

Aus dem  
Institut für Medizinische Psychologie der Universität Tübingen

# **Der Einfluss von Umgebungskontexten auf neues Lernen**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Beer, Sina**

**2020**

Dekan:	Professor Dr. B. J. Pichler
1. Berichterstatter:	Professor Dr. J. Born
2. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. H.-O. Karnath

Tag der Disputation	26.11.2019
---------------------	------------

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Theoretische Hinführung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Gedächtnis.....	3
1.1.1 Der Begriff Gedächtnis.....	3
1.1.2 Die Metakognition .....	4
1.1.3 Einteilung des Gedächtnisses nach Inhalt .....	4
1.1.3.1 Nicht-deklaratives Gedächtnis.....	4
1.1.3.2 Deklaratives Gedächtnis .....	5
1.1.4 Die drei Phasen der deklarativen Gedächtnisbildung .....	6
1.1.4.1 Enkodierung.....	7
1.1.4.2 Konsolidierung.....	7
1.1.4.3 Abruf.....	9
1.1.5 Einteilung des deklarativen Gedächtnisses nach Zeit.....	10
1.1.5.1 Sensorisches Gedächtnis und Kurzzeitgedächtnis.....	10
1.1.5.2 Arbeitsgedächtnis.....	11
1.1.5.3 Langzeitgedächtnis .....	12
1.2 Individuelle Informationsverarbeitung.....	13
1.2.1 Strategien der Informationsverarbeitung.....	14
1.2.2 Individuelle Informationsverarbeitung und Vergessen .....	14
1.2.3 Individuelle Informationsverarbeitung und Entstehung falscher Erinnerungen.....	15
1.2.4 Informationsverarbeitung im Retentionsintervall .....	16
1.3 Der Begriff Kontext.....	19
1.4 Intrinsische Kontextfaktoren.....	21
1.4.1 Aufbau einer Lerneinheit: Serielle Positionseffekte.....	22
1.4.2 Transferangemessene Verarbeitung.....	22
1.4.3 Oberflächliche und tiefe Verarbeitung.....	23
1.5 Extrinsische Kontextfaktoren.....	24
1.5.1 Internale Kontextfaktoren.....	24
1.5.2 Externale Kontextfaktoren.....	26

---

1.6	Grundlagen der Verarbeitung externaler Kontextfaktoren.....	26
1.6.1	Allgemeine Verarbeitung externaler Kontextfaktoren.....	27
1.6.2	Spezielle Verarbeitung externaler Kontextfaktoren im Hippocampus.....	29
1.6.2.1	Mustertrennung .....	30
1.6.2.2	Mustervervollständigung .....	30
1.6.2.3	Schemata .....	32
1.6.3	Hippocampusabhängige Gedächtnistests.....	32
1.7	Einfluss externaler Kontextfaktoren beim Abruf .....	34
1.7.1	Verbindungshypothesen .....	35
1.7.2	Kontextinduzierte Gedächtnisprozesse.....	36
1.7.3	Robuste externe Kontexteffekte .....	37
1.8	Klassische Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses .....	39
1.8.1	Dekontextualisierung .....	43
1.8.2	Mentales Reinstatement .....	45
1.8.3	Verlässlichkeit der klassischen Kontextabhängigkeit .....	47
1.9	Fragestellung der Arbeit und methodischer Ansatz.....	49
<b>2</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>51</b>
2.1	Probanden .....	51
2.2	Versuchsdesign .....	53
2.2.1	Verhalten vor und während des Versuchstags .....	54
2.2.2	Chronologischer Versuchsablauf .....	54
2.3	Erläuterung der Hauptvariablen .....	57
2.3.1	Unabhängige Variable: Kontext A und B.....	57
2.3.1.1	Kontext A: „Küste“ .....	57
2.3.1.2	Kontext B: „Wald“ .....	58
2.3.2	Primär abhängige Variable: Wortpaarlernen (WPL).....	59
2.4	Erläuterung der Kontrollvariablen und Fragebögen .....	61
2.4.1	Einverständniserklärung .....	61
2.4.2	Probandenblätter .....	61
2.4.3	Psychomotor vigilance task (PVT) .....	62

---

2.4.4	Wortflüssigkeitstest (WFT).....	62
2.4.5	Actiwatch .....	63
2.4.6	Fragebögen.....	63
2.4.7	Nachbefragungsbogen.....	64
2.5	Statistische Auswertung.....	64
<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>66</b>
3.1	Hauptvariablen: Kontext und Wortpaarlernen .....	66
3.2	Kontrollvariablen .....	70
3.2.1	PVT.....	70
3.2.2	WFT.....	71
3.2.3	Fragebögen.....	73
3.2.3.1	SSS .....	73
3.2.3.2	VAS .....	74
3.2.3.3	MDBF .....	74
<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>75</b>
4.1	Methodenkritik.....	76
4.1.1	Stärken der Methodik.....	76
4.1.2	Schwächen der Methodik.....	80
4.2	Ergebnisdiskussion .....	82
4.2.1	Aktueller Forschungsstand .....	83
4.2.2	Methodenunabhängige Einflussfaktoren.....	84
4.2.3	Alternativerklärungen .....	86
4.3	Ergebnisinterpretation .....	90
4.3.1	Hauptergebnisinterpretation.....	90
4.3.1.1	Überlegungen auf kognitiver Ebene .....	91
4.3.1.2	Überlegungen auf zellulärer Ebene .....	93
4.3.2	Nebenergebnisinterpretation.....	97
4.3.2.1	Überlegungen auf kognitiver Ebene .....	97
4.3.2.2	Überlegungen auf zellulärer Ebene .....	97
4.4	Beantwortung der Hauptfragestellung und Forschungsfelder .....	100

<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>103</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>
<b>Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift .....</b>	<b>115</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>116</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

LTP	Langzeitpotenzierung
BMI	Body-Mass-Index
WPL	Wortpaarlernen
PAL	Paarassoziationslernen
PVT	Psychomotor vigilance task
WFT	Wortflüssigkeitstest
SSS	Stanford-Schläfrigkeits-Skala
VAS	Visuelle Analogskala
MDBF	Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen
ANOVA	Analysis of variance
GS	Gute Laune vs. schlechte Laune
WM	Wachheit vs. Müdigkeit
RU	Ruhe vs. Unruhe

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Ein- und Ausschlusskriterien der Studie

Tabelle 2 Chronologischer Versuchsablauf



## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: WPL Morgen und Abend vertrauter Kontext

Abbildung 2: WPL Morgen und Abend nicht vertrauter Kontext

Abbildung 3: WPL am Abend als Funktion des Kontextes

Abbildung 4: Ergebnisse PVT

Abbildung 5: Ergebnisse WFT 1

Abbildung 6: Ergebnisse WFT 2

## Einleitung

Seit jeher besteht sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch in der Wissenschaft ein großes Interesse an Gedächtnis- und Lernprozessen. Durch das Verständnis dieser Prozesse kann Lernen effektiver gestaltet und somit die Gedächtnisleistung verbessert werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang vor allem, dass lernende Menschen automatisch ihre Umgebung in den Lernprozess integrieren und verknüpfen. Aber wie funktioniert diese Verknüpfung und warum wissen wir oft, ohne bewusst darauf zu achten, an welchem Ort wir eine Information gelernt oder wiederholt haben? Während in der Wissenschaft Einigkeit darüber herrscht, dass Lernen und ein späterer Abruf der Lerninhalte immer in einer bestimmten Umgebung – einem Kontext – stattfinden, ist noch unklar, welche Kontexte das Gedächtnis und das Lernen wie beeinflussen. Lernkontexte können von der Lerneinheit selbst ausgehen, aber auch von der lernenden Person oder deren Lernumgebung geschaffen werden.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich konkret mit dem Thema des Einflusses von Lernumgebungen, sogenannten Umgebungskontexten, auf neues Lernen. Um ein Grundverständnis für das Thema der Arbeit zu schaffen, wird zu Beginn der theoretischen Hinführung auf die Einteilungsformen und die Bildung des Gedächtnisses eingegangen. Anschließend werden individuelle Verarbeitungsprozesse neuer Informationen beleuchtet, bevor der zentrale Begriff *Kontext* definiert wird. Basierend auf der Definition folgt die Unterscheidung und Erklärung der verschiedenen Kontextkategorien. Der darauf folgende Teil der theoretischen Hinführung konzentriert sich speziell auf die Kategorie Umgebungskontexte. Hierbei sind die Verarbeitung und der Einfluss von Umgebungskontexten auf den Abruf mit den daraus resultierenden Effekten auf die Gedächtnisleistung von Interesse. Detailliert erläutert wird vor allem der Effekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses, da basierend auf diesem Gedächtniseffekt das Studiendesign dieser Arbeit entwickelt wurde.

Die Studie des Schlaflabors der Medizinischen Fakultät Tübingen zur *klassischen Kontextabhängigkeit* führte einen Versuch mit 40 Probanden durch. Die Probanden lernten Wortpaarlisten in gleichbleibenden oder wechselnden Um-

gebungskontexten. Das genaue Versuchsdesign wird im Material- und Methodenteil beschrieben, der sich der theoretischen Hinführung anschließt. Die erhobenen Daten werden im nachfolgenden Ergebnisteil anhand von Graphiken veranschaulicht. Auf Basis aller zusammengetragenen Informationen werden die gefundenen Ergebnisse abschließend diskutiert. Der besseren Verständlichkeit und Lesbarkeit wegen erscheinen zentrale und fremdsprachliche Begriffe in der vorliegenden Arbeit *kursiv*. Ebenfalls aus Gründen der Lesbarkeit wird nur die männliche Form des Wortes *Proband* verwandt, die weibliche Form ist jedoch stets eingeschlossen.

# 1 Theoretische Hinführung

## 1.1 Gedächtnis

Im ersten Kapitel der Arbeit wird ein Grundverständnis für die Einteilung und Bildung des Gedächtnisses inklusive der physiologischen Gedächtnisprozesse hergestellt, um die Bedeutung für Lernprozesse einschätzen zu können. Dazu werden zunächst Begriffe wie Gedächtnis und *Metakognition* definiert und erklärt. Im Anschluss widmet sich das erste Kapitel der Einteilung des Gedächtnisses nach inhaltlichen Aspekten sowie den drei Phasen der Gedächtnisbildung. Abschließend beschäftigt sich dieses Kapitel mit der Einteilung des Gedächtnisses nach zeitlichen Aspekten.

### 1.1.1 Der Begriff Gedächtnis

In der Wissenschaft versteht man unter dem Gedächtnis eines Lebewesens, dass es Informationen erfassen, abspeichern und auf diese zu einem späteren Zeitpunkt wieder zugreifen kann (Wirtz et al., 2014). Das Gedächtnis ermöglicht eine laufende geistige Repräsentation der Umgebung (Glenberg, 1997), weshalb es essentiell für die Alltagsbewältigung ist. Bestehende Gedächtnisinhalte werden durch im Alltag erworbene Informationen täglich modifiziert und umstrukturiert (Anderson, 2013). Die Integration neu erworbener Informationen ist durch eine neuronale Plastizität der Neuronen im Gedächtnis möglich. Das bedeutet, dass stetig neue neuronale Verbindungen gebildet werden können (Goschke, 2013). Die neuen Verbindungen werden Gedächtnisspuren genannt (Birbaumer und Schmidt, 2010) und sind dauerhafte, strukturelle Veränderungen des Gedächtnisses. Die neuronale Plastizität ermöglicht Lernen und das Gedächtnis ist im Gegenzug ein Produkt des Lernens (Birbaumer und Schmidt, 1991).

Um den weiten Begriff Gedächtnis besser zu verstehen, gibt es verschiedene Modelle zur Einteilung des Gedächtnisses. Diese Modelle entwickeln sich stetig weiter und ergänzen sich teilweise. Ein Beispiel ist das weiter unten beschriebene Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1968), welches die Gedächtnisinhalte nach zeitlichen Aspekten einteilt. Ein anderes Modell ist der

Mehrebenenansatz von Craik und Lockhart (1972), bei dem die Art der Informationsverarbeitung die Einteilung strukturiert. Auch auf dieses Modell wird im Verlauf der Arbeit noch näher eingegangen (siehe Kapitel 1.4.3). Allerdings erfasst keines der Modelle den Teil des Gedächtnisses, der über das eigene Gedächtnis nachdenkt – die sogenannte *Metakognition*.

### **1.1.2 Die Metakognition**

Das Wissen und Nachdenken über das eigene Gedächtnis wird als *Metakognition* oder *Metagedächtnis* bezeichnet (Schermer, 2006). Alle metakognitiven Prozesse werden in der Regel bewusst eingesetzt (Flavell et al., 2002). Flavell et al. (2002) unterscheiden zwischen metakognitivem Wissen und metakognitiver Überwachung. Metakognitives Wissen betrifft das Wissen über Personen, Aufgaben und Strategien. Es ermöglicht, die Anforderungen einer Aufgabe zu erschließen oder verschiedene Lern- und Abrufstrategien anzuwenden (Wirtz et al., 2014). Die metakognitive Überwachung kann ebenfalls beim Abruf von Informationen genutzt werden und gibt Aufschluss darüber, ob derzeit nicht abrufbares Wissen zukünftig verfügbar sein wird. Diese Überwachung wird in der englischen Literatur als *Feeling of knowing* bezeichnet. Die metakognitive Überwachung wird durch alle beim Abruf verfügbaren Informationen, also auch der Umgebung, beeinflusst. Laut Hanczakowski et al. (2017) ist die gesamte *Metakognition* sensibel für Manipulationen des Umgebungskontextes. Neben bewusst verfügbaren Gedächtnisinhalten, wie den beschriebenen metakognitiven Informationen, existieren auch unbewusst verfügbare Gedächtnisinhalte, was eine Gedächtniseinteilung nach inhaltlichen Aspekten ermöglicht.

### **1.1.3 Einteilung des Gedächtnisses nach Inhalt**

Bei der Einteilung des Gedächtnisses nach Inhalt wird zwischen einem unbewussten, nicht-deklarativen und einem bewussten, deklarativen Gedächtnis unterschieden (Squire, 1992a).

#### *1.1.3.1 Nicht-deklaratives Gedächtnis*

Das nicht-deklarative Gedächtnis, auch prozedurales oder implizites Gedächtnis genannt, beeinflusst das Verhalten im Alltag ohne die bewusste Erinnerung

an eine frühere Erfahrung (Squire, 1992a). Es umfasst Fertigkeiten wie Fahrradfahren, Konditionierung, nicht-assoziative Lernprozesse – beispielsweise Habituation und Sensibilisierung – und Priming. Unter Priming wird die unbewusste Beeinflussung der Verarbeitung eines Reizes verstanden. Vermutet wird, dass das nicht-deklarative Gedächtnis in verschiedenen Teilen des Neokortex, im Striatum, der Amygdala und im Kleinhirn verteilt ist (Squire und Zola, 1996) und weitgehend unabhängig von Regionen im medialen Teil des Temporallappens, wie dem Hippocampus, arbeitet (Walker und Stickgold, 2006).

Bei nicht-deklarativen Gedächtnistests wird geprüft, inwieweit Testleistungen von im Vorfeld gemachten Erfahrungen beeinflusst werden. Es wird kein direkter Bezug zu einer Lerneinheit hergestellt (Wirtz et al., 2014) und Veränderungen der Gedächtnisleistung finden unbewusst statt (Anderson, 2013).

#### *1.1.3.2 Deklaratives Gedächtnis*

Im Gegensatz zum nicht-deklarativen Gedächtnis nutzt das deklarative Gedächtnis, auch explizites Gedächtnis genannt, bewusst frühere Erfahrungen zum Ausführen einer Aufgabe. Es beschreibt deshalb die Gedächtnisinhalte, an die eine bewusste Erinnerung möglich ist (Squire, 1992a).

Nach Tulving (1985) wird das deklarative Gedächtnis weiter unterteilt in ein episodisches und ein semantisches Gedächtnis. Das episodische Gedächtnis umfasst persönliche Erfahrungen zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort (Tulving, 2002). Deshalb bezeichnet Tulving den Kern des episodischen Gedächtnisses auch als autobiographisches Gedächtnis (Meer, 2006). Das semantische Gedächtnis speichert allgemeines Weltwissen, wie zum Beispiel Hauptstädte, und erfasst außerdem den Bedeutungsgehalt der Sprache (Schermer, 2006). Semantisches Wissen wird eher linkshemisphärisch verarbeitet, während episodische Informationen, wie visuell-räumliche Details, rechtsdominant sind (Burgess et al., 2002). Die Trennung in episodisches und semantisches Gedächtnis wird in der Forschung heutzutage kontrovers diskutiert, da episodisches und semantisches Wissen oft untrennbar verwoben sind (Meer, 2006). Insgesamt sprechen neuere Forschungen eher für die Existenz eines unterschiedlich reliablen homogenen Gedächtnisses (Ward et al., 2013).

Dieses homogene, deklarative Gedächtnis ist weniger im Gehirn verstreut als das nicht-deklarative Gedächtnis. Es begrenzt sich auf neokortikale Regionen und kommuniziert im Rahmen der deklarativen Gedächtnisbildung mit dem Hippocampus, der sich, wie bereits oben erwähnt, im medialen Teil des Temporallappens befindet.

Bei deklarativen Gedächtnistests wird im Gegensatz zu nicht-deklarativen Gedächtnistests ein Bezug zu einer vorherigen Lerneinheit hergestellt – beispielsweise durch das Lernen einer Wortpaarliste mit nachfolgendem Abruf derselben. Dadurch werden das bewusst erlangte Wissen und dessen konkrete Abrufbarkeit überprüft. Der Abruf kann frei, gezielt oder per Wiedererkennung stattfinden. Angelehnt an das Beispiel der Wortpaarliste ist ein freier Abruf die Frage nach einem vorher gelernten Wortpaar ohne jeglichen Hinweis. Von einem gezielten Abruf – auch *cued recall* – wird gesprochen, wenn der Abruf eines gelernten Wortpaars durch einen konkreten Hinweis in Form von Wörtern oder Bildern angestoßen wird (Paivio, 1990). Der Abruf per Wiedererkennung beinhaltet die erneute Präsentation eines Wortpaars mit der Entscheidung über dessen Richtigkeit. Unabhängig von der Art des Abrufs muss jede neue deklarative Information bestimmte Phasen der Gedächtnisbildung durchlaufen, da der Abruf erst die letzte Phase darstellt. Für nicht-deklarative Informationen findet die Gedächtnisbildung nicht äquivalent statt, was aber für das Thema dieser Arbeit keine Relevanz hat und deshalb nicht näher ausgeführt werden soll.

#### **1.1.4 Die drei Phasen der deklarativen Gedächtnisbildung**

Für eine erfolgreiche deklarative Gedächtnisbildung sind alle drei Phasen – Enkodierung, Konsolidierung und Abruf – essentiell. Die Phasen differieren je nach Informationstyp und stellen für sich keine einheitlichen Prozesse dar (Kriz, 2000). Beispiele für deklarative Informationstypen sind visuelle oder auditive Informationen. Die Enkodierung und Konsolidierung eines visuellen Reizes findet an einem anderen Ort und auf andere Weise statt als die analogen Prozesse bei auditiven Reizen (Myers und Wilson, 2014). Nachfolgend werden alle drei Phasen der Gedächtnisbildung einzeln beschrieben und deren Kernmerkmale hervorgehoben.

#### 1.1.4.1 *Enkodierung*

Die erste Phase der Gedächtnisbildung, die Enkodierung, umgangssprachlich auch Lernen oder Einprägen genannt, bezeichnet die Erfassung, initiale Verarbeitung und vorübergehende Speicherung von Informationen (Wirtz et al., 2014). Die Enkodierung deklarativer Informationen findet im medialen Teil des Temporallappens, speziell im dort befindlichen Hippocampus, und angrenzenden Regionen statt (Schneider und Fink, 2013). Die Phase der Enkodierung kann unbewusst oder bewusst ablaufen (Myers und Wilson, 2014). Verschiedene Strategien und Verarbeitungsebenen der Enkodierung beeinflussen die weitere Gedächtnisbildung und werden deshalb in Kapitel 2 näher beleuchtet.

#### 1.1.4.2 *Konsolidierung*

Die zweite Phase der Gedächtnisbildung, die Konsolidierung, festigt neu enko-dierte Informationen und speichert sie im Optimalfall langfristig ab. Konsolidierungsprozesse bewirken eine qualitative und quantitative Reorganisation neuer Informationen (Diekelmann und Born, 2010). Daraus resultiert ein Resistenzgewinn der neuen Informationen gegen Interferenz (Lewis und Durrant, 2011). Mit Interferenz ist in diesem Zusammenhang die Störung einer Gedächtnisspur durch andere konkurrierende Informationen gemeint (Bartsch, 2015). Unter Umständen können bei der Reorganisation auch Informationen vergessen werden (Feld und Born, 2017), was Thema des Kapitels 1.2.2 ist.

Es gibt verschiedene Modelle zum Ablauf der Konsolidierung. Nachfolgend werden das *Standardmodell der Konsolidierung* und das Konkurrenzmodell, die *Multiple-Trace-Theorie*, erklärt. Das *Standardmodell der Konsolidierung* unterscheidet eine synaptische Konsolidierung und eine Systemkonsolidierung (Marr, 1971, McClelland et al., 1995). Die synaptische Konsolidierung findet bereits Minuten bis Stunden nach der Enkodierung statt (Born et al., 2006). Ihr elektrochemischer Hauptmechanismus sind Langzeitpotenzierungen (LTP). Die synaptische Konsolidierung inklusive der LTP findet wie die Enkodierung vor allem im Bereich des Hippocampus statt (McNaughton und Morris, 1987). Die Systemkonsolidierung, als zweite Komponente des Standardmodells, kann Monate dauern und stellt die oben erwähnte Reorganisation neuer Informationen



dar (Born et al., 2006). Die genaue Dauer der Systemkonsolidierung ist aufgrund ihrer heterogenen Prozesse umstritten (Fiebig und Lansner, 2014). Die Systemkonsolidierung findet basierend auf den LTP der synaptischen Konsolidierung statt. Essentiell ist ein sogenanntes frontotemporales Netzwerk, welches eine Kommunikation zwischen Hippocampus und Neokortex ermöglicht (Svoboda et al., 2006). Deklarative Informationen werden im Rahmen der Systemkonsolidierung durch das Netzwerk an den Neokortex transferiert (Bontempi et al., 1999). Dieser Informationstransfer gelingt durch ein Wiederabspielen der enkodierten Informationen, was in der englischen Fachliteratur *neurales Replay* genannt wird. Das Wiederabspielen wird als ein zentraler Faktor für das Entstehen von zeitstabilen Erinnerungen angesehen (Feld und Born, 2017). Der Neokortex reagiert auf das Wiederabspielen enkodierter Informationen mit neuen funktionellen synaptischen Verknüpfungen in Form von dendritischen Ästen (Yang et al., 2014). Diese neuen Verknüpfungen stellen die Gedächtnisspuren dar (Birbaumer und Schmidt, 2010). Deklarative Informationen gelten nach der Systemkonsolidierung als unabhängig vom Hippocampus.

Das Konkurrenzmodell zum Standardmodell ist die *Multiple-Trace-Theorie*. Sie postuliert eine fortbestehende Bedeutung des Hippocampus für die Speicherung und den späteren Abruf neuer Informationen (Nadel und Moscovitch, 1997). Bei der *Multiple-Trace-Theorie* werden Informationen im Rahmen der Konsolidierung nicht vollständig an den Neokortex transferiert, sondern bleiben teilweise hippocampusabhängig. Grundlegender Gedanke dieser Theorie ist, dass Informationen nicht als Ganzes abgespeichert, sondern nach all ihren Informationsaspekten getrennt werden. Beispiele für solche Informationsaspekte sind das Aussehen einer Information selbst oder ihre Umgebung. Die Informationsaspekte können durch deren Trennung unterschiedlich konsolidiert werden. Den Unterschieden wird im Kapitel 1.6 „Grundlagen der Verarbeitung externaler Kontextfaktoren“ mehr Aufmerksamkeit geschenkt, da die Unterschiede als Erklärung für verschiedene Kontexteffekte in Betracht gezogen werden können. Aber auch bei der *Multiple-Trace-Theorie* besteht die Möglichkeit, dass deklarative Informationen über die Zeit eine stabile Gedächtnisspur im Neokortex etab-

lieren. Eine solche Gedächtnisspur lässt Informationen auch bei Schädigungen des Hippocampus weiter bestehen (Nadal 2000).

Zusammenfassend integriert die Phase der Konsolidierung neue Informationen in bestehende Gedächtnisinhalte und kann zeitstabile Erinnerungen schaffen, welche später abgerufen werden können.

#### *1.1.4.3 Abruf*

Der Abruf, als letzte Phase der deklarativen Gedächtnisbildung, stellt die aktive und erfolgreiche Reproduktion von zuvor gespeicherten Informationen dar (Schermer, 2006). Konsolidierte Informationen werden dazu reaktiviert und erneut bewusst verarbeitet. In der Konsequenz sind sie wieder abrufbar (Metcalf und Murdock, 1981). Der Abruf einer Information hängt aufgrund der erneuten Verarbeitung untrennbar mit deren Reenkodierung zusammen (Schneider und Fink, 2013). Wenn Informationen abgerufen werden, findet folglich eine Reenkodierung und Rekonsolidierung in der aktuellen Umgebung statt. Hierbei werden die Informationen unumgänglich wieder anfällig für Interferenz, was deren Sensibilität für fehlerhafte Wiedereinspeicherung erhöht (Goschke, 2013, Nader, 2015, Walker et al., 2003). Nützlich ist die letzte Phase der Gedächtnisbildung zur Erfolgskontrolle bei deklarativen Gedächtnistests.

Werden die drei Phasen der Gedächtnisbildung zusammenfassend betrachtet, können bessere oder schlechtere Gedächtnisleistungen in Gedächtnistests entweder einer veränderten Enkodierleistung beim initialen Lernen oder einer veränderten Abrufleistung bei späterer Reproduktion zugeschrieben werden. Im weiteren Verlauf der theoretischen Hinführung wird der Überbegriff Gedächtnisleistung verwendet, während bei der Formulierung der Fragestellung der Arbeit und der Diskussion der Ergebnisse genauer in Enkodier- und Abrufleistung differenziert wird. Abschließend kann gesagt werden, dass bei erfolgreicher Gedächtnisbildung jede deklarative Information, basierend auf ihren Eigenschaften, alle drei Phasen der Gedächtnisbildung durchläuft und am Ende einen Gedächtnisinhalt bildet. Diese deklarativen Gedächtnisinhalte können auch anhand zeitlicher Aspekte eingeteilt werden.

### 1.1.5 Einteilung des deklarativen Gedächtnisses nach Zeit

Werden die Phasen der Gedächtnisbildung betrachtet, können Gedächtnisinhalte auch nach deren Alter beziehungsweise Verweildauer nach der Enkodierung eingeteilt werden. Naheliegender existiert ein Kurzzeitgedächtnis für kürzlich enkodierte Informationen und passend dazu ein Langzeitgedächtnis für bereits konsolidierte Informationen. Zur initialen Registrierung aller Informationen ist dem Kurzzeitgedächtnis das sensorische Gedächtnis vorgeschaltet. Die Annahme von drei in Serie geschalteten Gedächtnisspeichern – sensorisches Gedächtnis, Kurzzeitgedächtnis und Langzeitgedächtnis – nennt sich Mehrspeichermodell (Atkinson und Shiffrin, 1968). Das Modell wurde später durch ein Arbeitsgedächtnis für aktuell laufende Gedächtnisprozesse ergänzt. Die einzelnen Gedächtnisspeicher unterscheiden sich in ihrer Speicherkapazität und in der Verweildauer von Informationen. Außerdem werden eintreffende Informationen für ihre weitere "Aufbewahrung" im jeweiligen Gedächtnisspeicher verschieden enkodiert (Schermer, 2006), das heißt "in die Sprache des Speichers" übersetzt. Die Unterschiede der Gedächtnisspeicher werden im Folgenden detaillierter beschrieben.

#### 1.1.5.1 Sensorisches Gedächtnis und Kurzzeitgedächtnis

Das sensorische Gedächtnis dient zur Registrierung roher, originalgetreuer Informationen im Alltag. Die Kapazität des sensorischen Gedächtnisses ist enorm. Allerdings ist die Verweildauer der Informationen dort sehr kurz, weshalb es auch Ultrakurzzeitspeicher genannt wird (Schermer, 2006). Das sensorische Gedächtnis umfasst verschiedene "sensorische Register", welche modalitätsspezifisch enkodieren – visuell, auditiv, haptisch, olfaktorisch oder gustatorisch (Buchner und Brandt, 2017). Grundlage hierfür bilden die Sinnesorgane. Beispielsweise registriert das visuelle sensorische Gedächtnis kontinuierlich alle visuellen Umweltinformationen und speichert sie für maximal 500ms (Sperling, 1960). Das auditive sensorische Gedächtnis ermöglicht das Behalten und Erinnern von auditiven Reizen für eine Zeitspanne von etwa zwei Sekunden (Darwin et al., 1972). Visuelle, auditive und alle anderen sensorischen Informationen werden im sensorischen Gedächtnis bei neu eintreffenden Informationen

überschrieben. Außer es findet eine aktive Aufmerksamkeitszuwendung mit nachfolgendem Transfer an das Kurzzeitgedächtnis statt (Kirschbaum, 2008).

Im Kurzzeitgedächtnis beginnt die bewusste Verarbeitung registrierter sensorischer Informationen. Eintreffende Informationen werden hier durch ein *Rehearsal* enkodiert und können dadurch beliebig lange erhalten werden. Ein *Rehearsal* stellt das aktive Wiederholen verbaler Informationen durch die "innere Stimme" dar, was deshalb auch inneres Memorieren genannt wird. Ohne ein *Rehearsal* verschwinden eingetroffene Informationen auch im Kurzzeitgedächtnis innerhalb von ein bis zwei Sekunden (Buchner und Brandt, 2017), da dessen Kapazität begrenzt ist (Cowan, 2008). Durch die weiter oben erläuterten Konsolidierungsprozesse können Informationen vom Kurzzeitgedächtnis ins Langzeitgedächtnis transferiert werden. Wird eine Information allerdings aktuell benötigt, wird auf das Arbeitsgedächtnis zurückgegriffen.

#### 1.1.5.2 Arbeitsgedächtnis

Die Ergänzung des Arbeitsgedächtnisses zum Mehrspeichermodell wurde von Baddeley und Hitch (1974) eingeführt. Das Arbeitsgedächtnis stellt die „aktive Arbeitsfläche“ (Myers und Wilson, 2014: 329) des Kurzzeitgedächtnisses dar, in der Informationen zur Ausführung einer Aufgabe aufrechterhalten werden (Anderson, 2013). Es kann die für die Ausführung einer Aufgabe benötigten neu eintreffenden Informationen aus dem sensorischen Gedächtnis mit Informationen aus dem Langzeitgedächtnis kombinieren (Myers und Wilson, 2014). Im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis ist das Arbeitsgedächtnis nicht für den Transfer von Informationen an das Langzeitgedächtnis zuständig (Anderson, 2013). Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses variiert je nach Alter (Dobbs und Rule, 1989), ist abhängig vom Intelligenzniveau (Salthouse und Pink, 2008) und korreliert mit individuellen Begabungen (Cowan, 2008). Das Arbeitsgedächtnis setzt sich aus verschiedenen Modulen zusammen – unter anderem einer zentralen Exekutive und zwei Hilfssystemen, der phonologischen Schleife und dem bildhaft-räumlichen Notizblock (Buchner und Brandt, 2017). Die zentrale Exekutive lenkt die Aufmerksamkeit und koordiniert eingehende Informationen der Hilfssysteme. Die beiden Hilfssysteme machen verbale, räumliche und visuelle

Informationen verfügbar (Cowan, 2008). Durch weitere Erkenntnisse über das modulare Arbeitsgedächtnis in den letzten Jahren wird in der Wissenschaft aktuell die Vorstellung eines Kurzzeitgedächtnisses zunehmend abgelöst. Stattdessen wird nur noch von einem sensorischen Gedächtnis, einem Arbeits- und einem Langzeitgedächtnis gesprochen (siehe *Embedded-Process-Modell*, z.B. Buchner und Brandt, 2017). Deshalb entspricht das Mehrspeichermodell heute dem *modalen Gedächtnismodell* (Murdock, 1974).

### 1.1.5.3 Langzeitgedächtnis

Das Langzeitgedächtnis, als letzter der in Serie geschalteten Gedächtnisspeicher, stellt neben der Umwelt die zweite Informationsquelle für Menschen dar (Anderson, 2013). Die Kapazität des Langzeitspeichers erscheint unbegrenzt, weshalb Informationen nicht "aussortiert" werden müssen und langfristig gespeichert werden können (Cowan, 2008). Einmal im Langzeitgedächtnis abgespeicherte Informationen sind wenig anfällig für Interferenz (Klix, 1977). Das Langzeitgedächtnis speichert sowohl nicht-deklarative als auch deklarative Informationen (Squire, 1992a). Deklarative Inhalte des Langzeitgedächtnisses können basierend auf dem *Standardmodell der Konsolidierung* einem Kurzzeitspeicher oder einem Langzeitspeicher des Langzeitgedächtnisses zugeordnet werden. Vor dem Transfer neuer deklarativer Informationen an den Neokortex wird vom Kurzzeitspeicher im Hippocampus, danach vom Langzeitspeicher im Neokortex gesprochen (Frankland und Bontempi, 2005). Daraus ergeben sich unterschiedliche Rollen von Hippocampus und Neokortex in Bezug auf die Speicherung neuer deklarativer Informationen im Verlauf der Zeit, was eine Studie von Smith und Squire (2009) verdeutlicht. Sie untersuchten die Gehirnaktivität beim Abruf verschieden alter, semantischer Informationen mit eventbezogenen Bildgebungen des Kopfes. Dabei beobachteten Smith und Squire, dass der Hippocampus nur eine zeitbegrenzte Rolle bei der Schaffung und dem Erhalt von semantischen Informationen spielt (vgl. auch Manns et al., 2003, Marr, 1971). Hingegen zeigten Regionen des Neokortex konstante Aktivitätslevel bei älteren Informationen (vgl. auch Frankland und Bontempi, 2005). Die Einbeziehung aller bildgebenden Studien zu diesem Thema liefert allerdings divergente Befunde. Es finden sich sowohl Belege für das *Standardmodell der*

*Konsolidierung*, wie bei Smith und Squire (2009), als auch für die *Multiple-Trace-Theorie* (Nadel et al., 2000). Die Involvierung von Hippocampus und Neokortex beim Abruf deklarativer Gedächtnisinhalte ist folglich komplexer als die Auftrennung in ältere und neue Informationen (Tse et al., 2011), was aber nicht Thema der vorliegenden Arbeit sein soll.

Rückblickend auf das erste Kapitel kann ein Gedächtnisinhalt als nicht-deklarativ oder deklarativ klassifiziert werden. Eine erfolgreiche deklarative Gedächtnisbildung besteht aus einer informationsspezifischen Enkodierung, Konsolidierung und Speicherung mit späterem Abruf. In Abhängigkeit von der verstrichenen Zeit und den vorherrschenden Bedingungen lässt sich eine deklarative Information dem sensorischen Gedächtnis, dem Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis oder dem Langzeitgedächtnis zuordnen. Neben den bis jetzt beschriebenen Gedächtniseinteilungen und Prozessen bei der Gedächtnisbildung kann jede enkodierte Information zusätzlich durch individuelle Verarbeitungsprozesse in ihrem Werdegang beeinflusst werden. Im folgenden Teil der Arbeit liegt der Fokus weiterhin auf den deklarativen Gedächtnisinhalten.

## **1.2 Individuelle Informationsverarbeitung**

Die Prozesse der individuellen Informationsverarbeitung lassen sich nicht eindeutig einer der oben klar umrissenen Phasen der Gedächtnisbildung zuordnen, sondern finden phasenübergreifend statt. Individuelle Verarbeitungsprozesse können beispielsweise Strategien bei der Verarbeitung von Lerninhalten sein, womit sich der Beginn dieses Kapitels beschäftigt. Danach werden individuelle Verarbeitungsprozesse hinsichtlich ihres Beitrags zum Vergessen von Informationen und zur Bildung falscher Erinnerungen beleuchtet. Den größten Stellenwert des Kapitels nimmt die Erläuterung von Verarbeitungsprozessen während des *Retentionsintervalls*, also dem Zeitraum zwischen Enkodierung und Abruf, ein. Wichtig ist hier die Differenzierung zwischen *Retentionsintervallen* im wachen und schlafenden Zustand. In der Vergangenheit dominierten auf diesem Gebiet *Schlaf-Gedächtnis-Studien*. Diese kamen zu dem Konsens, dass Schlaf eine positive Wirkung auf Gedächtnisprozesse bei der Informationsverarbeitung ausübt. Weniger ausgereift, aber von Interesse für diese Arbeit, sind

die Erkenntnisse bei *Wach-Gedächtnis-Studien*. Der aktuelle Forschungsstand diesbezüglich wird in Kapitel 1.2.4 dargelegt.

