

Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie
der Freien Universität Berlin

**CONCURRENT COGNITIVE AND SENSORIMOTOR
PERFORMANCE:
A COMPARISON OF CHILDREN AND YOUNG
ADULTS**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie
(Dr. phil.)

vorgelegt von
Dipl. Psych.
Sabine Schäfer

Gutachter:

Prof. Dr. Paul B. Baltes, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Prof. Dr. Herbert Scheithauer, Freie Universität, Berlin

Betreuer:

Prof. Dr. Paul B. Baltes, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Prof. Dr. Ralf Th. Krampe, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Prof. Dr. Ulman Lindenberger, Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

DISPUTATION: BERLIN, 4. JULI 2005

TABLE OF CONTENT

ACKNOWLEDGEMENTS	VIII
ABSTRACT	X
ZUSAMMENFASSUNG	XI
1. INTRODUCTION	1
2. THEORETICAL BACKGROUND	3
2.1 DEVELOPMENT OF MEMORY AND BALANCE PERFORMANCE IN CHILDHOOD	3
2.1.1 The Development of Episodic Memory	4
2.1.2 The Development of Working Memory	5
2.1.3 The Development of Balance Abilities	6
2.2 COGNITIVE THEORIES ON RESOURCE ALLOCATION	9
2.2.1 Developmental Considerations Regarding Dual-Task Performance	12
2.2.2 Task Parameters Influencing Dual-Task Performance	13
2.3 THE ECOLOGICAL APPROACH TO DUAL-TASK RESEARCH: IMPLICATIONS DERIVED FROM THE SELECTION, OPTIMIZATION, AND COMPENSATION (SOC) MODEL.....	14
2.3.1 Cognitive-Sensorimotor Dual-Task Situations.....	20
2.3.2 Interrelatedness of Cognitive and Sensorimotor Functioning	20
2.3.3 Performance Patterns in Cognitive-Sensorimotor Dual Tasks: Studies Within the Ecological Approach	25
2.3.4 Cognitive-Sensorimotor Dual Tasks in Children and Young Adults	30
2.3.5 Walking and Word Fluency: A Study Comparing Children and Young Adults	33
2.4 SUMMARY AND IMPLICATIONS FOR THE PRESENT STUDY.....	39
3. OUTLINE OF THE PRESENT STUDY.....	42
4. METHOD	46
4.1 PARTICIPANTS	46
4.1.1 Selection of Participants	46
4.1.2 Age Differences in Intelligence Subtests	49
4.1.3 Age Differences in Sensorimotor Tasks	51

4.2 APPARATUS	52
4.3 EXPERIMENTAL TASKS AND STIMULI	55
4.3.1 Method-of-Loci Memory Task	55
4.3.2 N-back Working Memory Task	58
4.3.3 Balance Task	59
4.3.4 Two-choice Reaction-Time Task	61
4.4 PROCEDURE	62
4.4.1 Instruction and Practice	63
4.4.2 Adaptive Phase	64
4.4.3 Dual-Task Assessment	65
4.4.4 Differential-Emphasis Instruction	65
4.4.5 Order of Tasks and Counterbalancing	65
5. RESULTS	67
5.1 STATISTICAL PROCEDURES AND DATA SCREENING	67
5.2 EFFECTS OF INSTRUCTION AND ADAPTIVE TRAINING ON TASK PERFORMANCE	70
5.2.1 Instruction and Adaptive Training in the MOL Task	70
5.2.2 Instruction and Adaptive Training in the N-back Task	73
5.2.3 Balance Task: Training Effects and Difficulty Manipulation	74
5.3 STABILITY OF SINGLE-TASK PERFORMANCE BASELINES	78
5.3.1 Stability of MOL Single-Task Performance	79
5.3.2 Stability of N-back Single-Task Performance	81
5.3.3 Stability of Balance Baseline Performances	82
5.3.4 Summary of Results for the Training and Adaptive Phase of the Study and the Stability of Single-Task Baselines	84
5.4 DUAL-TASK PERFORMANCE	84
5.4.1 Calculation of Dual-Task Costs	91
5.4.2 Age Differences in the Trade-Off Pattern Between Cognitive and Balance DTCs	94
5.4.3 The Influence of Balance Difficulty on the Trade-Off Pattern.....	97
5.5 DIFFERENTIAL-EMPHASIS MANIPULATION	98
5.6 SUMMARY OF MAIN FINDINGS	105
6. DISCUSSION	107
6.1 AGE DIFFERENCES IN DUAL-TASK PERFORMANCE TRADE-OFFS.....	107

6.1.1 Factors Potentially Influencing the Data Pattern	109
6.1.2 Summary Concerning the Trade-Off Pattern	112
6.2 DUAL-TASK COSTS AND SENSORIMOTOR DIFFICULTY	112
6.3 RESOURCE ALLOCATION UNDER DIFFERENTIAL-EMPHASIS INSTRUCTIONS	118
6.4 ADDITIONAL FINDINGS WARRANTING DISCUSSION	120
6.4.1 Children Do Not Show Higher Overall Dual-Task Costs Than Adults	120
6.4.2 Nine-Year Olds Do Not Differ From Eleven-Year Olds in Their Dual- Task Costs	121
6.4.3 Towards Explaining the Three-Way-Interaction of Balance Difficulty, Cognitive Task, and Task Domain	122
6.4.4 Possible Reasons for Gender Differences in Balance Performance	124
6.5 CONCLUSIONS	126
6.6 OUTLOOK	128
7. REFERENCES	131
8. APPENDICES	146

