science*, 6(5), S. 449-776.
- Kirschbaum, C. (Hrsg.). (2008). *Biopsychologie von A bis Z* (1. Ausg.). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kloo, D., & Perner, J. (2003). Training transfer between card sorting and false belief understanding: Helping children apply conflicting descriptions. *Child Development*(74), S. 1823-1839.
- Melchers, P., & Preuß, U. (2009). *Kaufmann Assessment Battery for Children* (8. Ausg.). Frankfurt/Main: Pearson Assessment.
- Mesulam, M.-M. (2002). The human frontal lobes: Transcending the default mode through contingent encoding. In D. Stuss, & R. Knight (Hrsg.), *Principles of frontal lobe function* (S. 8-30). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Morton, J., & Munakata, Y. (2002). Active vs. latent representations: a neural network model of perseveration, dissociation and devaluation. *Developmental Psychobiology*(40), S. 255-263.
- Müller, S., George, S., Hildebrandt, H., Münte, T., Reuthers, P., Schoof-Tams, K., & Wallesch, C.-W. (2010). Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von exekutiven Dysfunktionen. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 21(3), S. 167-176.

- Pennington, B., Rogers, S., Bennetto, L., Griffith, E., Reed, D., & Shyu, V. (1997). Validity tests of the executive dysfunction hypothesis of Autism. In J. Russel (Hrsg.), *Autism as an executive disorder* (S. 143-179). Oxford: University Press.
- Perner, J., & Lang, B. (1999). Development of theory of mind and cognitive control. *Trends in Cognitive Science*(3), S. 337-344.
- Röthlisberger, M., Neuenschwader, R., Roebbers, E., & Roebbers, C. (2010). Exekutive Funktionen: Zugrundeliegende kognitive Prozesse und deren Korrelate bei Kindern im späten Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42(2), S. 99-110.
- Sanders, A. (1998). *Elements of human performance: Reaction processes and attention in human skill*. Mahwah: Erlbaum.
- Shallice, T. (1982). specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 298, S. 199-209.
- Shin, N., & Kim, S. (2007). Learning about, from, and with robots: Students' perspectives. *16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication*. Jeju, Korea.
- Simon, H. (1975). The functional equivalence of problem solving skills. *Cognitive Psychology*, 7, S. 268-288.
- Slangen, L., Keulen, H., & Gravemeijer, K. (2011). What pupils can learn from working with robotic direct manipulation environments. *International Journal of Technology and Design Education*(4), S. 449-469.
- Sodian, B. (2007). Entwicklung der Theorie of Mind in der Kindheit. In H. Förstl, *Theory of Mind* (S. 44-56). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Stroop, J. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Stuss, D. (1991). Self, awareness and the frontal lobes: A neuropsychological perspective. In J. Straus, & G. Goethals (Hrsg.), *The self: interdisziplinäre approaches* (S. 255-278). New York: Springer-Verlag.
- Stuss, D., & Anderson, V. (2004). The frontal lobes and theory of mind: Developmental concepts from adult focus lesion research. *Brain and Cognition*(55), 69-83.
- Thier, P. (2003). Die funktionelle Architektur des präfrontalen Kortex. In H. Karnath, & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 495-503). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Towse, J., Redbond, J., Houston-Price, C., & Cook, S. (2000). Understanding the Dimensional Change Card Sort. Perspectives from task success and failure. *Cognitive Development*, 15, 347-365.

Ullsperger, M., & von Cramon, D. (2003). Funktion frontaler Strukturen. In H. Karnath, & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie* (S. 505-514). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Wiener, N. (1952). *Mensch und Menschmaschine. Kybernetik und Gesellschaft*. Frankfurt am Main : Alfred Metzner Verlag.

Zelazo, P., & Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Hrsg.), *Handbook of childhood cognitive development* (S. 445-469). Oxford: Blackwell.

Zelazo, P., Frye, D., & Rapus, T. (1996). An Age-Related Dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 1, 37-63.

Zelazo, P., Muller, U., Frye, D., & Markovitsch, S. (2003). The development of Executive Function in early Childhood. *Monographs of Society for Research in Child Development*, 68(3, Serial No. 274).

10.1 Sekundärzitate

Diamond, A. (2002). Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. In D. Stuss, & R. Knight (Hrsg.), *Principles of frontal lobe function* (S. 466-503). New York: Oxford University Press.

Kane, M., & Engle, R. (2000). Working-memory capacity, proactive interference, and divided attention: limits on long-term memory retrieval. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory & Cognition*(26), S. 336-358.

Kloo, D., & Perner, J. (2003). Training transfer between card sorting and false belief understanding: Helping children apply conflicting descriptions. *Child Development*(74), S. 1823-1839.

Morton, J., & Munakata, Y. (2002). Active vs. latent representations: a neural network model of perseveration, dissociation and decalage. *Developmental Psychobiology*(40), S. 255-263.

Piaget, J & Lamberciert, M. (1985). La causalité visuelle perceptive chez l'adulte. *Archives de Psychologie* (36), S- 77-201

Zelazo, P., Muller, U., Frye, D., & Markovitsch, S. (2003). The development of Executive Function in early Childhood. *Monographs of Society for Research in Child Development*, 68(3, Serial No. 274).