### **1.2.1 Strategien der Informationsverarbeitung**

Das Ziel einer Verarbeitungsstrategie ist, dass eine neu encodierte Information eine Gedächtnisspur im Langzeitgedächtnis bildet. Es existieren unbewusste und bewusste Strategien. Unbewusst und nicht beeinflussbar finden die neuronalen Gedächtnisprozesse bei Enkodierung, Konsolidierung und Abruf statt (Lemke, 2003). Im Gegensatz dazu sind bewusste Strategien, wie *Chunking* oder *Mnemotechniken*, bewusst beeinflussbar. *Chunking* ist die Organisation von Einzelinformationen in vertraute Einheiten, während bei *Mnemotechniken* "Eselsbrücken" gebildet werden (Myers und Wilson, 2014). Die *Mnemotechnik* ist sehr effektiv, da neue Informationen in schon bestehende Wissensstrukturen im Gedächtnis integriert und "bekannte Routen" genutzt werden können (Myers, 2014). Eine weitere, bewusst anwendbare Lernstrategie ist, Übungen mit längeren Abrufintervallen und mehreren Abrufsitzungen zu planen. Alle bewusst einsetzbaren Strategien zur Informationsverarbeitung erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass eine Gedächtnisspur im Langzeitgedächtnis gebildet wird. Sie verbessern deshalb alle die Gedächtnisleistung (Erdelyi und Kleinbard, 1978). Weniger berechenbar bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung sind die unbewussten Gedächtnisprozesse, womit sich die folgenden beiden Unterkapitel befassen.

### **1.2.2 Individuelle Informationsverarbeitung und Vergessen**

Trotz bewusst gewählter Verarbeitungsstrategien kommt es im Rahmen der Phasen der Gedächtnisbildung auch zum Vergessen von Informationen. Vergessen ist unter anderem ein physiologischer Gedächtnisprozess, der vor Informationsüberladung schützt. Visualisiert werden kann dieser Prozess durch eine Vergessenskurve, welche eine Potenzfunktion darstellt und zeigt, dass in den ersten Stunden nach Enkodierung die größten Informationsverluste auftreten (Ebbinghaus, 1885). Es gibt zwei Erklärungstheorien für den Prozess des Vergessens: die *Spurenzerfallstheorie* und die *Interferenztheorie*. Bei der *Spurenzerfallstheorie* verblasst die Stärke einer Gedächtnisspur passiv über die

Zeit (Myers und Wilson, 2014). So wird beispielsweise während des Schlafes ein globaler, kontrollierter Zerfallsprozess vermutet (Hardt et al., 2013), weshalb Vergessen als vierte Phase der Gedächtnisbildung diskutiert werden kann (Feld und Born, 2017). Die *Interferenztheorie* sieht das Vergessen als aktiven Prozess und nimmt an, dass zusätzlich eintreffende Informationen vor oder nach einer Lerneinheit die Konsolidierung der Lerninhalte selbst stören (Myers und Wilson, 2014). Da zusätzliche Informationen vor allem bei Wachheit eintreffen, tritt die Interferenz, anders als der Zerfall, vornehmlich bei Wachheit auf. Der Schlaf hingegen stellt einen interferenzarmen Zustand dar und kann die begrenzten Gedächtnisressourcen für eine Konsolidierung nutzen (Wixted, 2004). Welcher Vergessensprozess überwiegt, hängt auch vom Gedächtnisinhalt ab. Hippocampusabhängige, deklarative Informationen gelten wegen der effizienten Trennung einzelner Informationskomponenten im Hippocampus bei Enkodierung als recht resistent gegenüber Interferenz. Sie werden vor allem durch ihren Zerfall vergessen (Hardt et al., 2013). Nichtsdestotrotz können Interferenzen beim Lernen deklarativer Inhalte nicht komplett außer Acht gelassen werden. Neue Informationen können im Hinblick auf die individuelle Informationsverarbeitung aber nicht nur vergessen, sondern auch falsch abgespeichert werden.

### **1.2.3 Individuelle Informationsverarbeitung und Entstehung falscher Erinnerungen**

Da menschliches Rechnern keine exakte Reproduktion, sondern eher eine Rekonstruktion ist, können im Gedächtnis falsche Erinnerungen entstehen (Loftus, 1992). Schuld daran sind vom Gedächtnis gebildete Assoziationen beim Erwerb neuer Informationen (Lewis und Durrant, 2011). Roediger und McDermott (1995) zeigten, dass ein Wort, wie beispielsweise "Geburtstag", auch dann im Gedächtnis präsent ist, wenn nur semantisch assoziierte Wörter dargeboten werden, wie Geschenk, Kuchen oder Kerzen. Wenn eintreffende Informationen konsistent mit bereits vorhandenen Gedächtnisinhalten sind, werden mehr falsche Erinnerungen generiert, da leichter Assoziationen geknüpft werden können (Schermer, 2006). Dagegen reduzieren eine fokussierte Aufmerksamkeit während der Enkodierung und eine *Quellenüberwachung* beim Abruf das Auftreten von falschen Erinnerungen (Schermer, 2006). Die *Quellenüberwachung*



ermöglicht durch den Abruf sensorischer und kontextueller Aspekte einer Erinnerung ihre Ursprungsbestimmung (Johnson et al., 1993). Da neue Erinnerungen und ihre Assoziationen vor allem während des Schlafes reaktiviert und stabilisiert werden, bilden sich vermutlich aus diesem Grund bei Wachheit weniger falsche Erinnerungen (Lewis und Durrant, 2011). Wird die Informationsverarbeitung während des Schlafes mit der bei Wachheit verglichen, finden sich neben der Wahrscheinlichkeit für die Bildung falscher Erinnerungen noch weitere Unterschiede. Diese sollen Thema des folgenden Unterkapitels sein.

#### **1.2.4 Informationsverarbeitung im Retentionsintervall**

Das *Retentionsintervall* entspricht dem Zeitraum zwischen Enkodierung und Abruf einer Information (Feld und Born, 2017). In diesem Zeitraum findet unter anderem die Phase der Konsolidierung einer Information statt. Abhängig von Tageszeit, Schlaf oder Wachheit differieren die Verarbeitungsprozesse im Rahmen der Konsolidierung neuer Informationen (Walker und Stickgold, 2004). Das Resultat sind unterschiedlich gute Gedächtnisleistungen. Im Folgenden wird zunächst auf den aktuellen Forschungsstand zu *Retentionsintervallen* mit Schlafperiode eingegangen. Dabei wird zwischen Erkenntnissen hinsichtlich deklarativer und nicht-deklarativer Informationen unterschieden. Im Anschluss wird auf äquivalente Weise der Forschungsstand zu *Retentionsintervallen* ohne Schlafperiode erläutert.

Es konnte mehrfach nachgewiesen werden, dass die Prozesse der Gedächtniskonsolidierung, als Teil des *Retentionsintervalls*, von Schlaf profitieren (u.a. Diekelmann und Born, 2010, Fenn et al., 2003, Rasch et al., 2007). Dabei wird von passiven und aktiven Prozessen während des Schlafes ausgegangen, die eine Optimierung der Konsolidierung bewirken (Ellenbogen et al., 2006). Zentrale Prozesse sind sowohl die im Kapitel 1.2.2 angesprochene Interferenzreduktion (Fenn et al., 2003, Takashima et al., 2006) als auch das Wiederabspielen enkodierter Informationen (Buzsaki, 1998). Beide Prozesse stabilisieren neue Informationen, während das Wiederabspielen auch zu einer Stärkung der neuen Informationen führt (Plihal und Born, 1997). Das Resultat der Informationsstärkung sind bessere Gedächtnisleistungen nach dem Schlaf (Donohue

und Spencer, 2011). So erinnern Probanden signifikant mehr gelernte Wortsilben nach einer Schlafperiode im *Retentionsintervall* verglichen mit einer äquivalenten Wachperiode (Gais und Born, 2004, Jenkins und Dallenbach, 1924). In der Literatur wird in diesem Zusammenhang vom Schlaf-Gedächtnis-Effekt gesprochen. Der positive Effekt wurde in der Vergangenheit für nicht-deklarative und deklarative Gedächtnisinhalte bestätigt (u.a. Walker et al., 2003). Der Schlaf-Gedächtnis-Effekt lässt sich bereits nach einem Tagschlaf in Form eines Mittagsschlafes von 1-1,5 Stunden (Lau et al., 2010) oder eines Kraftnickerchens über 20-30 Minuten feststellen (Lahl et al., 2008). Allerdings wird dann vom sogenannten Tagschlafparadigma gesprochen. Als Erklärung für das Tagschlafparadigma wird vermutet, dass Konsolidierungsprozesse nach dem Lernen direkt zu Beginn einer Schlafperiode angestoßen und dann trotz erneuter Wachheit fortgeführt werden (Lahl et al., 2008).

Der zentrale Konsolidierungsprozess des Wiederabspielens neuer Informationen für deren Stabilisierung und Stärkung kann durch gezielte Trigger während bestimmter Schlafphasen hervorgerufen werden. Ein Beispiel für einen Trigger sind Gerüche. Wenn die gleichen Gerüche bei Enkodierung und im *Retentionsintervall* mit Schlafperiode dargeboten werden, ist der Schlaf-Gedächtnis-Effekt noch ausgeprägter beobachtbar (Rasch et al., 2007).

Allerdings wird angenommen, dass es auch zu einem Überstrapazieren des Wiederabspielens während des Schlafes kommen kann. Darauf lässt ein aktuelles Experiment von Feld et al. (2016) schließen, in dem der Schlaf-Gedächtnis-Effekt durch den Einsatz langer Wortpaarlisten eliminiert wurde. Probanden lernten in diesem Experiment zum Vergleich unterschiedlich lange Wortpaarlisten. Die langen Wortpaarlisten wurden von den Probanden nach dem Schlafen gleich schlecht erinnert wie in der Kontrollgruppe ohne Schlafperiode. Hingegen profitierten Probanden von Schlaf nach dem Lernen bei Listen mittlerer Länge. Ihre Gedächtnisleistungen verbesserten sich im Sinne des Schlaf-Gedächtnis-Effekts. Das Überstrapazieren des Wiederabspielens bei zu vielen neuen Informationen hat eventuell zur Folge, dass der Fokus nicht mehr auf dem Behalten von Einzelinformationen einer Lerneinheit liegt. Stattdessen rücken mög-

licherweise Allgemeingültigkeiten oder Kernaussagen einer Lerneinheit, wie der Aufgabentyp oder die Grammatik, in den Vordergrund.

Werden nun die *Retentionsintervalle* ohne Schlafperiode beleuchtet, wird klar, dass der Stand der Forschung hier deutlich lückenhafter ist. Anders als bei *Retentionsintervallen* mit Schlafperiode dominieren hier die Erkenntnisse zu nicht-deklarativen Informationen. Allerdings wird von einer Übertragbarkeit der Erkenntnisse im Bereich nicht-deklarativer Informationen auf deklarative Informationen ausgegangen (Walker et al., 2003). Lange herrschte Einigkeit darüber, dass Konsolidierungsprozesse während des Schlafes ablaufen, wohingegen Enkodierung und Abruf vornehmlich bei Wachheit stattfinden (Cairney et al., 2011, Diekelmann und Born, 2010). Neuere Studien wiesen allerdings nach, dass ein Wiederabspielen von Informationen im Rahmen der Konsolidierung auch während Wachheit stattfinden beziehungsweise aktiviert werden kann und hierfür kein Tagschlaf notwendig ist (u.a. Huber et al., 2004, Maquet et al., 2000). Es wird trotz fehlender Schlafperiode eine Stabilisierung neuer Informationen beobachtet (u.a. Lewis und Durrant, 2011, Rehberg, 2014). Allerdings scheint Wachheit alleine nicht imstande zu sein, eine Stärkung neuer Informationen zu bewirken. *Retentionsintervalle* ohne Schlafperiode haben bis heute entweder keine signifikanten Verbesserungen (Born et al., 2006, Walker et al., 2003) oder nur schwache Verbesserungen der Gedächtnisleistung aufgezeigt, zum Beispiel bei akustischen Reizen (Roth et al., 2005). Deshalb ist aktuell noch ungewiss, ob ein *Retentionsintervall* ohne Schlafperiode tatsächlich eine Stärkung von Informationen – einhergehend mit einer Verbesserung der Gedächtnisleistung – hervorrufen kann. Eine Erklärung für die fehlenden Verbesserungen nach Wachheit im *Retentionsintervall* können die Unterschiede im Wiederabspielen neuer Informationen im Vergleich zum Wiederabspielen während des Schlafs sein. Das Wiederabspielen in Schlafperioden findet abhängig vom zeitlichen Eintreffen der neuen Informationen statt, also in chronologischer Reihenfolge. Dagegen vollzieht es sich bei Wachheit in weniger geordneter Form (Diekelmann und Born, 2010, Lewis und Durrant, 2011). Grund für die ungeordnete Form bei Wachheit können die Konkurrenz und Interferenz des nicht-deklarativen und deklarativen Gedächtnisses sein (Diekelmann und Born,

2010). Ebenfalls möglich wäre, dass ein geordnetes Wiederabspielen neuer Informationen durch die Interferenz mit parallelen kognitiven Prozessen bei Wachheit verhindert wird (Fenn et al., 2003). Übereinstimmend mit dieser Erklärung konnte aktuell gezeigt werden, dass Probanden mit Entspannungshypnose im *Retentionsintervall* bessere Gedächtnisleistungen zeigten als Probanden mit äquivalenter Wachperiode im *Retentionsintervall* (Schickl, 2011). Abschließend besteht also in der einschlägigen Literatur noch kein Konsens darüber, ob Schlaf tatsächlich unerlässlich für eine Verbesserung von Gedächtnisleistungen beim Lernen neuer Informationen ist (Vertes und Siegel, 2005).

Neben allen aufgeführten Erkenntnissen zu Schlaf und Wachheit im *Retentionsintervall* ist zu beachten, dass noch viele weitere Faktoren auf die Konsolidierung neuer Informationen einwirken können. Beispiele sind die Aufgabenschwierigkeit, das Lernmaterial, die Art des Lernens und des Abrufes. Diese Faktoren könnten neben Tageszeit, Schlaf oder Wachheit ebenfalls für die divergenten Gedächtnisleistungen in den Studien verantwortlich sein (Diekelmann et al., 2009).

Am Ende dieses zweiten Kapitels der theoretischen Hinführung ist es wichtig, die Tatsache hervorzuheben, dass Informationen durch individuelle Verarbeitungsprozesse vergessen werden können, wobei Zerfall und Interferenz eine Rolle spielen. Von besonderem Interesse für diese Arbeit ist außerdem, dass Konsolidierungsprozesse im *Retentionsintervall* bereits bei Wachheit angestoßen werden können und durch bestimmte Trigger aktiviert und verstärkt werden. Der nun folgende Hauptteil der theoretischen Hinführung wird sich mit dem Begriff Kontext, den verschiedenen Kontextkategorien und wie diese Kontexte das Lernen beeinflussen können auseinandersetzen.

### **1.3 Der Begriff Kontext**

Um die Reproduzierbarkeit des durchgeführten Versuchs zu gewährleisten und spätere Resultate differenziert interpretieren zu können, ist es essentiell, den weitläufigen Begriff *Kontext* zu definieren. Der Begriff *Kontext* bezeichnet „umgebende Umstände, die zur Bedeutung eines Ereignisses oder einer Mitteilung

beitragen.“ (Wirtz et al., 2014: 873). Beispiele für einflussnehmende Kontextfaktoren sind Zeit, Umgebung, Semantik, Stimmung oder Wahrnehmung. Die Kontextfaktoren stellen dem Gedächtnis Kontextinformationen zur Verfügung und sind ein Teil der Gesamtinformation, welche sich neben den Kontextinformationen noch aus den eigentlichen Objektinformationen zusammensetzt. Kontextfaktoren werden intentional, also absichtlich, oder inzidentell enkodiert. Letzteres ist häufiger der Fall und bedeutet, dass die Kontextfaktoren beiläufig wahrgenommen werden (Smith und Vela, 2001). Die zwei Informationskomponenten – Objekt und Kontext betreffend – weisen speziell hinsichtlich ihrer Verarbeitung Unterschiede auf, die im Kapitel 1.6 aufgezeigt werden.

Die verschiedenen Kontextfaktoren werden in der Literatur in Kategorien eingeteilt. Nach Hewitt (1977) existieren ein *intrinsischer* Kontext und ein *extrinsischer* Kontext. Analog bezeichnet Baddeley (1982) die Kontextkategorien als *interaktiv* und *unabhängig*. *Interaktiv* entspricht dabei *intrinsisch* und der *unabhängige* Kontext ist komparabel zu Hewitt's *extrinsischen* Kontext. Der intrinsische Kontext wird von den Objektinformationen selbst geschaffen und betrifft auch die sich daraus ergebende Art und Weise der Informationsverarbeitung, welche zum Beispiel durch Wortbedeutungen oder Grammatik beeinflusst wird. Der extrinsische Kontext stellt die Umgebung einer Objektinformation dar. Baddeley (1982) splittet den unabhängigen, also extrinsischen Kontext, weiter auf in *internale* Komponenten, wie die Stimmung einer Person bei Enkodierung, und *externale*, physische Komponenten (Smith und Vela, 2001). Im weiteren Verlauf der Arbeit werden die Begriffe von Hewitt – *intrinsisch und extrinsisch* – und die Untergliederung für extrinsische Kontextfaktoren von Baddeley – *internal und external* – verwendet. Neben den verschiedenen Kontextkategorien kann zwischen lokalen und globalen Kontexten unterschieden werden. Bei lokalen Kontexten wechseln die Kontexte von einer Objektinformation zur nächsten, beispielsweise nach jedem Wort (Glenberg, 1979). Dagegen assoziieren globale Kontexte viele Objektinformationen, zum Beispiel mehrere Wörter, mit einem Kontext.

Nach der Erläuterung des allgemeinen Begriffs *Kontext* werden speziell Kontexte im Rahmen des Lernens beleuchtet. Um Lernen handelt es sich, wenn Ge-

dächtnisprozesse basierend auf Erfahrungen Auswirkungen auf das Verhaltenspotenzial haben (Wirtz et al., 2014). Lernen kann motorisch, physiologisch oder kognitiv-emotional stattfinden. Beim Lernen deklarativer Informationen existiert meistens eine Lerneinheit, beispielsweise eine Wortliste. Die Lerneinheit setzt sich aus dem eigentlichen Lerninhalt, den Objektinformationen, und dem Lernkontext bei Enkodierung und Abruf zusammen. Lernkontexte umfassen ebenfalls die oben erklärten verschiedenen Kontextkategorien. Intrinsische Faktoren eines Lernkontextes sind zum Beispiel das Lernmaterial oder der Aufbau einer Lerneinheit. Extrinsische Faktoren setzen sich aus der physischen Umgebung beim Lernen und den Kontextfaktoren, die durch die lernende Person selbst geschaffen werden zusammen. Die lernende Person trägt durch ihre Stimmung, ihren inneren Zustand und ihre Gedanken beim Lernen zu einem Lernkontext bei (Buchner und Brandt, 2017). Alle Kontextfaktoren sind dazu in der Lage, die Gedächtnisleistung einer lernenden Person zu beeinflussen. Entscheidend ist die Übereinstimmung der Kontextfaktoren bei Enkodierung und Abruf, im Englischen auch *Matching* genannt. Dieses Prinzip wird in der Literatur als *Prinzip der Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses* bezeichnet (Buchner und Brandt, 2017) und kann bei allen Kontextkategorien beobachtet werden. Sobald Kontextfaktoren übereinstimmen, wird in der vorliegenden Arbeit synonym auch von vertrauten Kontextfaktoren gesprochen.

Die verschiedenen Kontextkategorien und ihr Einfluss auf das Lernen werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben. Der Fokus wird auf den extrinsischen, speziell externalen Kontextfaktoren liegen.

#### **1.4 Intrinsische Kontextfaktoren**

Intrinsische Kontextfaktoren sind alle diejenigen, die von einer Lerneinheit selbst geschaffen werden oder die sich daraus ergebende Verarbeitung betreffen. Zu den intrinsischen Kontextfaktoren gehört unter anderem der Aufbau einer Lerneinheit, welcher serielle Positionseffekte generieren kann, die im ersten Teil dieses Kapitels erklärt werden. Außerdem kann eine Lerneinheit durch verschiedene intrinsische Kontextfaktoren transferangemessen oder tiefer verarbeitet werden. Diese Art und Weise der Verarbeitung einer Lerneinheit kann die

Enkodierung und damit die Gedächtnisleistung verändern, womit sich der zweite Teil des Kapitels auseinandersetzt.

#### **1.4.1 Aufbau einer Lerneinheit: Serielle Positionseffekte**

Beim Aufbau einer Lerneinheit sollte beachtet werden, dass die Anfangs- und Endelemente besser erinnert werden können als Elemente aus dem Mittelteil. Es wird von *seriellen Positionseffekten* gesprochen (Schermer, 2006). Der Grund ist, dass die Anfangselemente einer Lerneinheit durch ein *Rehearsal* bereits in das Langzeitgedächtnis transferiert werden. Diese Tatsache benannten Metcalfe und Murdock (1981) *primacy effect*. Die Endelemente einer Lerneinheit befinden sich im aktuell verwendeten Arbeitsgedächtnis und sind deshalb noch besser abrufbar. Dieser Effekt wurde von Glenberg et al. (1980) untersucht und als *recency effect* betitelt.

Wird eine Lerneinheit als Ganzes betrachtet, gibt es außerdem den *Listenlängeneffekt*. Dieser besagt, dass eine größere Anzahl an Listenelementen die Gedächtnisleistung verschlechtert (Murdock, 1962). Neben den durch den Aufbau einer Lerneinheit hervorgerufenen *seriellen Positionseffekten* und dem *Listenlängeneffekt* kann sich eine Lerneinheit außerdem eine *transferangemessene Verarbeitung* zunutze machen, welche ebenfalls durch intrinsische Kontextfaktoren ermöglicht wird.

#### **1.4.2 Transferangemessene Verarbeitung**

Die *transferangemessene Verarbeitung* beschäftigt sich mit der Art und Weise der Verarbeitung eines Lerninhaltes. Sie kann Instruktionen, zu bearbeitendes Material oder die Aufgaben selbst während der Enkodierung und des Abrufes eines Lerninhaltes betreffen (Buchner und Brandt, 2017). Die aufgezählten Elemente fungieren somit als intrinsische Kontextfaktoren. Stimmen intrinsische Kontextfaktoren bei Enkodierung und Abruf überein, ist eine *transferangemessene Verarbeitung* durch die lernende Person möglich. Die daraus resultierenden besseren Gedächtnisleistungen sind mit dem oben erläuterten *Prinzip der Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses* erklärbar. Ein Beispiel für die Möglichkeit einer transferangemessenen Verarbeitung ist die Verwendung überein-

stimmender Lernmaterialien, wie zum Beispiel gleich aufgebaute Wortpaarlisten, bei Enkodierung und Abruf. In der Konsequenz sind die Lernmaterialien der lernenden Person bereits beim Abruf bekannt (Morris et al., 1977).

Die Verbesserung der Gedächtnisleistung aufgrund einer transferangemessenen Verarbeitung wird in einem Experiment von Stiso (2003) deutlich. Die Probanden mussten eine Entscheidungsaufgabe lösen und bekamen dafür unterschiedlich oft Bilder zur Unterstützung der Entscheidung präsentiert. Die Probanden, die entweder nie Bilder oder zu jedem Zeitpunkt des Experiments Bilder zur Verfügung hatten, zeigten die besten Abrufergebnisse. Sie konnten ihre Entscheidung beim Abruf basierend auf übereinstimmender, also transferangemessener, Verarbeitung treffen. Nicht nur eine *transferangemessene Verarbeitung*, sondern auch eine *tiefe Verarbeitung* des Lerninhaltes hat das Potenzial, Gedächtnisleistungen zu verbessern.

#### **1.4.3 Oberflächliche und tiefe Verarbeitung**

Die Verarbeitung von Lerninhalten kann in Abhängigkeit ihrer intrinsischen Kontextfaktoren oberflächlich oder tief stattfinden. Die *oberflächliche Verarbeitung* registriert sensorische und kontextuelle Aspekte einer Objektinformation. Die *tiefe Verarbeitung*, auch Elaboration genannt, erfasst die Bedeutung einer Information. Eine *tiefe Verarbeitung* kann zu besseren Gedächtnisleistungen führen ( Craik und Tulving, 1975). Effektiv sind diesbezüglich vor allem eigene Elaborationen. Sie werden durch den persönlichen Bezug tiefer verarbeitet und später besser erinnert – der sogenannte *Selbstbezugseffekt* (Fernandez und Glenberg, 1985, Myers und Wilson, 2014). In den Experimenten von Craik und Tulving (1975) wird die Rolle der Bedeutung einer Information bei der Verarbeitung deutlich. Sie stellten ihren Probanden vor dem Abruf gelernter Wortlisten verschiedene Fragen bezüglich Aussehen, akustischer Beschaffenheit oder Bedeutung der Wörter. Die Probanden, die zur Bedeutung der Wörter befragt wurden, verarbeiteten den Lerninhalt tiefer, was anschließend zu besseren Abrufergebnissen führte (vgl. auch A. de Winstanley und Ligon Bjork, 1997, Schendan und Kutas, 2007). Zusätzlich kann die *tiefe Verarbeitung* eines Wortes die Verarbeitung eines nachfolgend sinnverwandten Wortes erleichtern.



Dieses Phänomen wird *semantischer Instruktionseffekt* genannt. Deshalb werden beispielsweise sich nur reimende Wörter schlechter erinnert als Wörter, die tatsächlich in ihrer Bedeutung assoziiert sind (Morris et al., 1977, Nelson, 1979).

Basierend auf der Unterscheidung in eine oberflächliche und eine *tiefe Verarbeitung* entwarfen Craik und Lockhart (1972) den Mehrebenenansatz, auch *Levels-of-Processing-Ansatz*, als alternatives Gedächtnismodell zum in Kapitel 1.1.5 erläuterten Mehrspeichermodell. Die Grundidee des Mehrebenenansatzes ist, dass die erfolgreiche Gedächtnisbildung nur von der Tiefe der Informationsverarbeitung abhängt und nicht von einem Informationstransfer in den nachfolgenden Speicher.

Zusammenfassend ist zu erkennen, dass eine Lerneinheit selbst sehr viele intrinsische Kontextfaktoren generieren kann. Die intrinsischen Kontextfaktoren sind in der Lage, die Gedächtnisleistung lernender Personen zu beeinflussen, indem sie serielle Positionseffekte hervorrufen oder eine transferangemessene beziehungsweise *tiefe Verarbeitung* ermöglichen. Vergleichbar dazu sind auch die im Kapitel 1.5 erläuterten extrinsischen Kontextfaktoren in der Lage, die Gedächtnisleistung zu verändern.

## **1.5 Extrinsische Kontextfaktoren**

Die extrinsischen Kontextfaktoren bilden zusammen mit den intrinsischen Kontextfaktoren den Gesamtkontext einer Objektinformation. Im Folgenden wird zwischen internalen und externalen Faktoren unterschieden.

### **1.5.1 Internale Kontextfaktoren**

Internale Kontextfaktoren betreffen den Zustand und die Stimmung einer lernenden Person. Der durch Zustand und Stimmung generierte internale Kontext einer Objektinformation wird in der englischen Fachliteratur auch oft als *mentaler Kontext* beschrieben. Beide internalen Kontextfaktoren können während einer Lerneinheit Veränderungen unterliegen und außerdem durch die lernende

Person selbst modifiziert werden. Dieser Umstand wird in der Wissenschaft als *mental contextual drift* bezeichnet (Smith und Vela, 2001).

Personen können sich in verschiedenen körperlichen Zuständen befinden. Diese Zustände können beispielsweise durch Alkohol, Drogen, Hunger, sportliche Aktivität oder Stress erzeugt werden. Die verschiedenen Zustände sind imstande, Gedächtnisleistungen positiv oder negativ zu beeinflussen. Während sportliche Aktivität (Sayal, 2015) und Hunger (Benedict et al., 2008) zu besseren Gedächtnisleistungen führen können, bewirken Stress (de Quervain et al., 1998) oder Alkohol (Rose und Grant, 2010) das Gegenteil. Alkohol verschlechtert zum Beispiel die Gedächtnisleistung, weil er sich negativ auf LTP im Hippocampus auswirkt und so die für Lernprozesse essentielle hippocampale Funktion beeinträchtigt (Rose und Grant, 2010).

Neben dem Zustand ist auch die Stimmung in der Lage, Gedächtnisleistungen zu modifizieren. Eine positive Grundstimmung kann zum besseren Behalten von positivem Lernmaterial, wie zum Beispiel Bilder von lachenden Kindern, führen (Lewis et al., 2005). Die Stimmung korreliert folgerichtig positiv mit der emotionalen Wertigkeit eines Lerninhaltes.

Unabhängig von den erläuterten Auswirkungen internaler Kontextfaktoren auf die Gedächtnisleistung lässt sich auch bei ihnen das *Prinzip der Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses* wiederfinden. So wird die Gedächtnisleistung durch übereinstimmende internale Kontextfaktoren bei Enkodierung und Abruf eines Lerninhaltes positiv beeinflusst. Experimentell belegt wurde die internale Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses unter anderem für alkoholisierte und drogenassoziierte Zustände (Eich et al., 1975, Goodwin et al., 1969). Dieser Nachweis führt beim ersten Lesen häufig zu Irritationen, da Alkohol, wie oben erwähnt, zu einer Verschlechterung der Gedächtnisleistung beiträgt. Lernt eine Person allerdings bereits im alkoholisierten Zustand, so profitiert auch der spätere Abruf von einem alkoholisierten Zustand. Das heißt nicht, dass die Gedächtnisleistungen im Vergleich zum Lernen ohne Alkoholeinfluss besser sind.

Fazit dieses Unterkapitels ist, dass gelernte Informationen bei gleichem Zustand oder gleicher Stimmung besser abrufbar sind (Eich, 1995). Eich (1995)

geht sogar davon aus, dass die Stimmung die eigentliche Ursache und damit die Erklärung für die Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses ist. Er nennt diese Hypothese *Mood Mediation Hypothesis*. Allerdings legt die vorliegende Arbeit ihr Hauptaugenmerk auf die externalen Kontextfaktoren einer Objektinformation.

### **1.5.2 Externale Kontextfaktoren**

Die externalen Kontextfaktoren sind ebenfalls Teil des extrinsischen Kontextes und beschreiben den generellen Umgebungskontext einer Objektinformation. Der externe Kontext einer Information kann, muss aber nicht, mit dem internen Kontext der lernenden Person übereinstimmen (Smith, 2007). Die Umgebung einer Objektinformation besteht aus materiellen und immateriellen Aspekten. Die materiellen Aspekte stellen die visuell-räumliche Umgebung, wie ein Gebäude, einen Raum, Gegenstände oder anwesende Personen, dar. Die immateriellen Umgebungsaspekte umfassen unter anderem olfaktorische und auditive Informationen. Die verschiedenen externalen Kontextfaktoren werden multimodal, das heißt auf vielfältige Art und Weise, durch die Sinnesorgane wahrgenommen. Diese multimodale Wahrnehmung bei Enkodierung wird durch eine multisensorische Reizung der verschiedenen Sinnesorgane ermöglicht. Eine multisensorische Reizung verbessert nachweislich die Gedächtnisleistung (Hintzman, 1984).

Nachdem Kapitel 1.5 die einzelnen Kontextkategorien konkretisierte, werden im folgenden Teil der Arbeit speziell die Effekte von externalen Kontextfaktoren auf die Gedächtnisleistung lernender Personen ausgearbeitet. Hierzu wird primär die Verarbeitung externaler Kontextfaktoren betrachtet.

## **1.6 Grundlagen der Verarbeitung externaler Kontextfaktoren**

Dieses Kapitel ist wichtig für das Verständnis der Ergebnisse und die später formulierten neuen Diskussionsansätze der vorliegenden Arbeit. Zuerst wird auf die allgemeine Verarbeitung externaler Kontextfaktoren eingegangen, bevor speziell deren Verarbeitung im Hippocampus beleuchtet wird. Im Zusammenhang mit der Arbeitsweise des Hippocampus werden die Prozesse der Muster-

trennung und Mustervervollständigung sowie der neokortikalen Schemata erklärt. Das Kapitel schließt mit der Erläuterung hippocampusabhängiger Gedächtnistests.

### **1.6.1 Allgemeine Verarbeitung externaler Kontextfaktoren**

Die Verarbeitung externaler Kontextfaktoren wird an dieser Stelle näher beschrieben, um die durch sie induzierten Gedächtnisprozesse und daraus resultierenden Effekte auf die Gedächtnisleistung besser zu verstehen. Strukturiert betrachtet werden kann die Verarbeitung externaler Kontextfaktoren anhand der Phasen der deklarativen Gedächtnisbildung – Enkodierung, Konsolidierung und Abruf. Da Studien aufzeigen, dass Unterschiede in der Verarbeitung von Objektinformationen selbst und Kontextfaktoren bestehen (u.a. Johnson et al., 1993), werden im Folgenden Vergleiche zwischen den Verarbeitungen in den einzelnen Phasen angestellt, um Besonderheiten ersichtlich zu machen.

Während die Enkodierung von Objektinformationen zwingend stattfindet, gibt es bei der Enkodierung von Kontextfaktoren zwei verschiedene Vorstellungen. Die erste Vorstellung geht davon aus, dass intrinsische Kontextfaktoren genau wie Objektinformationen zwingend verarbeitet werden (Hewitt, 1977), aber die Verarbeitung extrinsischer Kontextfaktoren variabel stattfindet (McKenzie und Tiberghien, 2004). Die zweite, weiter verbreitete Vorstellung postuliert, dass eine Objektinformation grundsätzlich mehrdimensional enkodiert wird, was beide Kontextkategorien miteinschließt (Bower, 1967, Underwood, 1969). Diese mehrdimensionale Enkodierung resultiert in der bereits in Kapitel 1.3 angesprochenen Gesamtinformation aus Objekt- und Kontextinformationen. Mit der zweiten Vorstellung kongruent wird in der einschlägigen Literatur die Enkodierung von externalen Kontextfaktoren als stets parallel beschrieben (Markowitsch, 2006). Ebenfalls mehrdimensional und speziell für deklarative Gedächtnisinhalte interessant ist die *Theorie der Dualen Kodierung* von Paivio (1990). Sie beschreibt eine Theorie der Enkodierung, bei der eine Objektinformation in eine verbale und eine nonverbale Komponente aufgeteilt wird. Beide Komponenten werden modalitätsspezifisch enkodiert (Paivio, 2014, Richardson, 2003).

Unabhängig davon, ob mehrdimensional beziehungsweise dual enkodiert wird, findet die Enkodierung aller Informationskomponenten im medialen Teil des Temporallappens statt. Der sich dort befindliche Thalamus koordiniert alle eingehenden sensorischen Informationen über Objekt und zugehörigen Kontext abhängig von Aufmerksamkeit und Wachheit (Sherman und Guillery, 2002). Bei Wachheit findet ein kontinuierlicher Informationsfluss zu den höherliegenden Hirnregionen statt (Schickl, 2011). Die oberste Instanz und damit Ziel des Informationsflusses ist der Hippocampus, welcher ebenfalls im medialen Teil des Temporallappens liegt. Der Hippocampus bildet die zentrale Region der deklarativen Gedächtnisbildung.

Der beschriebene Informationsweg nach erfolgter Enkodierung gilt für alle Objekt- und Kontextinformationen in gleicher Weise, mit Ausnahme olfaktorischer Kontextfaktoren. Die Enkodierung inklusive weiterer Verarbeitung olfaktorischer Kontextfaktoren ist die komplexeste aller Sinnesmodalitäten und weist zwei wichtige Unterschiede zur Verarbeitung der anderen externalen Faktoren auf. Der erste Unterschied ist, dass eingehende olfaktorische Informationen nicht durch den Thalamus koordiniert werden, sondern diesen umgehen und direkt an Regionen wie den Hippocampus weitergeleitet werden (Zelano und Sobel, 2005). Sie sind dort zu einer direkten Modulation anderer deklarativer Informationen fähig, wobei genaue Mechanismen unklar sind (Datiche und Cattarelli, 1996). Der zweite Unterschied sind Mechanismen der Adaption auf allen Ebenen des olfaktorischen Systems. Die Folge ist eine rasche Reaktionsabnahme auf olfaktorische Reize, was die Gewöhnung an neue Gerüche schnell stattfinden lässt (Zelano und Sobel, 2005).

Nach der Enkodierung und direkten Weiterverarbeitung von Objektinformationen und Kontextfaktoren findet deren Konsolidierung statt. Auch in dieser Phase der Gedächtnisbildung lassen sich Unterschiede in der Verarbeitung der Informationskomponenten feststellen. Objektinformationen werden entsprechend des *Standardmodells der Konsolidierung* nach ihrer Enkodierung mit der Zeit hippocampusunabhängig, indem sie an den Neokortex transferiert werden. Sie sind anschließend Teil des Langzeitspeichers im Langzeitgedächtnis. Hingegen beinhaltet die Konsolidierung externaler Kontextinformationen keinen Transfer

an den Neokortex. Externale Kontextinformationen bleiben laut den Erkenntnissen der Literatur auch im Verlauf der Zeit hippocampusabhängig, was sich mit der *Multiple-Trace-Theorie* zur Konsolidierung deckt (Davachi et al., 2003). Externale Kontextinformationen verbleiben somit im Kurzzeitspeicher des Langzeitgedächtnisses.

Für die letzte Phase der Gedächtnisbildung, den Abruf deklarativer Informationen, ist es notwendig, dass Objektinformationen und assoziierte Kontextinformationen erneut vom Hippocampus zusammengefügt werden. Dabei verändert sich die Einflussnahme externaler Kontextinformationen auf den Abruf im Werdgang einer neuen Information je nach Bedingungen im *Retentionsintervall*, worauf im Kapitel 1.8.1 genauer eingegangen wird. Das Zusammenfügen der Informationsaspekte im Hippocampus findet im Rahmen der *assoziativen Gedächtnisrepräsentation* einer Gesamtinformation statt (O'Reilly und Rudy, 2001). Sie ist die zentrale Arbeitsweise des Hippocampus und schafft die Grundlage für den Einfluss externaler Kontextfaktoren auf die Gedächtnisleistung, weshalb sie nachfolgend detailliert erklärt wird.