LIST OF FIGURES

<i>Figure 1.</i>	Age Differences in Task Prioritizing During Cognitive and Sensorimotor Performance (Lindenberger et al., 2000).....	26
<i>Figure 2.</i>	Age Differences in Task Prioritizing During Cognitive and Sensorimotor Performance (Li et al., 2001).....	28
<i>Figure 3.</i>	Children Name Fewer Items in the Fluency Task Than Young Adults Under Single- and Dual-Task Conditions.....	35
<i>Figure 4.</i>	Children Do Not Walk As Far As Young Adults Under Single- and Dual-Task Conditions.....	35
<i>Figure 5.</i>	Age Differences in Dual-Task Costs in the „Walking and Fluency“ Study .	36
<i>Figure 6.</i>	The Ankle-Disc Board	53
<i>Figure 7.</i>	A Child Balancing on the Ankle-Disc Board	53
<i>Figure 8.</i>	An Example for a Small and a Large Center-of-Pressure (COP) Area on the Force Platform	55
<i>Figure 9.</i>	All Age Groups Improve Performance After Instruction in the Method-of-Loci Task	70
<i>Figure 10.</i>	Performance Raw Scores for the Method-of-Loci Task in the Adaptive Phase	71
<i>Figure 11.</i>	Percent Correct Performance Scores for the Method-of-Loci Task in the Adaptive Phase	72
<i>Figure 12.</i>	Percent Correct Performance Scores for the N-back Task in the Adaptive Phase	74
<i>Figure 13.</i>	Children Sway More Than Adults, and Sway Increases on the Moving Platform	76
<i>Figure 14.</i>	Changes in Method-of-Loci Performance Over the Course of Single-Task Assessment	80
<i>Figure 15.</i>	Reaction-Time Performance Does Not Change Systematically Over Sessions.....	81
<i>Figure 16.</i>	N-Back Performance Over the Course of Single-Task Assessment	82
<i>Figure 17.</i>	Method-of-Loci Performance Decreases Under Dual-Task Conditions	85

<i>Figure 18.</i> N-Back Performance Decreases Under Dual-Task Conditions, and the Decrease Is Influenced by Balance Difficulty	87
<i>Figure 19.</i> Single- and Dual-Task Balance Performance with Method-of-Loci as Cognitive Task	88
<i>Figure 20.</i> Single- and Dual-Task Balance Performance with N-Back as Cognitive Task	89
<i>Figure 21.</i> Overview of Dual-Task Costs by Task Modality, Cognitive Task, and Balance Difficulty	93
<i>Figure 22.</i> Children Show a Trade-Off Pattern Between Cognitive and Balance Dual-Task Costs, Young Adults Do Not	94
<i>Figure 23.</i> Children Do Not Show a More Pronounced Trade-Off Pattern When Balance Difficulty Is Increased	97
<i>Figure 24.</i> N-Back Performance Under Differential-Emphasis Instructions	99
<i>Figure 25.</i> Balance Performance Under Differential-Emphasis Instructions	100
<i>Figure 26.</i> Children Continue to Show a Trade-Off Pattern in Their Dual-Task Costs Under Differential-Emphasis Instructions	102
<i>Figure 27.</i> Young Adults' Dual-Task Costs Do Not Differ By Instruction in the Differential-Emphasis Phase	102
<i>Figure 28.</i> Distribution of Reinforcement Points in the Differential-Emphasis Phase ..	104
<i>Figure 29.</i> Hypothetical Performance-Resource Function: Resource- Versus Data-Driven Constraints.....	115

LIST OF TABLES

Table 1. <i>Percentile Scores of Tests Used in the Screening Procedure as a Function of Age Group</i>	49
Table 2. <i>Scores of Tests Used in the Screening Procedure as a Function of Age Group</i>	50
Table 3. <i>Balance Measures of the Screening Session</i>	52
Table 4. <i>List of Locations for the Method-of-Loci Task</i>	56
Table 5. <i>Degree of Platform Movement for Difficulty Manipulation of the Balance Task</i>	60
Table 6. <i>Overview of the Study Design</i>	62
Table 7. <i>Counterbalancing for the Balance Difficulty of Dual-Task Sessions</i>	66
Table 8. <i>Balance Outliers in the Different Conditions of the Study</i>	69
Table 9. <i>Balance Center-of-Pressure Area Scores for Sessions 1 and 2</i>	74
Table 10. <i>Center-of-Pressure Areas for Different Secondary Tasks in Sessions 4 and 5</i>	77
Table 11. <i>Reliability Coefficients for Single-Task Baseline Scores</i>	79

ACKNOWLEDGEMENTS

This dissertation was conducted within the research project „The Interplay of Sensorimotor and Cognitive Functioning“ (Principal Investigators: Prof. Ralf Th. Krampe and Prof. Paul B. Baltes) at the Center of Lifespan Psychology of the Max Planck Institute for Human Development in Berlin. During my work on this thesis, I also was a fellow at the International Max Planck Research School „The Life Course: Evolutionary and Ontogenetic Dynamics (LIFE)“.