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: wichtige Komponenten exekutiver Funktion	8
Abbildung 2: mediale Präfrontalkortex	9
Abbildung 3: Beschreibung exekutiver Funktionen	15
Abbildung 4: Aufbau des DCCS Tests	36
Abbildung 5: Aufbau des Truck-Loading-Tests	37
Abbildung 6: Zielkarten des Day-Night-Stroop Tests	38
Abbildung 7: Herkunftsländer	46
Abbildung 8: Muttersprache	47
Abbildung 9: Bildungsgrad der Eltern	48
Abbildung 10: Anzahl erreichter Prozentränge beider Gruppen in allen Tests	49
Abbildung 11: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im DCCS Test beider Gruppen im Pretest	50
Abbildung 12: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im DCCS Test beider Gruppen im Posttest	51
Abbildung 13: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im Truck-Load Test beider Gruppen im Pretest	52
Abbildung 14: Häufigkeiten erreichter Punktwerte im Truck-Load Test beider Gruppen im Posttest	52
Abbildung 15: Häufigkeiten erreichter Punkte beider Gruppen im Day-Night-Stroop Test	53
Abbildung 16: Mittelwerte der Kontraste aller Test zur Pre- und Posttestung	56
Abbildung 17: Mittelwerte der einzelnen Tests zu beiden Messzeitpunkten	57
Abbildung 18: Mittelwerte beider Gruppen bei Pre- und Posttest	58
Abbildung 19: Bee-Bot	98
Abbildung 20: Aktionsmatte	98
Abbildung 21: Aktionsmatte Straße	99
Abbildung 22: Aktionsmatte Landschaft	99
Abbildung 23: Roboterzeichnung erste Einheit	100
Abbildung 24: Roboterzeichnungen letzte Einheit	100

12 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Alter in Monaten, sowie Mittelwert, Standardabweichung und Range der untersuchten Stichprobe	45
Tabelle 2: Mittelwerte, Standardabweichung und Range der Leistungen in den Untertests des K-ABC	49
Tabelle 3: Mittelwerte, Standardabweichungen und Range der Leistungen im DCCS	50
Tabelle 4: Mittelwerte, Standardabweichungen und Range der Leistungen im Truck-Load Tests	51
Tabelle 5: Mittelwerte, Standardabweichung und Range des Stroop-Tests	53
Tabelle 6: Mittelwerte und Signifikanzüberprüfung der Haupteffekte und Interaktionen	55
Tabelle 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Leistungen beider Gruppen	59
Tabelle 8: alte und adjustierte Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler	60
Tabelle 9: Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler	61
Tabelle 10: alte Mittelwerte und adjustierte Mittelwerte, Standardabweichung und Standardfehler	62
Tabelle 11: Signifikanzprüfung der Kovariate	62
Tabelle 12: Korrelationen zwischen den drei Variablen (DCCS, Truck-Load, Stroop-Test)	64

13 Anhang

13.1 Instruktionen

1. Instruktionen: Day and Night Stroop Test

(Gerstad, C. L., Hong, Y. J., Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3 ½ - 7 years old on an Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53, 129-153.)

Anleitung

„Wir spielen jetzt gemeinsam das Tag-Nacht-Spiel.“

Training:

1. Instruktion: VL zeigt dem Kind die Mond mit Sternen- Karte: „Wenn du diese Karte siehst, möchte ich, dass du Tag sagst.“ VL fordert Kind auf das Wort „Tag“ zu wiederholen.

2. Dann nimmt der VL die Karte weg und zeigt die Sonnenkarte und instruiert: „Wenn du diese Karte siehst, möchte ich, dass du Nacht sagst“. VL fordert das Kind auf, das Wort „Nacht“ zu wiederholen.

3. Dann zeigt er die Sonnenkarte Dieses Mal keine Instruktion. Wenn Kind zögert „Was sagst du zu dieser Karte?“. VL soll nie Tag oder Nacht sagen.

→ Wenn Kind korrekt antwortet, loben und fährt fort mit der Mondkarte. Wenn Kind richtig antwortet, loben, und die ersten beiden Durchgänge werden gewertet für die Testung

Testung beginnt (siehe unten)

→ Wenn Kind inkorrekt oder nicht antwortet, werden die beiden Durchgänge als Übung gezählt und der VL erinnert Kind an beide Regeln, beginnend mit der Karte, die das Kind nicht korrekt identifiziert hat. Dann Sonnenkarte zeigen, wenn Kind korrekt antwortet, loben, fortfahren mit Mondkarte. Wenn Kind korrekt geantwortet -> Versuche als Testversuch 1 und 2 zählen, fortfahren. Wenn es einer der Karten falsch identifiziert, als Übung zählen und VL erinnert an Regeln, beginnend mit der falsch identifizierten Karte.

Testung beginnt (siehe unten).

Kind muss jede Regel zumindest einmal korrekt beantwortet haben im Übungsteil und Versuch 1 und 2, um Session als nützlich zu zählen.

Testing:

16 Durchgänge: 8 „Tag“-Karten; 8 „Nacht“-Karten, pseudorandom sequence

Folgende Reihenfolge für Versuchsbedingung: N, T, T, N, T, N,N, T, T, N, T, N, N, T, N, T

Wenn Kind zögert, Versuchsleiter: „Was sagst du für diese Karte“ (What do you say for this one), VL sagt nie „Tag“ oder „Nacht“

Während der 16 Durchgänge wird kein Feedback gegeben

Abhängige Variable: Antwort des Kindes ; Wertung: Korrekte Antwort des Kindes

2. Instruktion DCCS

(In Anlehnung an:

Zelazo, P.D., Frye, D. & Rapus, T. (1996). An Age-Related Dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 1, 37-63.