### **1.6.2 Spezielle Verarbeitung externaler Kontextfaktoren im Hippocampus**

Der Hippocampus ermöglicht durch seine Arbeitsweise die Enkodierung, die Konsolidierung und den Abruf deklarativer Informationen und ist deshalb die zentrale Region der deklarativen Gedächtnisbildung. Vordergründig fungiert der Hippocampus als ein autoassoziatorisches Netzwerk (Rolls, 2013). Das bedeutet, dass er die im vorherigen Kapitel beschriebene mehrdimensionale Enkodierung ermöglicht, indem er automatisch eine Objektinformation inklusive aller sensorisch assoziierten Kontextaspekte enkodiert und diese Aspekte auch untereinander assoziiert (Marr, 1971). Er etabliert sogenannte Assoziationsmuster zwischen den verschiedenen Kontextaspekten und der Objektinformation selbst (Henke et al., 1997). Der externe Kontext ist durch die autoassoziative Enkodierung des Hippocampus folglich ein integrierter Bestandteil der mnemonischen Repräsentation einer Objektinformation (Fernandez und Glenberg, 1985). Hippocampale LTP spiegeln diese assoziativen Vorgänge im Hippocampus wider und sind deshalb das zelluläre Korrelat für Lernen (Whitlock et al.,

2006). Die Etablierung von Assoziationsmustern geschieht im Rahmen der sogenannten *assoziativen Gedächtnisrepräsentation*. Diese zentrale Arbeitsweise des Hippocampus wird durch zwei Kernprozesse ermöglicht: die Mustertrennung und die Mustervervollständigung. Je nach eintreffender Gesamtinformation findet der eine oder der andere Prozess statt.

#### 1.6.2.1 *Mustertrennung*

Nach der mehrdimensionalen Enkodierung einer Objektinformation hat der Hippocampus das Potenzial, die Assoziationsmuster separat und nicht überlappend zu speichern. Dieser Prozess wird Mustertrennung, im Englischen *pattern separation*, genannt (Yassa und Stark, 2011). Einzelne Informationen können auf diese Weise zukünftig, selbst bei großer Ähnlichkeit, differenziert werden (Chavlis et al., 2017). Ein Beispiel ist, an welchem Ort ein Auto gestern geparkt wurde und an welchem heute. Ermöglicht wird die Mustertrennung durch hippocampale Ortszellen, welche sogenannte *place fields* bilden können. Alle *place fields* zusammen ergeben eine kognitive, neuronale Karte für die sensorischen Informationen der Umgebung einer Information (Jeffery, 2007). *Place fields* sind extrem spezifisch für bestimmte Assoziationsmuster einer Umgebung. Sie können ihr neuronales Aktivitätsmuster jederzeit an subtile Veränderungen der sensorischen Informationen anpassen, wie zum Beispiel eine Form- oder Farbänderung der Umgebung (Jeffery, 2007). Die Flexibilität der *place fields* bildet die Grundlage für den hippocampalen Prozess der Mustertrennung.

#### 1.6.2.2 *Mustervervollständigung*

Abgespeicherte, bereits bekannte Assoziationsmuster können im Hippocampus reaktiviert werden und weitere assoziierte Informationsaspekte ebenfalls abrufbar machen (Hasselmo und Wyble, 1997, McClelland et al., 1995). Für eine Reaktivierung sind nicht zwingend alle ursprünglich enkodierten Musteraspekte notwendig. Die hippocampalen Ortszellen werden auch reaktiviert, wenn sie nur einem einzelnen oder einem Set mehrerer assoziierter Kontextaspekte eines Musters ausgesetzt sind (Nakazawa et al., 2004). Durch die Reaktivierung eines Assoziationsmusters entsteht eine Art Aktivierungskaskade, bei der alle relevanten neokortikalen Areale für weitere assoziierte Informationen, wie der zu-

grunde liegenden Objektinformation, im Hippocampus zusammengefügt und vervollständigt werden (Squire, 1992b). Dieser Prozess entspricht der Mustervervollständigung und macht einen Abruf gelernter Informationen durch assoziierte Aspekte möglich. Biologisches Korrelat der Mustervervollständigung ist das Zusammentreffen vieler Neurone aus verschiedenen neokortikalen Arealen im Hippocampus (Eichenbaum, 2004). Da Objektinformationen im Rahmen der Konsolidierung vom Hippocampus an den Neokortex transferiert werden, wird bei der Mustervervollständigung von einer hippocampal-kortikalen Rückprojizierung gesprochen (Rolls, 2013). Für den tatsächlichen Abruf einer Information ist eine hohe Reaktivierungsschwelle im Hippocampus notwendig, da sonst bei unspezifischen Kontextaspekten viele Informationen abgerufen werden würden. Dies wird über eine ausgedünnte Konnektivität der Neurone gewährleistet, so dass nur spezifische synaptische Verbindungen bestehen bleiben. Im späteren Kapitel über die *Klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses wird die Reaktivierung von Ortszellen durch assoziierte Kontextaspekte speziell anhand externaler Kontextfaktoren einer Objektinformation erläutert.

Welcher der beiden Kernprozesse im Hippocampus stattfindet, entscheidet unter anderem die Phase der Gedächtnisbildung. Bei Enkodierung und Konsolidierung neuer, unbekannter Informationen findet eher eine Mustertrennung statt (Hunsaker und Kesner, 2013). Hingegen kommt es in der Phase des Abrufs, bei übereinstimmenden, vertrauten Kontextaspekten, zur Reaktivierung und Vervollständigung einer assoziierten Information. Da die beiden Kernprozesse in unterschiedlichen neuroanatomischen Strukturen stattfinden und verschiedene Kodierungsmechanismen verwenden, kann mit Sicherheit von separaten Prozessen ausgegangen werden (O'Reilly und McClelland, 1994, Treves und Rolls, 1994). Allerdings sind beide Prozesse unentbehrlich für ein funktionierendes Gedächtnis und stehen in einem dynamischen Gleichgewicht zueinander (Hunsaker und Kesner, 2013). Die Notwendigkeit der ausgewogenen Balance der zwei Prozesse im Hippocampus wird in neuropsychologischen Beobachtungen ersichtlich. Menschen mit Hippocampusläsionen sind einerseits nicht in der Lage, neue Informationen inklusive deren Assoziationen zu enkodieren (Chun, 2000), und können andererseits gespeicherte Assoziationsmuster nicht



nutzen (Hirsh, 1974). Als Folge ist der Abruf deklarativer Informationen bei Hippocampusläsionen beeinträchtigt (Vargha-Khadem et al., 1997). Bei Unversehrtheit des Hippocampus können sich allerdings durch ihn neokortikale Schemata etablieren, welche im folgenden Kapitel erläutert werden.

### 1.6.2.3 Schemata

Die durch den Hippocampus etablierten Assoziationsmuster zwischen allen Informationskomponenten können im Laufe der Zeit, wie die Objektinformationen selbst, an den Neokortex transferiert werden. Dort werden sie in der Literatur als sogenannte Schemata bezeichnet. Schemata sind nichts anderes als assoziierte Netzwerke im deklarativen Gedächtnis, welches im Neokortex lokalisiert ist. Schemata werden basierend auf alten und neuen Informationen gebildet und gegebenenfalls auch erweitert. Eine Erweiterung ist durch die Integration neuer Informationen möglich. Insgesamt vergrößert sich durch neue Informationen im Rahmen von Lernprozessen folglich die "Wissensbasis" des Gedächtnisses (Tse et al., 2011). Aufgrund dieser assoziierten Netzwerke im Gedächtnis hängt die Erinnerbarkeit einer Information oft von der Gesamtheit aller Gedächtnisinhalte ab (Clark und Gronlund, 1996). Essentiell für eine neokortikale Schemabildung beziehungsweise spätere Schemaaktivierung sind die beschriebenen hippocampalen Gedächtnisprozesse der Mustertrennung und Mustervervollständigung. Um selektiv die Leistung des Hippocampus und nicht gleichzeitig die des Neokortex zu testen, wurden spezielle hippocampusabhängige Gedächtnistests eingeführt.

### 1.6.3 Hippocampusabhängige Gedächtnistests

Aus der beschriebenen Arbeitsweise des Hippocampus lassen sich spezielle Gedächtnistests ableiten, die selektiver den Hippocampus testen als andere. So wird der Hippocampus vor allem bei der Verarbeitung von unbekanntem, komplexen und nonverbalen Informationen benötigt, da bei solchen Informationen eine assoziative Verarbeitung unerlässlich ist (u.a. Henke et al., 1997). Gedächtnistests mit der Intention, den Hippocampus miteinzubeziehen, sollten sich deshalb mit assoziativem Lernen, sogenannten *conjunctive learning tasks*, beschäftigen (u.a. Fanselow, 1990, Honey und Good, 1993, Honey et al., 1998,

Kim und Fanselow, 1992). Ein Beispiel ist das Lernen einer Wortpaarliste, da die Relevanz des Hippocampus, als autoassoziatorisches Netzwerk, hier erwiesen ist (Tse et al., 2007). Verdeutlicht wird die Rolle des Hippocampus bei *conjunctive learning tasks* durch mehrere Experimente von Henke et al. (1999). In einem Experiment beurteilten Probanden abstrakte Wortpaare hinsichtlich ihrer Bedeutung, was in einer assoziativen Verarbeitung resultierte und die Wörter in Relation zueinander setzte. Die Kontrollgruppe lernte keine Wortpaare, sondern einzelne Wörter. Bei späterem Abruf war die Gedächtnisleistung der Probanden, die Wortpaare assoziiert enkodiert hatten, signifikant besser verglichen mit der Leistung der Probanden der Einzelwort-Enkodierung. Analog zu den besseren Gedächtnisleistungen konnte in der funktionellen Bildgebung die höhere Aktivität im Hippocampus gesehen werden. Vergleichbare Erkenntnisse erlangte die Gruppe um Henke et al. (1997) schon zwei Jahre zuvor bei einem Experiment mit dem Lernen von Bildern. Hier wurde eine höhere Aktivität im Hippocampus nachgewiesen, wenn die Probanden auf einem Bild eine abgebildete Person mit dem ebenfalls abgebildeten Haus assoziierten, als wenn Haus und Person unabhängig beurteilt wurden. Die höheren Aktivitäten im Hippocampus bei beiden Experimenten bedeuten, dass der Hippocampus bei assoziativen Lernprozessen eine größere Rolle spielt als bei nicht-assoziativen Lernprozessen.

Zusätzlich zu der assoziativen Komponente sollte das Lernen bei hippocampusabhängigen Tests intuitiv, das heißt ohne konkrete Anforderungen an die Art des Lernens erfolgen, weil sonst neben dem Hippocampus auch der Neokortex mit getestet werden würde. Er kann wie der Hippocampus assoziative Verbindungen bilden, macht dies aber nicht automatisch, sondern nur bei konkreter Anforderung durch eine Aufgabe (Good und Bannerman, 1997, Honey und Good, 1993). Eine konkrete Anforderung beim Lernen einer Wortpaarliste wäre zum Beispiel: „Bilden Sie einen Satz aus diesen zwei Wörtern“. Dieser Satz würde zusätzlich zum Hippocampus den Neokortex aktivieren. Das Gegenbeispiel wäre das Lernen einer Wortpaarliste ohne konkrete Arbeitsanweisung zur Art und Weise des Lernens, wodurch nur der Hippocampus assoziative Verbindungen bilden würde und als Resultat exklusiver getestet werden würde.

Zum Schluss des sechsten Kapitels der theoretischen Hinführung kann resümiert werden, dass neue Objektinformationen multidimensional enkodiert werden. Diese Komplexität der Informationsaspekte wird konsolidiert und in Form von Assoziationsmustern getrennt gespeichert. Im Laufe der Zeit werden diese Muster im Neokortex, als sogenannte Schemata, abgelegt. Zu einem späteren Zeitpunkt kann eine Objektinformation, basierend auf einzelnen assoziierten Kontextaspekten, wieder vervollständigt und abgerufen werden (u.a. Cairney et al., 2011, Davachi et al., 2003, Eichenbaum, 2004, O'Reilly und Rudy, 2001). Grundlage all dieser Prozesse ist die *assoziative Gedächtnisrepräsentation* im Hippocampus, welcher neuen Assoziationsmustern mit einer Mustertrennung begegnet und vertraute Assoziationsmuster vervollständigt. Nach diesem Kapitel ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass trotz differierender Verarbeitung von Objekt- und Kontextinformationen eine Verbindung zwischen beiden Informationskomponenten besteht. Deshalb wird nach den Grundlagen der Verarbeitung externaler Kontextfaktoren nun sekundär in Kapitel 1.7 der Einfluss externaler Kontextfaktoren beim Abruf durch ihre Verbindung zu Objektinformationen betrachtet. Kapitel 1.6 und 1.7 sind dazu da, den zentralen externen Kontexteffekt der vorliegenden Arbeit, die *klassische Kontextabhängigkeit*, verständlich zu machen. Dieser Kontexteffekt ist Thema des letzten Kapitels 1.8 der theoretischen Hinführung.

## **1.7 Einfluss externaler Kontextfaktoren beim Abruf**

Nachdem im letzten Kapitel die Grundlage für das Verständnis der Zusammenhänge zwischen Objektinformationen und externen Kontextfaktoren aufgrund ihrer Verarbeitung und der Arbeitsweise des Hippocampus geschaffen wurde, soll der Fokus nun auf dem Einfluss externaler Kontextfaktoren beim Abruf liegen. Für den Einfluss externaler Kontextfaktoren ist ihre Verbindung zu einzelnen Gedächtnisinhalten, den Objektinformationen, relevant. Deshalb setzt sich dieses Kapitel zunächst mit drei verschiedenen Verbindungshypothesen dazu auseinander. Des Weiteren wird die konkrete Nutzung externaler Kontextfaktoren beim Abruf beleuchtet und die daraus resultierenden kontextinduzierten

Gedächtnisprozesse erörtert. Abschließend werden robuste Kontexteffekte Thema des Kapitels sein.

### 1.7.1 Verbindungshypothesen

Wenn davon ausgegangen wird, dass beim Lernen eine Verbindung zwischen Objektinformationen und externalen Kontextfaktoren im Gedächtnis etabliert wird, bleibt die Frage offen, wie diese Verbindung in der Lage ist, einen Vorteil beim Abruf zu bewirken. Im Folgenden werden drei Hypothesen zu Verbindungen zwischen externalen Kontextfaktoren und Objektinformationen aufgeführt. Alle resultieren in einer besseren Gedächtnisleistung beim Abruf aufgrund übereinstimmender externaler Kontextfaktoren, allerdings unter der Verwendung verschiedener Erklärungsansätze.

Bei der *Suchset-Hypothese* dient der externe Kontext zur Abgrenzung beziehungsweise zum Abruf eines Sets von Informationen, wie zum Beispiel einer gesamten Wortliste (Anderson und Bower, 1972). Einzelinformationen des Sets, wie Wörter, werden kontextfrei gespeichert (Smith et al., 1978). Lernen Probanden in zwei verschiedenen externalen Kontexten, entstehen somit zwei Sets trotz identischem Lerninhalt. Smith et al. (1978) beobachteten aber, dass auch der Abruf einzelner Informationen innerhalb eines Sets besser ist, weshalb die *Suchset-Hypothese* alleine unzureichend erscheint. Deshalb wird bei der *Einzelverbindungs-Hypothese* jede Einzelinformation, zum Beispiel jedes Wort, direkt mit den Kontextinformationen verbunden. Sowohl die *Suchset-Hypothese* als auch die *Einzelverbindungs-Hypothese* gehen von einer direkten Verbindung zwischen Objekt- und Kontextinformationen aus. Einen anderen Ansatz verfolgt die *Entscheidungs-Hypothese*. Bei dieser Hypothese erleichtert der externe Kontext nicht den direkten Zugang zu einer Information, sondern die Entscheidung über die Richtigkeit der abgerufenen Gedächtnisspur. Da Smith keine signifikante Verbesserung der Gedächtnisleistung bei übereinstimmenden Kontextfaktoren in Wiedererkennungstests fand, sondern nur bei freiem Abruf, ist die dritte Hypothese zumindest unausgereift (Smith et al., 1978).

Während in der einschlägigen Literatur noch Unklarheiten über die genaue Art der Verbindung zwischen Objektinformationen und externalen Kontextfaktoren

im Gedächtnis bestehen, wird der Einsatz von externalen Kontextfaktoren beim Informationsabruf bereits besser verstanden. Kontextfaktoren induzieren bestimmte Gedächtnisprozesse, die einen Abruf erleichtern können und als Folge verbessern. Mit diesen kontextinduzierten Gedächtnisprozessen setzt sich das nächste Kapitel auseinander.

### **1.7.2 Kontextinduzierte Gedächtnisprozesse**

Die zwei nun erläuterten kontextinduzierten Gedächtnisprozesse sind das *contextual cuing* und die *Quellenüberwachung*. Das *contextual cuing* ist der bereits besprochene Abruf von Informationen basierend auf übereinstimmenden Kontextfaktoren. Bei der *Quellenüberwachung* werden früher enkodierte externe Kontexte reproduziert, um den Abruf falscher Erinnerungen zu verhindern. Beide Prozesse ermöglichen eine Verbesserung der Abrufleistung.

Der kontextinduzierte Gedächtnisprozess *contextual cuing* entsteht durch zufällig mitgelernte Assoziationen zwischen den Objektinformationen und dem externalen Kontext (Chun, 2000), was im Kapitel 1.6.2 „Spezielle Verarbeitung externaler Kontextfaktoren im Hippocampus“ erläutert wurde. Chun und Jiang (1998) verwendeten eine visuelle Suchaufgabe, um *contextual cuing* zu demonstrieren. Sie zeigten, dass gesuchte Zielobjekte in vertrauten Kontexten signifikant schneller als in nicht vertrauten Kontexten erkannt werden (Chun und Jiang, 1998). Grund hierfür ist die fokussierte Aufmerksamkeit auf neue, relevante Informationen einer Aufgabenstellung bei vertrauter Anordnung von externalen Kontextfaktoren (Darby et al., 2014). Im Falle des Experiments von Chun und Jiang war dies das Finden eines Zielobjekts in einem Bild.

Die *Quellenüberwachung*, als zweiter kontextinduzierter Gedächtnisprozess, ermöglicht es, eine abgerufene Information durch dessen Ursprungsbestimmung als richtig oder falsch zu deklarieren (Smith, 2007). Die *Quellenüberwachung* nutzt bereits enkodierte externe Kontexte, in denen Objektinformationen in der Vergangenheit erworben wurden (Slotnick et al., 2000). Eine *Quellenüberwachung* ist das Resultat aus Wahrnehmung und Reflexion (Johnson et al., 1993). Die Experimente von Eich (1982) zeigen, dass eine *Quellenüberwachung* bei vielen ähnlichen Kontextaspekten verschiedener

Objektinformationen erschwert ist. Eich verwendete dafür in ihren Experimenten Wortpaarlisten mit ähnlichen Wörtern, welche bei einem nachfolgenden Abruf schlechter erinnert wurden als vergleichbare Listen mit unzusammenhängenden Wörtern. Als Erklärung vermutete Eich, dass Informationen mit vielen ähnlichen Aspekten eher in einer zusammengesetzten statt in einzelnen Gedächtnisspuren gespeichert werden. Eich sprach in diesem Zusammenhang von der Etablierung eines sogenannten Prototyps – im Falle ihrer Experimente eines Prototyps der gesamten Wortliste. Im Neokortex würde diese zusammengesetzte Gedächtnisspur dann einem "Prototyp"-Schema entsprechen. Problematisch beim Abruf ist, dass aufgrund des Prototyps einzelne Informationen nicht mehr differenziert abgerufen werden können, was der Sinn einer Mustertrennung im Hippocampus ist. Der assoziierte Kontextaspekt reaktiviert zwar die richtige Gedächtnisspur, diese kann aber nicht zwischen den Objektinformationen selektieren. Ähnliche Kontextaspekte resultieren deshalb in einer erschwerten *Quellenüberwachung* und schlussendlich in einem schlechteren Abruf. Dieser Umstand macht die Wichtigkeit der Spezifität der *place fields* im Hippocampus noch einmal deutlich.

Die beiden kontextinduzierten Gedächtnisprozesse – das *contextual cuing* und die *Quellenüberwachung* – lassen beobachtbare Kontexteffekte beim Lernen entstehen. Diese Kontexteffekte können gut experimentell untersucht werden und sind sehr verlässlich nachweisbar, weshalb sie als robuste Effekte bezeichnet werden.

### **1.7.3 Robuste externe Kontexteffekte**

Im letzten Unterpunkt dieses Kapitels werden die externalen Kontexteffekte beleuchtet, die anhand der Veränderung der Gedächtnisleistung feststellbar sind und sich mit den kontextinduzierten Gedächtnisprozessen erklären lassen. Die zwei robustesten externalen Kontexteffekte, die in der Vergangenheit verlässlich nachgewiesen werden konnten, sind die *Interferenzreduktion* und der *Effekt multipler Lernkontexte* (Smith und Vela, 2001).

Bilodeau und Schlosberg (1951) haben den Effekt der *Interferenzreduktion*, speziell für die retroaktive Interferenz, in zwei Experimenten untersucht. Sie lie-

ßen Probanden eine Wortpaarliste aus Adjektiven lernen, gefolgt von einer anderen, eingeschobenen Wortpaarliste. Der spätere Abruf erfolgte zur ersten Liste. Lernten die Probanden die eingeschobene Wortpaarliste im gleichen externalen Kontext wie die erste Liste, war die retroaktive Interferenz nahezu doppelt so hoch als beim Lernen der eingeschobenen Liste in einem anderen Kontext. Eine größere Interferenz bewirkt eine schlechtere Gedächtnisleistung. Durch den externalen Kontexteffekt der *Interferenzreduktion* wird die Wahrscheinlichkeit verringert, potenziell konkurrierende Lerninhalte abzurufen, da zwei verschiedene Lerninhalte nicht mit den gleichen Kontextaspekten assoziiert werden (vgl. auch Eich, 1982). Zugrundeliegender kontextinduzierter Gedächtnisprozess ist eine effektivere *Quellenüberwachung*.

Der zweite robuste Kontexteffekt ist der *Effekt multipler Lernkontexte*. Die Wiederholung vom gleichen Lerninhalt in verschiedenen Kontexten verglichen mit derselben Anzahl an Wiederholungen im vertrauten Kontext resultiert in einer besseren Gedächtnisleistung (Smith, 2007). Gartman und Johnson (1972) zeigten den positiven Effekt von multiplen *intrinsic* Lernkontexten auf die Gedächtnisleistung. Sie manipulierten in ihrem Experiment Wortlisten in ihrer Reihenfolge. Vorausgehende Wörter eines Zielworts wurden variiert und damit unterschiedliche intrinsische, hier semantische, Kontexte generiert. Angelehnt an dieses Experiment verwendeten Smith et al. (1978) die gleiche Methode zur Untersuchung des Effekts von multiplen *extrinsic* Lernkontexten, indem sie externe Kontexte variierten. Die Probanden lernten eine Wortliste in einer Umgebung und drei Stunden später wiederholten sie die bekannte Liste entweder in der vertrauten oder einer neuen, nicht vertrauten Umgebung. Nach weiteren drei Stunden wurde diese Wortliste in einer neutralen Umgebung abgefragt. Die Probanden mit der Wiederholung der Wortliste in zwei verschiedenen Umgebungen waren signifikant besser beim Abruf als die Probanden, die die Wortliste zweimal in der gleichen Umgebung enkodiert hatten. Smith et al. (1978) erklärten diesen Kontexteffekt mit der von Anderson und Bower (1972) beschriebenen *Enkodiervariabilität*: Wird ein Lerninhalt mit verschiedenen externalen Kontexten enkodiert, assoziiert und abgespeichert, können mehr "Hinweisreize" in Form von Kontextfaktoren beim Abruf genutzt werden (Kintsch, 1974).

Zugrundeliegender Gedächtnisprozess der *Enkodiervariabilität* ist das *contextual cuing*. Durch die *Enkodiervariabilität* entsteht auch der Verzögerungseffekt beim Lernen. Größere Abstände zwischen den Wiederholungen von Lerninhalten steigern die Wahrscheinlichkeit einer Kontextveränderung und damit die Anzahl assoziierter externaler Kontexte.

Rekapitulierend wurden im Kapitel 1.7 direkte und indirekte Verbindungshypothesen zwischen Objekt- und Kontextinformationen besprochen. Ebenso waren das *contextual cuing* und die *Quellenüberwachung* als grundlegende Gedächtnisprozesse beim Einsatz externaler Kontextfaktoren in Abrufsituationen ein Thema. Basierend auf diesen kontextinduzierten Gedächtnisprozessen entstehen die im letzten Teil des Kapitels erklärten robusten Kontexteffekte, einerseits die *Interferenzreduktion* und andererseits der *Effekt multipler Lernkontexte*. Entsprechend der *Enkodiervariabilität* als Erklärung des *Effekts multipler Lernkontexte* existiert auch eine *Hypothese der Enkodierspezifität* bei der Erklärung des im folgenden Kapitel beschriebenen externalen Kontexteffekts: Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses. Dieser externaler Kontexteffekt stellt die theoretische Grundlage für den Versuch zur vorliegenden Arbeit dar.

## **1.8 Klassische Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses**

Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses ist wie die *Interferenzreduktion* und der *Effekt multipler Lernkontexte* ein externaler Kontexteffekt. Die *klassische Kontextabhängigkeit* wird primär anhand von früheren Experimenten erklärt, bevor sekundär der aktuelle Forschungsstand zu diesem Thema zusammengetragen wird. Anschließend werden sich die Unterpunkte des Kapitels mit der Erklärung der Begriffe *Dekontextualisierung* und *mentales Reinstatement* befassen. Der letzte Punkt geht auf die Verlässlichkeit des Effekts der *klassischen Kontextabhängigkeit* ein, indem Bedingungen für dessen Auftreten erörtert werden.

Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses wird durch die *Hypothese der Enkodierspezifität* von Tulving und Osler (1968) oder äquivalent von Smith (1979) mit dem *Reinstatement-Effekt* beschrieben. Der *Reinstatement-*



*Effekt* wird in der deutschen Literatur auch *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* genannt. Die Hypothese von Tulving und Osler (1968) besagt, dass sich die Gedächtnisleistung bei einer Übereinstimmung von Kontextfaktoren während Enkodierung und Abruf verbessert. Dies entspricht dem allgemeinen *Prinzip der Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses*. Der Effekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* beschäftigt sich allerdings speziell mit externalen Kontextfaktoren (Wirtz et al., 2014). Entsprechend dazu existiert für intrinsische Kontextfaktoren die bereits erläuterte *transferangemessene Verarbeitung*.

Die *klassische Kontextabhängigkeit* wurde wiederholt in Studien unter Verwendung deklarativer Gedächtnistests nachgewiesen. So auch in dem maßgebenden Experiment von Goddon und Baddeley (1975), welches die Grundlage für Smiths Beschreibung der *klassischen Kontextabhängigkeit* bildete. Bei diesem Experiment wurden zwei sehr unterschiedliche externe Lernkontexte gewählt. Die Probanden lernten Wortlisten entweder an Land oder unter Wasser. Das bedeutete, dass die Probanden im Kontext „Land“ am Rande des Wassers saßen und kein Tauchequipment trugen, während sich die Probanden im Kontext „Wasser“ in sechs Meter Wassertiefe befanden und Tauchequipment inklusive Gasflaschen bei sich hatten. Nach dem Lernen in einem der beiden Kontexte wurden die Probanden an Land oder unter Wasser schriftlich abgefragt. Wechselte der externe Kontext zum Abruf der gelernten Listen, also Land-Wasser oder Wasser-Land, trat eine Verschlechterung der Gedächtnisleistung auf. War der externe Kontext bei Enkodierung und Abruf derselbe, ergo Land-Land oder Wasser-Wasser, zeigten die Probanden signifikant bessere Leistungen. Vergleichbare Resultate konnten in späteren Experimenten auch ohne derartig drastische Kontextmanipulationen gefunden werden. Die Ergänzung und Variation von einzelnen Kontextfaktoren, wie beispielsweise eine Veränderung der Hintergrundfarbe bei Wortpaarpräsentation (Murnane und Phelps, 1993) oder die Änderung des olfaktorischen oder auditiven Kontextes, reichte aus (u.a. Parker et al., 2001, Schab, 1990, Smith et al., 1978). Alle Ergebnisse dieser Studien untermauerten die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses als beobachtbaren, externalen Kontexteffekt.

Smith (1979) untersuchte die *klassische Kontextabhängigkeit* in mehreren Experimenten, um artifizielle Ursachen für die gefundenen Resultate auszuschließen. Artifiziell im Sinne einer unspezifischen Verbesserung der Gedächtnisleistung im vertrauten Kontext, welche alleine auf die Vertrautheit eines externalen Kontextes zurückzuführen ist. Im Gegensatz zur postulierten Ursache des Kontexteffekts, nämlich der Wiederaufnahme und damit der Übereinstimmung von externalen Kontextfaktoren bei Enkodierung und Abruf. Um den Artefakt der Vertrautheit zu überprüfen, ließ Smith Probanden Wortlisten in verschiedenen Kontextkonstellationen lernen und abrufen. Er verwendete drei externalen Kontexte A, B und C, aus denen sich folgende Konstellationen ergaben: ABA, ABB oder ACB. Im letzten der drei Kontexte fand immer der Abruf der Wortliste statt, die im ersten Kontext, hier stets Kontext A, gelernt wurde. Der zweite Kontext diente nicht dem Lernen einer Wortliste, sondern war nur dazu da, eine Vertrautheit zu einem weiteren Kontext neben Kontext A zu schaffen. Die Probanden zeigten in der ABA-Konstellation die besten Gedächtnisleistungen – Enkodierung und Abruf fanden im gleichen Kontext statt. In der ABB-Konstellation waren die Probanden schlechter als in der ABA-Konstellation. In der ABB-Konstellation hätten die Probanden vergleichbar gut sein müssen, wenn eine alleinige Vertrautheit ausschlaggebend für den *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* wäre. Der Kontext B war beim Abruf in der ABB-Konstellation vertraut, entsprach allerdings nicht dem Enkodierkontext. Anders als bei der vorherigen ABA-Konstellation, bei der Enkodier- und Abrufkontext übereinstimmten. Die letzte Konstellation ACB zeigte die schlechtesten Gedächtnisleistungen. Hier war weder der Kontext beim Abruf vertraut, noch existierte eine Übereinstimmung von Enkodier- und Abrufkontext. Basierend auf diesen Ergebnissen konnte Smith die Verbesserung der Gedächtnisleistung tatsächlich auf die Wiederaufnahme des Umgebungskontextes zurückführen und eine alleinige Vertrautheit des Kontextes als artifizielle Ursache des Effekts der *klassischen Kontextabhängigkeit* ausschließen.

Für die Wiederaufnahme des Umgebungskontextes als Ursache der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses spricht die *assoziative Gedächtnisrepräsentation* des Hippocampus. Sie scheint geeignet zu sein, die

Verbesserungen der Gedächtnisleistung im vertrauten Kontext suffizient zu erklären. Die Übereinstimmung von externalen Kontextfaktoren bei Enkodierung und späterem Abruf, das heißt in einem vertrauten Kontext, kann durch sogenannte *Matching-Prozesse* im Hippocampus den Abruf einer Gesamtinformation bewirken. Die Gesamtinformation umfasst, wie im Kapitel 1.6.2 erläutert, auch den parallel zum externalen Kontext enkodierten Lerninhalt, weshalb die Gedächtnisleistung beim Abruf besser wird (Cairney et al., 2011, Lewis et al., 2005). Die besseren Gedächtnisleistungen entstehen konkret durch eine Aktivierung der Assoziationsmuster im Hippocampus, die bei Enkodierung gespeichert wurden. Der entsprechende kontextinduzierte Gedächtnisprozess ist das *contextual cuing* basierend auf übereinstimmenden Hinweisreizen in Form der externalen Kontextfaktoren. Die Aktivierung beim Abruf wird durch die Ortszellen im Hippocampus, inklusive der durch sie gebildeten *place fields* bei früherer Enkodierung, ermöglicht (Trouche et al., 2016). Die Konsequenz der Aktivierung ist eine Mustervervollständigung im Hippocampus.

Diese Erklärung für den *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* deckt sich mit aktuellen Beobachtungen elektrophysiologischer Messungen im Rahmen von Experimenten zur *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses. Stimmen Kontextfaktoren beim Abruf partiell oder vollständig überein sind korrespondierende Ausschläge in den Aufzeichnungen der elektrophysiologischen Messungen sichtbar. Diese Ausschläge demonstrieren die Aktivierung der Ortszellen im Hippocampus. Ein höherer Grad an Übereinstimmung resultiert in höheren Ausschlägen. Insgesamt wird von sogenannten *overlap effects* gesprochen (Bramao et al., 2017).

Erwähnenswert ist, dass eine Aktivierung mit nachfolgender Mustervervollständigung bidirektional funktionieren kann: Ein externaler Kontextfaktor kann den Abruf eines assoziierten Lerninhalts ermöglichen oder ein Lerninhalt den Abruf des assoziierten Kontextes (Rolls, 2013). Wichtig ist, dass ein einzelner assoziierter Aspekt des externalen Kontextes ausreichen kann, um den Abruf einer Gesamtinformation im Hippocampus zu bewirken (Squire, 1992b). Es besteht eine stark positive Korrelation zwischen der Vielfältigkeit eines externalen Kontextes und der Wahrscheinlichkeit, dass ein einzelner Kontextaspekt eine Ge-

samtinformation abrufen (Birbaumer und Schmidt, 2010). Mit steigender Anzahl assoziierter und folglich repräsentierter Informationsaspekte im Hippocampus kann eine höhere Übereinstimmung auftreten, weshalb die Gedächtnisleistung bei detaillierterer Repräsentation besser ist (Hintzman, 1984). Eine detaillierte Repräsentation entsteht bei Enkodierung durch eine multisensorische Reizung der Sinnesorgane. Effektiv ist deshalb beispielsweise das Versuchsdesign der Gruppe um Parker et al. (2007). Sie kombinierten bei der Schaffung zweier externer Kontexte für ihr Experiment jeweils verschiedene externe Kontextfaktoren. Konkret wurden Geruch, Hintergrundmusik und Raumgröße inklusive der Fensteranzahl zwischen den beiden externen Kontexten variiert. In beiden Kontexten war somit eine multisensorische Reizung bei Enkodierung und Abrufen gegeben, was eine höhere Übereinstimmung im Hippocampus bei der Wiederaufnahme eines externen Kontextes erlaubte.

Analog zu *Matching-Prozessen* bei übereinstimmenden Kontextfaktoren im vertrauten Kontext existiert bei einem Kontextwechsel ein sogenanntes *Mismatch* zwischen Enkodier- und Abrufhinweisen im Hippocampus (Tulving und Thomson, 1973). Im weiteren Fortgang findet keine Aktivierung der Ortszellen statt und eine Mustervervollständigung mit dem Abrufen früher enkodierter Informationen ist nicht möglich.

Der dargelegte Forschungsstand konnte die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bis jetzt nur nach Wachheit im *Retentionsintervall* beobachten. Schlafen die Probanden zwischen Enkodierung und Abrufen wird trotz übereinstimmender Kontextfaktoren keine Verbesserung der Gedächtnisleistung mehr nachgewiesen (Cairney et al., 2011). Vermutet wird in diesem Zusammenhang eine schlafabhängige *Dekontextualisierung* neu enkodierter Informationen, was im folgenden Unterpunkt erklärt wird.

### **1.8.1 Dekontextualisierung**

Die *Dekontextualisierung* einer Information beschreibt den Verlust assoziierter Kontextinformationen, während die Objektinformation in den Vordergrund rückt (Cairney et al., 2011). Eine *Dekontextualisierung* neuer Informationen findet in der Phase ihrer Konsolidierung statt, welche vornehmlich während des Schlafes

abläuft (Cairney et al., 2011). Deshalb kann eine schlafabhängige Reduktion des Einflusses externer Kontextfaktoren auf einen späteren Abruf beobachtet werden. Diese dekontextualisierenden Prozesse im Gedächtnis sind unter anderem der Grund für die wichtige Funktion des Schlafes beim Abruf deklarativer Informationen (Born et al., 2006, Diekelmann und Born, 2010). Hingegen spielen externe Kontextfaktoren nach Wachheit im *Retentionsintervall* weiterhin eine entscheidende Rolle beim Informationsabruf, was im Effekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses resultiert. Näher untersucht wurde die *Dekontextualisierung* einer Information von der Gruppe um Payne et al. (2008). Sie setzten Bilder ein, die neutrale oder negative Szenen zeigten. Während bei Wachheit zwischen Lernen und Abruf komplette Szenen vergessen wurden, war nach einer äquivalenten Schlafperiode im *Retentionsintervall* die Erinnerung an Objektinformationen noch intakt, aber die Kontextinformationen der Szenen gingen verloren.

Das entscheidende Experiment bezüglich einer *Dekontextualisierung* von Informationen führten Cairney et al. (2011) drei Jahre nach Payne durch. Sie untersuchten konkret den Effekt von Schlaf verglichen mit Wachheit nach dem Lernen auf die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses und wiesen den Prozess der *Dekontextualisierung* nach. Das Versuchsdesign umfasste drei Experimentsitzungen in vertrauten oder nicht vertrauten externen Kontexten, in denen die Probanden in 12-Stunden-Intervallen Wortlisten lernten. Der Abruf erfolgte zweimal, direkt und in der nachfolgenden Sitzung. Die Probanden schliefen beziehungsweise waren wach zwischen Sitzung 1 und 2 oder zwischen Sitzung 2 und 3. Cairney et al. (2011) erkannten eine signifikante Interaktion zwischen präsentiertem Abrufkontext – vertraut oder nicht vertraut – und Art des *Retentionsintervalls* – Schlaf oder Wachheit. Bei gleichbleibendem, vertrautem Kontext erinnerten die Probanden signifikant mehr Worte nach Wachheit im *Retentionsintervall*. Diese Ergebnisse bringen die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses zum Ausdruck. Anders verhielten sich die Ergebnisse nach einer äquivalenten Schlafperiode im *Retentionsintervall*. Die Probanden erinnerten sich hier an deutlich mehr Worte, wenn ein Kontextwechsel stattgefunden hatte, der Kontext folglich nicht vertraut war. Cairney et al.