I would like to express my special gratitude to my mentor Prof. Paul B. Baltes for his support and supervision, and for giving me the opportunity to carry out this work in a highly stimulating research context. I also want to thank my advisor Prof. Ralf Krampe for sharing his expert knowledge of experimental research with me, and for his challenging suggestions that have provided excellent opportunities for learning. Special thanks also go to Prof. Ulman Lindenberger for his support especially in the last stage of this thesis, for his interest in the topic in several helpful discussions, and for his motivating enthusiasm concerning many different research areas.

I am also very thankful for the opportunity to be a member of the LIFE research school, and I want to thank all the faculty and fellows for providing such a friendly and stimulating interdisciplinary research atmosphere. I want to express my special gratitude to the following members of the LIFE faculty for reading and commenting on my research proposal in a very helpful and encouraging way: Prof. Peter Frensch, Prof. Thad Polk, and Dr. Rachael Seidler. Special thanks also go to Dr. Julia Delius, Amy Michelle, and Janice Templeton as the coordinators of the LIFE program. I also want to thank the members of graduate program “Psychology and Psychiatry of Aging”, and especially Dr. Jacqui Smith, for giving me the opportunity to join numerous of their scientific discussions and social activities.

I want to thank all the members of the research team in the “sensorimotor and cognition” lab – Nina Blaskewitz, Stefanie Dabrowski, Simone Ränker, Sarah Risse, Gabi Schmid, Nina Smolarz, and Michael Zeschky – for their help with data collection. Special thanks go to Gabi Faust for her help in organizing the testing sessions and recruiting subjects, and for emotional support. Anna Gronostaj conducted her diploma thesis in this project working on a related question, and I want to thank her for her friendship, her cooperation and countless enjoyable and interesting discussions on the topic. Albina Bondar helped me a lot throughout the last years, with her impressive expertise in sensorimotor research, her

willingness to share that expertise with me, with her encouragement, warmth and understanding. I want to thank her for everything!

Special thanks also go to Hella Beister and Gregor Caregnato for their help in recruiting subjects for the study. I further want to thank Uli Knappek, Werner Scholtysik, and Berndt Wischnewski for programming, technical assistance, and general support.

The members of the Center of Lifespan Psychology have been a great help for me, and I want to especially thank Yvonne Brehmer, Natalie Ebner, Denis Gerstorf, Oliver Huxhold, Christina Röcke, and Susanne Scheibe for helpful comments on a first draft of the thesis, for their general support over the last years, for their friendship and for all the fun we had together. Thanks also go to Thorsten Pachur and Dana Kotter for sharing the working space with me, and to Annette Rentz-Lühning for the many things I learned from her about testing participants, and for her general support and encouragement.

I feel very grateful to all research participants for their willingness to take part in a rather demanding study, and to the parents of the participating children for their interest and cooperation. Special thanks go to Luca Faust and Johanna and Justin Krampe for being motivated and friendly pilot subjects on numerous occasions.

I finally want to thank my parents for supporting my interest in science, and my sister Silke for her understanding and her willingness to ignore my lack of housekeeping skills when sharing a flat with me. Many thanks go to Stefano Cerasari, not only for telling me the stories about “capitolo uno”.

ABSTRACT

How do children and young adults manage to perform two tasks concurrently? Research on dual-task situations has often referred to the concept of resources, assuming that resources are limited and have to be shared between two concurrent tasks. The model of selection, optimization, and compensation (SOC-model, Baltes & Baltes, 1990) proposes that people select the more important domain of functioning and invest more of their resources into that domain. In this study I investigate the patterns of resource allocation in children and young adults when a cognitive and a sensorimotor task are performed concurrently. As a working hypothesis it was assumed that children prioritize the sensorimotor domain when the dual-task situation is rather challenging.

I tested nine-year old children, eleven-year old children and young adults (aged 20 to 25), with nine participants in each age group. The dual-task situation was designed to mirror everyday processing demands. Two different cognitive tasks were used, an episodic memory task and a working memory task. The sensorimotor task consisted of balancing on a special balance device, the ankle-disc board. Task difficulty of the two cognitive tasks was manipulated individually to equate people on their single-task performances. Furthermore, different difficulty levels of the balance task were used, by balancing either on the stable or on the moving platform. Performance changes from single- to dual-task conditions were expressed in proportional dual-task costs.