Badstieber, M. (2008). *Theory of Mind, episodisches Gedächtnis und Sprache: Eine Längsschnittuntersuchung bei 3- bis 4-jährigen Kindern*. Unveröffentlichte Dissertation, Johann-Goethe Universität, Frankfurt am Main).

Material: 2 Zielkarten (roter Vogel; blauer Hund), werden an den beiden Boxen befestigt
14 Testkarten (7*roter Hund; 7*blauer Vogel)

Farbspiel-Pre-switch

Übungsphase (2 Karten: Hund und Vogel)

Nach dem 6ten Versuch: „Gut, du machst da wirklich super. Jetzt spielen wir aber ein anderes Spiel. Wir spielen jetzt das Rot und Blau Spiel!“

„Kannst du die Farben sehen? Siehst du das rote Tier sehen?“...Genau!

„Kannst du das blaue Tier sehen?“...Richtig!

(falls Kinder Probleme haben beim Farben erkennen, fragt man sie über andere Gegenstände im Raum aus um das Farbwort-Wissen zu überprüfen)

„In diesem Spiel ist es so, dass wenn du eine rote Karte siehst kommt die in diese Box (zeigen auf die entsprechende Box) und wenn du eine blaue Karte siehst kommt sie hier rein (auf entsprechende Box zeigen).

Ich zeige dir kurz wie das geht...

„Hier ist eine rote Karte und die kommt hier rein. Und hier ist eine blaue Karte, die hier rein kommt (in entsprechende Boxen legen mit Gesicht nach unten)

„Meinst du du kannst das auch mal machen?“

Kind zwei Probedurchgänge machen lassen

Testphase

6 Testkarten(3*Hund; 3*Vogel) vermischen und Kind vorgeben.
Vor jeden Versuch nochmals regeln erklären und demonstrieren
wie beim ersten Durchgang, aber KEIN Feedback geben, also Kind
weder bestätigen noch korrigieren!!!

Testphase ist beendet wenn Kind alle 6 Karten korrekt einsortiert
hat. Es gilt dasselbe Abbruchkriterium wie im Preswitchteil.

Tierspiel - Postswitch

Übungsphase (2 Übungskarten: Vogel & Hund)

- „Wir spielen jetzt das Hund und Vogel Spiel“
- „Kannst du das Bild vom Hund sehen?“Genau!
- „Kannst du das Bild vom Vogel sehen?“Richtig!

- „Wenn du in diesem Hund und Vogel Spiel den Hund siehst musst
du ihn hier rein legen“ (auf Box zeigen)
- „Und wenn du den Vogel siehst musst du ihn hier rein legen“ (auf
andere Box zeigen)

Ok. Ich werde es dir einmal zeigen...schau hier ist ein Bild vom
Vogel, das lege ich hier rein (auf Box zeigen); meinst du kannst
das für mich machen? Komm lass uns das mal versuchen!
Beide Karten werden mit Bild nach unten in die Box einsortiert.

Testphase

Testkarten: 6 Karten. 3* Hund, 3* Vogel = 6 Durchgänge

Testkarten werden willkürlich vorgegeben und das Kind vor jedem
Durchgang an die Regeln erinnert: „Denk dran, Hund kommen
hier rein und die Vögel hier rein.“

Dann wird die Karte vorgegeben:

Ok. Was haben wir hier? Oh, es ist ein Hund/Vogel. Wo kommt
der Hund/Vogel rein?

⇒ *Kind muss jede Karte mit Gesicht nach unten einsortieren*

Kind sortiert Karte mit Bild nach unten ein.

Der Testleiter gibt Feedback, indem er das Kind bestätigt oder
korrigiert.

Mixphase

Nach 6 Durchgängen mit den Postswitch-Regeln schließt der TI ab und sagt: „So, jetzt spielen wir beide Spiele zusammen, mal das Tierspiel, mal das Formspiel“.

Kein Probedurchgang!!!

6 Karten (3* Hund; 3* Vogel) werden gemischt vorgeben. Vor jeder Karte erinnert der TI das Kind an die entsprechende Regeln:

„Wir spielen jetzt das Farbenspiel, also rot und blau.“

Oder

„Wir spielen jetzt das Tierspiel, also Hund und Vogel.“

Es wird kein Feedback gegeben!!!

Kind muss Karte einsortieren.

3. Truck-Loading task

adapted from Fagot & Gauvain, 1997:

Carlson, S.M., Moses L. J. & Claxton, L. J. (2004) Individual differences in executive functioning and theory of mind: An investigation of inhibitory control and planning ability. *Experimental Child Psychology*, 87, 299–319.

Original:

Fagot, B. I., & Gauvain, M. (1997). Mother–child problem solving: Continuity through the early childhood years. *Developmental Psychology*, 33, 480–488.: Material: Post-Office, One-Way-Street-Sign, oval street route, 5 houses (3 orange, 2 blues), aligned along the one-way-road, 5 letters, Wagon von post-office to houses

Rules: Wagon muss komplett geladen sein, bevor er losfährt; nur eine Einladung kann ausgeladen werden pro Haus, die Route wird nur einmal gefahren (single trip)

Abklärung Rot-Grün-Schwäche: “Welche Farben haben diese Häuser? Kannst du bitte auf das rote Haus zeigen?”

1. Kinder sollen annehmen, sie sind Postboten und ihre Aufgabe ist es, mit einem Spielzeug-Truck verschieden farbige Party-Einladungen zu deren entsprechenden farbigen Häusern zu bringen.