(2011) führen als Erklärung für eine *Dekontextualisierung* die differierende Verarbeitung von Objekt- und Kontextinformationen während der Konsolidierung an. Konkret gemeint ist, dass externale Kontextinformationen rein hippocampal bleiben und nicht an den Neokortex transferiert werden (Davachi et al., 2003). Das Verbleiben im Hippocampus bewirkt ihren Verlust während des Schlafes (Cairney et al., 2011).

Neben dem Schlaf kann auch die Vorstellung des Enkodierkontextes durch die Probanden selbst den Kontexteffekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* beim Abruf beeinflussen. Eine solche Vorstellung wird *mentales Reinstatement* genannt und ist Thema des nächsten Kapitels.

### **1.8.2 Mentales Reinstatement**

Smith et al. (1978) beschrieb die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses mit dem *Reinstatement-Effekt* und entdeckte in seinen zahlreichen Experimenten dazu ein weiteres Phänomen: Die tatsächliche Wiederaufnahme des externalen Kontextes beim Abruf ist für den Effekt der *klassische Kontextabhängigkeit* nicht zwingend notwendig (vgl. auch Paivio, 1990). Die lernende Person muss sich beim Abruf nicht, wie bisher beschrieben, im externalen Kontext der Enkodierung aufhalten. Der Grund ist, dass Objektinformationen assoziierte externale Kontextinformationen für einen erfolgreichen Abruf der Gesamtinformation sowohl wahrnehmend als auch mnemonisch im Hippocampus aktiviert werden können.

In dem zugrunde liegenden Experiment von Smith lernten die Probanden der Versuchsgruppe eine Wortliste in einem Kontext A und wurden später in einem Kontext B zur gelernten Liste abgefragt. Die Kontrollgruppe blieb für den Abruf im vertrauten Enkodierkontext A und vollzog keinen Kontextwechsel. Smith instruierte die Probanden der Versuchsgruppe, sich im Abrufkontext B den ursprünglichen Enkodierkontext – in seinem Experiment einen Raum – mental vorzustellen. Das Resultat war, dass die Gedächtnisleistung der Probanden hinsichtlich zuvor gelernter Wörter nur noch marginal schlechter war, als die der Kontrollgruppe mit dem Abruf im vertrauten Kontext. Als Smith den Probanden der Versuchsgruppe in einem zweiten Schritt des Experiments zusätzlich Bilder

des Enkodierkontextes zu den Instruktionen beim Abruf zeigte, erinnerten die Probanden beim Abruf sogar gleich viele Wörter wie die Kontrollgruppe. Der nicht vertraute Abrufkontext B spielte aufgrund der Vorstellung des Enkodierkontextes keine Rolle mehr. Smith nannte dieses Phänomen *mentales Reinstatement*.

Beide Formen, wahrnehmendes und *mentales Reinstatement*, involvieren den Hippocampus (Davachi et al., 2003). Trotzdem handelt es sich nicht um die gleiche Form des *Reinstatements*, was Bramaio et al. (2017) untersuchten. Die Forschergruppe zeigte zum einen, dass das *mentale Reinstatement* teilweise andere Hirnregionen aktiviert als das wahrnehmende *Reinstatement*. Zum anderen beobachteten sie je nach *Reinstatement* verschiedene Abrufgeschwindigkeiten. Ein *mentales Reinstatement* erfordert die allmähliche Rekonstruktion des ursprünglichen Enkodierkontextes im Gedächtnis der Probanden, weshalb der Abruf verzögert stattfindet. Das wahrnehmende *Reinstatement* basiert auf den tatsächlichen Sinneseindrücken der Probanden, weshalb ein Informationsabruf umgehend möglich ist. Zeitgleich zu Smith's Experimenten wiesen Petersen und Jacob (1978) das Phänomen des *mentalen Reinstatements* auch für intrinsische Kontextfaktoren nach.

Generell gelingt ein *mentales Reinstatement* nur, wenn der Enkodierkontext leicht zu erinnern ist und wenn nicht zu viele interferierende "Ablenkungskontexte" die mentale Rekonstruktion des Enkodierkontextes stören. Letzteres wird ebenfalls in einem der Experimente von Smith et al. (1978) zur *klassischen Kontextabhängigkeit* deutlich. Er ergänzte dazu einen zusätzlichen externalen Kontext zu Enkodier- und Abrufkontext. Das bedeutete, dass die Probanden sich zwischen Enkodierung und Abruf in einem weiteren Kontext, also insgesamt drei Kontexten, aufhielten. Sekundär baute Smith vier zusätzliche Kontexte zwischen Enkodierung und Abruf ein, was sechs Kontexte bedeutete. Die Gedächtnisleistung der Probanden mit nur einem zusätzlichen Kontext war signifikant besser als die Gedächtnisleistung der Probanden mit vier zusätzlichen Kontexten zwischen Enkodierung und Abruf. Als Erklärung führt Smith die Interferenz mit den "Ablenkungskontexten" an. Bei nur einem Ablenkungskontext konnten die Probanden den ursprünglichen Enkodierkontext beim Abruf mental

rekonstruieren. Handelte es sich allerdings um vier zusätzliche Kontexte, gelang den Probanden keine erfolgreiche mentale Rekonstruktion des Enkodierkontextes mehr. In solchen Situationen kann ein *mentales Reinstatement* den nicht vertrauten Abrufkontext nicht mehr kompensieren, weshalb der *Reinstatement-Effekt* in Form besserer Gedächtnisleistungen ausbleibt.

Aus den Experimenten von Smith wird deutlich, dass die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses durch ein *mentales Reinstatement* zumindest teilweise kognitiv kontrollierbar ist. Ein *mentales Reinstatement* kann deshalb als mnemonische Strategie zur Verbesserung der Gedächtnisleistung genutzt werden. Diese Strategie ist nicht die einzig anwendbare, um das Auftreten der *klassischen Kontextabhängigkeit* zu beeinflussen. Im letzten Punkt dieses Kapitels werden einige Bedingungen für den Kontexteffekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* definiert, um dessen Verlässlichkeit einordnen zu können.

### **1.8.3 Verlässlichkeit der klassischen Kontextabhängigkeit**

Die *klassische Kontextabhängigkeit* ist kein so robuster Kontexteffekt wie die in Kapitel 1.7.3 beschriebenen Effekte der *Interferenzreduktion* oder der *Effekt multipler Lernkontexte*. Fernandez und Glenberg (1985) beschäftigten sich ausgiebig mit der Verlässlichkeit der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses und replizierten dazu speziell die Experimente von Smith (1979). Allerdings wiesen sie in keinem ihrer acht Experimente den postulierten Vorteil einer Wiederaufnahme des Umgebungskontextes beim Abruf nach. Infolgedessen sind externale Kontextfaktoren beim Lernen zwar immer vorhanden, aber anscheinend nur als Abrufhinweise nutzbar, wenn die Bedingungen bei Enkodierung und Abruf förderlich sind. Basierend auf der *Theorie der Umgebungsunterdrückung* von Glenberg (1997) lassen sich externale Kontextfaktoren beispielsweise unterdrücken, sodass sie weder Enkodierung noch Abruf beeinflussen können (Smith, 2007). Zur Umgebungsunterdrückung imstande sind intrinsische Kontextfaktoren, wie semantische Assoziationen zwischen Wörtern, oder internale Kontextfaktoren, wie die Stimmung (Smith, 2007). Semantische Assoziationen aktivieren den Hippocampus, wodurch seine Kapazität für die Enkodierung und Verarbeitung externaler Kontextfaktoren abnimmt (Henke et al.,



1999). Ähnlich erklärt sich die Unterdrückung des externalen Kontextes durch internale Kontextfaktoren. Durch ihre Beachtung nimmt die Aufmerksamkeit hinsichtlich der Beobachtung der Umgebung ab. Wie im vorherigen Unterpunkt beschrieben, ist auch durch ein *mentales Reinstatement* die aktuell präsente Umgebung unterdrückbar.

Neben einer Umgebungsunterdrückung kann auch eine mangelnde eindeutige Zuordnung von Objektinformationen zu externalen Kontextfaktoren das Auftreten der *klassischen Kontextabhängigkeit* verhindern. Bei zu vielen externalen Kontextfaktoren oder bei der Assoziation verschiedener Objektinformationen mit den gleichen Kontextfaktoren kommt es durch eine Antwortkonkurrenz zu einer Verschlechterung der Gedächtnisleistung, was auch als „Überladung“ bezeichnet wird (Watkins und Watkins, 1976). Ersichtlich ist das Phänomen der Überladung in einem Experiment von Smith und Manzano (2010) zum kontextabhängigen Abruf. Bei dem Experiment war die *klassische Kontextabhängigkeit* robuster nachweisbar, wenn nur drei anstatt 15 Wörter mit einem externalen Kontext präsentiert und assoziiert wurden.

Darüber hinaus ist das Auftreten der *klassischen Kontextabhängigkeit* altersabhängig. Bei Kindern konnte der positive *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* beim Abruf einer Wortliste bislang nicht beobachtet werden (Aslan et al., 2010). Alle aufgeführten Punkte reduzieren oder eliminieren den Einfluss externaler Kontextfaktoren auf die Enkodierung und/oder den Abruf. Das Ausmaß der Beeinflussung von Gedächtnisleistungen durch externe Kontextfaktoren ist aus diesen Gründen schwierig vorhersehbar (Anderson, 2013).

Die theoretische Hinführung ergibt folgende, für den weiteren Fortgang der Arbeit bedeutende Punkte: Externale Kontextfaktoren ermöglichen es, als Hinweisreize im Rahmen von *Matching-Prozessen* im Hippocampus den Abruf einer Objektinformation zu erleichtern und verbessern damit die Gedächtnisleistung. Dies stellt die Grundlage für den Effekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* dar. Bei einem Kontextwechsel kommt es hingegen zu einem *Mismatch*. Der Einfluss externaler Kontextfaktoren auf einen späteren Abruf reduziert sich durch eine aktive, schlafabhängige *Dekontextualisierung*. Außerdem kann die Verlässlichkeit des Effekts der *klassischen Kontextabhängigkeit* unter anderem

durch ein *mentales Reinstatement* variieren. Basierend auf der theoretischen Hinführung kann nun die Fragestellung der vorliegenden Arbeit formuliert und der methodische Ansatz skizziert werden.

### **1.9 Fragestellung der Arbeit und methodischer Ansatz**

Wie bereits erwähnt, bildet die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses die theoretische Grundlage der Fragestellung und des methodischen Ansatzes dieser Arbeit. Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bedeutet, dass ein vertrauter externaler Kontext sich positiv auf die Gedächtnisleistung hinsichtlich deklarativer Lerninhalte auswirken kann (Smith, 1979).

Vergangene Experimente zur *klassischen Kontextabhängigkeit* ließen Probanden in einem externalen Kontext lernen und variierten den Kontext des späteren Abrufes. Das heißt, der Abruf der bekannten Lerninhalte fand entweder im vertrauten Kontext des Lernens oder in einem nicht vertrauten Kontext statt. Verglichen wurden die Abrufleistungen der Probanden. Bei diesem methodischen Ansatz besteht in der Literatur Einigkeit darüber, dass die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses unter förderlichen Umständen beobachtbar ist. Unwissen besteht derzeit noch bezüglich des Einflusses externaler Kontexte auf neue, unbekannte Lerninhalte – dem Einfluss auf sogenanntes neues Lernen und die damit zusammenhängende Enkodierleistung der Probanden. Aus den bisherigen Erkenntnissen zur *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses und dem aufgezeigten Forschungsdefizit lässt sich folgende Fragestellung ableiten: Wie beeinflussen vertraute und nicht vertraute externale Kontexte die Enkodierung neuer deklarativer Lerninhalte?

Dabei geht die vorliegende Arbeit von folgender Primärhypothese aus: Die Enkodierleistung verbessert sich im vertrauten Kontext trotz neuer Lerninhalte. Dies würde einer *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses auch bei neuem Lernen entsprechen. Die Sekundärhypothese der Arbeit lautet: Die Enkodierleistung bleibt bei neuem Lernen in einem nicht vertrauten Kontext nach einem Kontextwechsel unverändert. Resümiert kann als Gesamthypothese der Arbeit formuliert werden: Im vertrauten Kontext wird eine Verbesserung

der Enkodierleistung bei neuem Lernen gefunden und diese Verbesserung unterscheidet sich positiv zur Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext.

Zur Beantwortung der Frage und Klärung der aufgestellten Hypothesen verwendet die vorliegende Arbeit einen neuen methodischen Ansatz. Die Probanden lernen zu zwei Zeitpunkten jeweils eine Wortpaarliste, welche allerdings nicht dieselbe ist. Der Abruf der jeweiligen Liste findet zu beiden Zeitpunkten unmittelbar nach dem Lernen statt, folglich immer im gleichen, vertrauten Kontext. Zum zweiten Lernzeitpunkt befinden sich die Probanden entweder im vertrauten Kontext oder in einem nicht vertrauten Kontext. Der Vergleich der Gedächtnisleistungen der Probanden zum zweiten Lernzeitpunkt zwischen vertrauter und nicht vertrauter Kontextbedingung gibt Aufschluss über den Einfluss externer Kontexte auf die Enkodierung bei neuem Lernen.

Ziel der Arbeit ist es, weitere Erkenntnisse über die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses beim Lernen zu gewinnen, woraus neue Lernstrategien resultieren könnten.

## 2 Material und Methoden

Das Kapitel 2 gibt einen Überblick über alle verwendeten Materialien und Methoden des Versuchs zur vorliegenden Arbeit. Zu Beginn des Kapitels werden die teilnehmenden Probanden und das Versuchsdesign detailliert beschrieben. Anschließend befasst sich das Kapitel mit den Haupt- und Kontrollvariablen des Versuchs und zum Ende wird die statistische Versuchsauswertung erklärt.

### 2.1 Probanden

Die Gesamtzahl der Probanden wurde basierend auf der Berechnung in G\*Power 3.1 mit einer Power ( $1-\beta$ ) von 0,80 und der Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 0,05$  auf die Stichprobe  $n = 40$  festgelegt. Diese Stichprobengröße ermöglicht es, große Effekte mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% zu detektieren. Effektgrößen über  $d = 0.80$  werden als groß definiert (Cohen, 1977).

Die 40 gesunden weiblichen und männlichen Probanden waren zwischen 18 und 30 Jahren alt. Die Studie wurde im Voraus von der Ethikkommission Tübingen genehmigt. Die Probanden wurden über Rundmails des Universitätsverteilers, Aushängen in Mensen, Fitnessstudios, Wohnheimen und öffentlichen Einrichtungen angeworben (Anwerbetext siehe Anhang Nr.1). Die ethisch relevanten Schritte des Versuchs wurden den Probanden schriftlich vorgelegt, das Ziel der Studie aber bewusst nicht offengelegt. Eine vollständige Aufklärung nach Studienende wurde angeboten. Die Aufwandsentschädigung betrug 50 Euro. Eine unabhängige Person befragte alle 40 Probanden vor Studienteilnahme telefonisch zu den festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien. Ein Überblick über die Ein- und Ausschlusskriterien ist Tabelle 1 zu entnehmen.

Die Probanden mussten Nichtraucher und normalgewichtig, mit einem *Body-Mass-Index* (BMI) zwischen  $18-25\text{kg/m}^2$ , sein. Zusätzlich sollten sie mindestens die (angestrebte) Fachhochschulreife, Deutsch auf Muttersprachniveau und einen regelmäßigen Schlaf-Wach-Rhythmus innerhalb der letzten sechs Wochen aufweisen. Die Probanden durften noch nie in dem Gebäude des Versuchsorts gewesen sein, weshalb Medizinstudent\*Innen und Personen, die bereits an ei-

dem Versuch der medizinischen Fakultät teilgenommen hatten, ausschieden. Ebenso war eine vorherige Teilnahme an einem Versuch mit Wortpaarlernen (WPL) nicht erwünscht. Weitere Ausschlusskriterien waren psychiatrische, neurologische oder endokrinologische Vorerkrankungen, Drogenmissbrauch, Angststörungen oder Psychosen in der Vergangenheit sowie eine gegenwärtige Medikamenteneinnahme mit Ausnahme der Pille. Neun der 20 weiblichen Probandinnen nahmen zum Zeitpunkt des Versuchs die Pille ein.

*Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie*

<b>Ein- und Ausschlusskriterien</b>	<b>Gültige Werte</b>
<i>Alter</i>	18-30 Jahre
<i>Body-Mass-Index (BMI)</i>	18-25 kg/m <sup>2</sup>
<i>Sprache</i>	Deutsch auf Muttersprachniveau
<i>Ausbildung</i>	Mindestens Fachhochschulreife
<i>Geschlecht</i>	Männlich und Weiblich
<i>Schlaf-Wach-Rhythmus</i>	Regelmäßig
<i>Schichtarbeit</i>	Nicht innerhalb der letzten 6 Wochen
<i>Interkontinentalflüge (&gt; 4 Stunden Zeitunterschied)</i>	Nicht innerhalb der letzten 6 Wochen
<i>Rauchen</i>	Nicht innerhalb der letzten 6 Wochen
<i>Teilnahme an anderen Studien</i>	Nicht innerhalb der letzten 6 Wochen

Bei Eignung erhielten die Probanden im Anschluss an das Telefonat die Versuchsaufklärung und den Versuchstermin per E-Mail. Die Aufklärung enthielt In-

formationen zum Versuchsablauf und dem gewünschten Verhalten vor dem Versuchstag (siehe Kapitel 2.2.1). Die Probanden wurden darüber informiert, jederzeit und ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie beenden zu können.

## **2.2 Versuchsdesign**

Die Versuche liefen folgendermaßen ab: Alle 40 Probanden lernten morgens zwischen 9-11 Uhr und abends zwischen 21-23 Uhr jeweils 120 Wortpaare im Rahmen eines *cued recall* - Prozederes. Das WPL ist eine Form des Paarassoziationslernens (PAL) und lässt sich den hippocampusabhängigen Gedächtnistests für deklarative Inhalte zuordnen. Morgens und abends wurden nicht die gleichen Wortpaare gelernt, sondern jeweils eine von zwei verschiedenen Wortpaarlisten, die als Version 1 und Version 2 betitelt wurden (siehe Anhang Nr. 2a und 2b). Zu beiden Zeitpunkten fand demnach neues Lernen statt. Außerdem gab es zwei verschiedene externale Kontexte A und B, in denen das WPL stattfinden konnte. Eine detaillierte Beschreibung der Kontexte ist in Kapitel 2.3.1 zu finden. Durch zwei Zeitpunkte und zwei externale Kontexte ergaben sich vier verschiedene Konstellationen mit jeweils 10 Teilnehmern. Bei den Konstellationen AA und BB blieb der externale Kontext gleich und der Kontext war den Probanden am Abend vertraut. Diese Konstellationen stellen die eigentlichen Versuchsgruppen dar. Hingegen wechselten die Probanden der Kontrollgruppen den externen Kontext zum Teilversuch am Abend - AB oder BA - weshalb er ihnen nicht vertraut war. Zwischen den zwei Lernzeitpunkten waren die Probanden nicht am jeweiligen Versuchsort. Zusätzlich zum WPL wurden auch Wachsamkeit, Schläfrigkeit und die Wortflüssigkeit der Probanden getestet. Die Zuteilung der Probanden zu den externen Kontexten und der Reihenfolge der Wortpaarlisten-Versionen war bezüglich des Geschlechts ausbalanciert. Zusammenfassend bestand das Versuchsdesign aus zwei Lernzeitpunkten mit neuem Lernen, wobei der externale Kontext den Probanden am Abend entweder vertraut oder nicht vertraut war.

### 2.2.1 Verhalten vor und während des Versuchstags

Die Probanden wurden am Ende des Telefonats zu den Ein- und Ausschlusskriterien der Studie gebeten, die Bedingungen zur Aufnahme in die Studie einzuhalten, sowie auf Stress zu verzichten. Letzteres wurde am Versuchstag erneut verifiziert, weil Stress die Abruffähigkeit des Gedächtnisses reduziert (de Quervain et al., 1998). Der Versuch wurde deshalb nur bei expliziter Verneinung von Stress in den Tagen vor und nach der Studie durchgeführt. Die Probanden erhielten die Verhaltensregeln für die Zeit während der Studie noch einmal per E-Mail.

Am Versuchstag selbst durften kein Alkohol und keine koffeinhaltigen Getränke wie Kaffee, Schwarztee oder ähnliches konsumiert werden. Ein Nikotinkonsum war ebenfalls verboten. Wichtig war, dass die Probanden zwischen den beiden Lernzeitpunkten nicht schliefen, um konkret den Effekt der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses nach Wachheit zu untersuchen. Des Weiteren sollten keine Medikamente eingenommen werden. Bei Verstößen gegen die genannten Bedingungen musste der Versuchsleiter kontaktiert werden, da unter Umständen die Verwendung der erhobenen Daten beeinträchtigt wurde.

### 2.2.2 Chronologischer Versuchsablauf

Ein Überblick über den chronologischen Ablauf eines Versuchstags ist in Tabelle 2 zu finden. Die Probanden wurden um 9 Uhr am Versuchsort begrüßt und angewiesen, persönliche Gegenstände abzulegen, sowie ein Mobiltelefon abzuschalten. Im Versuchsraum selbst, welcher dem Kontext A oder B entsprach, setzten sich die Probanden und füllten die Einverständniserklärungen, das Formular zu Kontoverbindungsdaten, das Probandenblatt 1 und den Fragebogen 1 aus (siehe Anhang Nr. 3a und 4). Im Anschluss erhielten die Probanden schriftlich die „Instruktionen für den Gedächtnistest am Morgen“ (siehe Anhang Nr. 5a). Falls keine Fragen auftraten, begannen die Probanden mit dem WPL. Nach Beendigung des WPL fand ein Reaktionstest, der *psychomotor vigilance test* (PVT), statt. Als Letztes erhielten die Probanden eine *Actiwatch* inklusive einer Einweisung zu dieser und wurden mit den Verhaltensregeln für den verbleibenden Versuchstag und gegebenenfalls einer neuen Adresse für den Teil-

versuch am Abend entlassen. Betont wurde gegenüber allen Probanden, den gewohnten täglichen Aktivitäten nachzugehen.

Am selben Tag kamen die Probanden zehn Stunden später, das heißt um 21 Uhr, zu der ihnen morgens mitgeteilten Adresse. Analog zum Prozedere am Morgen nahmen die Probanden im Versuchsraum Platz. Es handelte sich um den vertrauten Kontext vom Morgen oder bei Kontextwechsel um einen nicht vertrauten Kontext. Die *Actiwatch* wurde den Probanden wieder abgenommen und nach Komplikationen gefragt. Am Abend füllten die Probanden nur das Probandenblatt 2 und den Fragebogen 2 aus (siehe Anhang Nr. 3b und 4), bevor sie die „Instruktionen für den Gedächtnistest am Abend“ (siehe Anhang Nr. 5b) bekamen. Wenn keine Fragen auftraten, wurde erneut mit dem WPL begonnen. Nach Beendigung des WPL wurde ein Wortflüssigkeitstest (WFT) durchgeführt, bevor wieder wie am Morgen der Reaktionstest stattfand. Abschließend füllten die Probanden einen Nachbefragungsbogen aus und verließen den Versuchsort. Der beschriebene Zeitplan wurde individuell an das Arbeitstempo der einzelnen Probanden angepasst, dokumentiert und kann deshalb von den in Tabelle 2 angegebenen Zeiten abweichen.

*Tabelle 2: Chronologischer Versuchsablauf*

<b>Zeit</b>	<b>Aufgabe</b>
09:00 Uhr	Ankunft am Versuchsort Ausfüllen Einverständniserklärung Ausfüllen Formular zu Kontoverbindungsdaten Ausfüllen Probandenblatt 1
09:05 Uhr	Ausfüllen Fragebogen 1
09:15 Uhr	Instruktionen für den Gedächtnistest am Morgen
09:16 Uhr	Instruktionen für das Wortpaarlernen (WPL)



09:18 Uhr	Wortpaarlernen Morgen
10:48 Uhr	Anweisung Reaktionstest (PVT)
10:49 Uhr	Durchführung Reaktionstest (PVT) <i>Actiwatch</i> -Übergabe und Informationen für den verbleibenden Versuchstag
11:00 Uhr	Verlassen des Versuchsortes
11:00 – 21:00 Uhr	Individuelle Freizeitgestaltung, gewohnte alltägliche Aktivitäten, nicht schlafen
21:00 Uhr	Erneute Ankunft am Versuchsort Rückgabe der <i>Actiwatch</i>
21:01 Uhr	Ausfüllen Probandenblatt 2 Ausfüllen Fragebogen 2
21:06 Uhr	Instruktionen für den Gedächtnistest am Abend
21:07 Uhr	Instruktionen für das Wortpaarlernen (WPL)
21:09 Uhr	Wortpaarlernen Abend
22:39 Uhr	Durchführung Wortflüssigkeitstest (WFT)
22:45 Uhr	Anweisung Reaktionstest (PVT)
22:46 Uhr	Durchführung Reaktionstest (PVT)
22:51 Uhr	Ausfüllen Nachbefragungsbogen
22:56 Uhr	Verlassen des Versuchsortes Ende des Versuchs

## 2.3 Erläuterung der Hauptvariablen

### 2.3.1 Unabhängige Variable: Kontext A und B

Die Zuteilung zum Kontext A oder B sowie ob ein Kontextwechsel für einen Probanden stattfand oder nicht, erfolgte mittels einer Randomisierungsliste. Die Liste ordnete allen Probanden zufällig eine Versuchspersonennummer zu. Bei den im Folgenden beschriebenen Kontexten A und B des Versuchs handelte es sich um externale Kontexte. Sie wurden durch die Variation verschiedener externaler Kontextfaktoren geschaffen, angelehnt an das in Kapitel 1.8 kurz erläuterte Vorgehen der Forschungsgruppe um Parker et al. (2007). Bilder der zwei externalen Kontexte sind im Anhang zu sehen (Nr. 8a und 8b).

#### 2.3.1.1 Kontext A: „Küste“

Der externale Kontext A „Küste“ sollte den Probanden das Gefühl geben, sich an einer Küste mit Strand zu befinden. Dies wurde durch folgende externale Kontextfaktoren bewerkstelligt:

Der Versuchsraum des Kontextes A befand sich zentrumsnah im Kinderschlaf-labor der Universität Tübingen im 2. Stock. Rechts im Raum hing ein blaues Fischernetz, das mit Sicherheitsnadeln an einem den Raum begrenzenden blau-grauen Vorhang befestigt war. In das Fischernetz waren drei Seesterne geflochten. Vor dem Fischernetz auf dem Boden standen ein blauer Sandeleimer und zwei blaue Sandelförmchen. Gegenüber, das heißt links im Raum, war als zweite „Seitenwand“ ein weiterer Vorhang. Vor diesem Vorhang auf dem Boden stand ein großes Goldfischglas gefüllt mit Sand und Muscheln. Mittig gegenüber der Tür war ein quadratischer Tisch mit Tastatur und Bildschirm, welcher als Desktophintergrund drei Muscheln zeigte. Direkt über dem Bildschirm hing ein Leinwanddruck von einem Fischerboot an der Wand. Links neben dem Tisch befanden sich der Computer und ein vierbeiniger Hocker, auf dem ein Bild mit einem Strand bei Sonnenuntergang platziert war. Unter dem Hocker stand ein *Aroma Diffuser* mit LED-Beleuchtung, der bei Inbetriebnahme hellblau leuchtete. Auf dem Computer und vor dem Bild lag jeweils eine Muschel.

An allen Versuchstagen wurde im Kontext A Meeresrauschen als Hintergrundmusik abgespielt. Wichtig war dabei die einheitliche Einstellung des externen Lautsprechers auf die zuvor angebrachte blaue Klebmarkierung (siehe Anhang Nr. 7) und eine 25%ige Lautsprechereinstellung am Computer. Außerdem wurde der Geruch von Erdbeere und Karamell mit dem *Aroma Diffuser* mittels Ultraschall-Vernebelungstechnik verströmt (Marke Soehnle, Modell „Design Aroma Diffuser Valencia“). Die Geruchsintensität war ebenfalls durch eine einheitliche Dosierung festgelegt: je drei Tropfen der beiden Geruchsrichtungen in 100 ml Wasser. Bei den Gerüchen handelte es sich um Aromen der Marke „Kürschner Ingredients GmbH“. Die Lautstärke der Musik und die Intensität des Geruches waren so gewählt, dass die Probanden diese Sinneseindrücke wahrnahmen, aber nicht als störend empfanden. Eine subjektive Abfrage der Wahrnehmung von Musik und Geruch fand in dieser Studie nicht statt.

#### 2.3.1.2 Kontext B: „Wald“

Anders als bei Kontext A sollte den Probanden im externalen Kontext B suggeriert werden, sich im „Wald“ zu befinden. Die Erscheinung der Kontexte war bewusst sehr gegensätzlich gewählt und umfasste im Kontext B folgende externe Kontextfaktoren:

Der Versuchsraum des Kontextes B war zentrumsfern im 4. Stock des Institutes der Medizinischen Psychologie der Universität Tübingen. Links im Eck stand ein weißer, länglicher Tisch mit Tastatur und Bildschirm. Der Desktophintergrund stellte eine Waldlandschaft dar. Die grauen Vorhänge vor den Fenstern gegenüber der Tür waren zu jeder Tageszeit zugezogen. Links an der Wand hing ein Leinwanddruck, auf dem ein Wald mit durchscheinender Sonne abgebildet war. Ein weiteres Bild hing an der rechten Wand und zeigte eine dunklere Waldszenerie. Zusätzlich standen neben dem Bildschirm auf dem Schreibtisch eine Pflanze und eine weitere Pflanze auf einem schwarzen Hocker rechts im Raum. Auf diesem Hocker war der ebenfalls hellblau leuchtende *Aroma Diffuser* platziert. Der *Aroma Diffuser* verströmt in diesem Kontext den Geruch von Fichtennadeln mit einer einheitlich festgelegten Dosierung von zehn Tropfen in 100ml Wasser. Die Hintergrundmusik im Kontext B war Vogelgezwitscher.

Um die beiden externalen Kontexte A und B abschließend voneinander zu differenzieren, wurden zwei unterschiedliche Versuchsleiter eingesetzt. Im Kontext A trug der Versuchsleiter einen roten Laborkittel und sprach deutsch. Im Kontext B war der Versuchsleiter in einen grünen Kittel gekleidet und es wurde Englisch gesprochen.

### **2.3.2 Primär abhängige Variable: Wortpaarlernen (WPL)**

Das zu beiden Lernzeitpunkten stattfindende neue Lernen von Wortpaaren war unterteilt in drei Lerndurchgänge. Nach jedem Lerndurchgang fand ein gezielter Abruf - *cued recall* - statt. Durch die randomisierte Zuteilung begannen die Probanden entweder morgens mit Version 1 der Wortpaarlisten und bekamen abends Version 2 präsentiert oder umgekehrt. Die Probanden wurden nicht darüber aufgeklärt, dass es morgens und abends unterschiedliche Listenversionen gab, da dies die Enkodierung hätte beeinflussen können. Bei den Wortpaarlisten handelte es sich um mit der Software E-prime programmierte, standardisierte Versionen des Instituts für Medizinische Psychologie der Universität Tübingen. Die Wortpaarlisten enthielten jeweils 120 Wortpaare aus gängigen, deutschen Substantiven. Diese waren ein- oder zweisilbig und hatten 3-13 Buchstaben. Die beiden Listen waren identisch in ihrem strukturellen Aufbau und graphischen Design, was das gleiche Lernmaterial zu beiden Lernzeitpunkten nach sich zog. Das Lernmaterial und die Art der Wortpaarpräsentation wurden bewusst nicht variiert, da diese intrinsischen Kontextfaktoren den Einfluss externaler Kontextfaktoren hätten reduzieren können (Smith, 2007).

Um das WPL zu beginnen, startete der Versuchsleiter das Programm und verließ anschließend den Raum. Die Probanden wurden am Bildschirm mit dem Ablauf der folgenden Lerneinheit vertraut gemacht. Es wurde ein Beispiel eines Wortpaares gezeigt: „Katze – Vogel“ und ein Beispiel für das Aussehen des späteren gezielten Abrufs: „Katze - ?“. Die Wortpaare wurden mittig auf einem 38x31cm großen Bildschirm in Großbuchstaben präsentiert. Vor dem Beginn der Lerneinheit wurden die Probanden außerdem mit dem jeweiligen Hintergrundbild der Wortpaarpräsentation vertraut gemacht. Hierfür waren 15 Sekunden vorgesehen, da diese Zeit für die Enkodierung eines Bildes ausreicht

(Malmberg und Shiffrin, 2005). Wie bereits oben beschrieben, waren im Kontext A drei Muscheln als Hintergrundbild zu sehen und im Kontext B ein Bild mit Tannenzapfen (siehe Anhang Nr. 8a und 8b). Die Probanden konnten das WPL nach der Erklärung des Ablaufs selbstständig mit der Enter-Taste starten. Alle drei Durchgänge des WPL zu einem Lernzeitpunkt waren gleich aufgebaut. In jedem Durchgang wurden alle 120 Wortpaare, gesplittet in 3 x 40 Wortpaare, gelernt. Immer nach 40 Wortpaaren gab es eine "kurze Pause", was pro Lerndurchgang zwei Pausen bedeutete. Die Länge dieser Pausen konnten die Probanden selbst bestimmen, allerdings waren zu lange Pausen nicht erwünscht, da die aktive Wiederholung – *ein Rehearsal* – der gelernten Wortpaare vermieden werden sollte. Der Tatsache geschuldet, dass jedes Wortpaar für zwei Sekunden präsentiert wurde und das Interstimulusintervall eine Sekunde betrug, dauerte eine Sequenz von 40 Wortpaaren zwei Minuten.

Nach Beendigung des ersten Lerndurchgangs mit  $3 \times 40 = 120$  Wortpaaren betrat der Versuchsleiter den Raum und der erste gezielte Abruf begann. Dabei wurde das Hinweiswort gezeigt und die Probanden sollten das zugehörige Zielwort reproduzieren. Im Kontext A fand der Abruf verbal statt. Die Probanden wurden gebeten, das von ihnen für richtig gehaltene Zielwort auszusprechen oder „weiter“ zu sagen, wenn sie das Zielwort nicht benennen konnten. Um späteren Unklarheiten bei der Versuchsauswertung vorzubeugen, wurde zusätzlich die Stimme der Probanden, mittels eines *voice recorder*, aufgezeichnet. Anders als im Kontext A schrieben die Probanden im Kontext B das Zielwort in eine Tabelle mit den Hinweiswörtern oder machten einen „Strich“ bei Unkenntnis. Die Zielwörter wurden in der Auswertung unabhängig vom Numerus akzeptiert, weshalb zum Beispiel „Süßigkeit“ und „Süßigkeiten“ als richtig gewertet wurden. Den Probanden wurde keine Lernstrategie zur Hand gegeben. Sie konnten ihre Aussage revidieren, falls ihnen das Zielwort nachträglich einfiel, aber nur bis sie zum nächsten Hinweiswort übergangen. Falls sie zwei Zielwörter nannten, mussten sie sich für ein Zielwort entscheiden. Aus dem erläuterten Ablauf des gezielten Abrufs ergeben sich für beide Kontexte drei gleiche Antwortoptionen: richtig, falsch oder keine Antwort. Die Probanden durften die Geschwindigkeit des Abrufs selbst bestimmen und bearbeiteten immer ein Wortpaar nach dem

anderen. Nach Beendigung des ersten Lerndurchgangs und des zugehörigen Abrufs verließ der Versuchsleiter wieder den Raum und die Probanden begannen erneut eigenständig mit dem zweiten Lerndurchgang, welcher analog zum ersten Durchgang ablief. Nach Abschluss des zweiten gezielten Abrufs und des dritten Lerndurchgangs inklusive Abruf war das WPL dieses Lernzeitpunktes beendet.

Weder bei den Lerndurchgängen noch beim Abruf wurde die gleiche Reihenfolge der Wortpaare verwendet. Die Präsentation der Wortpaare beim Lernen erfolgte randomisiert, wodurch eine Kontrolle des Reihenfolgeeffekts ermöglicht wurde. Beim gezielten Abruf waren die Wortpaare pseudorandomisiert, da eine Randomisierung unvereinbar mit der Dokumentation durch den Versuchsleiter gewesen wäre.

## **2.4 Erläuterung der Kontrollvariablen und Fragebögen**

### **2.4.1 Einverständniserklärung**

In der Einverständniserklärung wurden der wissenschaftliche Hintergrund der Studie, allgemeine Informationen über den Versuch, Hinweise für den Versuchsteilnehmer, datenschutzrechtliche Informationen sowie der Nutzen der Studie erläutert. Des Weiteren mussten die Probanden in der Einverständniserklärung Angaben zur Teilnahme an vorherigen Studien machen. Mehrere Unterschriften der Probanden bestätigten abschließend die Richtigkeit der Angaben und deren Einwilligung in alle aufgeführten Punkte.

### **2.4.2 Probandenblätter**

Die Probandenblätter 1 und 2 (siehe Anhang Nr. 3a und 3b) hatten zum Ziel, Angaben über den Allgemeinzustand der Probanden zum Zeitpunkt des Versuchs und in naher Vergangenheit zu erhalten. Hierbei wurde nach Gesundheit, Medikamenteneinnahme, Schlafensum der letzten Nacht, Stress und der Aufnahme koffeinhaltiger Getränke gefragt. Es existierte ein Probandenblatt 1 für den Teilversuch am Morgen und ein angepasstes Probandenblatt 2 für den Teilversuch am Abend.