Results showed that the cognitive performances decreased in all three age groups in the dual-task situation. Children demonstrated a performance trade-off between the two task domains, with lower dual-task costs in the sensorimotor as opposed to the cognitive domain. They even improved their balance performance under dual-task conditions. Dual-task costs were comparably high in both task domains in the young adults. This pattern is interpreted as an instance of selection processes in the children, who try to preserve a sufficiently large safety region for controlling their postural stability. Additional findings were that balance difficulty did not influence the pattern of dual-task costs, and that children continued to show performance improvements in the sensorimotor domain, even when they were instructed to focus more strongly on the cognitive task under differential-emphasis conditions. The interpretation of the later finding is that children's prioritization of the sensorimotor domain is caused by loss-based instead of elective selection. In previous research similar results had been obtained with older adults (Li, Lindenberger, Freund, & Baltes, 2001; Lindenberger, Marsiske, & Baltes, 2000), who also prioritized the sensorimotor domain when dealing with a demanding dual-task situation, presumably to protect themselves from falls.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit untersucht die Frage, wie Kinder und junge Erwachsene sich in Situationen verhalten, in denen sie eine kognitive und eine sensumotorische Aufgabe gleichzeitig bewältigen müssen. Im Alltag kommen solche Situationen sehr häufig vor, zum Beispiel wenn man eine stark befahrene Straße überquert, während man sich mit einem Bekannten unterhält, oder wenn man versucht, in einer schwankenden U-Bahn stehend das Gleichgewicht zu halten, während man eine Zeitung liest. Nicht immer müssen solche Situationen schwierig sein. Wenn die U-Bahn aus dem obigen Beispiel jedoch plötzlich bremst, kann es durchaus passieren, dass man seine Zeitungslektüre unterbricht, um seine Aufmerksamkeit kurzfristig auf das Aufrechterhalten des Gleichgewichts zu lenken.

In der psychologischen Forschung werden Situationen, in denen zwei Aufgaben gleichzeitig ausgeführt werden, als Doppelaufgaben-Situationen bezeichnet. Analog dazu spricht man von *Doppelaufgaben-Kosten*, wenn die Leistungen der beiden gleichzeitig ausgeführten Aufgaben im Vergleich zur Einzelaufgaben-Situation abnehmen. Als theoretische Grundlage der Studien zu Doppelaufgaben dienen häufig Ressourcentheorien (z.B. Kahneman, 1973; Navon & Gopher, 1979). Deren Grundannahme besteht darin, dass das Bearbeiten von Aufgaben *Ressourcen* erfordert, die nicht in uneingeschränkten Mengen zur Verfügung stehen. Bei Ressourcen handelt es sich um generelle Mechanismen zur Informationsverarbeitung, wie zum Beispiel kognitive Geschwindigkeit, Arbeitsgedächtnisspanne oder Aufmerksamkeit (Guttentag, 1989a; Wickens, 1984, 1991). Wenn zwei gleichzeitig auszuführende Aufgaben um diese limitierten Ressourcen konkurrieren, kommt es zu Leistungseinbußen. Navon und Gopher (1979) postulieren, dass es einen Pool von unterschiedlichen Ressourcen gibt, und dass zwei Aufgaben in dem Ausmaß miteinander interferieren, in dem sie auf dieselben Ressourcen zugreifen. Beispielsweise wird eine stärkere Interferenz erwartet, wenn beide Aufgaben visuell verarbeitet werden, oder wenn beide Aufgaben eine manuelle Antwort erfordern. Brainerd und Reyna (1989) kritisieren den Ressourcenansatz grundlegend und gehen stattdessen von unabhängigen und parallel ablaufenden Kontrollprozessen aus, die die Ausführung von zwei gleichzeitig ausgeführten Aufgaben steuern. Zu Interferenz kommt es diesen Autoren zufolge nur in der Situation, in der offenes Verhalten produziert werden muss, da dies prinzipiell nur seriell erfolgen kann. In der Literatur ist dieser Ansatz als „Output-Bottleneck“ Theorie bekannt geworden.

Im Verlauf der Kindheit verbessert sich die Fähigkeit, zwei Aufgaben gleichzeitig auszuführen (z.B. Guttentag, 1989a; Huang & Mercer, 2001), und die Doppelaufgaben-Kosten nehmen ab. Es ist jedoch aufschlussreich, sich das Muster der entstehenden Doppelaufgaben-Kosten genauer anzusehen. Konzentrieren sich manche Personen in der Doppelaufgaben-Situation mehr auf die eine als auf die andere Aufgabe, das heißt gibt es ein Wechselspiel zwischen den Doppelaufgaben-Kosten der beiden Aufgaben? Und gibt es Unterschiede in diesem Wechselspiel zwischen den verschiedenen Altersgruppen?

Die Theorie der *Selektiven Optimierung und Kompensation* (SOK; Baltes & Baltes, 1990) stellt ein allgemeines und systemisches Modell der menschlichen Entwicklung dar. Sie geht davon aus, dass Menschen ihre Entwicklung gestalten, indem sie aus vielen möglichen Zielen einige wenige auswählen (*Selektion*), und durch gezieltes Investieren von Ressourcen die Erreichung dieser Ziele optimieren (*Optimierung*). Wenn bestimmte Mittel zur Zielerreichung – beispielsweise aufgrund von altersbedingten Veränderungen – nicht mehr zur Verfügung stehen, führt der Prozess der *Kompensation* mitunter dazu, dass neue oder alternative Mittel zum Einsatz kommen. Zum Beispiel kann die nachlassende Sehfähigkeit im Alter durch das Tragen einer Brille ausgeglichen werden. Dabei kann ein erfolgreicher Einsatz von Selektion, Optimierung und Kompensation über die adaptive Allokation der vorhandenen Ressourcen hinaus auch dazu führen, dass zusätzliche Ressourcen generiert und entwickelt werden. Dem Individuum wird dadurch ermöglicht, Gewinne in seiner Entwicklung zu maximieren und Verluste zu minimieren.