„Wir spielen jetzt das Postboten-Spiel. Du siehst hier eine Straße und einen Lastwagen. Rechts von der Straße stehen rote und blaue Häuser und hier haben wir rote und blaue Einladungen. Stell dir vor, du bist ein Postbote und möchtest die Häuser zu einer Party einladen. Die blauen Häuser bekommen die blauen Einladungen und die roten Häuser die roten.“

2. Der Versuchsleiter demonstriert das Spiel mit einem Haus und einer Einladung, Er instruiert, dass die Einladungen hinten auf den Truck aufgeladen werden sollen und erklärt, dass dies

eine Einbahnstraße ist und demonstriert die Route, welche zu fahren ist. Zur Erinnerung werden Pfeile auf die Straße gezeichnet.

3.

„Ich zeige es dir mit dem ersten Haus und der dazu passenden Einladung. Die Einladungen müssen hinten auf den Lastwagen aufgeladen werden (VL fährt Truck mit roter Einladung zum roten Haus) Diese Straße ist eine Einbahnstraße, das heißt wir können nur in diese eine Richtung fahren (zeigt den Weg vom Postamt die Straße entlang)“.

4. Warm-Up: Instruktion:

„Jetzt sind dort zwei Häuser, die wir zu der Party einladen wollen. Die rote Einladung geht zu dem roten Haus und die blaue Einladung geht zu dem blauen Haus. Jetzt müssen wir die Einladungen schnell ausliefern, so dass jeder zu der Party kommen kann. Der schnellste Weg ist nur einmal die Straße entlang zu fahren.“

5. Der Versuchsleiter schlägt einen Weg vor, wie die Einladungen auf den Truck geladen werden könnten um sie schnell zu überbringen

„Du musst die Einladungen immer von oben des Trucks nehmen, so dass die oberste Einladung zum ersten Haus geht und die nächste Einladung geht zum nächsten Haus“. Der Versuchsleiter demonstriert das Beladen des Trucks in umgekehrter Reihenfolge „Schau erst kommt die blaue Einladung hinein und dann die rote, weil wir zuerst am roten Haus vorbeifahren und dann zum blauen Haus“.

6. Regel-Check (Verständnisfrage): „Kann ich eine Einladung vom Boden des Trucks nehmen?“. Der Versuchsleiter wiederholt dies, bis die Kinder korrekt antworten („Nein“), es wird nach jeder Antwort Feedback gegeben.

7. Kinder teilen die Einladungen aus mit Hilfe des VL.

8. Warm-up-Häuser werden ersetzt durch zwei andere Häuser (rot/rot) und die Testversuche beginnen.

9. Hinzufügen von neuem Haus (Reihenfolge: rot, rot, blau, rot, blau)

„Nun kommt ein neues Haus hinzu, bitte lade den Lastwagen mit den Einladungen.“, wenn Level erfolgreich.

10. Maximum 5 Häuser, vier Schwierigkeits-Levels. Für jedes Level erhalten die Kinder zwei Versuche und einen müssen sie erfolgreich bewältigen um zum nächsten Level zu gelangen.

11. Nach dem Laden des Trucks, Kinder laden die Einladungen aus und der VL gibt Rückmeldung über die relevanten Regeln bei inkorrekten Versuchen. (Wenn inkorrekt: Den Truck zum Post-Office zurückfahren, ausladen und neu starten.)

„Das war nicht richtig, du musst sie so aufladen, dass die oberste Einladung zum ersten Haus geht, die zweit oberste zum zweiten Haus....“.

12. VL sammelt Einladungen ein und bringt den Truck in Startposition um neu zu beginnen.

Abhängige Variable: Ob Kinder die Einladungen in umgekehrter Reihenfolge, wie sie ausgeliefert werden müssen, in den Truck aufschichten.

Selbstkorrekturen während der Lade-Phase sind erlaubt.

Bewertung: Kind kann bis zu vier Punkte erhalten, abhängig vom jeweilig erfolgreich bewältigtem Level (0-4).

Kodierung: reliabel, Cohen`s Kappa= 1,0

Kurzinfo aus: Mc Cormack, T. & Atance, C. M. (2011). Planning in young children: A review and synthesis. *Developmental Review*, 1-31 :

Die Häuser sind entlang einer Einbahnstraße platziert (Kinder können den Truck nur in eine Richtung der Straße bewegen). Dies ist eine Aufgabe mit umgekehrter Reihenfolge. Die Kinder müssen die Einladung für das letzte Haus zuerst in den Truck geben, und die erste Einladung für das erste Haus als letztes. Die Aufgabe beginnt mit zwei Häusern in welche Einladungen gebracht werden müssen, für jeden erfolgreichen Versuch wird ein neues Haus hinzugefügt (bis zu fünf Häusern).

13.2 Informative Einverständniserklärung

Linda Wulf	Lisa Bunk
Lederergasse 14a/22	Lange Gasse 48/13
1080 Wien	1080 Wien
Telefon: 0650-8086699	0650-7165369

Liebe Mütter, liebe Väter!

Im Kindergarten, den Ihr Kind derzeit besucht, wird begleitend zum Roboterkurs eine wissenschaftlich psychologische Evaluation durchgeführt.

Ziel dieser Studie ist es bestimmte Verhaltensweisen und Fertigkeit im Hinblick auf die Auseinandersetzung mit den Robotern aufzudecken und diese zu fördern.

Dazu wird eine Trainingsstudie durchgeführt, bei der Ihr Kind im wöchentlichen Abstand bis Ende Jänner von uns gesehen wird.