### **2.4.3 Psychomotor vigilance task (PVT)**

Beim PVT handelte es sich um einen Reaktionstest, der Auskunft über die Wachsamkeit eines Probanden gibt. Durch den PVT sollte dieser Einflussfaktor auf die Gedächtnisleistung der Probanden kontrolliert werden. Eine reduzierte Wachsamkeit der Probanden kann sowohl die Reaktionsgeschwindigkeit als auch die kognitiven Fähigkeiten beeinflussen (Drummond et al., 2005). Die Aufgabe des PVT ist es, so schnell wie möglich die Leertaste der Computertastatur zu drücken, sobald eine Art Stoppuhr in der Mitte des Bildschirms beginnt zu laufen. Diese Aufgabe wiederholt sich über 5 Minuten. Die Anweisungen zum PVT (siehe Anhang Nr. 9) wurden den Probanden kontextabhängig unmittelbar vor der Aufgabe vorgelesen oder ausgedruckt vorgelegt. Der PVT erfolgte zu beiden Lernzeitpunkten des Versuchs. In der späteren Auswertung wurden die Reaktionszeiten der Probanden als Kontrollparameter verwendet.

### **2.4.4 Wortflüssigkeitstest (WFT)**

Der Regensburger-WFT ist ein standardisiertes Verfahren zur Testung des divergenten Denkens. Konkret wird die allgemeine Abruffähigkeit der Probanden objektiviert, womit in diesem Versuch unspezifische Effekte des Kontextes auf die Gedächtnisleistung unabhängig vom neuen Lernen getestet werden sollten. Das Gelingen des WFT ist abhängig von der spontanen Wortproduktion, der Geschwindigkeit kognitiver Verarbeitungsprozesse und einem intakten lexikalischen und semantischen Wissen sowie dessen sinnvollem Nutzen (Wirtz et al., 2014).

Bei einem WFT müssen Probanden möglichst viele verschiedene Wörter nach vorgegebenen Regeln innerhalb von zwei Minuten nennen. Der Versuch zu dieser Arbeit verwendete zwei verschiedene WFT direkt hintereinander. Primär wurde die formallexikalische Wortflüssigkeitsleistung der Probanden getestet, indem die Probanden Wörter mit dem Buchstaben „P“ aufschrieben. Danach wurde die kategorial-semantische Wortflüssigkeitsleistung in der Kategorie „Hobbies“ überprüft. Alle Probanden bekamen unmittelbar vor Beginn des jeweiligen WFT schriftlich die Instruktionen vorgelegt (siehe Anhang Nr. 10a und 10b) und hatten die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Der Beginn und das Ende

des jeweiligen WFT wurden durch den Versuchsleiter mündlich angekündigt. Die jeweilige Gesamtpunktzahl des WFT, der sogenannte *sum score*, diente als Kontrollparameter bei der Auswertung.

#### **2.4.5 Actiwatch**

Bei den *Actiwatches* handelte es sich um Modelle der Firma Philips Respironics (Sitz USA: Murrysville, Sitz Deutschland: Herrsching). Hier wurde das Model „Actiwatch 2“ eingesetzt. Die *Actiwatches* enthalten einen Beschleunigungs- und einen Helligkeitsmesser, wodurch es möglich ist, die Bewegungsaktivität und das Umgebungslicht zu messen. Die Probanden legten die *Actiwatch* nach dem Ende des ersten Teilversuchs an ihr nicht-dominantes Handgelenk an. Dadurch konnten Informationen über die allgemeine Aktivität, Schlaf- und Wachzeiten sowie Nickerchen der Probanden im Laufe des Versuchstags gewonnen werden. Die Probanden bekamen die Anweisung, die *Actiwatch* bis zur Rückkehr an den Versuchsort nicht abzulegen. Falls ein Proband duschen wollte, konnte die *Actiwatch* für maximal 20 Minuten abgenommen werden. Bei An- oder Ablegen der *Actiwatch* musste der silberne Knopf seitlich für ca. drei Sekunden gedrückt werden, was die spätere Auswertung erleichterte. Alle Instruktionen zum Umgang mit der *Actiwatch* bekamen die Probanden auch schriftlich ausgehändigt (siehe Anhang Nr. 11). Der Sinn der Verwendung einer *Actiwatch* war es, den nicht erwünschten Mittagsschlaf zwischen beiden Teilversuchen zu kontrollieren. Denn ein Mittagsschlaf kann, wie in der theoretischen Hinführung erläutert, zu kontextunabhängigen Verbesserungen der Gedächtnisleistung führen – das *Tagschlafparadigma* (Mednick et al., 2003).

#### **2.4.6 Fragebögen**

Die Fragebögen (siehe Anhang Nr. 4) begannen mit der Stanford-Schläfrigkeitsskala (SSS). Die SSS evaluiert die momentane Schläfrigkeit eines Probanden auf einer absteigenden Skala von eins bis sieben (Hoddes et al., 1973). Als nächstes wurde das aktuelle Bedürfnis nach Essen oder Trinken - „überhaupt nicht stark“ bis „sehr stark“ - mittels vier visueller Analogskalen (VAS) abgefragt (Aitken, 1969). Der darauf folgende mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF, Kurzform A) auf Seite 2 der Fragebögen - mit einer Skala von eins



bis fünf - erfasste die aktuelle Gefühlslage der Probanden (Steyer et al., 1994). Hierzu wurden folgende zwölf Adjektive verwendet: zufrieden, ausgeruht, ruhelos, schlecht, schlapp, gelassen, müde, gut, unruhig, munter, unwohl und entspannt.

#### **2.4.7 Nachbefragungsbogen**

Der Nachbefragungsbogen (siehe Anhang Nr. 12) bestand insgesamt aus neun Fragen. Er fragte zunächst das subjektive Empfinden der Probanden beim Lernen der Wortpaare am Morgen und Abend sowie etwaige Lernstrategien ab. Weiterhin bestand Interesse daran zu erfahren, welche Ziele die Studie aus Sicht der Probanden verfolgte und ob ihnen während des Versuchs Ungewöhnliches aufgefallen war. Anschließend wurden die Probanden nochmals zu ihrem Verhalten in den zwei Tagen vor dem Versuchstag mittels ja/nein-Aussagen befragt. Die finale Frage bezog sich auf unerwartete Vorkommnisse am Versuchstag selbst.

### **2.5 Statistische Auswertung**

Für die statistische Auswertung wurde die 21. Version des Programms *Statistical Package for Social Sciences Statistics* (IBM Corp. SPSS Statistics) genutzt. Der hierzu verwendete Datensatz umfasste die gesamte Stichprobe und war somit  $n = 40$ . Die Datenerhebung erfolgte randomisiert im *between-subject-design*. Um die anfangs gestellten Hypothesen bezüglich einer Wiederaufnahme des Umgebungskontextes zu testen, wurde eine dreifaktorielle  $2 \times 3 \times 2$  gemischte Varianzanalyse, im Englischen ANOVA, auf Basis der Richtig-Antworten des WPL in jeder Versuchskonstellation durchgeführt. Dabei waren die *within-subject*-Faktoren der Zeitpunkt des Lernens (morgens vs. abends) und die drei Lerndurchgänge zu beiden Zeitpunkten (1, 2 und 3). Als *between-subject*-Faktor fungierte der externe Kontext (vertraut vs. nicht vertraut).

In der statistischen Auswertung wurde die Varianzhomogenität mit Mauchly-Tests überprüft. Bei Bedarf wurden die Freiheitsgrade mit *Greenhouse-Geisser* korrigiert. Relevante Ergebnisse der ANOVA wurden mit t-Tests genauer defi-

niert. Die t-Tests dienten als Basis für die Erstellung der im Ergebnisteil abgebildeten Graphen.

Die statistische Auswertung der Kontrollvariablen erfolgte ebenfalls durch ANOVAs mit den Faktoren Zeitpunkt und Kontext. Ergänzend wurden auch hier t-Tests berechnet. Weiterführende multivariante ANOVAs wurden nicht durchgeführt, da im Voraus keine Hypothesen für die Ergebnisse der Kontrollvariablen aufgestellt wurden. Die Wahrscheinlichkeit für einen statistischen Typ 1 Fehler war für alle Analysen auf  $p = \leq 0,05$  festgelegt. Die Standardfehler wurden immer mit angegeben.

### 3 Ergebnisse

Der Ergebnisteil schildert zunächst die Ergebnisse, die im Zusammenhang mit den Hauptvariablen Kontext und Wortpaarlernen entstanden sind. Anschließend werden die Ergebnisse der Kontrollvariablen PVT, WFT und der Fragebögen dargelegt.

#### 3.1 Hauptvariablen: Kontext und Wortpaarlernen

Als Erstes wurde der *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* untersucht, um das Hauptergebnis der Arbeit zu erschließen. Die ANOVA zeigte einen signifikanten *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* in Interaktion mit dem Zeitpunkt auf das WPL [ $F(1, 38) = 6,380, p = 0,016$ ]. Bezogen auf Cohen's (1977) Richtlinien der Effektgröße sind die gefundenen Effekte groß ( $d = 0,91$ ). Die Probanden im vertrauten Kontext erinnerten beim zweiten Lernzeitpunkt am Abend signifikant mehr Wortpaare als am Morgen. Diese Tatsache stellt das Hauptergebnis der Arbeit dar. Anders verhielt sich die Leistung der Probanden im nicht vertrauten Kontext. Sie erinnerten beim zweiten Lernzeitpunkt signifikant weniger Wortpaare als am Morgen, was im Folgenden als Nebenergebnis der Arbeit aufgeführt ist. Graphisch nachvollziehbar sind das Haupt- und Nebenergebnis in den Abbildungen 1 und 2, in denen man die durchschnittlich erinnerten Wortpaare am Morgen und am Abend in allen drei Lerndurchgängen erkennen kann. Abbildung 1 zeigt dabei die Verbesserung der Probanden im vertrauten Kontext, während Abbildung 2 die Verschlechterung der Probanden im nicht vertrauten Kontext darstellt.

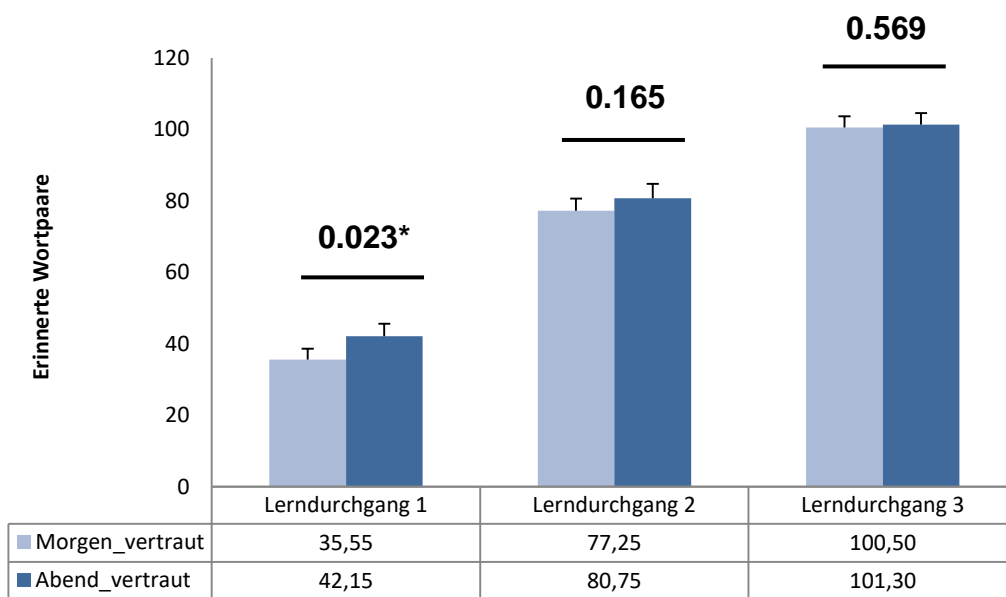


Abbildung 1: WPL Morgen und Abend vertrauter Kontext; im Mittel erinnerte Wortpaare am Morgen und am Abend im Lerndurchgang 1, 2 und 3 der Gruppe im **vertrauten Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: \* markiert Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ).

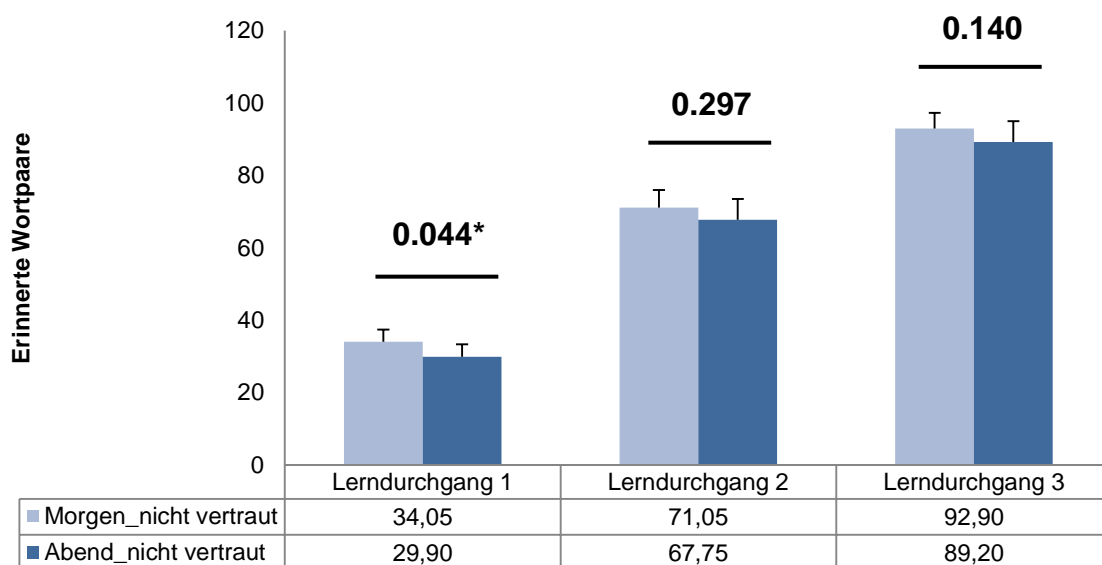


Abbildung 2: WPL Morgen und Abend nicht vertrauter Kontext; im Mittel erinnerte Wortpaare am Morgen und am Abend im Lerndurchgang 1,2 und 3 der Gruppe im **nicht vertrauten Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: \* markiert Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ).

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse fällt auf, dass beim neuen Lernen im vertrauten Kontext am Abend deutlich mehr Wortpaare beim Abruf erinnert wurden als im nicht vertrauten Kontext. Diese Relation ist in Abbildung 3 veranschaulicht, welche nur das neue Lernen am Abend im vertrauten und nicht vertrauten Kontext vergleicht. Hier sind die signifikant besseren Gedächtnisleistungen der Probanden im vertrauten Kontext deutlich erkennbar. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit betrug im ersten Lerndurchgang  $\alpha \leq 0,05$  ( $p = 0,017$ ).

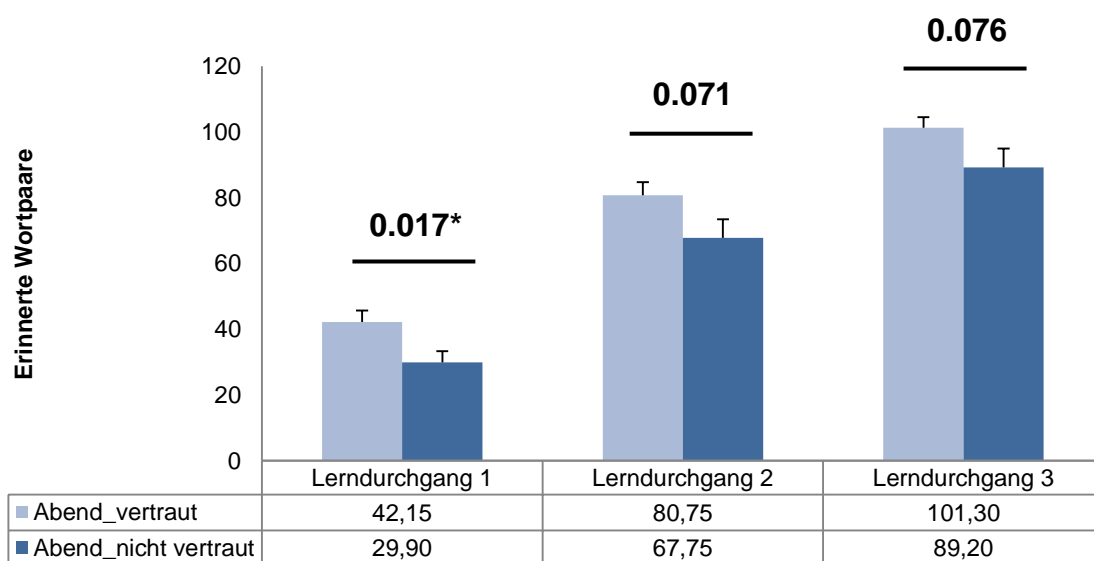


Abbildung 3: WPL am Abend als Funktion des Kontextes; im Mittel erinnerte Wortpaare am Abend im Lerndurchgang 1,2 und 3 im **vertrauten und nicht vertrauten Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: \* markiert Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ).

Noch einmal verdeutlicht werden das Haupt- und Nebenergebnis mit dem *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* bei Betrachtung der Resultate der Sub-ANOVAs. Die speziell für das neue Lernen am Abend durchgeführte Sub-ANOVA ergab signifikante Werte für den separaten Faktor Kontext [ $F(1, 38) = 4,434$ ,  $p = 0,042$ ]. Keine Signifikanz erzielte der separate Faktor Kontext hingegen bei der Einbeziehung beider Lernzeitpunkte. Außerdem ließ eine Sub-ANOVA für die Interaktion zwischen dem Kontext und dem Lerndurchgang 1 den *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* deutlicher erkennen

[F (1, 38) = 10,635, p = 0,002] als die gleiche Berechnung gemittelt über alle Lerndurchgänge [F (1, 38) = 6,380, p = 0,016]. Folglich ist für die Signifikanz des *between-subject*-Faktors Kontext eine Interaktion mit dem Faktor Zeitpunkt oder dem Faktor Lerndurchgang notwendig, da er sich isoliert bewertet nicht signifikant zeigt [F (1, 38) = 2,769, p = 0,104].

Deshalb wurden für jeden Lerndurchgang zusätzlich post-hoc t-Tests bezüglich des Zeitpunktes in Abhängigkeit vom Kontext berechnet. Diese stützen die Ergebnisse der Sub-ANOVAs: Der Vergleich zwischen erinnerten Wortpaaren im vertrauten und nicht vertrauten Kontext erreichte, gemittelt über alle Lerndurchgänge, nur am Abend Signifikanz [t (38) = 2,106, p = 0,043]. Ebenso verhielt es sich mit dem t-Test zum Lerndurchgang 1 am Abend, welcher als einziger der Durchgänge Signifikanz erzielte [t (38) = 2,503, p = 0,017]. Am Abend im Lerndurchgang 1 war die Menge der erinnerten Wortpaare also signifikant größer als die Menge der am Morgen im Lerndurchgang 1 erinnerten Wortpaare. Die signifikanten Unterschiede der Enkodierleistungen zwischen den beiden Kontextbedingungen relativierten sich im Durchgang 2 und 3. Trotzdem ließen auch diese beiden Lerndurchgänge am Abend in den t-Tests einen ähnlichen Trend wie der Lerndurchgang 1 erkennen (Durchgang 2 [t (38) = 1,863, p = 0,071] und Durchgang 3 [t (38) = 1,841, p = 0,076]).

Neben der Verbesserung der Enkodierleistung im vertrauten Kontext, der Verschlechterung der Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext und dem daraus resultierenden Gesamtergebnis, dass sich die Enkodierleistung im vertrauten Kontext positiv zu der im nicht vertrauten Kontext unterscheidet, wurden noch weitere Ergebnisse gefunden. Es konnte eine signifikante Verbesserung der Enkodierleistung der Probanden im Verlauf der drei Lerndurchgänge einer Lerneinheit beobachtet werden [F (1,38) = 857,048, p = 0,00]. Diese Tatsache, dass die Anzahl der Darbietungen eines Lerninhaltes positiv mit der Gedächtnisleistung korreliert, stellten Fernandez und Glenberg (1985) bereits vor geraumer Zeit fest. Die stetige Verbesserung der Probanden über die Lerndurchgänge hinweg ist in den Abbildungen 1 und 2 ersichtlich. Außerdem existierte kein isolierter Effekt des *within-subject*-Faktors Lernzeitpunkt auf das WPL [F (1, 38) = 0,001, p = 0,977]. Überdies war weder die Interaktion zwischen Lern-

durchgang und Zeitpunkt [ $F(1, 38) = 1,708, p = 0,193$ ] noch die Interaktion zwischen Lerndurchgang und Kontext signifikant [ $F(1, 38) = 0,620, p = 0,436$ ]. Die dreiteilige Interaktion aller Faktoren erzielte ebenfalls keine Signifikanz [ $F(1, 38) = 2,365, p = 0,110$ ]. Die Tendenz der dreiteiligen Interaktion lässt allerdings vermuten, dass sie bei größerer Stichprobe signifikant werden würde.

Eine Übersicht der statistischen Kennwerte und der deskriptiven Statistik aller t-Tests des WPL kann im Anhang (Nr. 13) eingesehen werden. Dort sind die Mittelwerte der erinnerten Wortpaare inklusive ihrer Standardfehler aller Lerndurchgänge ersichtlich. Außerdem sind alle Mittelwerte inklusive ihrer Standardfehler summiert über einen gesamten Lernzeitpunkt aufgeführt. Ebenfalls angegeben sind die t- und p-Werte für alle aufgelisteten Ergebnisse.

## **3.2 Kontrollvariablen**

Nach den Ergebnissen im Zusammenhang mit den Hauptvariablen des Versuchs werden nun die Ergebnisse der Kontrollvariablen veranschaulicht.

### **3.2.1 PVT**

Die Auswertung des PVT erfolgte mit einem Datensatz von  $n = 20$  im vertrauten Kontext und  $n = 19$  im nicht vertrauten Kontext, da Proband Nr. 7 aus der Wertung genommen werden musste. Bei diesem Proband fand keine auswertbare Reaktion im Zeitfenster statt. Bei der Auswertung wurden die Reaktionszeiten der Probanden verglichen, um ihre Wachsamkeit in Abhängigkeit von Kontext und Lernzeitpunkt abzuschätzen. Im Mittel lag die Reaktionszeit am Morgen bei 3,16 Sekunden im vertrauten Kontext und bei 3,12 Sekunden im nicht vertrauten Kontext. Die Reaktionszeit am Abend betrug durchschnittlich 3,23 Sekunden im vertrauten und 3,16 Sekunden im nicht vertrauten Kontext. Die Ergebnisse des PVT sind in Abbildung 4 dargestellt.

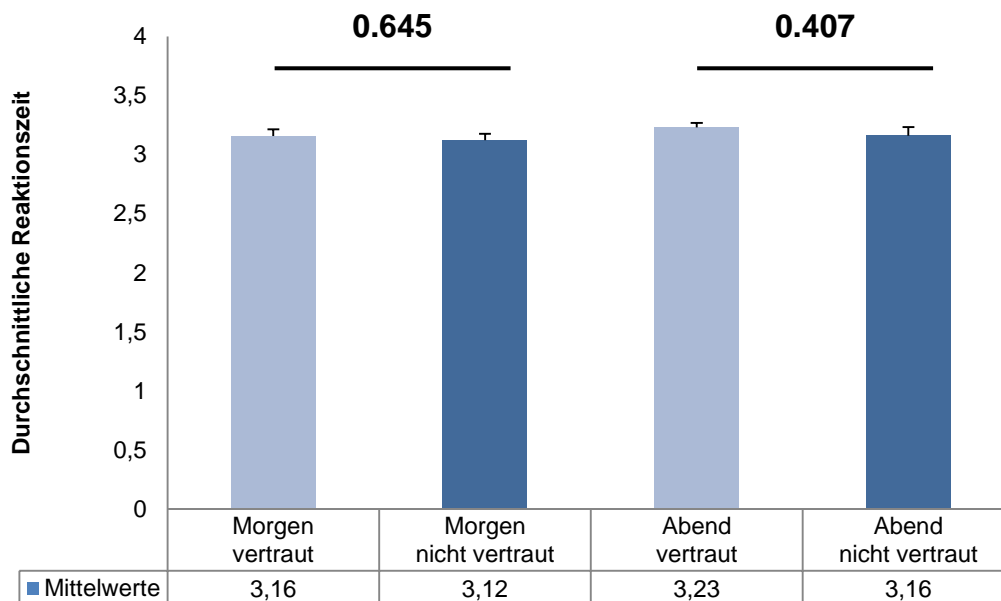


Abbildung 4: Ergebnisse PVT; durchschnittliche Reaktionszeiten des PVT am Morgen und Abend. Abgebildet sind jeweils der **vertraute Kontext** und der **nicht vertraute Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: keine Signifikanz ( $p \geq 0,05$ ).

Eine statistisch signifikante Differenz der mittleren Reaktionszeiten im vertrauten und nicht vertrauten Kontext wurde weder am Morgen [ $t(37) = 0,465$ ,  $p = 0,645$ ] noch am Abend [ $t(37) = 0,843$ ,  $p = 0,407$ ] festgestellt. Im Anhang (Nr.14) findet sich ein tabellarischer Überblick aller statistischen Kennwerte und der deskriptiven Statistik des PVT in allen Versuchskonstellationen.

### 3.2.2 WFT

Der WFT wurde nur am Abend durchgeführt, weshalb die Auswertung des WFT ausschließlich die Abruffähigkeit der Probanden abhängig vom Kontext und nicht abhängig vom Zeitpunkt betrifft. Als richtig gewertet wurden grammatikalisch korrekte Wörter der deutschen Sprache, welche die Kriterien des jeweiligen WFT erfüllten.

Bei dem formal-lexikalischen WFT mit dem Buchstaben „P“ wurden im Durchschnitt 17,65 Wörter im vertrauten Kontext und 17,60 Wörter im nicht vertrauten Kontext generiert. Der Vergleich der Wortanzahlen in den beiden Kontextbedin-



gungen mittels t-Test ergab keinen signifikanten Unterschied [ $t(38) = 0,036$ ,  $p = 0,972$ ]. Die Ergebnisse des formal-lexikalischen WFT sind in Abbildung 5 dargestellt.

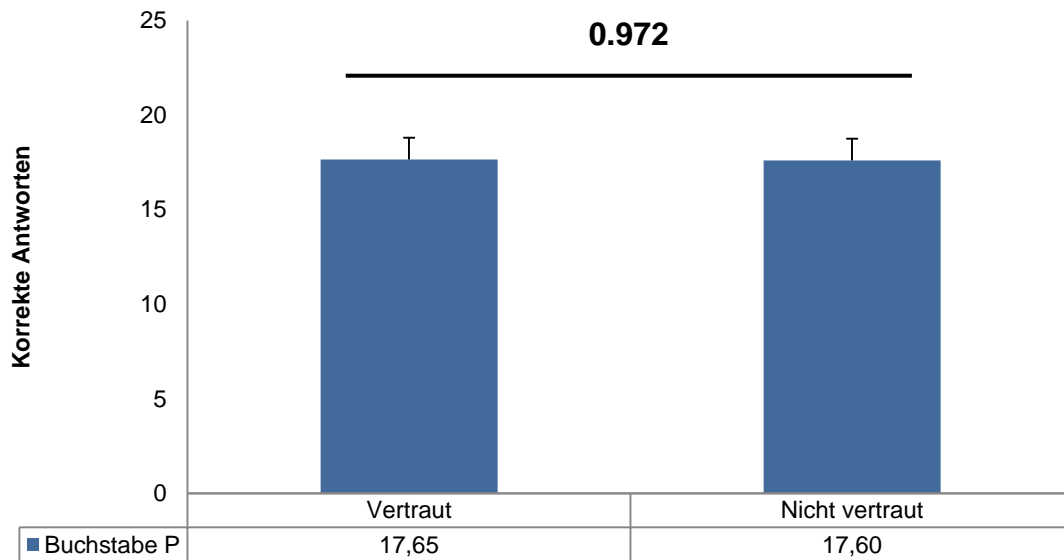


Abbildung 5: Ergebnisse WFT 1; korrekte Antworten im formal-lexikalischen WFT mit dem Buchstaben „P“. Verglichen wurde die Gruppe im **vertrauten Kontext** mit der Gruppe im **nicht vertrauten Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: keine Signifikanz ( $p \geq 0,05$ ).

Bei dem kategorial-semantischen WFT schrieben die Probanden im Durchschnitt 16,95 Hobbies im vertrauten Kontext und 19,05 Hobbies im nicht vertrauten Kontext auf. Auch bei diesem WFT erreichten die Gruppenunterschiede im t-Test keine Signifikanz [ $t(38) = -1,442$ ,  $p = 0,158$ ]. Die Darstellung der Ergebnisse dieses WFT findet sich in Abbildung 6.

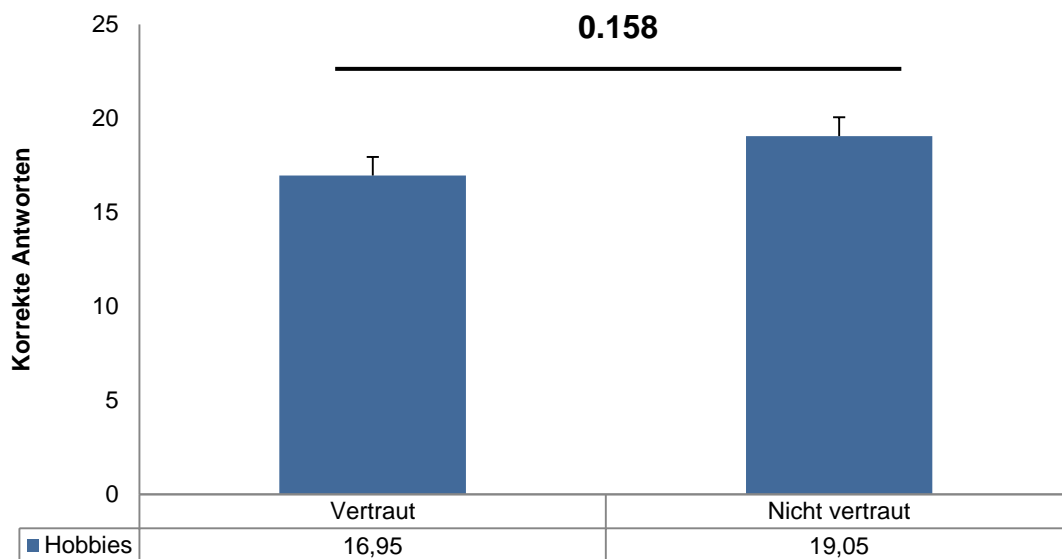


Abbildung 6: Ergebnisse WFT 2; korrekte Antworten im kategorial-semantischen WFT mit der Kategorie „Hobbies“. Verglichen wurde die Gruppe im **vertrauten Kontext** mit der Gruppe im **nicht vertrauten Kontext**. Die Fehlerbalken kennzeichnen die Standardfehler. Anmerkung: keine Signifikanz ( $p \geq 0,05$ ).

Die statistischen Kennwerte und die deskriptive Statistik beider WFT sind im Anhang (Nr. 15) zu finden.

### 3.2.3 Fragebögen

#### 3.2.3.1 SSS

Die Schläfrigkeit der Probanden wurde durch die SSS erfasst. Die Auswertung der SSS zeigte, dass die Probanden im Durchschnitt am Abend etwas schläfriger waren als am Morgen, was höheren Werten auf der SSS entspricht. Im vertrauten Kontext erreichte dieser Unterschied in der Interaktion mit dem Zeitpunkt keine Signifikanz [ $t(19) = -1,876$ ,  $p = 0,076$ ], aber der Trend hin zu mehr Schläfrigkeit am Abend zeichnete sich ab. Dagegen waren die Probanden im nicht vertrauten Kontext am Abend signifikant schläfriger [ $t(19) = -9,135$ ,  $p = 0,005$ ]. Ohne die Interaktion mit dem Faktor Kontext waren die t-Tests zu beiden Lernzeitpunkten nicht signifikant (Morgen: [ $t(38) = 0,575$ ,  $p = 0,158$ ], Abend: [ $t(38) = -0,428$ ,  $p = 0,67$ ]). Die statistischen Kennwerte und die deskriptive Statistik der SSS sind im Anhang (Nr. 16) aufgelistet.

### 3.2.3.2 VAS

Die VAS ergab keine Anhaltspunkte für eine Beeinflussung der Enkodierleistung, wobei von einer statistischen Auswertung der VAS abgesehen wurden.

### 3.2.3.3 MDBF

Die abgefragten Adjektive des MDBF wurden in drei Dimensionen eingeteilt und in diesen Dimensionen mittels t-Tests ausgewertet:

1. Gute Laune vs. schlechte Laune (GS)
2. Wachheit vs. Müdigkeit (WM)
3. Ruhe vs. Unruhe (RU)

Der Fokus lag auf dem Vergleich der subjektiven Befindlichkeitswerte zum zweiten Lernzeitpunkt zwischen der Gruppe im vertrauten Kontext und der im nicht vertrauten Kontext. Hier zeigten die t-Tests in allen drei Befindlichkeitsdimensionen keinen signifikanten Unterschied des subjektiven Befindens [GS:  $t(38) = 0,00$ ,  $p = 1,00$ , WM:  $t(38) = 0,693$ ,  $p = 494$ , RU:  $t(38) = -0,865$ ,  $p = 0,393$ ]. Unabhängig vom Kontext haben sich alle Probanden am Abend ähnlich gut gelaunt, wach und ruhig eingeschätzt. Alle anderen t-Tests ergaben ebenfalls keine signifikanten Differenzen. Die Mittelwerte und statistischen Kennwerte der t-Tests des MDBF können dem Anhang (Nr.17) entnommen werden. Höhere Zahlen entsprechen dabei einem negativeren Ausprägungsgrad.

## 4 Diskussion

In der folgenden Diskussion werden die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kritisch reflektiert. Hierzu werden das Haupt- und Nebenergebnis kurz zusammengefasst und mit den anfangs aufgestellten Hypothesen in Relation gesetzt. Anschließend werden methodische Stärken und Schwächen des Versuchs diskutiert. Der Schwerpunkt der Diskussion liegt darauf, die Ergebnisse im Zusammenhang mit dem aktuellen Forschungsstand der Literatur zu bewerten. Ziel der Diskussion ist es, den Beitrag der Arbeit zur bestehenden *Theorie der klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses zu erschließen. Damit zusammenhängend wird auf methodenunabhängige Einflussfaktoren und mögliche Alternativerklärungen der Ergebnisse eingegangen. Weiterhin werden bei der Ergebnisinterpretation Überlegungen hinsichtlich der Entstehung der Ergebnisse angestellt. Abschließend werden im Ausblick der Arbeit neue Forschungsfelder für die Zukunft formuliert und die Praxisrelevanz der Ergebnisse erörtert.

Die Fragestellung der vorliegenden Arbeit war, inwiefern vertraute und nicht vertraute externale Kontexte die Enkodierung neuer deklarativer Lerninhalte beeinflussen. Die Primärhypothese der Arbeit kann durch die Ergebnisse des durchgeführten Versuchs bestätigt werden. Die Probanden erinnerten beim neuen Lernen im vertrauten Kontext zum zweiten Lernzeitpunkt deutlich mehr Wortpaare als zum ersten Zeitpunkt. Folglich verbesserte sich im vertrauten Kontext die Enkodierleistung, was als externaler Kontexteffekt bewertet werden kann. Die Ergebnisse zeigen einen robusten *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes*. Dieses Hauptergebnis der Arbeit war vor allem im ersten Lerndurchgang zum zweiten Lernzeitpunkt beobachtbar und Post-hoc-Tests bestätigten dieses Ergebnis. Hingegen kann die Sekundärhypothese der Arbeit durch die Ergebnisse dieses Versuchs nicht gestützt werden. Diese nahm an, dass sich die Enkodierleistungen der Probanden bei einem Kontextwechsel nicht verändern würden. Allerdings kam es im nicht vertrauten Kontext wider Erwarten zu einer Verschlechterung der Enkodierleistung. Die Probanden im nicht vertrauten Kontext erinnerten zum zweiten Lernzeitpunkt deutlich weniger

Wortpaare im Vergleich zum ersten Zeitpunkt, was das Nebenergebnis beschreibt. Daher wird die Enkodierleistung der Probanden durch einen nicht vertrauten Kontext, anders als angenommen, sehr wohl beeinflusst und stellt ebenfalls einen externalen Kontexteffekt dar. Zusammenhängend betrachtet bedeuten Haupt- und Nebenergebnis, dass sich die Enkodierleistung im vertrauten Kontext signifikant positiv von der Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext unterschied.

Der Tatsache geschuldet, dass zahlreiche Erkenntnisse der Forschung nicht zwischen Enkodier- und Abrufleistung differenzieren, sondern den allgemeinen Begriff Gedächtnisleistung verwenden, wird dieser auch in der folgenden Diskussion teilweise verwendet. Bei der Interpretation der eigenen Ergebnisse wird bewusst zwischen Enkodier- und Abrufleistung unterschieden.

## **4.1 Methodenkritik**

### **4.1.1 Stärken der Methodik**

Die signifikanten externalen Kontexteffekte beim neuen Lernen wurden womöglich durch methodische Stärken des Versuchs der Arbeit unterstützt oder gar hervorgerufen. Als Stärken werden das verwendete Versuchsdesign inklusive des Retentionsintervalls und die Gestaltung der beiden Hauptvariablen diskutiert.

