

# Inhaltsverzeichnis

Geleitwort .....	5
Vorwort .....	7
Abbildungsverzeichnis.....	15
Tabellenverzeichnis .....	19
Abkürzungsverzeichnis .....	21
1. Problemstellung und Aufbau der Arbeit .....	25
2. Theoretische Grundlagen und vorliegende Befunde .....	27
2.1 Lernen.....	27
2.1.1 Motorisches Lernen .....	27
2.1.2 Automatisierung als Teilprozess des motorischen Lernens .....	29
2.2 Aufmerksamkeit, Automatizität und Automatisierung.....	30
2.2.1 Aufmerksamkeit .....	31
2.2.1.1 Aufmerksamkeit als limitierte Kapazität oder Ressource und der Begriff des Arbeitsgedächtnisses .....	31
2.2.1.2 Arbeitsgedächtnismodelle.....	33
2.2.1.2.1 Zentrale Engpass- und Kapazitäts-Modelle ...	34
2.2.1.2.1.1 Das Modell der zentralen Kapazität (Kahnemann, 1973) .....	34
2.2.1.2.2 Multiple Ressourcen-Modelle .....	36
2.2.1.2.3 Das Working-Memory-Modell (Baddeley & Hitch, 1974).....	37
2.2.1.2.3.1 Visuo-Spatial Sketchpad .....	37
2.2.1.2.3.2 Phonological Loop .....	38
2.2.1.2.3.3 Episodic Buffer.....	38
2.2.1.2.3.4 Central executive.....	38

2.2.2 Automtizität und Automatisierung der Bewegungskontrolle.....	39
2.2.2.1 Zwei-Prozess-Theorien.....	40
2.2.2.1.1 Automatische Bahnung und kontrollierte Hemmung (Posner & Snyder, 1975) .....	41
2.2.2.1.2 Automatische und kontrollierte Verarbeitung (Schneider & Shiffrin, 1977).....	42
2.2.2.1.3 Automtizität und <i>supervisory attention</i> (Norman & Shallice, 1986) .....	42
2.2.2.1.4 Automtizität als Gedächtnis- <i>Retrieval</i> (Logan, 1988).....	43
2.2.2.1.5 Automtizität als Parameter-Spezifikation (Neumann, 1984) .....	43
2.2.2.2 Automtizität und Automatisierung im Kontext motorischer Lernprozesse .....	44
2.2.2.2.1 Die Dual-Mechanism-Hypothese (Keele et al., 2003) .....	44
2.2.2.2.1.1 Befundlage zur Dual-Mechanism-Hypothese .....	46
2.2.2.2.1.1.1 Verhaltensorientierter Befund im Rahmen der Dual-Mechanism-Hypothese.....	47
2.2.2.2.1.1.2 Neurophysiologische Befunde im Rahmen der Dual-Mechanism-Hypothese.....	50
2.2.2.2.2 Parallel Neural Network Model (Hikosaka et al., 1999).....	52
2.2.2.2.2.1 Befundlage im Rahmen des Parallel Neural Network Model .....	54
2.2.2.2.3 Automatisierung und integrierte Aufgabenbearbeitung im Kontext von Doppeltätigkeitsinterferenzen .....	55
2.2.2.2.3.1 Automatisierung und Doppelaufgabeninterferenz.....	55
2.2.2.2.3.2 Automatisierung im Rahmen des PRP-Paradigmas .....	57
2.2.2.2.3.3 Integrierte Aufgabenbearbeitung und Doppelaufgabeninterferenz (Manzey, 1988, 1993) .....	58
2.2.2.2.4 Neuronale Korrelate attentionaler und automatischer Kontrolle.....	61
2.2.2.3 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion zu Aufmerksamkeit, Automtizität und Automatisierung .....	65

2.3 Einfluss von Feedback auf motorisches Lernen und Automatisierung als Teilprozess motorischen Lernens.....	71
2.3.1 Theoretische Überlegungen und Befunde im Rahmen der Guidance-Hypothese und der Consistency-Hypothese .....	72
2.3.1.1 Die Guidance-Hypothese .....	73
2.3.1.2 Die Consistency-Hypothese .....	76
2.3.1.3 Befundlage zur Häufigkeit und Verteilung von Feedback im Rahmen der Guidance- und Consistency-Hypothese.....	78
2.3.1.4 Befundlage zum Bandbreiten-Feedback.....	82
2.3.2 Theoretische Überlegungen und Befunde zur Feedbackvalenz .....	90
2.3.2.1 Positives und negatives Feedback.....	90
2.3.2.2 Implizites Lernen und der Ansatz des Errorless Learning .....	93
2.3.2.2.1 Implizites Lernen .....	93
2.3.2.2.2 Der Ansatz des Errorless Learning .....	96
2.3.2.2.2.1 Befundlage zum <i>errorless learning</i> .....	99
2.3.2.3 Die Reward-Prediction-Error-Hypothese .....	104
2.3.2.4 Neuronale Korrelate positiver und negativer Feedbackverarbeitung.....	107
2.3.2.4.1 Die Elektroenzephalografie (EEG).....	108
2.3.2.4.2 Neurokognitive Mechanismen fehlerbasierten Lernens.....	109
2.3.2.4.2.1 Fehlerverarbeitung in der ACC-Region .....	109
2.3.2.4.2.2 Fehlerverarbeitung in den Basalganglien..	110
2.3.2.4.2.3 Fehlerverarbeitung im Zerebellum.....	111
2.3.2.4.3 Zusammenfassung .....	112
2.3.3 Zusammenfassende Betrachtung und Diskussion zum Einfluss von Feedback auf motorisches Lernen und Automatisierung als Teilprozess motorischen Lernens.....	112
2.4 Zusammenfassung und Ableitung allgemeiner Forschungshypothesen.....	117
2.4.1 Allgemeine Forschungshypothesen .....	121
3. Empirische Untersuchung.....	123
3.1 Zielstellung der Untersuchung.....	123