Es werden kindgerechte Materialien wie z.B. Bildergeschichten, Rätsel usw. verwendet, wobei die Kinder jedoch ohne Zeit- und Leistungsdruck diese bearbeiten können. Zusätzlich werden die Einheiten auf Video aufgenommen, damit wir nach Beendigung des Trainings, im Sinne einer Gedächtnisstütze, noch auf die Daten zurückgreifen zu können.

Diese Studie wird im Rahmen meiner Diplomarbeit (unter der Betreuung von Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Manuel Sprung) an der psychologischen Fakultät der Universität Wien durchgeführt – alle Informationen und Ergebnisse werden selbstverständlich **vertraulich** und **anonym** behandelt.

Es wäre uns eine große Hilfe, wenn Ihr Kind an dieser Untersuchung teilnehmen könnte, da die gewonnenen Erkenntnisse sehr wichtig für weitere Forschungsarbeiten und individuelle Förderprogramme zur Vorbeugung sozialer Probleme sein könnten.

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen,

Linda Wulf & Lisa Bunk

Ich erkläre mich einverstanden, dass mein Kind _____ (Initialen: Anfangsbuchstabe Vor- & Nachname), geboren am _____ an der Trainingsstudie teilnimmt.

Unterschrift: _____

Daten der **Eltern:**

Alter: _____

Höchst abgeschlossene Schulbildung: _____

Herkunftsland: _____

13.3 Protokollbögen

Protollbogen DCCS und Drei-Berge Test

Vp-Nr.:

Reihenfolge DCCS: Farbe - Form Form – Farbe

Testdatum:

Name der Einrichtung:

Name der Vp: _____

Geschlecht: weiblich männlich

Geburtsdatum:

Alter in Monaten:

Geschwister: keine älter jünger

Muttersprache:

Bemerkungen: _____

Dimensional Change Card Sorting-Task

1. Durchgang Farbenspiel:

1. rot - Vogel: richtig falsch

2. blau - Hund: richtig falsch

3. blau - Hund: richtig falsch

4. rot - Vogel: richtig falsch

5. blau - Hund: richtig falsch

6. rot – Vogel: richtig falsch

2. Durchgang Formspiel:

1. Hund - blau: richtig falsch

2. Vogel - rot: richtig falsch

3. Hund - blau: richtig falsch

4. Vogel- rot: richtig falsch

5. Hund - blau: richtig falsch

6. Hund - blau: richtig falsch

3. Durchgang Farben/Formenspiel:

1. rot - Vogel: richtig falsch

2. Hund - blau: richtig falsch

3. blau - Hund: richtig falsch

4. Vogel - rot: richtig falsch

5. rot - Vogel: richtig falsch

6. Hund - blau: richtig falsch

Protokollbogen Truck-Load und Day-Nicht-Stroop

Truck-Loading-Task

Farben: Ja Nein

Erreichtes Level (Punkte 0-4)

Level 1	
Level 2	
Level 3	
Level 4	

Stroop-Test

Training:

Nacht	
Tag	

Testung:

Nacht	
Tag	
Tag	
Nacht	
Tag	
Nacht	
Nacht	
Tag	
Tag	
Nacht	
Tag	
Nacht	
Nacht	
Tag	
Nacht	
Tag	

13.4 Trainingsplan Roboterkurs

Wissensakademie – Robots for Kids Trainingsplan

Ein Projekt der Fachhochschule Technikum-Wien in Zusammenarbeit mit der Universität Wien, Institut für Psychologie.

Das Projekt „Wissensakademie“ wird in Kooperation mit den Kinderfreunden durchgeführt und hat zum Ziel Kinder bereits im frühen Alter mit Technik in Verbindung zu bringen und evtl. Hemmungen und Berührungsängste abzubauen. Im spielerischen Umgang mit Robotern (BeeBots) lernen die Kinder erste Grundzüge des Programmierens und halten die gewonnen Eindrücke in ihren Laborheften in Form von Fotos und Zeichnungen fest.

Das Institut für Psychologie unterstützt diesen Kurs in Form einer wissenschaftlichen Begleitforschung und soll die Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten der Kinder im Laufe des Kurses messen und auswerten.

Für die Betreuungspersonen/Trainer (Studierende der Fachhochschule Technikum Wien) wurde folgender Trainingsplan entworfen:

1. Allgemeines

- Es finden 6 Einheiten á 60 Minuten statt.
- Die Versuchsgruppe besteht aus 25 Kindern.
- Die Kontrollgruppe besteht ebenfalls aus 25 Kindern.
- In der Versuchsgruppe wird der Kurs in den ersten 6 Einheiten abgehalten, in der Kontrollgruppe wird in den ersten 6 Einheiten beobachtet und anschließend der Kurs abgehalten.
- Mindestalter der Kinder: 4 Jahre.

2. Gruppe

- Die Gruppe besteht aus höchstens 5 Kindern und 1 TrainerIn (diese Konstellation sollte über alle Einheiten beibehalten werden).
- Jede dieser Gruppen erhält ein-zwei BeeBots.
- In den Einheiten arbeitet die Gruppe mit den Matten „Straße“ (s. Abb2) und „Feld“ (s. Abb1).

- Bei jeder Aufgabe sollte möglichst jedes Kind innerhalb der Gruppe mindestens einmal an die Reihe kommen.

3. Kinder

- Jedes Kind bekommt ein „Laborheft“ mit seinem/ihren Namen und nach erfolgreich gelöster Aufgabe einen Stempel bzw. ein Sticker in dieses Heft als Motivationsanreiz.
- Zu Beginn erhält jedes Kind ein Namensschild (vorab Namenslisten einholen).
- Jedes Kind wird von dem Trainer nach der jeweiligen Einheit im vorab definierten Protollbogen (Kennzeichnung PB) eingeschätzt (welche Aufgaben wurden beim wievielten Versuch bewältigt).