Das Versuchsdesign setzte zwei Lernzeitpunkte mit einem zehnstündigen *Retentionsintervall* an, in dem die Probanden nicht schlafen durften. Durch die Wachheit der Probanden im *Retentionsintervall* wurde mit großer Wahrscheinlichkeit die Verfügbarkeit der externalen Kontextinformationen im Gedächtnis zum zweiten Lernzeitpunkt ermöglicht. Für die Verfügbarkeit von externalen Kontextfaktoren nach Wachheit sprechen die in der theoretischen Hinführung beschriebenen Experimente von Cairney et al. (2011). Sie belegen eine schlafabhängige Reduktion des Einflusses externaler Kontextfaktoren auf einen späteren Abruf und machen hierfür eine schlafabhängige *Dekontextualisierung* verantwortlich. Es ist deshalb davon auszugehen, dass aufgrund der Wachheit der Probanden zwischen den beiden Lernzeitpunkten die Kontextinformationen am

Abend noch im Kurzzeitspeicher des Langzeitgedächtnisses verfügbar waren. Eine Verfügbarkeit der Kontextinformationen vom ersten Lernzeitpunkt ist eine unabdingbare Voraussetzung für eine Beeinflussung der Enkodierleistung durch diese Kontextinformationen zum zweiten Lernzeitpunkt, weshalb das Versuchsdesign hier als methodische Stärke erörtert wird. Das *Retentionsintervall* war außerdem von Vorteil, weil es für alle 40 Probanden eine natürliche Interferenzsituation in das Versuchsdesign integrierte. So wechselten nicht nur die Probanden der nicht vertrauten Kontextbedingung den Ort, sondern alle Probanden verließen den ersten Versuchsort und kehrten abends zurück.

Neben dem Versuchsdesign könnte ebenfalls die Gestaltung der abhängigen und unabhängigen Hauptvariable dieses Versuchs förderlich für die Entstehung der Ergebnisse gewesen sein. Die abhängige Variable des Versuchs stellte das WPL dar, die unabhängige Variable waren die externalen Kontexte A und B.

Die abhängige Variable des Versuchs verwendete Wortpaarlisten zur Gedächtnistestung, weil sich solche seit über 100 Jahren zur Durchführung deklarativer Gedächtnistests bewährt haben (Calkins, 1894). Da es sich um zwei standardisierte Wortpaarlisten (Version 1 und 2) mit dem gleichen Schwierigkeitslevel handelte und bei beiden Listen die Worthäufigkeit der verwendeten Wortpaare im Alltag ausgeglichen war, kann eine Beeinflussung der Ergebnisse aufgrund der Wortpaarlisten selbst ausgeschlossen werden. Angelehnt an vorherige Kontextstudien fand der Abruf der Wortpaarlisten gezielt statt, da ein gezielter Abruf sich in der Vergangenheit als sensitiv für kontextabhängige Effekte erwiesen hat (Parker et al., 2007, Smith und Vela, 2001). Die Ergebnisse der Arbeit unterstützen diese Ansicht, da der gezielte Abruf auch hier externe Kontexteffekte produzieren konnte.

Die unabhängige Variable des Versuchs, der externe Kontext, war in vielerlei Hinsicht vorteilhaft gestaltet. Zunächst stellten die externalen Kontexte A und B globale Kontexte dar. Wissenschaftler sind sich einig, dass externe Kontexteffekte durch die Persistenz eines externalen Kontextes über einen gesamten Lernzeitpunkt unterstützt werden (Glenberg, 1979). Beide globalen Kontexte wurden durch die Kombination multipler externaler Kontextfaktoren generiert

(siehe Material und Methoden). Der Grund hierfür ist, dass sich in vergangenen Experimenten zeigte, dass ein alleiniger Raumwechsel oft nicht ausreicht, um externale Kontexteffekte verlässlich zu produzieren (u.a. Fernandez und Glenberg, 1985). Durch die Kombination multipler Kontextfaktoren war im Versuch zu dieser Arbeit ein sogenannter allumfassender Kontextwechsel möglich. Der Unterschied der Kontextbedingungen war deshalb womöglich eindrücklich und förderte das Auftreten der Kontexteffekte. Da für beide Kontexte auch ein eigener Versuchsleiter eingesetzt wurde, konnten eventuelle Versuchsleiter-Bias-Effekte ebenfalls kontrolliert werden (Smith und Vela, 2001).

Zu den multiplen externalen Kontextfaktoren gehörten unter anderem Geruch und Hintergrundmusik, welche im jeweiligen Kontext kontinuierlich präsentiert wurden. Der methodische Vorteil einer kontinuierlichen Präsentation ist, dass die Wahrscheinlichkeit eines *mentalen Reinstatements* im nicht vertrauten Kontext gesenkt wird (Smith und Manzano, 2010). Hätten sich die Probanden im nicht vertrauten Kontext den Kontext vom ersten Lernzeitpunkt vorgestellt, wären ihre Enkodierleistungen unter Umständen vergleichbar mit der Gruppe im vertrauten Kontext gewesen. Die Gestaltung der unabhängigen Variable mit multiplen externalen Kontextfaktoren gewährleistete überdies eine multimodale Wahrnehmung (Hintzman, 1984), welche ihrerseits zwei methodische Stärken mit sich bringt. Erstens macht sie die tatsächliche Enkodierung vorhandener Lernkontexte wahrscheinlicher. Zweitens wird durch die multimodale Wahrnehmung eine gute mnemonische Basis für einen späteren Abruf geschaffen (Murnane und Phelps, 1993). Ursächlich dafür ist laut Hintzman (1984) die multisensorische Reizung bei einer Kombination vieler externaler Kontextfaktoren. Schlussfolgernd ist davon auszugehen, dass die kontinuierliche Geruch- und Musikpräsentation und die multimodale Wahrnehmung der Kontexte A und B für die Erzeugung der signifikanten Kontexteffekte förderlich war.

Neben dem Aspekt der multimodalen Wahrnehmung sprechen auch weitere Erkenntnisse der Forschung für die tatsächliche Enkodierung des externalen Kontextes trotz fehlender konkreter Instruktionen der Probanden diesbezüglich. Externale Kontextfaktoren werden laut dem in der theoretischen Hinführung erläuterten aktuellen Stand der Forschung nämlich stets parallel (Markowitsch, 2006)

und inzidentell enkodiert (Smith und Vela, 2001). Malmberg und Shiffrin (2005) belegen unterstützend, dass zwei Stunden Aufenthalt pro Lernzeitpunkt, wie sie in dem hier durchgeführten Versuch angesetzt wurden, für eine Enkodierung externaler Kontexte ausreichen.

Ein Einfluss der externalen Kontexte A und B selbst auf die Ergebnisse konnte durch äquivalente Enkodierleistungen bei dem Vergleich der Konstellationen AA mit BB sowie AB mit BA ausgeschlossen werden. Darüber hinaus existiert kein Anhaltspunkt dafür, dass einzelne Wortpaare in dem einen Kontext besser enkodiert und abgerufen wurden als in dem anderen Kontext. Denkbar wäre dies zum Beispiel konkret für das Wortpaar „Düne – Küste“ im Kontext „Küste“ gewesen.

Abschließend als methodische Stärke zu werten ist, dass die Variation intrinsischer Kontexte bewusst nicht Teil der Versuchsmethodik war. Intrinsische Kontextvariationen hätten die Zuordnung der beobachteten Kontexteffekte erschwert, da nicht klar gewesen wäre, ob die Effekte aufgrund intrinsischer oder extrinsischer Kontextvariationen zustande gekommen sind. Außerdem sind intrinsische Kontextfaktoren in der Lage, externale Kontextfaktoren zu unterdrücken (Glenberg, 1997). Durch den gleichen Aufbau der beiden Lerneinheiten und die gleichen Lernmaterialien zu beiden Zeitpunkten war es allen Probanden möglich, die neuen Wortpaarlisten zum zweiten Lernzeitpunkt transferangemessen zu verarbeiten. Wären diese vertrauten intrinsischen Kontexte ursächlich für die signifikanten Kontexteffekte, hätten alle Probanden gleichermaßen, also auch die Probanden im nicht vertrauten externalen Kontext, eine Verbesserung der Enkodierleistung zum zweiten Lernzeitpunkt aufweisen sollen. Eine Konfundierung der Ergebnisse durch intrinsische Kontextfaktoren ist deshalb nicht anzunehmen. Lediglich die randomisierte Reihenfolge der Wortpaarpräsentation bei Enkodierung könnte die Ergebnisse durch einen *semantischen Instruktionseffekt* verzerrt haben, womit zu den methodischen Schwächen des Versuchs übergeleitet werden kann. Sie werden nachfolgend erörtert, um die Versuchsergebnisse differenziert beurteilen zu können.



#### 4.1.2 Schwächen der Methodik

Das Kapitel zu den Schwächen der Methodik beschäftigt sich korrespondierend zum vorherigen Kapitel zuerst mit dem Versuchsdesign inklusive des *Retentionsintervalls*, um dann die unabhängige Variable, den externalen Kontext, noch einmal von einer anderen Seite zu beleuchten. Am Ende des Kapitels werden die Hintergrundgeräusche eines Versuchsortes als methodische Schwächen diskutiert.

Das bereits als methodische Stärke aufgeführte zehnstündige *Retentionsintervall* des Versuchsdesigns lässt zwar die Kontextinformationen weiter verfügbar sein und generiert eine natürliche Interferenzsituation für alle Probanden, war aber auch flexibel durch die Probanden selbst gestaltbar. Durch die flexible Gestaltung könnten die Versuchsergebnisse beeinflusst worden sein. Zwar wurden die Aktivitäten jedes Probanden im *Retentionsintervall* durch den Einsatz einer *Actiwatch* aufgezeichnet, aber diese Aufzeichnung ist teilweise lückenhaft. Ein Beispiel für eine nicht durch die *Actiwatch* erfassbare Aktivität wäre eine Entspannungshypnose. Eine Entspannungshypnose zeigte in einem kürzlich durchgeführten Experiment das Potenzial, Gedächtnisleistungen von Probanden beim WPL signifikant zu verbessern trotz fehlender Schlafphase im *Retentionsintervall* (Schickl, 2011). Somit könnte eine solche Hypnose die Versuchsergebnisse unbemerkt konfundiert haben, was viel Raum für zukünftige Forschungen entstehen lässt, insgesamt aber als unwahrscheinlich eingestuft wird. Alle durch die *Actiwatch* aufgezeichneten Daten ließen keine Vermutung aufkommen, dass die entstandenen Ergebnisse durch die individuelle Freizeitgestaltung der Probanden über den Tag verändert wurden.

Außerdem diskutabel ist die Frage, ob es tatsächlich die Wiederaufnahme des Lernkontextes vom Morgen war, welche die signifikant besseren Enkodierleistungen am Abend bewirkte, oder ob allein ein vertrauter Kontext, in dem zuvor nicht gelernt wurde, auch ausgereicht hätte. Diese methodische Frage lehnt sich an die Experimente von Smith (1979) zur *klassischen Kontextabhängigkeit* an. Er setzte zu den Kontexten A und B noch einen zusätzlichen Kontext C ein, womit sich folgende Kontextkonstellationen ergaben: ABA, ABB, ACB (siehe

Kapitel 1.8). Bei einem solchen Versuchsdesign kann zwischen alleiniger Vertrautheit und tatsächlicher Wiederaufnahme eines Lernkontextes als Auslöser der veränderten Enkodierleistung differiert werden. Dies sollte zukünftig überprüft werden, um sich Klarheit über den Einfluss externaler Kontextfaktoren bei neuem Lernen zu verschaffen.

Die Gestaltung der unabhängigen Variable mit einem allumfassenden Kontextwechsel kann ebenfalls als methodische Schwäche aufgegriffen werden. Durch den Wechsel nahezu aller externalen Kontextfaktoren bei der Schaffung der Kontexte A und B entstanden zwangsläufig verschiedene Effektoren. So bekamen zwar alle Probanden die gleichen Instruktionen, allerdings wurden diese je nach Kontext anders mitgeteilt und Aufgaben marginal anders ausgeführt. Beispielsweise wurden den Probanden im Kontext A die Instruktionen zum WPL vorgelesen und sie mussten beim Abruf laut sprechen, wohingegen die Instruktionen im Kontext B selbst zu lesen waren und der Abruf schriftlich erfolgte. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gefundenen Ergebnisse aufgrund der verschiedenen Effektoren und nicht aufgrund der externalen Kontextfaktoren zustande kamen. Eine Lösung hierfür wäre beispielsweise die Testsituationen in beiden Kontexten genau gleich zu gestalten, um diese Bias zukünftig zu negieren.

Wird davon ausgegangen, dass es sich tatsächlich um externale Kontexteffekte bei den Ergebnissen handelt, hat der allumfassende Kontextwechsel einen weiteren, entscheidenden Nachteil: Der Beitrag der einzelnen Kontextfaktoren an der Erzeugung dieser Kontexteffekte bleibt unklar. Die verwendete Methode wirft also die Frage auf, welcher Kontextfaktor oder welche Kombination von Faktoren für die Kontexteffekte ausschlaggebend waren. Die verschiedenen Sinnesmodalitäten, die durch externale Kontextfaktoren angesprochen werden, haben womöglich unterschiedliche Einflüsse auf die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses. Diese Annahme wird durch das globale Gedächtnismodell von Eich (1982) gestützt, welches eine unterschiedliche Gewichtung einzelner Informationsaspekte postuliert. Auch die *Theorie der Dualen Kodierung* von Paivio (1990), bei der Informationen verbal und nonverbal enkodiert werden, untermauert den Gedanken einer unterschiedlichen Gewichtung ein-

zelter Kontextaspekte. In seiner Theorie gelten die nonverbalen Aspekte, welche sensomotorische und perzeptuelle Aspekte einer Information betreffen, als mnemonisch stabiler und sollten sich deshalb nicht aus zu vielen Faktoren zusammensetzen.

Abschließend können die Hintergrundgeräusche der Versuchsorte als methodisch kritisch erwähnt werden. Hintergrundgeräusche während den Versuchsdurchführungen, wie Straßenlärm und alltäglicher Gebäudebetrieb, differierten je nach Wochentag und konnten trotz getroffener Vorkehrungen nicht völlig kontrolliert werden. Ihr Einfluss auf die Versuchsergebnisse ist deshalb nicht abschätzbar. Am Ende des Kapitels 4.1.2 sind insgesamt nur wenige methodische Schwächen zu verzeichnen und diese haben mit geringer Wahrscheinlichkeit die Versuchsergebnisse verzerrt.

Werden alle methodischen Stärken und Schwächen rekapituliert, sind die signifikanten Versuchsergebnisse unter Umständen nur eine Summe der methodischen Kombination. Nichtsdestotrotz war es wichtig, den so noch nicht bestehenden Befund, nämlich die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bei neuem Lernen, erstmals zu generieren. Nun kann der Beitrag dieses Befunds zur bestehenden *Theorie der klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses diskutiert werden. Mit dieser Thematik beschäftigt sich das folgende Kapitel und legt dabei seinen Fokus auf das Hauptergebnis, da dies die Primärhypothese der Arbeit bestätigt. Das Nebenergebnis ist interessant, soll aber nicht Hauptaugenmerk der folgenden Diskussion darstellen.

## **4.2 Ergebnisdiskussion**

Primär konzentriert sich die Ergebnisdiskussion erneut auf den aktuellen Forschungsstand zur *Theorie der klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses, um den Beitrag der Versuchsergebnisse hierzu diskutieren zu können. Sekundär werden methodenunabhängige Einflussfaktoren auf die Ergebnisse beleuchtet, bevor sich das Kapitel tertiär möglichen Alternativerklärungen der Ergebnisse widmet.

#### 4.2.1 Aktueller Forschungsstand

Das Hauptergebnis dieses Versuchs deckt sich mit dem in der Literatur beschriebenen *Prinzip der Kontextabhängigkeit des Gedächtnisses*. Da der Versuch sich speziell mit der Untersuchung externaler Kontextfaktoren beschäftigt hat, kann das Ergebnis konkret die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bestätigen. Entsprechend der Beschreibung der *klassischen Kontextabhängigkeit* durch Tulving und Osler (1968) sind bessere Gedächtnisleistungen bei übereinstimmenden, vertrauten Kontextfaktoren zum zweiten Lernzeitpunkt beobachtbar. Die Versuchsergebnisse demonstrieren folglich einen robusten *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* im Zusammenhang mit neuem Lernen.

Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses wurde in der Vergangenheit in zahlreichen Studien an Tieren und Menschen untersucht. Werden diese Studien mit dem Versuch zu dieser Arbeit verglichen, lassen sich einige Parallelen und Unterschiede erkennen. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird zunächst auf die Parallelen eingegangen. Wie in den bisherigen Studien wurden Wortpaarlisten mit einem gezielten Abruf zur Gedächtnistestung gewählt. Die wissenschaftliche Begründung dafür ist der Methodenkritik zu entnehmen. Da das WPL ein hippocampusabhängiges Testverfahren für deklarative Gedächtnisinhalte ist, sollten die hier gefundenen Versuchsergebnisse nicht auf hippocampusunabhängige, nicht-deklarative Gedächtnisinhalte übertragen werden (Fanselow, 1990). Auch die Experimente von Parker et al. (2007) konnten die *klassische Kontextabhängigkeit* nur für deklarative Gedächtnisinhalte bestätigen. Weitere Parallelen betreffen das Versuchsdesign. Die Probanden waren im *Retentionsintervall* wach und intrinsische Kontextfaktoren wurden nicht variiert, was ebenfalls der Methodenkritik entnommen werden kann. Der aktuelle Forschungsstand konnte die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bisher nur nach Wachheit der Probanden im *Retentionsintervall* verlässlich nachweisen (Cairney et al., 2011).

Interessanter sind die Unterschiede des Versuchs zu bisherigen Studien. Als gravierendster Unterschied gewertet werden kann, dass das Versuchsdesign

den Einfluss externaler Kontextfaktoren auf neues Lernen untersuchte. Anstelle eines Vergleichs der Abrufleistungen im vertrauten und nicht vertrauten Kontext wurden die Enkodierleistungen der Probanden in den verschiedenen Kontextbedingungen verglichen. Die Lerninhalte vom ersten Lernzeitpunkt mussten zum zweiten Zeitpunkt nicht mehr abgerufen werden. Auf diese Weise wurde erstmals ein *Effekt der Wiederaufnahme des Umgebungskontextes* bei neuem Lernen nachgewiesen.

In der Konsequenz können die im Theorieteil erläuterten Verbindungshypothesen zwischen Objekt- und Kontextinformationen im Gedächtnis neu diskutiert werden. Die Ergebnisse dieser Arbeit bringen einen völlig neuen Aspekt ein, der nahelegt, dass keine direkte Verbindung zwischen Objektinformationen und externalen Kontextfaktoren im Gedächtnis bestehen kann. Solch eine direkte Verbindung wurde unter anderem von Smith et al. (1978) bei der Suchset- und Einzelverbindungshypothese angenommen. In die gleiche Richtung dachten Anderson und Bower (1972), indem sie eine Integration externaler Kontextinformationen in die Repräsentation einer Gesamtinformation als Erklärung für die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses postulierten. Basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeit kann eine direkte Verbindung beziehungsweise Integration von Kontextinformationen zu Objektinformationen als Erklärung für die Verbesserungen der Enkodierleistungen praktisch ausgeschlossen werden, da beide Erklärungsansätze aufgrund des neuen Lernens unmöglich sind.

Wird der aktuelle Forschungsstand mit dem Hauptergebnis der Arbeit verglichen, so kann folgende Aussage getroffen werden: Die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses ist auch bei neuem Lernen nachweisbar. Um diese Aussage noch differenzierter beurteilen zu können, werden im folgenden Kapitel weitere Einflussfaktoren, neben den bereits erläuterten methodischen Einflüssen, diskutiert.

#### **4.2.2 Methodenunabhängige Einflussfaktoren**

Abgesehen von den methodischen Einflüssen und den externalen Kontextfaktoren selbst gibt es weitere Einflussfaktoren, die die Gedächtnisleistungen von Probanden verändern können. Herauszufinden gilt es, ob die externalen Kon-

texte tatsächlich ursächlich für die signifikanten Ergebnisse dieses Versuchs waren. Dazu wurden in den Versuchsaufbau verschiedene Kontrollvariablen integriert, deren Auswertung eine objektivere Beurteilung der Ergebnisse zulässt. Konkret thematisiert werden nun sowohl die Kontrollvariablen PVT und WFT als auch die Kontrolle internaler Kontextfaktoren im Rahmen des Versuchs. Die Kontrollvariablen PVT und WFT erzielten in der Interaktion mit der unabhängigen Variable Kontext beide keine Signifikanz in der Auswertung der Ergebnisse. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass weder die Wachsamkeit noch die allgemeine Abruffähigkeit aus dem Langzeitgedächtnis die Ergebnisse konfundierten.

Der Einfluss der internalen Kontextfaktoren Zustand und Stimmung auf die Gedächtnisleistung kann durch den Einsatz des Befindlichkeitsfragebogens MDBF, der VAS, der Probandenblätter und der vor der Studie festgelegten Ausschlusskriterien eingeordnet und bewusst minimiert werden. Internale Kontextfaktoren sind erfahrungsgemäß, analog zu intrinsischen Kontextfaktoren, in der Lage, externale Kontextfaktoren zu unterdrücken und damit mögliche externe Kontexteffekte zu verschleiern (Smith, 2007). Die Kontrolle von Stress, Hunger oder Durst, Alkohol und Nikotin erlaubte die Erhaltung eines vergleichbaren Zustands der Probanden zwischen den beiden Lernzeitpunkten. Das genaue Vorgehen zur Kontrolle dieser Faktoren kann dem Material- und Methodenteil entnommen werden. Der interne Kontextfaktor Stimmung ist schwieriger als der Zustand zu kontrollieren. Nichtsdestotrotz ergab auch die Auswertung des MDBF zu beiden Lernzeitpunkten keine signifikanten kontextabhängigen Unterschiede der aktuellen Gefühlslage der Probanden. Somit hatte weder der Tagzeitpunkt noch die Kontextbedingung einen Einfluss auf die Gefühlslage der Probanden.

Zusammenfassend zeigen alle Auswertungen der Kontrollvariablen und Fragebögen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich der beiden Kontextbedingungen. Gemeinsam mit den festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien dieses Versuchs erscheint eine Konfundierung oder Entstehung der Ergebnisse aufgrund der erläuterten methodenunabhängigen Einflussfaktoren als unwahrscheinlich. Wahrscheinlicher ist, dass die im folgenden Kapitel diskutierten Fak-

toren die Ergebnisse beeinflusst oder sogar verursacht haben, weshalb sie als Alternativerklärungen diskutiert werden.

### 4.2.3 Alternativerklärungen

Die nachfolgend aufgeführten Einflussfaktoren konnten weder durch Ein- und Ausschlusskriterien noch durch Kontrollvariablen ausreichend kontrolliert werden, weshalb es lohnenswert ist, sie ausführlich zu diskutieren. Als Alternativerklärungen werden in diesem Kapitel neben dem zirkadianen Rhythmus und der Schläfrigkeit auch die individuelle Lernerfahrung der Probanden, das *Rehearsal* und der Betrug behandelt. Des Weiteren setzt sich das Kapitel mit dem "Gesamtkontext Studie" und der Interaktion verschiedener Kontextkategorien als Alternativerklärungen der Ergebnisse auseinander.

Begonnen wird mit dem zirkadianen Rhythmus, zu dem der Schlaf-Wach-Rhythmus und der Hormonhaushalt zählen. Der Schlaf-Wach-Rhythmus kann durch die Ausschlusskriterien der Studie und genaue Vorgaben zum Verhalten vor und während des Versuchstags als regelmäßig angesehen werden. Dagegen wurden im Rahmen des Versuchs keine klaren Vorgaben zum Thema Hormonhaushalt festgelegt. Weibliche Probanden durften sowohl bei Einnahme als auch bei Nicht-Einnahme der Verhütungspille am Versuch teilnehmen. Der Einfluss des Hormonhaushalts weiblicher Probanden auf die Ergebnisse ist deshalb nicht abschätzbar. In zukünftigen Studien könnten klare Vorgaben zur Einnahme der Verhütungspille in die Ein- und Ausschlusskriterien aufgenommen werden, um diese Alternativerklärung auszuschließen. Andere Hormone, wie Somatotropin und Cortisol, sollten in diesem Versuch keinen Einfluss auf die Enkodierleistungen der Probanden gehabt haben, da ihre Konzentrationen im Blut tagsüber normalerweise recht gering sind (Backhaus und Junghanns, 2006).

Wird die Literatur zur Frage, ob der zirkadiane Rhythmus Ergebnisse beim WPL beeinflussen kann, betrachtet, finden sich ambivalente Angaben. Hinweise für eine Beeinflussung wurden unter anderen von Hockey et al. (1972) gefunden (vgl. auch Nesca und Koulack, 1994), während andere Studien keine Evidenz für die Beeinflussung der Enkodierung, des Abrufs oder der Kontexteinflüsse

auf einen Abruf durch den zirkadianen Rhythmus postulieren (Cairney et al., 2011, Donohue und Spencer, 2011). Ebenfalls gegen eine Beeinflussung der Gedächtnisleistung durch den zirkadianen Rhythmus in dem Versuch zu dieser Arbeit sprechen die Forschungen von Johnson et al. (1992). Sie stellen fest, dass junge Erwachsene aufgrund des zirkadianen Rhythmus abends bessere kognitive Leistungen erbringen können als morgens, vor allem bezüglich des Kurzzeitgedächtnisses. Der Grund hierfür ist, dass der zirkadiane Rhythmus die synaptische Plastizität der Neurone im Gedächtnis je nach Tageszeit moduliert (Gerstner und Yin, 2010). Übertragen auf die Ergebnisse des Versuchs zu dieser Arbeit müssten demnach alle Probanden am Abend bessere Enkodierleistungen erzielt haben. Da aber bessere Leistungen nur im vertrauten Kontext beobachtbar waren und im nicht vertrauten Kontext sogar eine Verschlechterung, trotz eigentlich besserer kognitiver Leistungsfähigkeit am Abend, auftrat, stärken die Erkenntnisse von Johnson et al. (1992) sogar die externalen Kontexte als tatsächliche Ergebnisverursacher. Die Erkenntnisse von Johnson et al. (1992) entsprechen allerdings nicht der *synaptic homeostatis theory* von Tononi. Diese Theorie besagt, dass Lernen am Morgen effektiver ist als am Abend (Tononi und Cirelli, 2014). Von diesem Standpunkt aus betrachtet, wären zwar die schlechteren Ergebnisse im nicht vertrauten Kontext am Abend erklärbar, allerdings sind dann die besseren Gedächtnisleistungen im vertrauten Kontext nicht nachvollziehbar.

Eine weitere Erklärung für die schlechteren kognitiven Leistungen im nicht vertrauten Kontext könnte außerdem die erhöhte Schläfrigkeit der Probanden am Abend sein. Die Auswertung der SSS zeigt, dass die Probanden mit Kontextwechsel am Abend signifikant schläfriger waren als die Probanden ohne Kontextwechsel. Dies sollte in zukünftigen Studien nochmals validiert werden. Zusätzlich überlegt werden kann, die Schläfrigkeit der Probanden erneut nach dem WPL im jeweiligen Kontext zu evaluieren. Hypothetisch könnte der kontextabhängige Unterschied der Schläfrigkeit nach dem WPL am Abend noch deutlicher sein als vor dem WPL, da die Umgebung während dem WPL neu war.



Neben dem zirkadianen Rhythmus und der Schläfrigkeit könnten Faktoren wie individuelle Lernerfahrung, *Rehearsal* oder Betrug weitere Alternativerklärungen darstellen. Sie sind durch die Probanden selbst aktiv beeinflussbar und damit unkontrollierbar. Die individuelle Erfahrung der Probanden bezüglich bereits vorhandener Strategien beim WPL, zum Beispiel im Rahmen des Vokabeltrainings in der Schule, ist nicht zu unterschätzen. Denn wie Raaijmakers und Shiffrin (1980) berichten, können neue, ähnliche Informationen durch präexperimentell existierende Lernstrategien effektiver in bereits vorhandene Gedächtnisinhalte integriert und später abgerufen werden. Dazu kommt, dass die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses mit individuellen Begabungen korreliert (Cowan, 2008). Diese Tatsache stellt Probanden mit individueller Vorerfahrung hinsichtlich des WPL mehr Ressourcen für die Enkodierung und den Abruf der 120 Wortpaare dieses Versuchs zur Verfügung. Individuelle Lernerfahrungen könnten deshalb unabhängig von externalen Kontextfaktoren bessere Enkodierleistungen zur Folge gehabt haben. Die randomisierte Zuteilung der Probanden zu den Kontextbedingungen macht eine Entstehung der Ergebnisse durch individuelle Lernerfahrungen trotzdem unwahrscheinlich.

Ferner kann ein *Rehearsal* zwischen einem Lerndurchgang und dem nachfolgenden Abruf als Grund für die besseren Ergebnisse von manchen Probanden in Erwägung gezogen werden. Allerdings verringern die bewusst sehr kurz geplanten Pausen, zwischen Enkodierung und Abruf in diesem Versuch, die Wahrscheinlichkeit eines *Rehearsals*. Gegen ein *Rehearsal* als Alternativerklärung spricht zusätzlich die Form des eingesetzten Abrufs, da ein gezielter Abruf ein *Rehearsal* erschwert. Grund dafür ist, dass gelernte Informationen bei einem *Rehearsal* kontinuierlich im Arbeitsgedächtnis erhalten werden, um ihren Abruf möglich zu machen. Da bei einem gezielten Abruf aber die Reihenfolge des Abrufs genau festgelegt ist, ist das Gelingen des *Rehearsals* parallel zum Abruf anderer gelernter Informationen untypisch.

Der letzte selbst aktiv beeinflussbare Faktor, der in dieser Diskussion aufgeführt wird, ist der Betrug. Er könnte sowohl das WPL, zum Beispiel durch unbemerkt gemachte Notizen bei Enkodierung, als auch die Angaben in den Fragebögen betroffen haben. Ein Betrug in den Fragebögen könnte beispielsweise eine feh-

lerhafte Angabe der Probanden zu ihrem Schlaf-Wach-Rhythmus der letzten sechs Wochen bedeuten. Ein vorsätzlicher Betrug der Probanden kann durch die Versuchsleiter nicht kontrolliert werden.

In eine andere Richtung geht die Alternativerklärung "Gesamtkontext Studie". Anzunehmen ist, dass sich die Probanden die gesamte Zeit darüber im Klaren waren, an einer Studie teilzunehmen. Der Abruf der Wortpaare stellte somit keine reale Prüfungssituation für sie dar. Dieser Umstand könnte dazu geführt haben, dass die Probanden ihrer Umgebung deutlich mehr Aufmerksamkeit geschenkt haben als den Lerninhalten selbst. Umso mehr natürlich, wenn der zweite Lernzeitpunkt in einem nicht vertrauten Kontext stattfand. Als Resultat könnten die signifikant besseren Enkodierleistungen im vertrauten Kontext im Vergleich zum nicht vertrauten Kontext entstanden sein. Demgemäß wäre die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses nicht ursächlich, weshalb eine Übertragung der Ergebnisse auf reale Prüfungssituationen und den Alltag derzeit nur eingeschränkt möglich ist. In Zukunft wäre es wünschenswert, den Einfluss des "Gesamtkontext Studie" auf externale Kontexteffekte in realen Prüfungssituationen weiter zu verfolgen und bei vergleichbaren Ergebnissen womöglich als Alternativerklärung auszuschließen. Der Faktor "Gesamtkontext Studie" wird in der Ergebnisinterpretation erneut aufgegriffen.

Abschließend ist es wichtig zu bedenken, dass auch eine Interaktion aller Kontextkategorien - intrinsisch, internal, external - als Erklärung der signifikanten Kontexteffekte möglich ist. Vielleicht waren es nicht die externalen Kontextfaktoren allein, die die Kontexteffekte verursacht haben. Intrinsische und extrinsische Kontextfaktoren könnten in einer Symbiose zu den besseren Enkodierleistungen im vertrauten Kontext geführt haben. Nixon und Kanak (1981) liefern ein konkretes Beispiel für die Interaktion zwischen einem intrinsischen Kontextfaktor, nämlich der seriellen Position von Listenelementen, und dem externalen Kontext. So zeigten nur erste und letzte Elemente einer Wortpaarliste signifikante Kontexteffekte (Glenberg et al., 1980, Metcalfe und Murdock, 1981). Keine signifikanten Kontexteffekte konnten hingegen für mittlere Listenelemente nachgewiesen werden (Fernandez und Glenberg, 1985). Allerdings war die Interaktion der Listenposition mit dem externalen Kontext in der Vergangenheit

nicht immer reproduzierbar (Fernandez und Glenberg, 1985, Smith und Manzano, 2010). Die Auswirkung von seriellen Positionseffekten auf die Ergebnisse ist in diesem Versuch nicht abschließend beurteilbar. Durch "Wortpaar-Puffer" am Anfang und am Ende einer Lerneinheit, wie in den Experimenten von Parker et al. (2007), könnten serielle Positionseffekte in Zukunft kontrolliert werden. Neben der Interaktion intrinsischer Kontextfaktoren mit dem externalen Kontext können sich auch internale und externale Kontexte gegenseitig qualitativ und quantitativ beeinflussen. Allerdings ist das Ausmaß einer gegenseitigen Beeinflussung und deren Auswirkung derzeit noch unklar (Aslan et al., 2010). Im Endeffekt kann jeder Kontextfaktor, unabhängig der Kategorie, mit einer Objektinformation assoziiert sein und diese abrufen. Eich (1982) beschreibt diese Tatsache als „Stimulusgeneralisation“, bei der sowohl intrinsische als auch extrinsische Kontextfaktoren in der Lage sind, die gleiche Gedächtnisspur zu aktivieren. Übertragen auf diesen Versuch könnte die "Trefferquote", im Sinne der richtigen Gedächtnisspur inklusive des gesuchten Wortes beim Abruf, durch die Kombination verschiedener Kontextkategorien höher gewesen sein. Die Überlegung einer Interaktion verschiedener Kontextkategorien wird im nächsten Kapitel im Rahmen der Ergebnisinterpretation weiter vertieft werden.

### **4.3 Ergebnisinterpretation**

Basierend auf der Methodenkritik und der Ergebnisdiskussion werden das Haupt- und Nebenergebnis nun interpretiert, indem Überlegungen über deren Entstehung angestellt werden.

#### **4.3.1 Hauptergebnisinterpretation**

Da die Probanden am Abend im vertrauten Kontext mehr Wortpaare erinnerten als am Morgen, scheinen externale Kontextfaktoren bei deren Wiederaufnahme auch neues Lernen positiv zu beeinflussen. In der Konsequenz kann die bereits bekannte *klassische Kontextabhängigkeit* bezüglich zugrunde liegender Gedächtnisprozesse bei der Wiederaufnahme externaler Kontextfaktoren überdacht werden. Von Interesse ist dabei, wie die Einflussnahme externaler Kontextfaktoren konkret zustande kommt und warum vertraute externale Kon-

textfaktoren bessere Enkodierleistungen bei neuem Lernen bewirken. Ziel der folgenden Ergebnisinterpretation ist es, die erfolgreichere Gestaltung des neuen Lernens im vertrauten Kontext durch die unterstützende Funktion externaler Kontextfaktoren nachzuvollziehen. Da es noch keine vergleichbaren Kontextexperimente zu neuem Lernen gibt, handelt es sich bei den angestellten Überlegungen zur Entstehung des Hauptergebnisses vor allem um eigene Ideen. Bei den Überlegungen können eine kognitive und eine zelluläre Ebene unterschieden werden. Die kognitive Ebene ist eher übergeordnet und sieht das Hauptergebnis im Gesamtzusammenhang einer Lerneinheit. Hingegen konzentriert sich die zelluläre Ebene auf Details, wie die genauen neuronalen Vorgänge beim neuen Lernen im vertrauten Kontext.

#### 4.3.1.1 Überlegungen auf kognitiver Ebene

Für die Verbesserung der Enkodierleistung im vertrauten Kontext kann auf kognitiver Ebene ein effektiveres *contextual cuing* und der zielführendere Einsatz von *Mnemotechnik* und *Metakognition* diskutiert werden. Ein *contextual cuing* erlaubt Probanden, ihre Aufmerksamkeit fokussierter auf neue Lerninhalte zu lenken, wenn ihnen der externe Kontext vertraut ist (Darby et al., 2014). Ein effektiveres *contextual cuing*, als Erklärung der *klassischen Kontextabhängigkeit*, wurde bislang nur für die Abrufleistungen von Probanden beschrieben. Bei neuem Lernen im vertrauten Kontext wäre es allerdings auch denkbar, dass der vertraute Kontext bereits ein effektiveres *contextual cuing* bei Enkodierung der neuen Wortpaare zuließ und damit die Enkodierleistung der Probanden verbesserte.

Ebenfalls könnte die Verbesserung der Enkodierleistung durch den besseren Einsatz von *Mnemotechnik* zustande gekommen sein. Die *Mnemotechnik* nutzt eigene, bereits bekannte Routen im Gedächtnis, um gesuchte Wörter besser abzurufen (Myers, 2014). Analog zur Überlegung hinsichtlich des *contextual cuing* könnte auch die *Mnemotechnik* bereits bei Enkodierung der neuen Wortpaare im vertrauten Kontext zielführender eingesetzt worden sein. Denkbar wäre, dass die neuen Wortpaare durch die Nutzung bereits bekannter Routen vom ersten Lernzeitpunkt effektiver enkodiert wurden. Effektiver deshalb, weil

keine komplett neuen Routen im Gedächtnis gebildet werden müssten. Diese erneut genutzten Routen wären im klassischen Sinne der *Mnemotechnik* wiederum hilfreich beim Abruf. Unterstützend belegt die Literatur, dass eigene Elaborationen die Gedächtnisleistung durch den *Selbstbezugseffekt* verbessern (Fernandez und Glenberg, 1985, Myers und Wilson, 2014). Sehr wahrscheinlich sind sowohl das *contextual cuing* als auch die *Mnemotechnik* vorteilhaft für beide Gedächtnisphasen – Enkodierung und Abruf.