Im Rahmen von Doppelaufgaben kann der Prozess der Selektion dazu führen, dass mehr Ressourcen in eine der beiden Aufgaben investiert werden, um auf zentrale Funktionsbereiche zu fokussieren. In Anlehnung an das SOK-Modell stellen K.Z.H. Li, Krampe und Bondar (im Druck) einen „ökologischen Ansatz“ für die Doppelaufgabenforschung vor. Sie plädieren dafür, dass Studien möglichst ökologisch valide Doppelaufgaben-Situationen untersuchen sollten. Dafür kommen beispielsweise Situationen in Frage, in denen eine kognitive und eine sensumotorische Aufgabe gleichzeitig ausgeführt werden. Zudem sollen die durch die Doppelaufgaben-Situation herbeigeführten Leistungseinbußen für beide Aufgabenbereiche erfasst und miteinander verglichen werden, um ein mögliches Wechselspiel in den Doppelaufgaben-Kosten entdecken zu können. Darüber hinaus sollte der Aufbau solcher Studien durch individuelle Manipulationen der Aufgabenschwierigkeit sicherstellen, dass jeder Studienteilnehmer durch die Aufgabe auch wirklich gefordert ist. Ansonsten besteht insbesondere in altersvergleichenden Studien die Gefahr, dass einzelne Studienteilnehmer durch die verwendeten Aufgaben unterfordert und

andere überfordert werden. Schließlich betonen Li und Kollegen, dass es sinnvoll ist, die Studienteilnehmer zu instruieren, ihre Aufmerksamkeit in der Doppelaufgaben-Situation gezielt auf eine der beiden Aufgaben zu lenken. Die Flexibilität dieser Ressourcenallokation ermöglicht weitere Rückschlüsse auf Altersunterschiede im Umgang mit Doppelaufgaben.

Studien mit älteren Erwachsenen im Rahmen dieses ökologischen Ansatzes haben gezeigt, dass es für ältere im Vergleich zu jungen Erwachsenen schwieriger ist, eine kognitive und eine sensumotorische Aufgabe gleichzeitig auszuführen (K.Z.H. Li, Lindenberger, Freund & Baltes, 2001; Lindenberger, Marsiske & Baltes, 2000). Die älteren Erwachsenen zeigten höhere Doppelaufgaben-Kosten (Leistungseinbußen) als die jüngeren Erwachsenen, wenn sie auf einem schmalen Parcours entlanglaufen und sich gleichzeitig Wortlisten einprägen sollten. Daraus schließen die Autoren, dass sensumotorische Anforderungen im Alter oft „kognitiver“ werden, also dass ihre Ausführung mehr kognitive Ressourcen erfordert als bei jungen Erwachsenen. Die Studie von K.Z.H. Li und Kollegen (2001) zeigte außerdem, dass ältere Erwachsene sich in einer fordernden Doppelaufgaben-Situation mehr auf die Aufrechterhaltung der sensumotorischen Aufgabe konzentrierten (Selektion). Dies wurde als adaptives Verhalten interpretiert, da sich ältere Menschen durch die Priorisierung der Motorik vor Stürzen schützen, die im hohen Erwachsenenalter schwerwiegende Konsequenzen haben können.

Doch wie sehen die typischen Verhaltensmuster im Kindesalter aus? Gibt es auch in diesem Altersbereich ein Wechselspiel in den Doppelaufgaben-Kosten, wenn eine kognitive und eine sensumotorische Aufgabe miteinander kombiniert werden? Um sich dieser Fragestellung zu nähern, wurde eine erste Studie mit je 24 9-jährigen Kindern, 11-jährigen Kindern und jungen Erwachsenen durchgeführt (Krampe, Schäfer & Baltes, in Vorbereitung). Die sensumotorische Aufgabe bestand darin, möglichst schnell und genau auf einem schmalen Parcours entlangzulaufen. Die kognitive Aufgabe war eine semantische Wortflüssigkeitsaufgabe, bei der die Studienteilnehmer instruiert wurden, innerhalb von 90 Sekunden möglichst viele Beispiele für bestimmte semantische Kategorien zu nennen, zum Beispiel alle vierbeinigen Tiere, die einem einfallen. Für die Kinder und die Erwachsenen wurden unterschiedliche Kategorien verwendet.

Beide Aufgaben wurden sowohl unter Einzel- als auch unter Doppelaufgaben-Bedingungen durchgeführt. Unter der Einzelaufgaben-Bedingung legten die jungen Erwachsenen eine größere Strecke auf dem Parcours zurück und nannten mehr Beispiele in der Wortflüssigkeitsaufgabe als die Kinder. Zudem zeigten die 11-jährigen bessere Leistungen in den beiden Aufgaben als die 9-jährigen. Unter der Doppelaufgabenbedingung

zeigten alle Altersgruppen Leistungseinbußen im sensumotorischen Bereich, das heißt sie reduzierten ihre Gehgeschwindigkeit, wenn sie gleichzeitig die Wortflüssigkeitsaufgabe bearbeiteten. In der kognitiven Aufgabe zeigten jedoch nur die 9-jährigen deutliche Leistungseinbußen in der Doppelaufgaben- im Vergleich zur Einzelaufgaben-Situation.