Die Kinder sollen von den TrainerInnen motiviert werden die Aufgabenstellungen zu lösen und auch ermuntert werden Fragen zu stellen, sofern sie sich einer Sache nicht sicher sind.

Einheit 1 - Kennenlernen

Allgemeine Vorstellung:

Die StudentInnen stellen sich vor und erklären kurz was die Kinder in diesem Kurs lernen werden und wie dieser aufgebaut sein wird. Ziel der ersten Einheit ist, die Kinder kennenzulernen und in das Thema einzuführen.

Die Kinder erhalten dafür ein Namensschild und sollen auch kurz in der Runde sagen wie sie heißen. Jedes Kind bekommt von den Trainerinnen ein „Laborheft“ ausgeteilt, wo die Kinder ebenfalls ihren Namen mit der Unterstützung der Betreuungspersonen vermerken sollen.

Aufgabenstellung an die Kinder

- Kinder sollen einen Roboter malen (wissen die Kinder was ein Roboter ist?
Welche Merkmale hat ihr Roboter? Ist er menschenähnlich?)
- Fragen: „Was glaubt ihr kann ein Roboter?“ „Wie funktioniert ein Roboter?“ „Kann er denken?“ „Hat er Gefühle?“ „Kann der Roboter zum Beispiel traurig sein?“

Vorführung der Roboter in der Gruppe:

Die TrainerInnen zeigen den Kindern verschiedenste Roboter (werden nur hergezeigt, sind nicht zum Spielen da): NAO, NXT, BeeBot, Aibo, etc.

Erste Erklärungen zum BeeBot: Wie funktioniert der Roboter, wie kann man einen Roboter in Bewegung setzten?

Einheit 2

Einstieg

Diese Einheit wird mit dem Herzeigen von verschiedenen Robotervideos (werden zur Verfügung gestellt) eingeleitet. Die Kinder versammeln sich dafür um den Laptop.

Arbeiten in Gruppen

Die restliche Einheit wird in Gruppen gearbeitet. Dafür werden die Kinder in 5er Gruppen eingeteilt (bzw. auf die Betreuungspersonen aufgeteilt).

Die Pfeiltasten der BeeBots werden erklärt und es wird demonstriert, dass sie „vorwärts“ „rückwärts“ „rechts“ „links“ fahren können.

Betonung: Drehung: „BeeBot dreht sich nur wenn ihr links, rechts drückt.“

„Weiß jeder was rechts links ist?“ Kinder sollen dies demonstrieren.

Generell gilt: Die TrainerInnen sollen versuchen den Kindern in einfacher Sprache die Aufgabenstellungen zu erklären. Versteht ein Kind bzw. mehrere Kinder der Gruppe den Auftrag nicht, so soll sowohl die Aufgabenstellung als auch in weiterer Folge die Lösung mit den Kindern gemeinsam erarbeitet und hergezeigt werden. Die Kinder sollen die Einheit jeweils mit einer positiv gelösten Aufgabe abschließen (auch wenn das bedeutet eine leichtere Aufgabe zu stellen).

Aufgabenstellung an die Kinder

Nachfolgende Aufgabenstellungen sollen gelöst werden: Zuerst die Kinder mit dem BeeBot die zurückzulegende Strecke „abgehen“ lassen (BeeBot wird von einem Feld zum nächsten getragen und dazugesagt, welche Taste gedrückt werden soll) und dann, sobald die Kinder mit den Aufgaben schon vertraut sind, den BeeBot auf dem Ausgangspunkt stehen lassen während des Programmierens.

Die Aufgabenstellungen stellen Beispiele dar, jedes Kind sollte jede Aufgabe (natürlich ein bisschen abgewandelt, sodass nicht jedes Kind dieselben Felder abfährt) mindestens einmal gestellt bekommen.

Bitte auch darauf achten, dass die BeeBots vor jeder neuen Aufgabenstellung gelöscht („clear“) werden!

3. Aufgabe: Drücken der Tasten im Uhrzeigersinn beginnend mit der Geradeaus-Taste (PB) → *Matte „Straße“*
4. Aufgabe: „Der BeeBot soll geradeaus fahren, wie machst du das?“ (PB) → *Matte „Straße“*
5. Aufgabe: BeeBot 2 Felder geradeaus bewegen: „Fahre vom „Topf“ zum „Kind“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
6. Aufgabe: BeeBot 2 Felder rückwärts bewegen: „Fahre vom „Wasserhahn“ zur „Landkarte“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
7. Aufgabe: BeeBot 2 Felder geradeaus und ein Feld nach rechts: „Fahre vom „Autobus“ zum „Kind“.“ (PB) → *Matte „Feld“*
8. Aufgabe: BeeBot 2 Felder geradeaus und ein Feld nach links: „Fahre vom „Hahn“ zum „Wasserhahn“.“ (PB) → *Matte „Feld“*

Einheit 3

Einstieg

Zu Beginn der Einheit sollen die Kinder versammelt und gemeinsam begrüßt werden. Es soll kurz erklärt werden, was in dieser Einheit auf die Kinder zukommt (in diesem Fall: Arbeiten mit den BeeBots).

Aufgabenstellung an die Kinder

Ab dieser Einheit wird nur noch mit der Matte „Feld“ gearbeitet.