3.1.1 Grundlagen- und Anwendungsforschung .....	123
3.1.2 Einordnung der vorliegenden Forschungsfrage.....	125
3.2 Beschreibung und Begründung der Lernaufgabe.....	125
3.2.1 Beschreibung der Lernaufgabe.....	126
3.2.2 Begründung der Lernaufgabe .....	126
3.3 Stichprobe.....	129
3.4 Dual-Task-Methodik – Messen von Automatizität und Automatisierungsprozessen.....	129
3.4.1 Aufgabenpriorisierung.....	130
3.4.1.1 Secondary task paradigm .....	131
3.4.1.2 Dual task paradigm .....	132
3.4.2 Sekundäraufgabenauswahl .....	132
3.4.2.1 Diskrete und kontinuierliche Sekundäraufgaben .....	132
3.4.2.2 Auswahl der zu beanspruchenden Arbeitsgedächtnisressourcen .....	133
3.4.3 Mehrfachtesten von Dual-Task-Kontexten .....	134
3.4.4 Ableitung resultierender Konsequenzen für das Messen von Automatisierungsprozessen .....	135
3.4.5 Verwendete Sekundäraufgaben.....	136
3.4.5.1 Sekundäraufgabe für den Standardtest: n-Back-Aufgabe .....	136
3.4.5.2 Sekundäraufgabe für den Transfertest: Sternberg-Aufgabe .....	137
3.5 Messmethodik.....	138
3.5.1 Apparatur .....	139
3.5.2 Verwendete Messtechnik.....	142
3.5.2.1 Analog-Digital-Umsetzung (Umsetzungs- parameter für die vorliegende Untersuchung) .....	142
3.5.2.2 Potentiometer.....	143
3.5.3 Software .....	143
3.5.3.1 Instruktions-, Feedback- und Doppel- aufgabensteuerungssoftware PaDuTaS (Paderborner Dual-Task-Software) .....	143

3.5.3.1.1	Generierung des Feedbackparameters Bewegungszeit .....	144
3.5.3.1.2	Generierung des Feedbackparameters Umkehrpunkte .....	144
3.5.3.1.3	Die Sekundäraufgaben in PaDuTaS .....	145
3.5.3.2	National Instruments DasyLab 10.0 (Data Acquisition System Laboratory) .....	145
3.5.3.3	Microsoft Excel 2007 .....	146
3.5.3.4	Datenerfassungsroutinen .....	146
3.5.3.4.1	Umkehrpunkte und Bewegungszeit .....	146
3.5.3.4.2	Sekundäraufgabenfehler .....	146
3.6	Abhängige Variablen .....	147
3.6.1	Die abhängige Variable AE .....	147
3.6.2	Die abhängige Variable VE .....	148
3.6.3	Die abhängige Variable n-Back-Error .....	148
3.7	Unabhängige Variablen .....	148
3.7.1	BW0 (100 % Feedbackhäufigkeit) .....	148
3.7.2	BW10-Bedingung (-10° bis +10° Bandbreite) .....	149
3.7.3	Yoked-BW10-Bedingung (Feedback entsprechend einem zugeordneten Forschungszwilling aus der BW10-Bedingung) .....	149
3.8	Design .....	150
3.8.1	Aneignungsphase .....	151
3.8.2	Tests .....	152
3.8.3	Interventionsphase .....	153
3.8.4	Untersuchungsende .....	154
3.9	Operationalisierte Hypothesen .....	154
3.9.1	Operationalisierte Forschungshypothesen zur Präzisionsleistung (FH1) .....	155
3.9.2	Operationalisierte Forschungshypothesen zur Ergebniskonstanz (FH2) .....	155
3.9.3	Operationalisierte Forschungshypothesen zur Automatisierung (FH3) .....	156

3.10 Methodik der statistischen Hypothesenprüfung.....	156
3.10.1 Voraussetzungsprüfung.....	156
3.10.2 Hypothesenprüfung.....	157
3.10.2.1 Prüfung der Aufgabenpriorisierung und Prüfung auf integrierte Aufgabenbearbeitung ...	158
3.10.2.1.1 Prüfung der Aufgabenpriori- sierung ( <i>secondary task paradigm</i> ) .....	158
3.10.2.1.2 Prüfung auf integrierte Aufga- benbearbeitung (Validitätsprüfung) .....	159
4. Ergebnisse.....	161
4.1 Ergebnisse zur Präzisionsleistung (Hypothese 1) .....	161
4.1.1 Deskriptive Statistik.....	161
4.1.2 Hypothesenprüfung .....	161
4.2 Ergebnisse zur Ergebniskonstanz (Hypothese 2) .....	163
4.2.1 Deskriptive Statistik.....	163
4.2.2 Hypothesenprüfung .....	164
4.3 Ergebnisse zur Automatisierung (Hypothese 3) .....	165
4.3.1 Deskriptive Statistik.....	166
4.3.2 Hypothesenprüfung .....	166
5. Diskussion .....	169
5.1 Diskussion der Befunde im Rahmen der Hypothese 1 und 2 ( <i>AE</i> u. <i>VE</i> ).....	169
5.2 Diskussion der Befunde im Rahmen der Hypothese 3 (Automatisierung).....	174
5.3 Betrachtung der Sternberg-Daten .....	175
5.4 Statistische Power (Teststärke).....	177
6. Ausblick.....	179
Literaturverzeichnis .....	183
Anhang.....	201