Um die Leistungsveränderungen in einer Metrik auszudrücken, die einen direkten Vergleich der beiden Leistungsdomänen (Sensumotorik und Kognition) und auch verschiedener Altersgruppen ermöglicht, wurden prozentuale Doppelaufgaben-Kosten berechnet. Hierfür werden die Leistungseinbußen in der Doppelaufgaben-Situation in Prozent der individuellen Einzelaufgaben-Leistung ausgedrückt. Es zeigte sich, dass 9-jährige Kinder etwa 10 % weniger Worte nannten, wenn sie gleichzeitig auf dem Parcours entlangliefen. Die 11-jährigen und jungen Erwachsenen nannten hingegen in der Doppelaufgaben-Situation genauso viele Worte wie in der Einzelaufgaben-Situation. Somit fand sich in den beiden älteren Gruppen ein Wechselspiel in den Doppelaufgaben-Kosten der beiden Aufgabenbereiche. Elfjährige und junge Erwachsene hatten geringere Kosten in der Kognition als in der Sensumotorik, während die Kosten der beiden Bereiche bei den 9-jährigen vergleichbar hoch waren.

Die dieser Dissertation zugrunde liegende Hauptstudie befasste sich mit der Frage, ob sich ebenfalls ein Wechselspiel in den Doppelaufgaben-Kosten findet, wenn alternative kognitive und sensumotorische Aufgaben verwendet werden. Es wurde angenommen, dass eine andere sensumotorische Aufgabe, nämlich das Halten des Gleichgewichts auf einem eher instabilen Balancegerät – dem Therapiekreisel – Kinder dazu bringt, ihre Aufmerksamkeit mehr auf die sensumotorische Aufgabe zu richten, um ihr Gleichgewicht nicht zu gefährden. Junge Erwachsene, die sich aufgrund ihrer besseren Balancierfähigkeit auf einer größeren Fläche sicher bewegen können, sollten ihre Aufmerksamkeit in der Doppelaufgaben-Situation hingegen auf beide Aufgabenbereiche gleichmäßig verteilen.

Zudem wurde vorhergesagt, dass die Kinder eine noch ausgeprägtere Priorisierung des sensumotorischen Bereichs zeigen sollten, wenn die Balancier-Aufgabe schwieriger wurde, indem der Untergrund zusätzlich in Schwingung versetzt wurde, anstatt stabil zu bleiben. Auf die Doppelaufgaben-Kosten der jungen Erwachsenen sollte diese Schwierigkeitsmanipulation jedoch keinen Einfluss haben.

Da das Priorisieren der Motorik bei den Kindern eine adaptive Verhaltensweise darstellt, die ihnen hilft, ihr Gleichgewicht zu schützen, wurde zudem vorhergesagt, dass sie ihre Aufmerksamkeit selbst dann nicht von der motorischen Aufgabe „abziehen“ können,

wenn sie explizit dazu aufgefordert werden, sich mehr auf die kognitive Aufgabe zu konzentrieren.

In der vorliegenden Studie wurden drei Altersgruppen getestet: 9-jährige und 11-jährige Kinder und junge Erwachsene zwischen 20 und 25 Jahren, mit 9 Studienteilnehmern in jeder Altersgruppe. Alle Studienteilnehmer nahmen an 9 etwa einstündigen Testsitzungen teil. Es wurden zwei verschiedene *kognitive Aufgaben* benutzt, um feststellen zu können, inwieweit sich die Befundmuster auch über verschiedene Aufgaben generalisieren lassen. In einer der Aufgaben sollten sich die Studienteilnehmer mit Hilfe einer bestimmten Gedächtnisstrategie, der Methode der Orte (*MOL*), Listen von Ort-Wort Kombinationen einprägen, indem sie ein mentales Bild des jeweiligen Ortes mit dem zu erinnernden Wort generierten. Die andere Aufgabe war eine Arbeitsgedächtnisaufgabe (*N-back*), die erforderte, dass man sich auf dem Bildschirm eingeblendete Zahlen einprägt und diese Zahlen dann bei der nächsten-, übernächsten oder einer der darauf folgenden Zahlen verbalisiert. Kinder arbeiteten an der N-back 2 Version der Aufgabe, das heißt sie mussten die Verbalisierung verzögern, bis die übernächste Zahl eingeblendet wurde, während Erwachsene an der N-back 4 Version der Aufgabe arbeiteten (Verbalisierung der eingepprägten Zahl zu dem Zeitpunkt, an dem die viertnächste Zahl eingeblendet wird). Beide kognitiven Aufgaben wurden zunächst trainiert. In der adaptiven Phase der Studie wurde dann die *Schwierigkeit* der kognitiven Aufgaben für jeden Studienteilnehmer individuell angepasst, indem kürzere oder längere Stimuli-Listen mit kürzeren oder längeren Zeitabständen verwendet wurden, so dass alle Teilnehmer in etwa 80 % richtige Antworten gaben.