Außerdem vorteilhaft für Enkodierung und Abruf könnte der Einsatz der *Metakognition* sein. Hanczakowski et al. (2017) wiesen nach, dass die *Metakognition* sensibel für Variationen des externalen Kontextes ist. Die *Metakognition* kann, wie in der theoretischen Hinführung erläutert, in metakognitives Wissen und metakognitive Überwachung unterteilt werden (Flavell et al., 2002). Ersteres verleiht Probanden bei der Enkodierung die Fähigkeit, bewusst Lernstrategien einzusetzen. Die metakognitive Überwachung als zweiter Teil betrifft die Gedächtnisphase des Abrufs und vergrößert in einem vertrauten Kontext das *Feeling of knowing* (Hanczakowski et al., 2017). In diesem Sinne könnten die vertrauten Kontextfaktoren den Probanden suggeriert haben, dass das gesuchte Wort beim Abruf im Gedächtnis verfügbar ist und gefunden werden kann. Diese Überlegung kann durch die Entscheidungshypothese von Smith et al. (1978) unterstützt werden, welche als einzige seiner Verbindungshypothesen den Einfluss externaler Kontexte auf neues Lernen erklären könnte. Die Entscheidungshypothese besagt, dass die Entscheidung über die Richtigkeit einer Objektinformation beim Abruf durch einen vertrauten Kontext erleichtert werden kann, ähnlich wie die Überlegung eines vergrößerten *Feeling of knowing*. Bei beiden Überlegungen dominiert der Gedanke einer assoziativen Verbindung von Objekt- und Kontextinformationen im Gedächtnis, wie auch schon von Raaijmakers und Shiffrin (1980) angenommen. Das vergrößerte *Feeling of knowing* in Kombination mit der Tatsache, dass das verwendete Versuchsdesign keine Zeitbegrenzung für den Abruf der Wortpaare anberaumte, könnte zur Folge gehabt haben, dass Suchprozesse, anstelle von Auswahlprozessen, im Gedächtnis der Probanden in den Vordergrund gerückt sind (Eich, 1982, Murdock, 1974). Als Konsequenz nahmen sich die Probanden unter Umständen

mehr Zeit für den Abruf eines Wortes. Diese Überlegung könnte in kommenden Experimenten durch den Vergleich der benötigten Abrufzeiten im vertrauten und nicht vertrauten Kontext weiter verfolgt werden.

Rekapitulierend können auf kognitiver Ebene im vertrauten Kontext ein effektiveres *contextual cuing* und der bessere Einsatz von *Mnemotechnik* oder *Metakognition* als Erklärung für die besseren Enkodierleistungen in Erwägung gezogen werden. Was auf neuronaler Ebene bei der Wiederaufnahme externaler Kontextfaktoren im Rahmen neuen Lernens geschieht, ist Thema der Überlegungen auf zellulärer Ebene.

#### 4.3.1.2 Überlegungen auf zellulärer Ebene

Der Einfluss externaler Kontexte auf die Enkodierleistung bei neuem Lernen kann auch auf zellulärer Ebene debattiert werden. Dabei sind vorrangig die neuronalen Vorgänge im Hippocampus interessant, da er die zentrale Region der deklarativen Gedächtnisbildung darstellt und essentiell für neues Lernen ist (Tse et al., 2007).

Der aktuelle Forschungsstand zur *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses macht auf zellulärer Ebene *Matching-Prozesse* im Hippocampus für den Einfluss externaler Kontextfaktoren verantwortlich (Rolls, 2013). Die Grundlage dieser *Matching-Prozesse* ist die *assoziative Gedächtnisrepräsentation* im Hippocampus. Im vertrauten Kontext zum zweiten Lernzeitpunkt kann von einem *Matching* der externalen Kontextfaktoren ausgegangen werden, da sie mit denen vom ersten Zeitpunkt übereinstimmen. Die erforderliche hohe Übereinstimmung für ein *Matching* wurde wahrscheinlich durch die Kombination multipler Kontextfaktoren in diesem Versuch gewährleistet. Die sukzessive Reaktivierung bestimmter Ortszellen, inklusive ihrer spezifischen *place fields* im Hippocampus, hat zur Folge, dass die Bildung neuer *place fields* in vertrauten Kontexten hinfällig wird. Es ist erwiesen, dass der Hippocampus in vertrauten Kontexten deshalb mehr Kapazität für die Enkodierung neuer Lerninhalte aufweist (Tse et al., 2011). Vermutlich widmen Probanden die gewonnene Kapazität der aufmerksameren Enkodierung neuer Wortpaare, was sich gut mit der

---

Annahme eines effektiveren *contextual cuing* und dem besseren Einsatz von *Mnemotechnik* auf kognitiver Ebene vereinbaren lässt.

Hunsaker und Kesner (2013) wiesen nach, dass die Reaktivierung bestimmter Ortszellen eine Mustervervollständigung im Hippocampus nach sich ziehen kann. Eine solche Mustervervollständigung ereignet sich im durchgeführten Versuch wahrscheinlich direkt bei der Enkodierung der neuen Wortpaare zum zweiten Lernzeitpunkt, da hier die Übereinstimmung mit gespeicherten Informationen vom ersten Zeitpunkt registriert wird. Für eine Mustervervollständigung aktiviert der Hippocampus assoziierte neokortikale Informationen. Die assoziierten neokortikalen Informationen könnten im Falle dieses Versuchs ein Schema darstellen, welches zum ersten Lernzeitpunkt aus intrinsischen und extrinsischen Informationsaspekten des Lernkontextes etabliert wurde. Das vermutete Schema scheint unabhängig von den Lerninhalten selbst zu sein, da dessen Nutzen trotz neuer Wortpaare am Abend möglich ist. Da intrinsische Kontextfaktoren nicht variiert wurden, sind die externalen Kontextfaktoren als ausschlaggebender Teil des Schemas für die differierenden Enkodierleistungen der Probanden anzunehmen. Die vertrauten externalen Kontextfaktoren sorgen demnach für die Verfügbarkeit des Schemas zum zweiten Lernzeitpunkt im Hippocampus. Das verfügbare Schema wäre als Erklärung für die externalen Kontexteffekte bei neuem Lernen denkbar, da es neues Lernen zum zweiten Lernzeitpunkt erleichtern könnte. In diesem Zusammenhang kann eine Strategie für das Lernen der neuen Wortpaare angenommen werden. Eingebettet in diese Strategie könnten die neuen Wortpaare zum zweiten Lernzeitpunkt strategisch günstiger enkodiert werden.

Die Forschungen von Tse et al. (2007) unterstützen die bisherigen Überlegungen einer effektiveren Enkodierung bei einem vorhandenen neokortikalen Schema. Neue Informationen lassen sich nachweislich einfacher und schneller in bereits vorhandene Schemata integrieren als ohne. Die Integration neuer Informationen in ein Schema erfordert grundsätzlich eine neokortikale Aktivierung. Essentiell für eine solche Aktivierung ist, dass neue Informationen als relevant für bereits vorhandene Schemata im Gedächtnis eingestuft werden, denn nur dann wird neues Lernen tatsächlich erleichtert (Tse et al., 2011). Im hier

durchgeführten Versuch kann von ausreichender Relevanz der neuen Informationen zum zweiten Lernzeitpunkt für eine neokortikale Aktivierung ausgegangen werden, da sich die Probanden zum zweiten Mal in der gleichen "Lernsituation" befanden und wahrscheinlich auf einen Abruf der neuen Wortpaare vorbereitet waren.

Kritisch anzumerken ist, dass sich die vorgeschlagenen Schemata als Erklärung des Hauptergebnisses in bisherigen Forschungen nicht so schnell etablierten. Das *Retentionsintervall* für die Lernkontexte in diesem Versuchsdesign betrug nur zehn Stunden. In einem Experiment mit Ratten von Tse et al. (2011) hatten sich neokortikale Schemata aus einem Geruch und einer Lokalisation erst nach einer Woche gebildet. Im Versuch zu dieser Arbeit könnte alternativ über vorübergehende Schemata im Hippocampus nachgedacht werden, womit sich eine Mustervervollständigung mit neokortikaler Rückprojizierung im oben beschriebenen Sinne erübrigen würde. In diese Richtung denkt auch die Forschergruppe um Schapiro et al. (2017), welche postuliert, dass es im Hippocampus verschiedene Areale mit unterschiedlichen Aufgaben beim Lernen neuer Informationen gibt. Ein Teil der Areale unterstützt dabei die klassische Interaktion von Hippocampus und Neokortex im Rahmen der Konsolidierung neuer Informationen. Andere Areale des Hippocampus sind spezialisiert auf die Extraktion allgemeiner Gesetzmäßigkeiten kürzlich gelernter Informationen. Übertragen auf die hier angestellten Überlegungen zum Hauptergebnis, könnte sich eine Strategie zur Wortpaarenkodierung genau in letzteren Arealen des Hippocampus etabliert haben, indem allgemeine Gesetzmäßigkeiten des WPL beim ersten Lernzeitpunkt extrahiert wurden. Anhalt dafür liefert auch das Experiment von Feld et al. (2016), welches ein Überstrapazieren des Wiederabspielens von neuen Informationen während ihrer Konsolidierung bei langen Wortpaarlisten feststellte. Als Folge extrahierten die Probanden die Allgemeingültigkeiten der Liste, anstatt die Wortpaare selbst zu konsolidieren. Zuträglich für solch eine Extraktion sind wahrscheinlich vertraute intrinsische Kontextfaktoren wie zum zweiten Lernzeitpunkt dieses Versuchs.

Die Gesamtheit aller Überlegungen auf zellulärer Ebene zum Einfluss externer Kontextfaktoren auf die Enkodierung richtete ihren Fokus auf den Hippo-



campus. In der englischen Fachliteratur wird in diesem Zusammenhang von einem sogenannten *bottom-up*-Mechanismus im Gedächtnis gesprochen. Als Pendant zum *bottom-up*-Mechanismus existieren in neueren Forschungen auch Überlegungen, die den Neokortex als zentrale Region diskutieren (Osada et al., 2008, Tse et al., 2011, van Kesteren et al., 2010). In diesem Fall wird von einem *top-down*-Mechanismus gesprochen. Der Neokortex, inklusive dort befindlicher Schemata, soll bei diesen Überlegungen ganz unabhängig vom Hippocampus die Enkodierung neuer Informationen beeinflussen. Für eine Beeinflussung der Enkodierung müssen neokortikale Schemata wie beim *bottom-up*-Mechanismus bereits vorhanden sein und als relevant für die neuen Informationen gelten. Kernpunkt dieser neuen Überlegungen ist, dass simultan zur automatisch ablaufenden hippocampalen Enkodierung eine neokortikale Enkodierung stattfindet (Tse et al., 2011). Eine neokortikale Enkodierung ist für eine direkte Beeinflussung der Enkodierung im Hippocampus durch Schemata im Neokortex unverzichtbar. Die neokortikale Enkodierung würde ihrerseits neokortikale Schemata aktivieren und damit den oben erläuterten Part des Hippocampus als Aktivator ersetzen. Insgesamt sind sich Wissenschaftler einig, dass eine neokortikale Aktivierung grundsätzlich die Voraussetzung für die Integration neuer Informationen in Schemata ist. Nach heutigem Wissensstand nicht abschließend beantwortbar ist, ob eine hippocampale Enkodierung mit nachfolgender neokortikaler Aktivierung oder eine simultane neokortikale Enkodierung ausschlaggebend für die Beeinflussung der Enkodierung neuer Informationen ist. Wahrscheinlich leisten beide Formen der Enkodierung – hippocampal und neokortikal – einen Beitrag zur Informationsverarbeitung (Tse et al., 2011).

Werden alle Überlegungen zur Entstehung des Hauptergebnisses auf kognitiver und zellulärer Ebene zusammengefasst, haben vertraute externale Kontexte wohl das Potenzial, die Arbeitsweise des Gedächtnisses bei neuem Lernen effektiver zu gestalten. Die verschiedenen Möglichkeiten der Einflussnahme wurden in diesem Kapitel diskutiert. Schlussendlich resultiert eine effektivere Arbeitsweise in besseren Enkodierleistungen, welche den zusammenhängenden Abruf ebenfalls positiv beeinflussen. Das so entstandene Hauptergebnis der vorliegenden Arbeit unterstützt die Annahme einer assoziativen Verbindung von

Objekt- und Kontextinformationen im Gedächtnis, da neue Objektinformationen in einem vertrauten Kontext besser enkodiert wurden. Im nicht vertrauten Kontext imponiert der Einfluss externaler Kontextfaktoren auf die Enkodierleistung konträr. Hier wurde eine Verschlechterung der Enkodierleistungen beobachtet, was das Nebenergebnis der Arbeit darstellt und im nächsten Kapitel interpretiert wird.

### 4.3.2 Nebenergebnisinterpretation

Das Nebenergebnis, nämlich die schlechtere Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext am Abend im Vergleich zum Morgen, war nicht zu erwarten. Für die Interpretation des Nebenergebnisses gibt es entsprechend der des Hauptergebnisses eine kognitive und eine zelluläre Diskussionsebene.

#### 4.3.2.1 Überlegungen auf kognitiver Ebene

Auf kognitiver Ebene kann primär vermutet werden, dass den neuen Wortpaaren im nicht vertrauten Kontext weniger Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Ein effektiveres *contextual cuing* bei Enkodierung und Abruf, wie im vertrauten Kontext angenommen, ist nicht der Fall. An Bedeutung gewinnt in diesem Zusammenhang die thematisierte Alternativerklärung des "Gesamtkontext Studie", da die nicht realen Prüfungssituationen die geminderte Aufmerksamkeit der Probanden bezüglich der Lerninhalte womöglich noch verringerte. Sekundär auf kognitiver Ebene diskutierbar ist, dass weder der Einsatz von *Mnemotechnik* noch die Nutzung der *Metakognition* so zielführend möglich war wie im vertrauten Kontext. Die beiden vorherigen Überlegungen werden durch die Tatsache, dass die Probanden im nicht vertrauten Kontext am Abend signifikant schläfriger waren als im vertrauten Kontext wahrscheinlich aggraviert. Alle aufgeführten Punkte könnten zumindest den Unterschied zur besseren Enkodierleistung im vertrauten Kontext erklären.

#### 4.3.2.2 Überlegungen auf zellulärer Ebene

Wie bei der Interpretation des Hauptergebnisses ist auch bei der Nebenergebnisinterpretation der Hippocampus die zentrale Region für die nun angestellten Überlegungen zur Verschlechterung der Enkodierleistung. Durch den Kontext-

wechsel, den die Hälfte der Probanden zum zweiten Lernzeitpunkt vollzog, wurde ein *Mismatch* der externalen Kontextfaktoren bei Enkodierung der neuen Wortpaare erzeugt. Die externalen Kontextfaktoren unterschieden sich zu denen vom ersten Lernzeitpunkt. Eine Mustervervollständigung, wie im vertrauten Kontext, erscheint deshalb nicht möglich. Stattdessen hat mit großer Wahrscheinlichkeit eine Mustertrennung der neu eintreffenden Informationen stattgefunden (Hunsaker und Kesner, 2013). Deshalb bleibt eine Aktivierung bestimmter Ortszellen inklusive ihrer *place fields* mit folgender neokortikaler Aktivierung aus. Falls ein neokortikales Schema zum ersten Lernzeitpunkt etabliert wurde, ist dessen Nutzung somit nicht möglich. Anders als im vertrauten Kontext speichern die Ortszellen im Hippocampus die neu enkodierten Assoziationsmuster aus Lerninhalten, Lernmaterialien und externalen Kontextinformationen also getrennt ab. Als Folge bilden die Ortszellen im nicht vertrauten Kontext eine neue neuronale Karte aus *place fields* (Jeffery, 2007). Deshalb wird neues Lernen in einem nicht vertrauten Kontext in der englischen Fachliteratur auch als *new map learning* bezeichnet (Tse et al., 2011). Die Bildung einer neuen neuronalen Karte ist notwendig, um die extreme Spezifität der *place fields* aufrecht zu erhalten. Die Konsequenz eines *Mismatch* von externalen Kontextfaktoren mit der Neubildung einer neuronalen Karte ist ein Kapazitätsverlust des Hippocampus bezüglich der Verarbeitung anderer Informationen, wie der neuen Lerninhalte (Tse et al., 2011).

Die Schlussfolgerung der angestellten Überlegungen auf zellulärer Ebene wäre, dass ein *Mismatch* der externalen Kontextfaktoren bei einem Kontextwechsel und das damit verbundene *new map learning* im Hippocampus die Erklärung für die Verschlechterung der Enkodierleistung der Probanden im nicht vertrauten Kontext waren. Aber falls ein nicht vertrauter Kontext automatisch einen negativen Einfluss auf die Enkodierleistung von Probanden hätte, wäre trotzdem nicht mit einer Verschlechterung der Leistungen im nicht vertrauten Kontext zum zweiten Lernzeitpunkt im Vergleich zum ersten zu rechnen gewesen. Da sich die Probanden beim ersten Lernzeitpunkt ebenfalls in einem ihnen bis dahin nicht vertrauten Kontext aufhielten. Zusätzlich waren am Morgen nicht nur die Lerninhalte, sondern auch alle Lernkontexte – intrinsische und extrinsische –

neu. Deshalb kann die Neuheit inklusive *new map learning* keine suffiziente Erklärung für die Verschlechterung der Enkodierleistungen sein. Vielmehr hätten die Probanden im nicht vertrauten Kontext zum zweiten Lernzeitpunkt die neuen Lerninhalte vergleichbar gut oder schlecht zum ersten Zeitpunkt lernen sollen, was der Sekundärhypothese der vorliegenden Arbeit entsprochen hätte.

Um sich die Verschlechterung der Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext suffizient zu erklären, werden abschließend zwei andere Überlegungen diskutiert. Die erste Überlegung beschäftigt sich mit einer womöglich erhöhten Interferenz und der Bildung falscher Erinnerungen im nicht vertrauten Kontext. Normalerweise minimiert eine Mustertrennung, wie beim zweiten Lernzeitpunkt angenommen, die Interferenz neuer Informationen (Hunsaker und Kesner, 2013). Grund hierfür ist, dass Lerninhalte, die in verschiedenen Kontexten gelernt werden, beim Abruf weniger interferieren und besser abrufbar sind, was dem Kontexteffekt der *Interferenzreduktion* zuzuschreiben ist (Smith, 2007). Nach dieser Argumentation hätten die Probanden im nicht vertrauten Kontext eher bessere als schlechtere Enkodierleistungen aufweisen sollen. Es könnte aber sein, dass durch die vertrauten intrinsischen Kontextfaktoren ein zu starkes Engramm vom ersten Lernzeitpunkt existierte, welches die Interferenz zum zweiten Zeitpunkt sogar erhöhte. Zusätzlich war das Lernen am Abend durch die vertrauten intrinsischen Kontexte konsistent mit dem vom Morgen, was die Entstehung falscher Erinnerungen beim Abruf provoziert haben könnte (Schermer, 2006). Vielleicht waren die schlechteren Leistungen im nicht vertrauten Kontext Ausdruck dafür, dass Wortpaare vom Morgen beim Abruf am Abend rekonstruiert wurden. Untermuert wird diese Überlegung durch die verminderte Aufmerksamkeit der Probanden hinsichtlich der Wortpaare aufgrund des nicht vertrauten Kontextes, was ebenfalls falsche Erinnerungen entstehen lässt. Die gesamte Überlegung zu erhöhter Interferenz inklusive der Bildung falscher Erinnerungen könnte durch eine zusätzliche Auswertung des WPL weiter verfolgt werden, indem bei den falschen Antworten der Probanden konkret überprüft wird, ob es sich um Wortpaare vom Morgen handelte. In der Literatur sprechen für die Erklärung einer schlechteren Enkodierleistung aufgrund von Interferenz in diesem Versuch die Tatsachen, dass pro- und retroaktive Interferenz vor allem beim PAL nach-

gewiesen sind (Wirtz et al., 2014) und Wachheit Interferenzprozesse fördert (Wixted, 2004).

Die zweite Überlegung zur Verschlechterung der Enkodierleistung wäre, dass ein möglicherweise etabliertes Schema vom ersten Lernzeitpunkt den Hippocampus in seiner Arbeitsweise zum zweiten Zeitpunkt inhibierte. Vertraute intrinsische Kontextfaktoren bei nicht vertrautem externalen Kontext könnten eine Inhibition bestimmter Ortszellen bewirken und deren Interaktion mit dem Neokortex blockiert haben (Tse et al., 2011). Ein interessantes Experiment von Trouche et al. (2016) wies nach, dass neben aktiven Ortszellen auch eine Untergruppe stiller Neurone ohne klare räumliche Aktivität im Hippocampus existiert. Unter Umständen haben diese stillen Neurone einen hemmenden Einfluss auf die Aktivierung anderer Ortszellen gehabt, womit auch die Bildung neuer *place fields* inhibiert wurde. Anhalt für diese Überlegung liefert die Gruppe um Hirase et al. (2001), welche zeigte, dass eine Reaktivierung bestimmter Ortszellen mit einer hemmenden Kontrolle über andere Ortszellen verbunden ist. Angelehnt daran wäre bei einem *Mismatch* nicht nur das Schema vom ersten Lernzeitpunkt nicht abrufbar, sondern ebenfalls die Etablierung eines neuen Schemas verhindert. Dadurch wäre auch der Abruf der neuen Wortpaare negativ beeinträchtigt.

Nach der Ergebnisinterpretation haben zukünftige Studien die Möglichkeit, sich mit der genauen Klärung der Frage zu befassen, weshalb sich die Enkodierleistung der Probanden im vertrauten Kontext verbessert und im nicht vertrauten Kontext verschlechtert. Dafür können die hier angestellten Überlegungen als Denkanstöße dienen, da ihre Evidenz noch unzureichend ist. Im nun folgenden, letzten Kapitel dieser Arbeit wird die eingangs gestellte Hauptfragestellung abschließend beantwortet. Danach werden auf Basis der eben angestellten Überlegungen konkrete Vorschläge für zukünftige Forschungsfelder formuliert.

#### **4.4 Beantwortung der Hauptfragestellung und Forschungsfelder**

Die erzielten Resultate untermauern die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses als beobachtbaren, externalen Kontexteffekt. Sie bestätigen

diesen Kontexteffekt erstmals auch für das Lernen neuer deklarativer Inhalte. Die Forschungsfrage der Arbeit, wie vertraute und nicht vertraute Kontexte die Enkodierung neuer deklarativer Lerninhalte beeinflussen, kann wie folgt beantwortet werden: Vertraute externe Kontexte sind in der Lage die Enkodierleistung bei neuem Lernen positiv zu beeinflussen, wohingegen nicht vertraute externe Kontexte sich negativ auswirken. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass externe Kontextfaktoren am ehesten ursächlich für die Ergebnisse sind. Bis zur genauen Klärung der Art und Weise ihres Einflusses können externe Kontextfaktoren als organisierende Hinweisaspekte im Gedächtnis angesehen werden. Sie scheinen dabei eine assoziative Verbindung zu bestimmten Gedächtnisinhalten, aber nicht zu den Lerninhalten selbst, zu haben, da sie auch neues Lernen effektiver gestalten. Bevor eine Generalisierung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erfolgen kann, müssen die Erkenntnisse durch zukünftige Studien gestützt und ausgebaut werden. Auf Basis dieses Resümees ergeben sich drei konkrete Forschungsfelder, die aus Sicht dieser Arbeit am relevantesten für die weitere Erforschung der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses sind.

Das erste Forschungsfeld wäre die Verlässlichkeit externaler Kontexteffekte bei neuem Lernen. Interessant könnte in diesem Zusammenhang vor allem sein, ob der Einfluss externaler Kontextfaktoren an weitere Bedingungen geknüpft ist. Explizit sollte herausgefunden werden, ob externe Kontextfaktoren nur in der Lage sind, die Enkodierleistung zu verbessern, wenn auch die intrinsischen Kontextfaktoren beim neuen Lernen vertraut sind. Denkbar wäre der Einsatz eines anderen deklarativen Gedächtnistestes zum zweiten Lernzeitpunkt, womit intrinsische Kontexte variiert werden würden. Angelehnt an die theoretische Hinführung ist auch an ein Versuchsdesign mit einem *mentalen Reinstatement* zu denken. Damit könnte eruiert werden, ob ein *mentales Reinstatement* externe Kontexteffekte auch bei neuem Lernen relativieren könnte. Im Zusammenhang mit dem Forschungsfeld der Verlässlichkeit externaler Kontexteffekte könnte in Zukunft weiterhin erforscht werden, was externe Kontexteffekte bei neuem Lernen verstärkt und was die Effekte eher vermindert. Die *klassische Kontextabhängigkeit* konnte in der Vergangenheit zum Beispiel deutlicher beim

Einsatz von Videoszenen zur Generierung von externalen Kontexten nachgewiesen werden (Smith und Manzano, 2010). Dies könnte auch für neues Lernen getestet werden. Eine Minimierung der Kontexteffekte wäre durch den Einsatz verschieden schwieriger Wortpaarlisten oder eines anderen Abruftyps, wie einem freien Abruf oder einem Abruf per Wiedererkennung, überprüfbar.

Als zweites Forschungsfeld ergibt sich der Beitrag der einzelnen Kontextfaktoren zu den signifikanten Kontexteffekten. Dabei könnte nur *ein* externaler Kontextfaktor, bei sonst gleichem Versuchsdesign, vertraut bleiben. Hier könnte zunächst die Sinnesmodalität Geruch näher betrachtet werden. Diese Sinnesmodalität eignet sich besonders, da Studien belegen, dass Gerüche sehr gute kontextuelle Abrufhinweise darstellen. Sie bleiben tagelang als Abrufhinweise im Gedächtnis erhalten und können den Abruf verschiedener Gedächtnisinhalte bewirken (Rasch et al., 2007). Außerdem sind Gerüche durch ihre differierende Verarbeitung, anders als andere Sinnesmodalitäten, imstande, die Verarbeitung deklarativer Gedächtnisinhalte direkt zu modulieren (Datiche und Cattarelli, 1996).

Als drittes Forschungsfeld kann die Auseinandersetzung mit dem Einfluss von Schlaf auf externale Kontexteffekte bei neuem Lernen vorgeschlagen werden. So stellt sich die Frage, ob die signifikanten externalen Kontexteffekte dieses Versuchs auch nach einem *Retentionsintervall* mit Schlaf beobachtbar gewesen wären. Es könnte zukünftig geklärt werden, ob eine Wachheit der Probanden im *Retentionsintervall* notwendig für die Verfügbarkeit und damit den Einfluss der Kontextinformationen im Gedächtnis bei neuem Lernen ist.

Falls sich externale Kontexteffekte bei neuem Lernen in diesen Forschungsfeldern als robust herauskristallisieren sollten und die dafür notwendigen Bedingungen klarer sind, könnte eine Übertragung der Erkenntnisse auf den Alltag erfolgen. Durch den bewussten Einsatz von externalen Kontextfaktoren könnte das Lernen neuer Inhalte an Schulen und Universitäten effektiver gestaltet werden. Ein vertrauter externaler Kontext hätte dann das Potenzial, neues Lernen zu erleichtern und lernenden Menschen konkrete Hilfestellungen an die Hand zu geben.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit dem Thema der *klassischen Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses im Rahmen von Lernprozessen. Sie verbessert die Gedächtnisleistung einer lernenden Person bei übereinstimmenden Kontextfaktoren während Enkodierung und Abruf. Eine Übereinstimmung bedeutet, dass der lernenden Person der Kontext bereits vertraut ist. Grundlegend für eine Verbesserung der Gedächtnisleistung sind *Matching-Prozesse* im Hippocampus, die durch eine *assoziative Gedächtnisrepräsentation* dort ermöglicht werden. Solche *Matching-Prozesse* können bei der Übereinstimmung verschiedener Kontextkategorien stattfinden. Die *Theorie der klassischen Kontextabhängigkeit* bezieht sich konkret auf die Kategorie externaler Kontextfaktoren, auch Umgebungskontexte beim Lernen genannt. Unklarheit besteht darin, ob externale Kontexte auch neues Lernen beeinflussen können. Das Interesse an einem solchen Einfluss auf neues Lernen rührt daher, dass sich durch Erkenntnisse diesbezüglich neue Lernstrategien ergeben könnten. Die Intention der vorliegenden Arbeit war es, sich mit diesem Forschungsdefizit zu befassen.

Dazu kombinierte das Versuchsdesign dieser Arbeit das Lernen neuer deklarativer Inhalte mit vertrauten oder nicht vertrauten externalen Kontexten. Das Ziel der Arbeit war, herauszufinden, wie sich die Enkodierleistungen der Probanden in den verschiedenen Kontextbedingungen verändern, um dadurch Rückschlüsse auf ihre Einflussnahme zu erschließen. Die Probanden lernten hierzu am selben Tag morgens und abends jeweils eine ihnen unbekannte Wortpaarliste, die unmittelbar nach der Enkodierung auch abgerufen wurde. Abends waren die Probanden im vertrauten Kontext von morgens oder vollzogen einen Kontextwechsel. Es fand kein erneuter Abruf der Wortpaare vom Morgen statt.

Die Versuchsergebnisse zeigten eine signifikante Verbesserung der Enkodierleistungen im vertrauten Kontext am Abend im Vergleich zum Morgen, womit die *klassische Kontextabhängigkeit* des Gedächtnisses bei neuem Lernen bestätigt wird. Da trotz neuer Lerninhalte ein Einfluss externaler Kontexte detektiert werden konnte, unterstützt diese Arbeit die Annahme, dass Enkodierung und Abruf durch vertraute externale Kontextfaktoren optimiert werden können.



Im nicht vertrauten Kontext am Abend konnte dagegen eine Verschlechterung der Enkodierleistung beobachtet werden. Insgesamt sollte der hier erstmals aufgestellte Befund der *klassischen Kontextabhängigkeit* bei neuem Lernen in zukünftigen Studien validiert werden, um herauszufinden, inwiefern externale Kontextfaktoren tatsächlich ursächlich für die Verbesserungen der Enkodierleistung waren und wie verlässlich dieser externale Kontexteffekt bei neuem Lernen letztendlich ist. Außerdem ist von Interesse, wie der Einfluss eines externen Kontextes im Gedächtnis genau zustande kommt. Die nicht erwartete Verschlechterung der Enkodierleistung im nicht vertrauten Kontext sollte in diesem Zusammenhang ebenfalls Gegenstand zukünftiger Forschungen sein.

---

## Literaturverzeichnis

- A. DE WINSTANLEY, P. & LIGON BJORK, E. 1997. Processing Instructions and the Generation Effect: A Test of the Multifactor Transfer-appropriate Processing Theory. *Memory*, 5, 401-422.
- AITKEN, R. C. 1969. Measurement of feelings using visual analogue scales. *Proc R Soc Med*, 62, 989-93.
- ANDERSON, J. R. 2013. *Kognitive Psychologie*, Berlin Heidelberg, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- ANDERSON, J. R. & BOWER, G. H. 1972. Recognition and retrieval processes in free recall. *Psychological Review*, 79, 97-123.
- ASLAN, A., SAMENIEH, A., STAUDIGL, T. & BAUML, K. H. 2010. Memorial consequences of environmental context change in children and adults. *Exp Psychol*, 57, 455-61.
- ATKINSON, R. C. & SHIFFRIN, R. M. 1968. Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In: SPENCE, K. W. & SPENCE, J. T. (eds.) *Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- BACKHAUS, J. & JUNGHANNS, K. 2006. Daytime naps improve procedural motor memory. *Sleep Medicine*, 7, 508-512.
- BADDELEY, A. D. 1982. Domains of recollection. *Psychological Review*, 89, 708-729.
- BADDELEY, A. D. & HITCH, G. 1974. Working Memory. In: BOWER, G. H. (ed.) *Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- BARTSCH, T. 2015. Gedächtnisfehler. In: BARTSCH, T. (ed.) *Störungen der Gedächtnisfunktion*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- BENEDICT, C., KERN, W., SCHULTES, B., BORN, J. & HALLSCHMID, M. 2008. Differential sensitivity of men and women to anorexigenic and memory-improving effects of intranasal insulin. *J Clin Endocrinol Metab*, 93, 1339-44.
- BILODEAU, I. M. & SCHLOSBERG, H. 1951. Similarity in stimulating conditions as a variable in retroactive inhibition. *J Exp Psychol*, 41, 199-204.
- BIRBAUMER, N. & SCHMIDT, R. F. 1991. Plastizität, Lernen, Gedächtnis. In: BIRBAUMER, N. & SCHMIDT, R. F. (eds.) *Biologische Psychologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- BIRBAUMER, N. & SCHMIDT, R. F. 2010. *Biologische Psychologie : mit ... 44 Tabellen*, Heidelberg, Springer.
- BONTEMPI, B., LAURENT-DEMIR, C., DESTRADE, C. & JAFFARD, R. 1999. Time-dependent reorganization of brain circuitry underlying long-term memory storage. *Nature*, 400, 671-5.
- BORN, J., RASCH, B. & GAIS, S. 2006. Sleep to remember. *Neuroscientist*, 12, 410-24.
- BOWER, G. 1967. A Multicomponent Theory of The Memory Trace. In: KENNETH, W. S. & JANET TAYLOR, S. (eds.) *Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- BRAMAO, I., KARLSSON, A. & JOHANSSON, M. 2017. Mental reinstatement of encoding context improves episodic remembering. *Cortex*, 94, 15-26.
- BUCHNER, A. & BRANDT, M. 2017. *Gedächtniskonzeptionen und Wissensrepräsentationen*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.

- BURGESS, N., MAGUIRE, E. A. & O'KEEFE, J. 2002. The human hippocampus and spatial and episodic memory. *Neuron*, 35, 625-41.
- CAIRNEY, S. A., DURRANT, S. J., MUSGROVE, H. & LEWIS, P. A. 2011. Sleep and environmental context: interactive effects for memory. *Exp Brain Res*, 214, 83-92.
- CALKINS, M. W. 1894. Association. *Studies from the Harvard Psychology Laboratory Psychology Review*, 1, 476-483.
- CHAVLIS, S., PETRANTONAKIS, P. C. & POIRAZI, P. 2017. Dendrites of dentate gyrus granule cells contribute to pattern separation by controlling sparsity. *Hippocampus*, 27, 89-110.
- CHUN, M. M. 2000. Contextual cueing of visual attention. *Trends Cogn Sci*, 4, 170-178.
- CHUN, M. M. & JIANG, Y. 1998. Contextual cueing: implicit learning and memory of visual context guides spatial attention. *Cogn Psychol*, 36, 28-71.
- CLARK, S. E. & GRONLUND, S. D. 1996. Global matching models of recognition memory: How the models match the data. *Psychon Bull Rev*, 3, 37-60.
- COHEN, J. 1977. CHAPTER 2 - The t Test for Means. In: COHEN, J. (ed.) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Academic Press.
- COWAN, N. 2008. What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in brain research*, 169, 323-338.
- CRAIK, F. I. M. & LOCKHART, R. S. 1972. Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- CRAIK, F. I. M. & TULVING, E. 1975. *Depth of Processing and the Retention of Words in Episodic Memory*.
- DARBY, K., BURLING, J. & YOSHIDA, H. 2014. The Role of Search Speed in the Contextual Cueing of Children's Attention. *Cognitive development*, 29, 17-29.
- DARWIN, C. J., TURVEY, M. T. & CROWDER, R. G. 1972. An auditory analogue of the sperling partial report procedure: Evidence for brief auditory storage. *Cognitive Psychology*, 3, 255-267.
- DATICHE, F. & CATTARELLI, M. 1996. Catecholamine innervation of the piriform cortex: a tracing and immunohistochemical study in the rat. *Brain Res*, 710, 69-78.
- DAVACHI, L., MITCHELL, J. P. & WAGNER, A. D. 2003. Multiple routes to memory: distinct medial temporal lobe processes build item and source memories. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 100, 2157-62.
- DE QUERVAIN, D. J., ROOZENDAAL, B. & MCGAUGH, J. L. 1998. Stress and glucocorticoids impair retrieval of long-term spatial memory. *Nature*, 394, 787-90.
- DIEKELMANN, S. & BORN, J. 2010. The memory function of sleep. *Nat Rev Neurosci*, 11, 114-26.
- DOBBS, A. R. & RULE, B. G. 1989. Adult age differences in working memory. *Psychol Aging*, 4, 500-3.
- DONOHUE, K. C. & SPENCER, R. M. C. 2011. Continuous Re-Exposure to Environmental Sound Cues During Sleep Does Not Improve Memory for Semantically Unrelated Word Pairs. *Journal of cognitive education and psychology : JCEP*, 10, 167-177.