Wiederholungsaufgabe: BeeBot 2 Felder geradeaus und ein Feld nach rechts „Fahre vom „Baum“ zur „Marmelade.“

Beachte: Wurde alles verstanden? Sollte es nochmal erklärt werden?

9. Aufgabe: Koordinatenaufgabe: BeeBot soll über eine Verzweigung fahren, einmal abbiegen und wieder mehrere Felder geradeaus „Fahre vom „Autobus“ zum „Hund“.“ (PB)
10. Aufgabe: Rechteck fahren: BeeBot soll an einem Punkt (bspw. Mund) starten und zum Schluss wieder auf dem Feld „Mund“ landen.

Die Kinder bekommen für jede gelöste Aufgabe einen Sticker/Stempel

Einheit 4

Einstieg

Zu Beginn der Einheit sollen die Kinder versammelt und gemeinsam begrüßt werden. Es soll kurz erklärt werden, was in dieser Einheit auf die Kinder zukommt (in diesem Fall: Arbeiten mit den BeeBots).

Aufgabenstellung an die Kinder

Wiederholungsaufgabe: Rechteck fahren: BeeBot soll an einem Punkt (bspw. Schwamm) starten und zum Schluss wieder auf dem Feld „Schwamm“ landen.

11. Aufgabe: Koordinatenaufgabe rückwärts: BeeBot rückwärtsfahren lassen mit einer Verzweigung: „Fahre vom „Spinnennetz“ zum „Schwamm“.“ (PB)
12. Aufgabe: Rechteck rückwärtsfahren: BeeBot soll an einem Punkt (bspw. Hund) starten und ein Rechteck rückwärtsfahren, so dass er zum Schluss wieder auf dem Feld „Hund“ ankommt. (PB)
13. Aufgabe: Barriereaufgabe: BeeBot von Start zu Ziel navigieren mit Barriere: „Fahre von der „Maus“ zum „Stern“.“ (Barriere auf „Kinderbett“ – *Anm.: Barriere auf den Rand setzen*) (PB)

Die Kinder bekommen für jede gelöste Aufgabe einen Sticker / Stempel

Einheit 5

Einstieg

Zu Beginn der Einheit sollen die Kinder versammelt und gemeinsam begrüßt werden. Es soll kurz erklärt werden, was in dieser Einheit auf die Kinder zukommt (in diesem Fall: Arbeiten mit den BeeBots).

Aufgabenstellung an die Kinder

Wiederholungsaufgabe: Barriereaufgabe: BeeBot von Start zu Ziel navigieren mit Barriere: „Fahre vom „Schwein“ zur „Sonne“.“ (Barriere auf Feld „Bein“)

14. Aufgabe: Zielobjektaufgabe: BeeBot neben Zielobjekt (Kuscheltier) platzieren: Kuscheltier ist auf dem Feld „Karton“, BeeBot startet vom Feld „Mensch“, „Fahre vom „Mensch“, so dass der BeeBot rechts neben dem Kuscheltier steht und in die gleiche Richtung schaut.“ (PB)

15. Aufgabe: Kussaufgabe: BeeBot soll Zielobjekt /Kuscheltier) küssen: „Fahre vom „Topf“ so zum Kuscheltier, dass der BeeBot es küsst“ Das Kuscheltier befindet sich auf dem Feld „Baumstamm“ und schaut nach links. (PB)

16. Aufgabe: Anstoß-Aufgabe: BeeBot soll Zielobjekt von der Seite anstoßen: „Fahre von dem Feld „10“ zum Kuscheltier, dass es von rechts angestoßen wird.“ Das Kuscheltier befindet sich auf dem Feld „Nonne“. (PB)

Die Kinder bekommen für jede gelöste Aufgabe einen Sticker / Stempel

Einheit 6

Einstieg

Zu Beginn der Einheit sollen die Kinder versammelt und gemeinsam begrüßt werden. Es soll kurz erklärt werden, was in dieser Einheit auf die Kinder zukommt (in diesem Fall: Arbeiten mit den BeeBots).

Aufgabenstellung an die Kinder

Wiederholungsaufgabe: Anstoß-Aufgabe: Beebot soll Zielobjekt von der Seite anstoßen: „Fahre von „Reißverschluss“ zum Kuschtier, dass es von rechts angestoßen wird.“ Das Kuschtier befindet sich auf dem Feld „Hund“.

17. Aufgabe: Beebot muss Zielobjekt küssen, dann den Weg ins „Haus“ finden: „Fahre vom „Bein“ zum Kuschtier, so dass der Beebot es küsst, dann fahre ins „Haus“.“ Das Kuschtier befindet sich auf dem Feld „Huhn“.(PB)

18. Aufgabe: Parcour-Aufgabe: Zwei Kinder sitzen sich gegenüber, sollen mit den Beebots einen Parcour fahren, ohne dass sich die Beebots behindern: (PB)

Startpunkt 1: „Bett“ Ziel 1: „Schwamm“

Startpunkt 2: „Bein“ Ziel 2: „Fuchs“

Die Kinder bekommen für jede gelöste Aufgabe einen Sticker / Stempel.

Abschluss

Die Kinder sollen einen Roboter malen. Hat sich etwas verändert zu ihrem Bild aus der 1.Einheit?

Verabschiedung

In der großen Runde sollen die Kinder sagen, was ihnen am meisten Spaß gemacht hat.

13.5 Trainingsprotokoll für die Gruppenleiter des Technikum Wiens

Einheit 1

Funktionelles Konzept des Roboters bekannt?