Die *sensumotorische Aufgabe* bestand aus dem Balancieren auf einem speziellen Balancegerät, dem *Therapiekreisel*. Der Kreisel hat eine ebene Fläche auf der Oberseite und eine Wölbung auf der Unterseite, die es erforderlich macht, sein Gleichgewicht durch ständige, gut koordinierte Ausgleichsbewegungen zu stabilisieren. Die Leistung auf dem Kreisel konnte genau gemessen werden, indem ein Posturographiegerät die Größe der zur Stabilisierung notwendigen Fläche präzise aufzeichnete. Je kleiner diese Fläche ausfällt, desto besser und effizienter stabilisiert sich eine Person auf dem Kreisel. In der vorliegenden Studie wurden verschiedene Schwierigkeitsbedingungen der Balanceaufgabe erhoben, indem entweder auf einem stabilen oder einem bewegten Untergrund balanciert wurde.

Nach dem Training und der Anpassung der Schwierigkeit der kognitiven Aufgaben begann die Doppelaufgabenphase. In jeder der drei Sitzungen wurden die drei Aufgaben sowohl unter Einzel- als auch unter Doppelaufgaben-Bedingungen durchgeführt. Die Studienteilnehmer wurden instruiert, die beiden Aufgaben in der Doppelaufgaben-Situation so

gut wie möglich gleichzeitig auszuführen, außer in der letzten Sitzung, in der die Instruktion lautete, sich gezielt mehr auf eine der beiden Aufgaben zu konzentrieren. In dieser Bedingung wurden die Teilnehmer dazu angehalten, spezifische Leistungsniveaus in den beiden Domänen zu erreichen, die aufgrund ihrer Leistungen in vorhergehenden Sitzungen individuell bestimmt worden waren. Für das Erreichen dieser Zielleistungen wurden Punkte vergeben, die nachher in Süßigkeiten eingetauscht werden konnten.

Die drei Altersgruppen zeigten unterschiedliche Leistungen in den Aufgaben. Im Vergleich zu den Kindern erinnerten junge Erwachsene mehr Worte in der Gedächtnisaufgabe, zeigten eine bessere Arbeitsgedächtnisleistung in der N-back Aufgabe, und benutzten für die Stabilisierung ihres Gleichgewichts auf dem Therapiekreisel kleinere Flächen. Zudem zeigten die 11-jährigen Kinder bessere Leistung als die 9-jährigen, obwohl diese Unterschiede nicht immer signifikant wurden. Die Manipulation der Schwierigkeit in den beiden kognitiven Aufgaben führte dazu, dass die drei Altersgruppen einen vergleichbaren Anteil der eingeblendeten Stimuli richtig bearbeiteten (ca. 80 %). Die Leistungen in den Einzelaufgaben waren über die Doppelaufgabenphase hinweg stabil und reliabel. Leistungseinbußen in der Doppelaufgaben-Situation wurden in prozentualen Doppelaufgaben-Kosten ausgedrückt.

Die Annahme, dass Kinder sich mehr auf die sensumotorische Aufgabe konzentrieren würden und in dieser Aufgabendomäne deshalb niedrigere Doppelaufgaben-Kosten zeigen würden als in der kognitiven Domäne, konnte empirisch bestätigt werden. Wenn die Doppelaufgaben-Kosten über Schwierigkeit der Balanceaufgabe (stabiler vs. bewegter Untergrund) und über kognitive Aufgabe (MOL vs. N-back) aggregiert wurden, zeigte sich bei den Kindern ein deutliches Wechselspiel der Doppelaufgaben-Kosten zugunsten der Sensumotorik, während die jungen Erwachsenen in beiden Aufgabendomänen vergleichbar hohe Doppelaufgaben-Kosten hatten. Die Kinder konnten ihre Balanceleistungen in der Doppel- im Vergleich zur Einzelaufgaben-Situation sogar verbessern. Dieses Befundmuster wurde dahingehend interpretiert, dass Kinder, die schon unter der Einzelaufgaben-Bedingung stärker schwankten als die jungen Erwachsenen, die Aufrechterhaltung ihres Gleichgewichts in einer fordernden Doppelaufgaben-Situation schützen.

Zudem war vorhergesagt worden, dass das Wechselspiel in den Doppelaufgaben-Kosten der Kinder unter der schwierigeren Balancebedingung auf der bewegten Plattform noch ausgeprägter sein sollte als auf der stabilen Plattform. Dies war jedoch in der vorliegenden Studie nicht der Fall. Die Muster der Doppelaufgaben-Kosten unterschieden sich nicht zwischen der stabilen und der bewegten Plattform, weder bei den Kindern, noch bei

den jungen Erwachsenen. Die Diskussion weist darauf hin, dass die kognitiven und sensumotorische Aufgaben dieser Studie womöglich nicht in allen Verarbeitungsschritten auf dieselben Ressourcen zugreifen. Ressourcenmodelle, die einen Pool von mehreren, voneinander unabhängigen Ressourcen annehmen, gehen davon aus, dass zwei gleichzeitig ausgeführte Aufgaben nur in dem Ausmaß miteinander interferieren, in dem sie auf dieselben Ressourcen angewiesen sind (Navon & Gopher, 1979). Es ist daher denkbar, dass das Balancieren auf dem bewegten Untergrund nicht unbedingt mehr kognitive Ressourcen fordert als das Balancieren auf stabilem Untergrund, so dass es nicht zu einer Zunahme der Doppelaufgaben-Kosten kommen muss, und sich auch das Wechselspiel zwischen den Kosten der beiden Domänen nicht unbedingt verändern muss.