Ja nein

Bemerkungen: _____

Einheit 2

Beispiel: gelöst: III nicht gelöst: II (bedeutet 3 Kinder aus der Gruppe haben Aufgabe gelöst und zwei nicht)

Aufg. 1)	gelöst	nicht gelöst	Aufg. 4)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 2)	gelöst	nicht gelöst	Aufg. 5)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 3)	gelöst	nicht gelöst	Aufg. 6)	gelöst	nicht gelöst

Bemerkungen: _____

Einheit 3

Aufg. 7)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 8)	gelöst	nicht gelöst

Bemerkungen: _____

Einheit 4

Aufg. 9)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 10)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 11)	gelöst	nicht gelöst

Bemerkungen: _____

Einheit 5

Aufg. 12)	gelöst	nicht gelöst
Aufg. 13)	gelöst	nicht gelöst
	nicht gelöst	

Einheit 6

Aufg. 15)	gelöst	nicht
Aufg. 16)	gelöst	

Aufg. 14) gelöst

nicht gelöst

Abschluss:

13.6 Fotos



Abbildung 19: Bee-Bot



Abbildung 20: Aktionsmatte



Abbildung 21: Aktionsmatte Straße



Abbildung 22: Aktionsmatte Landschaft

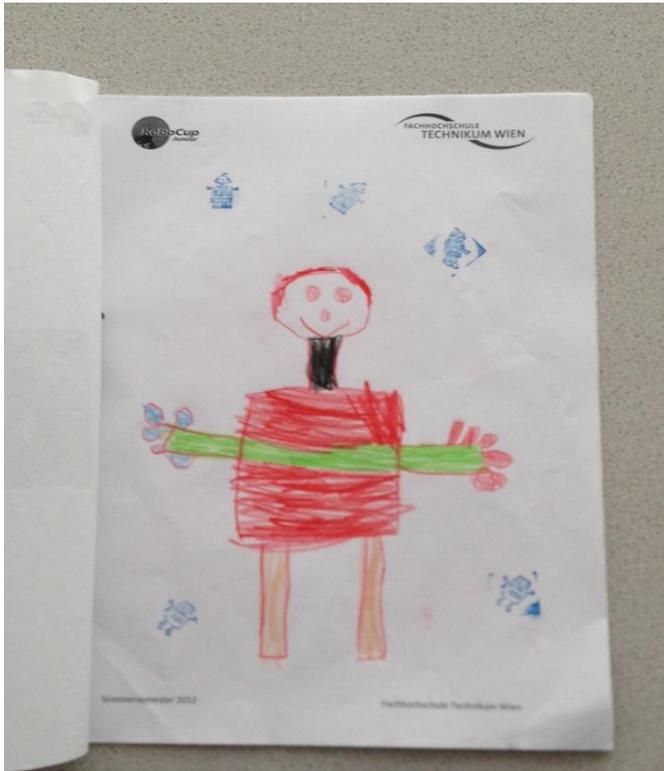


Abbildung 23: Roboterzeichnung erste Einheit



Abbildung 24: Roboterzeichnungen letzte Einheit



4. Staubsaugerroboter



5. NAO



6. Wall-E



13.7 Liste der Kindergärten

- Kindergarten am Handelskai
Handelskai 78
1200 Wien
- Kindergarten im Unicampus
Studentenkindergarten am Unicampus AAKH
Uni Campus, Spitalgasse 2, Hof 1
1090 Wien
- Privatkindergarten Castellino
Lederergasse 26
1080 Wien
- Kindergarten Alt-Wien
Lederergasse 33
1080 Wien

14 Lebenslauf

Linda Wulf

Lederergasse 14a/22 • 1080 Wien • Tel.: 0676-4678624

■ Persönliche Daten

Name: Linda Wulf
Geburtsdaten: 09.10.1985

■ Schulbildung

Aug.: 91 – Juli 95 Grundschule in Greven
Aug.: 95 – Juni 05 Gymnasium Augustinianum
 Abschluss: Abitur
Seit WS2006 Diplomstudium Psychologie an der Universität Wien

■ Schulpraktika

Oktober 2000 Maria-Josef- Hospital Greven
April 2004 Rathaus Greven

■ Praktische Erfahrungen

November 2007 Explorationspraktikum in der Psychiatrie Wien
Sommer 2009 Eos-Klinik für Psychotherapie in Münster
Sommer 2011 Charité Berlin Mitte Abteilung für Psychosomatik
Ab April 2012 CURE (Usability research centre and engineering), Wien
 in der Abteilung Ambient Assistent Living Systems (AAL)

■ Besondere Kenntnisse

Englisch 9 Jahre, gute Kenntnisse in Wort und Schrift
Französisch 5 Jahre, Grundkenntnisse
Latein 5 Jahre, Abschluss Latinum
Spanisch in Ausbildung seit WS 08/09
PC Textverarbeitung
SPSS 2 Semester, Grundkenntnisse

■ Sonstiges

Auslands- 7 Monate Neuseeland/ Australien (Work and Travel)

aufenthalte 2 Monate Südamerika (Kolumbien, Peru, Bolivien)
 1 Monat (Brasilien, Argentinien)
 7 Monate Kolumbien (Auslandssemester an der Universidad de
Cartagena; Privatuniversität für Humanistische Psychologie)

■ **Zusatzqualifikationen**

Oktober 2009- Mitglied bei den Anamnesegruppen Wien
Juli 2010
Seit Sept. 2007 Angestelltenverhältnis bei Catering Trabitsch
 5 Jahre Gruppenleiterin bei der Lebenshilfe Greven
 Führerschein Klasse B