Als die Studienteilnehmer instruiert wurden, ihre Aufmerksamkeit mehr auf eine der beiden Aufgaben zu richten, zeigten die Kinder auch in der Bedingung, in der sie sich mehr auf die kognitive Aufgabe konzentrieren sollten, ein ausgeprägtes Wechselspiel in ihren Doppelaufgaben-Kosten zugunsten der Balance. Dies deutet darauf hin, dass die zugrunde liegenden Selektionsprozesse, die die Priorisierung der Sensumotorik steuern, von den Kindern nicht willentlich beeinflusst werden können. Allerdings zeigten auch die jungen Erwachsenen in den Mustern ihrer Doppelaufgaben-Kosten in dieser Phase keine deutliche Befolgung der Instruktion. Ein weiteres Maß des Allokationsverhaltens, nämlich das Erreichen eines zuvor spezifizierten individuellen Leistungskriteriums in der jeweiligen Aufgaben-Domäne, deutete jedoch darauf hin, dass alle drei Altersgruppen in der gerade zu fokussierenden Domäne das Kriterium eher erreichten als in der anderen Domäne.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Kinder sich in fordernden kognitiv-sensumotorischen Doppelaufgaben-Situationen, in denen die sensumotorische Aufgabe die Aufrechterhaltung des körperlichen Gleichgewichts betraf, mehr auf die Balanceaufgabe konzentrierten, um ihr körperliches Gleichgewicht nicht zu gefährden. Junge Erwachsene, die von vorne herein durch die Balanceaufgabe in der Aufrechterhaltung ihres Gleichgewichts nicht so stark gefordert waren wie die Kinder, zeigten eine gleichmäßigere Verteilung ihrer Doppelaufgaben-Kosten über die beiden Aufgabendomänen. Kinder schienen in der Doppelaufgaben-Situation selbst dann nicht in der Lage zu sein, stärkere körperliche Ausgleichsbewegungen (und damit eine schlechtere Balanceleistung) in Kauf zu nehmen, wenn sie explizit dazu aufgefordert worden waren, sich mehr auf die kognitive Aufgabe zu konzentrieren.

Zukünftige Forschung zu diesem Thema sollte die Auswirkungen von Schwierigkeitsmanipulationen der sensumotorischen Aufgabe systematisch untersuchen.

Außerdem erscheint es lohnend, Befunde zur Hirnaktivierung in diese Forschungsrichtung zu integrieren, um den Begriff der Ressourcen auch auf dieser Ebene zu operationalisieren. Weiterhin könnte eine detaillierte Messung und Analyse des Zeitverlaufs der Leistungen in einer konkreten Doppelaufgaben-Situation genaueren Aufschluss darüber geben, ob bestimmte Bearbeitungsschritte der einen Aufgabe besonders stark mit der gleichzeitigen Ausführung der anderen Aufgabe interferieren. Zudem würde die Einbeziehung von Stichproben aus unterschiedlichen Abschnitten der Lebensspanne (z.B. jüngere Kinder, ältere Kinder, junge Erwachsene und ältere Erwachsene) Erkenntnisse darüber ermöglichen, wie sich die zugrunde liegende Prozesse mit der Entwicklung und im Alter verändern.

LEBENS LAUF

Name: Sabine Schäfer
 Geburtsdatum: 9. Juli 1976
 Geburtsort: Gießen
 Staatsangehörigkeit: Deutsch
 Familienstand: Ledig

Schul Ausbildung

1988- 1995 Gymnasium Wilhelm-von-Oranien-Schule, Dillenburg;
 Abschluss: Abitur

Hochschul Ausbildung

1996- 2001 Psychologiestudium an der Freien Universität, Berlin
 1996-1998 Grundstudium; Vordiplom (“Sehr Gut”)
 1998-2001 Hauptstudium; Diplom (“Sehr Gut”)

Berufserfahrung

1998- 2001 Studentische Hilfskraft am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung,
 Berlin; Forschungsbereich Psychologie der Lebensspanne (Prof. P.B.
 Baltes)
 1998- 2000 ...im Projekt „MIND“ (Memory and Intelligence in Development) bei
 Prof. Ulman Lindenberger
 2000- 2001 ...im Projekt „SOC- Sensorimotor and Cognition“ bei Prof. Ralf Krampe
 2002-2004 Teilnehmerin an der International Max Planck Research School
 „The Life Course: Evolutionary and Ontogenetic Dynamics (LIFE)“