- DRUMMOND, S. P., BISCHOFF-GRETHER, A., DINGES, D. F., AYALON, L., MEDNICK, S. C. & MELOY, M. J. 2005. The neural basis of the psychomotor vigilance task. *Sleep*, 28, 1059-68.
- EBBINGHAUS, H. 1885. *Über das Gedächtnis : Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*, Leipzig, Duncker & Humblot.
- EICH, J. E. 1995. Mood as a mediator of place dependent memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 293-308.
- EICH, J. E., WEINGARTNER, H., STILLMAN, R. C. & GILLIN, J. C. 1975. State-dependent accessibility of retrieval cues in the retention of a categorized list. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 408-417.
- EICH, J. M. 1982. A composite holographic associative recall model. *Psychological Review*, 89, 627-661.
- EICHENBAUM, H. 2004. Hippocampus. *Neuron*, 44, 109-120.
- ERDELYI, M. H. & KLEINBARD, J. 1978. Has Ebbinghaus decayed with time? The growth of recall (hypermnnesia) over days. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 275-289.
- FANSELOW, M. S. 1990. Factors governing one-trial contextual conditioning. *Animal Learning & Behavior*, 18, 264-270.
- FELD, G. B. & BORN, J. 2017. Sculpting memory during sleep: concurrent consolidation and forgetting. *Curr Opin Neurobiol*, 44, 20-27.
- FELD, G. B., WEIS, P. P. & BORN, J. 2016. The Limited Capacity of Sleep-Dependent Memory Consolidation. *Front Psychol*, 7, 1368.
- FENN, K. M., NUSBAUM, H. C. & MARGOLIASH, D. 2003. Consolidation during sleep of perceptual learning of spoken language. *Nature*, 425, 614-6.
- FERNANDEZ, A. & GLENBERG, A. M. 1985. Changing environmental context does not reliably affect memory. *Memory & Cognition*, 13, 333-345.
- FIEBIG, F. & LANSNER, A. 2014. Memory consolidation from seconds to weeks: a three-stage neural network model with autonomous reinstatement dynamics. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 8, 64.
- FLAVELL, J. H., MILLER, P. H. & MILLER, S. A. 2002. *Cognitive development*, Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall.
- FRANKLAND, P. W. & BONTEMPI, B. 2005. The organization of recent and remote memories. *Nat Rev Neurosci*, 6, 119-30.
- GAIS, S. & BORN, J. 2004. Declarative memory consolidation: Mechanisms acting during human sleep. *Learning & Memory*, 11, 679-685.
- GARTMAN, L. M. & JOHNSON, N. F. 1972. Massed versus distributed repetition of homographs: A test of the differential-encoding hypothesis. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 801-808.
- GERSTNER, J. R. & YIN, J. C. 2010. Circadian rhythms and memory formation. *Nat Rev Neurosci*, 11, 577-88.
- GLENBERG, A. M. 1979. Component-levels theory of the effects of spacing of repetitions on recall and recognition. *Memory & Cognition*, 7, 95-112.
- GLENBERG, A. M. 1997. What memory is for. *Behav Brain Sci*, 20, 1-19; discussion 19-55.

- GLENBERG, A. M., BRADLEY, M. M., STEVENSON, J. A., KRAUS, T. A., TKACHUK, M. J., GRETZ, A. L., FISH, J. H. & TURPIN, B. M. 1980. A two-process account of long-term serial position effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 355-369.
- GODDEN, D. R. & BADDELEY, A. D. 1975. Context-dependent memory in two natural environments: on land and underwater. *British Journal of Psychology*, 66, 325-331.
- GOOD, M. & BANNERMAN, D. 1997. Differential effects of ibotenic acid lesions of the hippocampus and blockade of N-methyl-D-aspartate receptor-dependent long-term potentiation on contextual processing in rats. *Behav Neurosci*, 111, 1171-83.
- GOODWIN, D. W., POWELL, B., BREMER, D., HOINE, H. & STERN, J. 1969. Alcohol and recall: state-dependent effects in man. *Science*, 163, 1358-60.
- GOSCHKE, T. 2013. Kognitive Neurowissenschaften des Gedächtnisses: Multiple Gedächtnissysteme Technische Universität Dresden. Fachrichtung Psychologie.
- HANCZAKOWSKI, M., ZAWADZKA, K., COLLIE, H. & MACKEN, B. 2017. Metamemory in a Familiar Place: The Effects of Environmental Context on Feeling of Knowing. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 43, 59-71.
- HARDT, O., NADER, K. & NADEL, L. 2013. Decay happens: the role of active forgetting in memory. *Trends Cogn Sci*, 17, 111-20.
- HASSELMO, M. E. & WYBLE, B. P. 1997. Free recall and recognition in a network model of the hippocampus: simulating effects of scopolamine on human memory function. *Behav Brain Res*, 89, 1-34.
- HENKE, K., BUCK, A., WEBER, B. & WIESER, H. G. 1997. Human hippocampus establishes associations in memory. *Hippocampus*, 7, 249-56.
- HENKE, K., WEBER, B., KNEIFEL, S., WIESER, H. G. & BUCK, A. 1999. Human hippocampus associates information in memory. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 96, 5884-9.
- HEWITT, K. 1977. Context effects in memory: A review. Cambridge University Psychological Laboratory.
- HINTZMAN, D. L. 1984. MINERVA 2: A simulation model of human memory. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 16, 96-101.
- HIRASE, H., LEINEKUGEL, X., CZURKO, A., CSICSVARI, J. & BUZSAKI, G. 2001. Firing rates of hippocampal neurons are preserved during subsequent sleep episodes and modified by novel awake experience. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 98, 9386-90.
- HIRSH, R. 1974. The hippocampus and contextual retrieval of information from memory: A theory. *Behavioral Biology*, 12, 421-444.
- HOCKEY, G., DAVIES, S. & GRAY, M. M. 1972. *Forgetting as a function of sleep at different times of day*.
- HODDES, E., ZARCONE, V., SMYTHE, H., PHILLIPS, R. & DEMENT, W. C. 1973. Quantification of sleepiness: a new approach. *Psychophysiology*, 10, 431-6.
- HONEY, R. C. & GOOD, M. 1993. Selective hippocampal lesions abolish the contextual specificity of latent inhibition and conditioning. *Behav Neurosci*, 107, 23-33.

- HONEY, R. C., WATT, A. & GOOD, M. 1998. *Hippocampal lesions disrupt an associative mismatch process*.
- HUNSAKER, M. R. & KESNER, R. P. 2013. The operation of pattern separation and pattern completion processes associated with different attributes or domains of memory. *Neurosci Biobehav Rev*, 37, 36-58.
- JEFFERY, K. J. 2007. Integration of the sensory inputs to place cells: what, where, why, and how? *Hippocampus*, 17, 775-85.
- JENKINS, J. G. & DALLENBACH, K. M. 1924. Obliviscence during Sleep and Waking. *The American Journal of Psychology*, 35, 605-612.
- JOHNSON, M. K., HASHTROUDI, S. & LINDSAY, D. S. 1993. Source monitoring. *Psychol Bull*, 114, 3-28.
- JOHNSON, M. P., DUFFY, J. F., DIJK, D. J., RONDA, J. M., DYAL, C. M. & CZEISLER, C. A. 1992. Short-term memory, alertness and performance: a reappraisal of their relationship to body temperature. *J Sleep Res*, 1, 24-9.
- KIM, J. J. & FANSELOW, M. S. 1992. Modality-specific retrograde amnesia of fear. *Science*, 256, 675-7.
- KINTSCH, W. 1974. *The representation of meaning in memory*, Lawrence Erlbaum Associates; distributed by Halsted Press Division, Wiley, New York.
- KIRSCHBAUM, C. 2008. *Biopsychologie von A bis Z : [inklusive Online-version]*, Heidelberg, Springer-Medizin-Verl.
- KLIX, F. 1977. Strukturelle und Funktionelle Komponenten des Gedächtnisses. In: KLIX, F. & SYDOW, H. (eds.) *Zur Psychologie des Gedächtnisses*. Berlin: Deutscher Verlag d. Wiss.
- KRIZ, G. 2000. *Ausführen von Handlungen als Gedächtnisstrategie für Patienten mit Hirnschädigungen: Einflußgrößen und praktische Anwendung*, Utz, Wiss.
- LEMKE, B. 2003. Nichtbewusste Informationsverarbeitungsprozesse und deren Bedeutung für das Lernen Erwachsener. *REPORT Literatur- und Forschungsreport Weiterbildung: Gehirn und Lernen*, 3/2003, 71 - 83.
- LEWIS, P. A., CRITCHLEY, H. D., SMITH, A. P. & DOLAN, R. J. 2005. Brain mechanisms for mood congruent memory facilitation. *Neuroimage*, 25, 1214-23.
- LEWIS, P. A. & DURRANT, S. J. 2011. Overlapping memory replay during sleep builds cognitive schemata. *Trends Cogn Sci*, 15, 343-51.
- LOFTUS, E. F. 1992. When a Lie Becomes Memory's Truth: Memory Distortion after Exposure to Misinformation. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 121-123.
- MALMBERG, K. J. & SHIFFRIN, R. M. 2005. The "one-shot" hypothesis for context storage. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 31, 322-36.
- MANNS, J. R., HOPKINS, R. O. & SQUIRE, L. R. 2003. Semantic memory and the human hippocampus. *Neuron*, 38, 127-33.
- MARKOWITSCH, H. J. 2006. *Emotionen, Gedächtnis und das Gehirn. Der Einfluß von Streß und Hirnschädigung auf das autobiographische Erinnern*, Stuttgart, Klett-Cotta.
- MARR, D. 1971. Simple memory: a theory for archicortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 262, 23-81.

- MCCLELLAND, J. L., MCNAUGHTON, B. L. & O'REILLY, R. C. 1995. Why there are complementary learning systems in the hippocampus and neocortex: Insights from the successes and failures of connectionist models of learning and memory. *Psychological Review*, 102, 419-457.
- MCKENZIE, W. A. & TIBERGHIE, G. 2004. Context effects in recognition memory: the role of familiarity and recollection. *Conscious Cogn*, 13, 20-38.
- MCNAUGHTON, B. L. & MORRIS, R. G. 1987. *McNaughton, B. L. & Morris, R. G. M. Hippocampal synaptic enhancement and information storage within a distributed memory system. Trends Neurosci.* 10, 408-415.
- MEDNICK, S., NAKAYAMA, K. & STICKGOLD, R. 2003. Sleep-dependent learning: a nap is as good as a night. *Nat Neurosci*, 6, 697-8.
- MEER, E. V. D. 2006. *Langzeitgedächtnis*, Göttingen, Hogrefe Verlag.
- METCALFE, J. & MURDOCK, B. B. 1981. An encoding and retrieval model of single-trial free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 161-189.
- MORRIS, C. D., BRANSFORD, J. D. & FRANKS, J. J. 1977. Levels of processing versus transfer appropriate processing. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 519-533.
- MURDOCK, B. B. 1962. *The Serial Effect of Free Recall*.
- MURDOCK, B. B. 1974. *Human memory : theory and data*, Potomac, Md., Erlbaum.
- MURNANE, K. & PHELPS, M. P. 1993. A global activation approach to the effect of changes in environmental context on recognition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19, 882-894.
- MYERS, D. G. 2014. *Intelligenz*, Berlin ; Heidelberg, Springer.
- MYERS, D. G. & WILSON, J. 2014. *Gedächtnis*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- NADEL, L. & MOSCOVITCH, M. 1997. Memory consolidation, retrograde amnesia and the hippocampal complex. *Curr Opin Neurobiol*, 7, 217-27.
- NADEL, L., SAMSONOVICH, A., RYAN, L. & MOSCOVITCH, M. 2000. Multiple trace theory of human memory: computational, neuroimaging, and neuropsychological results. *Hippocampus*, 10, 352-68.
- NADER, K. 2015. Reconsolidation and the Dynamic Nature of Memory. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 7, a021782.
- NAKAZAWA, K., MCHUGH, T. J., WILSON, M. A. & TONEGAWA, S. 2004. NMDA receptors, place cells and hippocampal spatial memory. *Nat Rev Neurosci*, 5, 361-72.
- NELSON, D. L. 1979. Remembering pictures and words: Appearance, Significance, and Name. In: CERMAK, L. S. & CRAIK, F. I. M. (eds.) *Levels of processing in human memory*. Lawrence Erlbaum Associates.
- NESCA, M. & KOULACK, D. 1994. Recognition memory, sleep and circadian rhythms. *Can J Exp Psychol*, 48, 359-79.
- NIXON, S. J. & KANAK, N. J. 1981. The interactive effects of instructional set and environmental context changes on the serial position effect. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 18, 237-240.
- O'REILLY, R. C. & MCCLELLAND, J. L. 1994. Hippocampal conjunctive encoding, storage, and recall: avoiding a trade-off. *Hippocampus*, 4, 661-82.

- O'REILLY, R. C. & RUDY, J. W. 2001. Conjunctive representations in learning and memory: principles of cortical and hippocampal function. *Psychol Rev*, 108, 311-45.
- OSADA, T., ADACHI, Y., KIMURA, H. M. & MIYASHITA, Y. 2008. Towards understanding of the cortical network underlying associative memory. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363, 2187-2199.
- PAIVIO, A. 1990. *Mental representations : a dual coding approach*, New York [u.a.], Oxford Univ. Pr. [u.a.].
- PAIVIO, A. 2014. *Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach*, Taylor & Francis.
- PARKER, A., DAGNALL, N. & COYLE, A. M. 2007. Environmental context effects in conceptual explicit and implicit memory. *Memory*, 15, 423-34.
- PARKER, A., NGU, H. & CASSADAY, H. J. 2001. Odour and Proustian memory: reduction of context-dependent forgetting and multiple forms of memory. *Applied Cognitive Psychology*, 15, 159-171.
- PAYNE, J. D., STICKGOLD, R., SWANBERG, K. & KENSINGER, E. A. 2008. Sleep preferentially enhances memory for emotional components of scenes. *Psychol Sci*, 19, 781-8.
- PETERSEN, R. C. & JACOB, S. H. 1978. Evidence for the Role of Contexts in Imagery and Recall. *The American Journal of Psychology*, 91, 305-311.
- RAAIJMAKERS, J. G. W. & SHIFFRIN, R. M. 1980. SAM: A Theory of Probabilistic Search of Associative Memory. In: GORDON, H. B. (ed.) *Psychology of Learning and Motivation*. Academic Press.
- RASCH, B., BUCHEL, C., GAIS, S. & BORN, J. 2007. Odor cues during slow-wave sleep prompt declarative memory consolidation. *Science*, 315, 1426-9.
- RICHARDSON, J. 2003. Dual coding versus relational processing in memory for concrete and abstract words. *European Journal of Cognitive Psychology*, 15, 481-509.
- ROEDIGER, H. L. & MCDERMOTT, K. B. 1995. Creating false memories: Remembering words not presented in lists. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21, 803-814.
- ROLLS, E. T. 2013. The mechanisms for pattern completion and pattern separation in the hippocampus. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 74.
- ROSE, M. E. & GRANT, J. E. 2010. Alcohol-induced blackout. Phenomenology, biological basis, and gender differences. *J Addict Med*, 4, 61-73.
- SALTHOUSE, T. A. & PINK, J. E. 2008. Why is working memory related to fluid intelligence? *Psychonomic bulletin & review*, 15, 364-371.
- SAYAL, N. 2015. Exercise training increases size of hippocampus and improves memory PNAS (2011) vol. 108 | no. 7 | 3017–3022. *Annals of Neurosciences*, 22, 107-107.
- SCHAB, F. 1990. *Odors and the Remembrance of Things Past*.
- SCHAPIRO, A. C., TURK-BROWNE, N. B., BOTVINICK, M. M. & NORMAN, K. A. 2017. Complementary learning systems within the hippocampus: a neural network modelling approach to reconciling episodic memory with statistical learning. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372, 20160049.



- SCHENDAN, H. E. & KUTAS, M. 2007. Neurophysiological evidence for transfer appropriate processing of memory: Processing versus feature similarity. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 612-619.
- SCHERMER, F. J. 2006. *Lernen und Gedächtnis*, Stuttgart, W. Kohlhammer GmbH.
- SCHICHL, M. 2011. *Der Schlaf-Effekt im Tagschlafparadigma. Überprüfung der Interferenzhypothese*. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.
- SCHNEIDER, F. & FINK, G. R. 2013. Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie. *SpringerLink : Bücher. 2.*, überarbeitete und aktualisierte Auflage 2013 ed. Berlin, Heidelberg: Springer.
- SHERMAN, S. M. & GUILLERY, R. W. 2002. The role of the thalamus in the flow of information to the cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357, 1695-1708.
- SLOTNICK, S. D., KLEIN, S. A., DODSON, C. S. & SHIMAMURA, A. P. 2000. An analysis of signal detection and threshold models of source memory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*, 26, 1499-517.
- SMITH, C. N. & SQUIRE, L. R. 2009. Medial temporal lobe activity during retrieval of semantic memory is related to the age of the memory. *J Neurosci*, 29, 930-8.
- SMITH, S. M. 1979. Remembering in and out of context. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 460-471.
- SMITH, S. M. 2007. Context and human memory. In: ROEDIGER, H. L., DUDAI, Y. & FITZPATRICK, S. M. (eds.) *Science of memory : concepts*. Oxford: Oxford University Press.
- SMITH, S. M., GLENBERG, A. M. & BJORK, R. A. 1978. Environmental context and human memory. *Memory & Cognition*, 6, 342-353.
- SMITH, S. M. & MANZANO, I. 2010. Video context-dependent recall. *Behav Res Methods*, 42, 292-301.
- SMITH, S. M. & VELA, E. 2001. Environmental context-dependent memory: a review and meta-analysis. *Psychon Bull Rev*, 8, 203-20.
- SPELTING, G. 1960. *The information available in brief visual presentations*. *Psychological Monographs: General and Applied*, 74, 1-29.
- SQUIRE, L. R. 1992a. Declarative and nondeclarative memory: multiple brain systems supporting learning and memory. *J Cogn Neurosci*, 4, 232-43.
- SQUIRE, L. R. 1992b. Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychol Rev*, 99, 195-231.
- SQUIRE, L. R. & ZOLA, S. M. 1996. Structure and function of declarative and nondeclarative memory systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 13515-13522.
- STEYER, R., SCHWENKMEZGER, P., NOTZ, P. & EID, M. 1994. Testtheoretische Analysen des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF). [Theoretical analysis of a multidimensional mood questionnaire (MDBF)]. *Diagnostica*, 40, 320-328.
- STISO, M. E. 2003. *The Role of Transfer-Appropriate Processing in the Effectiveness of Decision-Support Graphics*. Doctor of philosophy, Texas A&M University.
- SVOBODA, E., MCKINNON, M. C. & LEVINE, B. 2006. The functional neuroanatomy of autobiographical memory: A meta-analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2189-2208.

- TAKASHIMA, A., PETERSSON, K. M., RUTTERS, F., TENDOLKAR, I., JENSEN, O., ZWARTS, M. J., MCNAUGHTON, B. L. & FERNANDEZ, G. 2006. Declarative memory consolidation in humans: a prospective functional magnetic resonance imaging study. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 103, 756-61.
- TONONI, G. & CIRELLI, C. 2014. Sleep and the price of plasticity: from synaptic and cellular homeostasis to memory consolidation and integration. *Neuron*, 81, 12-34.
- TREVES, A. & ROLLS, E. T. 1994. Computational analysis of the role of the hippocampus in memory. *Hippocampus*, 4, 374-91.
- TROUCHE, S., PERESTENKO, P. V., VAN DE VEN, G. M., BRATLEY, C. T., MCNAMARA, C. G., CAMPO-URRIZA, N., BLACK, S. L., REIJMERS, L. G. & DUPRET, D. 2016. Recoding a cocaine-place memory engram to a neutral engram in the hippocampus. *Nat Neurosci*, 19, 564-7.
- TSE, D., LANGSTON, R. F., KAKEYAMA, M., BETHUS, I., SPOONER, P. A., WOOD, E. R., WITTER, M. P. & MORRIS, R. G. 2007. Schemas and memory consolidation. *Science*, 316, 76-82.
- TSE, D., TAKEUCHI, T., KAKEYAMA, M., KAJII, Y., OKUNO, H., TOHYAMA, C., BITO, H. & MORRIS, R. G. 2011. Schema-dependent gene activation and memory encoding in neocortex. *Science*, 333, 891-5.
- TULVING, E. 1985. Memory and consciousness. *Canadian Psychology/Psychologie canadienne*, 26, 1-12.
- TULVING, E. 2002. Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol*, 53, 1-25.
- TULVING, E. & OSLER, S. 1968. Effectiveness of retrieval cues in memory for words. *J Exp Psychol*, 77, 593-601.
- TULVING, E. & THOMSON, D. M. 1973. *Encoding Specificity and Retrieval Processes in Episodic Memory*.
- UNDERWOOD, B. J. 1969. Attributes of memory. *Psychological Review*, 76, 559-573.
- VAN KESTEREN, M. T., RIJPKEMA, M., RUITER, D. J. & FERNANDEZ, G. 2010. Retrieval of associative information congruent with prior knowledge is related to increased medial prefrontal activity and connectivity. *J Neurosci*, 30, 15888-94.
- VARGHA-KHADEM, F., GADIAN, D. G., WATKINS, K. E., CONNELLY, A., VAN PAESSCHEN, W. & MISHKIN, M. 1997. Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277, 376-80.
- WALKER, M. P., BRAKEFIELD, T., HOBSON, J. A. & STICKGOLD, R. 2003. Dissociable stages of human memory consolidation and reconsolidation. *Nature*, 425, 616-20.
- WALKER, M. P. & STICKGOLD, R. 2006. Sleep, memory, and plasticity. *Annu Rev Psychol*, 57, 139-66.
- WARD, E. V., BERRY, C. J. & SHANKS, D. R. 2013. Age effects on explicit and implicit memory. *Front Psychol*, 4, 639.
- WATKINS, M. J. & WATKINS, O. C. 1976. Cue-overload theory and the method of interpolated attributes. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 7, 289-291.
- WHITLOCK, J. R., HEYNEN, A. J., SHULER, M. G. & BEAR, M. F. 2006. Learning induces long-term potentiation in the hippocampus. *Science*, 313, 1093-7.

- WIRTZ, M. A., DORSCH, F. & STROHMER, J. 2014. *Dorsch - Lexikon der Psychologie*, Bern, Huber.
- WIXTED, J. T. 2004. The psychology and neuroscience of forgetting. *Annu Rev Psychol*, 55, 235-69.
- YANG, G., LAI, C. S., CICHON, J., MA, L., LI, W. & GAN, W. B. 2014. Sleep promotes branch-specific formation of dendritic spines after learning. *Science*, 344, 1173-8.
- YASSA, M. A. & STARK, C. E. 2011. Pattern separation in the hippocampus. *Trends Neurosci*, 34, 515-25.
- ZELANO, C. & SOBEL, N. 2005. Humans as an animal model for systems-level organization of olfaction. *Neuron*, 48, 431-54.

## **Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift**

Die Arbeit wurde im Institut für medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. Jan Born durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Gordon Feld, Postdoc und Marjan Alizadeh-Asfestani, PhD Student.

Die Versuche wurden nach Einarbeitung durch Marjan Alizadeh-Asfestani von mir in Zusammenarbeit mit Marjan Alizadeh-Asfestani durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Anleitung durch Marjan Alizadeh-Asfestani durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 25.12.2018

## Anhang

### Anhang Nr. 1: Anwerbetext für Probanden

Liebe Interessenten,

für einen Versuch am Institut für Medizinische Psychologie und Verhaltensneurobiologie der Uniklinik Tübingen suchen wir derzeit Probanden im Alter zwischen 18 und 30 Jahren. In diesem Versuch wollen wir untersuchen wie der Schlaf zur Festigung des Gedächtnisses und zum Vergessen beiträgt.

Hierzu suchen wir Männer und Frauen mit folgenden Voraussetzungen:

- regelmäßiger Schlaf-Wach-Rhythmus (keine Schichtarbeit)
- mindestens (angestrebte) Fachhochschulreife
- Deutsch auf Muttersprachniveau
- keine regelmäßige Medikamenteneinnahme
- Nichtraucher
- Normalgewichtig
- kein\_e Medizinstudent\_innen
- noch nie an einem Versuch mit Wortpaarlernen teilgenommen
- noch nie an einem Versuch der Medizinischen Fakultät teilgenommen

Versuchsteilnehmer\_innen kommen am Versuchtag zweimal in das Institut für Medizinische Psychologie. Einmal am Morgen von 09:00-11:00 und einmal am Abend 21:00-23:00. In beiden Sitzungen werden Wortpaare gelernt und Fragebögen ausgefüllt. Insgesamt dauert das Experiment maximal 4 Stunden. Als Aufwandsentschädigung gibt es für die Teilnahme am gesamten Versuch 50€. Die personenbezogenen Daten werden anonymisiert bzw. pseudonymisiert, nur zu Forschungszwecken verwendet, vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben. Auf die Freiwilligkeit der Teilnahme wird ausdrücklich hingewiesen. Bitte beachten Sie, dass es für uns wichtig ist, dass sie angeben, ob sie bereits an anderen Gedächtnisexperimenten teilgenommen haben, da unsere Ergebnisse sonst unbrauchbar werden.

## Anhang Nr. 2a: Wortpaarlernen Version 1

## WPL A1-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	GIFT	MORD			
2	VULKAN	EXPLOSION			
3	TÄUSCHUNG	ECHTHEIT			
4	STUHL	SESSEL			
5	INDUSTRIE	BRANCHE			
6	BESITZ	ANTEIL			
7	NORM	MORAL			
8	MEINEID	EHRENHAFTIGKEIT			
9	ANSICHT	MEINUNG			
10	LEIDENSCHAFT	KUSS			
11	APFEL	PFIRSICH			
12	DAMPF	LOKOMOTIVE			
13	HELDENMUT	TAPFERKEIT			
14	FORDERUNG	GEHALT			
15	PAPIER	BRIEF			
16	GEBÄUDE	HOTEL			
17	GEIST	FLASCHE			
18	GEDÄCHTNIS	ELEFANT			
19	GESUNDHEIT	IMPfung			
20	LARVE	RAUPE			
21	STOLZ	RUHM			
22	ZEIT	URSPRUNG			
23	ARMUT	ELEND			
24	RICHTER	GERECHTIGKEIT			
25	ZWIELICHT	UNTERWELT			
26	BEWEIS	TATSACHE			
27	ALKOHOL	OPIUM			
28	SEGEN	SCHÖPFER			
29	PUDDING	SÜSSIGKEITEN			
30	TAT	ABSICHT			
31	VERGLEICH	GLEICHNIS			
32	CHANCE	BEGEGNUNG			
33	AUTO	PRESTIGE			
34	ERDGESCHOSS	DACHBODEN			
35	PROFIL	PHOTOGRAPHIE			
36	JUNGE	MÄDCHEN			
37	WOLLE	KLEIDUNG			
38	DEFINITION	KONZEPT			
39	GESCHREI	PANIK			
40	PLAN	GROSSSTADT			

## WPL B1-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	PELZ	FUCHS			
2	MASCHINE	APPARAT			
3	STILLE	EINSAMKEIT			
4	STURM	WINDHAUCH			
5	BERUF	ANERKENNUNG			
6	CHAOS	STRUKTUR			
7	ZEITUNG	DRUCK			
8	BARGELD	WERT			
9	FORM	KREIS			
10	ABSPRACHE	VERTRAG			
11	GEHIRN	BEWUSSTSEIN			
12	NUTZEN	KOSTEN			
13	KUGEL	QUADRAT			
14	STERN	WEIHNACHTEN			
15	BECHER	KAFFEE			
16	VOGEL	KATZE			
17	STAUB	SAUBERKEIT			
18	TRINKSPRUCH	SPRICHWORT			
19	ERDE	STEIN			
20	INFORMATION	INHALT			
21	DEMOKRATIE	SYSTEM			
22	LÖSUNG	PROBLEM			
23	SÄNGER	KÜNSTLER			
24	BEDÜRFNIS	WERBUNG			
25	SPASS	FEIER			
26	SKLAVE	KÖNIG			
27	GRUNDRECHT	VERFASSUNG			
28	URHEBER	KAUSALITÄT			
29	MANGEL	VERZICHT			
30	BEGRIFF	BEDEUTUNG			
31	NÄSSE	GEWITTER			
32	EINGEBUNG	IDEE			
33	RÜSTUNG	ANGRIFF			
34	EMPFEHLUNG	RAT			
35	FIGUR	BRETT			
36	RÜCKSCHRITT	VERGANGENHEIT			
37	ANEKDOTE	WITZ			
38	FÄHIGKEIT	VERANLAGUNG			
39	SCHAMGEFÜHL	KÖRPER			
40	PUPPE	KIND			

## WPL C1-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	UFER	DAMM			
2	WEIN	BLUME			
3	GEBIRGE	EDELWEISS			
4	WINTER	UNFALL			
5	EISENBAHN	SCHIENE			
6	REIZ	LICHT			
7	TONNE	REGEN			
8	FLUGZEUG	TOMATENSaft			
9	HERD	FEUER			
10	TANNE	RINDE			
11	SCHACH	TURM			
12	ZEUS	HADES			
13	VERORDNUNG	BESCHIED			
14	HOCHZEIT	ALTAR			
15	GEFÄNGNIS	VERGEHEN			
16	NACHT	SCHEINWERFER			
17	REVOLVER	KALIBER			
18	KAMPF	SIEG			
19	THEATER	REIHE			
20	RINGE	BAUM			
21	ARZT	PRAXIS			
22	ENERGIE	ÖL			
23	NÄHEN	KREUZSTICH			
24	SPIELZEUG	PLASTIK			
25	AQUARELL	GALERIE			
26	KÜCHE	EIMER			
27	MUSEUM	ÄGYPTEN			
28	BIBLIOTHEK	SIGNATUR			
29	GRILLEN	SOMMER			
30	BUCH	SCHRIFTSTELLER			
31	ORKAN	WIRBEL			
32	SCHMIED	HUFEISEN			
33	LADEN	REKLAME			
34	MUSKEL	SEHNE			
35	KÜSTE	DÜNE			
36	INSEKT	LIBELLE			
37	STRAUSS	TULPEN			
38	FISCH	SCHUPPEN			
39	LABOR	PIPETTE			
40	RADIO	STIMME			



## WPL A1-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	HELDENMUT	TAPFERKEIT			
2	AUTO	PRESTIGE			
3	SEGEN	SCHÖPFER			
4	ERDGESCHOSS	DACHBODEN			
5	VULKAN	EXPLOSION			
6	APFEL	PFIRSICH			
7	TÄUSCHUNG	ECHTHEIT			
8	DAMPF	LOKOMOTIVE			
9	FORDERUNG	GEHALT			
10	ZEIT	URSPRUNG			
11	GEIST	FLASCHE			
12	VERGLEICH	GLEICHNIS			
13	BEWEIS	TATSACHE			
14	GESCHREI	PANIK			
15	PLAN	GROSSSTADT			
16	ZWIELICHT	UNTERWELT			
17	TAT	ABSICHT			
18	MEINEID	EHRENHAFTIGKEIT			
19	PUDDING	SÜSSIGKEITEN			
20	WOLLE	KLEIDUNG			
21	GEDÄCHTNIS	ELEFANT			
22	PROFIL	PHOTOGRAPHIE			
23	LEIDENSCHAFT	KUSS			
24	BESITZ	ANTEIL			
25	ARMUT	ELEND			
26	DEFINITION	KONZEPT			
27	GESUNDHEIT	IMPfung			
28	ANSICHT	MEINUNG			
29	GIFT	MORD			
30	NORM	MORAL			
31	STOLZ	RUHM			
32	STUHL	SESSEL			
33	RICHTER	GERECHTIGKEIT			
34	ALKOHOL	OPIUM			
35	CHANCE	BEGEGNUNG			
36	LARVE	RAUPE			
37	GEBÄUDE	HOTEL			
38	PAPIER	BRIEF			
39	INDUSTRIE	BRANCHE			
40	JUNGE	MÄDCHEN			

## WPL B1-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	VOGEL	KATZE			
2	NÄSSE	GEWITTER			
3	ERDE	STEIN			
4	SKLAVE	KÖNIG			
5	INFORMATION	INHALT			
6	ABSPRACHE	VERTRAG			
7	URHEBER	KAUSALITÄT			
8	SPASS	FEIER			
9	CHAOS	STRUKTUR			
10	SÄNGER	KÜNSTLER			
11	KUGEL	QUADRAT			
12	BEGRIFF	BEDEUTUNG			
13	TRINKSPRUCH	SPRICHWORT			
14	BECHER	KAFFEE			
15	GRUNDRECHT	VERFASSUNG			
16	DEMOKRATIE	SYSTEM			
17	PELZ	FUCHS			
18	STERN	WEIHNACHTEN			
19	BERUF	ANERKENNUNG			
20	EMPFEHLUNG	RAT			
21	EINGEBUNG	IDEE			
22	GEHIRN	BEWUSSTSEIN			
23	MASCHINE	APPARAT			
24	FORM	KREIS			
25	ANEKDOTE	WITZ			
26	BARGELD	WERT			
27	ZEITUNG	DRUCK			
28	STILLE	EINSAMKEIT			
29	FÄHIGKEIT	VERANLAGUNG			
30	FIGUR	BRETT			
31	PUPPE	KIND			
32	SCHAMGEFÜHL	KÖRPER			
33	STURM	WINDHAUCH			
34	RÜCKSCHRITT	VERGANGENHEIT			
35	LÖSUNG	PROBLEM			
36	RÜSTUNG	ANGRIFF			
37	BEDÜRFNIS	WERBUNG			
38	STAUB	SAUBERKEIT			
39	MANGEL	VERZICHT			
40	NUTZEN	KOSTEN			

## WPL C1-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	KÜSTE	DÜNE			
2	ZEUS	HADES			
3	BIBLIOTHEK	SIGNATUR			
4	ORKAN	WIRBEL			
5	LADEN	REKLAME			
6	UFER	DAMM			
7	VERORDNUNG	BESCHIED			
8	WEIN	BLUME			
9	WINTER	UNFALL			
10	SPIELZEUG	PLASTIK			
11	MUSEUM	ÄGYPTEN			
12	KÜCHE	EIMER			
13	REVOLVER	KALIBER			
14	INSEKT	LIBELLE			
15	EISENBAHN	SCHIENE			
16	RINGE	BAUM			
17	LABOR	PIPETTE			
18	SCHMIED	HUFEISEN			
19	RADIO	STIMME			
20	SCHACH	TURM			
21	GEBIRGE	EDELWEISS			
22	NACHT	SCHEINWERFER			
23	GRILLEN	SOMMER			
24	NÄHEN	KREUZSTICH			
25	GEFÄNGNIS	VERGEHEN			
26	BUCH	SCHRIFTSTELLER			
27	REIZ	LICHT			
28	HOCHZEIT	ALTAR			
29	FISCH	SCHUPPEN			
30	HERD	FEUER			
31	FLUGZEUG	TOMATENSaft			
32	MUSKEL	SEHNE			
33	STRAUSS	TULPEN			
34	THEATER	REIHE			
35	ARZT	PRAXIS			
36	AQUARELL	GALERIE			
37	TANNE	RINDE			
38	TONNE	REGEN			
39	KAMPF	SIEG			
40	ENERGIE	ÖL			

## WPL A1-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	LARVE	RAUPE			
2	AUTO	PRESTIGE			
3	LEIDENSCHAFT	KUSS			
4	STOLZ	RUHM			
5	ZEIT	URSPRUNG			
6	HELDENMUT	TAPFERKEIT			
7	PROFIL	PHOTOGRAPHIE			
8	CHANCE	BEGEGNUNG			
9	GEIST	FLASCHE			
10	GEDÄCHTNIS	ELEFANT			
11	ZWIELICHT	UNTERWELT			
12	PLAN	GROSSSTADT			
13	PAPIER	BRIEF			
14	GESCHREI	PANIK			
15	SEGEN	SCHÖPFER			
16	PUDDING	SÜSSIGKEITEN			
17	GESUNDHEIT	IMPFUNG			
18	JUNGE	MÄDCHEN			
19	DAMPF	LOKOMOTIVE			
20	ARMUT	ELEND			
21	WOLLE	KLEIDUNG			
22	APFEL	PFIRSICH			
23	BESITZ	ANTEIL			
24	ERDGESCHOSS	DACHBODEN			
25	BEWEIS	TATSACHE			
26	VULKAN	EXPLOSION			
27	INDUSTRIE	BRANCHE			
28	STUHL	SESSEL			
29	NORM	MORAL			
30	ANSICHT	MEINUNG			
31	GEBÄUDE	HOTEL			
32	TAT	ABSICHT			
33	DEFINITION	KONZEPT			
34	MEINEID	EHRENHAFTIGKEIT			
35	GIFT	MORD			
36	ALKOHOL	OPIUM			
37	TÄUSCHUNG	ECHTHEIT			
38	FORDERUNG	GEHALT			
39	RICHTER	GERECHTIGKEIT			
40	VERGLEICH	GLEICHNIS			

## WPL B1-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	BEDÜRFNIS	WERBUNG			
2	FIGUR	BRETT			
3	GEHIRN	BEWUSSTSEIN			
4	SCHAMGEFÜHL	KÖRPER			
5	PELZ	FUCHS			
6	VOGEL	KATZE			
7	RÜCKSCHRITT	VERGANGENHEIT			
8	STAUB	SAUBERKEIT			
9	RÜSTUNG	ANGRIFF			
10	STERN	WEIHNACHTEN			
11	KUGEL	QUADRAT			
12	TRINKSPRUCH	SPRICHWORT			
13	GRUNDRECHT	VERFASSUNG			
14	ABSPRACHE	VERTRAG			
15	ANEKDOTE	WITZ			
16	LÖSUNG	PROBLEM			
17	PUPPE	KIND			
18	ZEITUNG	DRUCK			
19	NUTZEN	KOSTEN			
20	INFORMATION	INHALT			
21	DEMOKRATIE	SYSTEM			
22	FORM	KREIS			
23	STURM	WINDHAUCH			
24	BECHER	KAFFEE			
25	ERDE	STEIN			
26	BEGRIFF	BEDEUTUNG			
27	EMPFEHLUNG	RAT			
28	NÄSSE	GEWITTER			
29	EINGEBUNG	IDEE			
30	MASCHINE	APPARAT			
31	MANGEL	VERZICHT			
32	STILLE	EINSAMKEIT			
33	SÄNGER	KÜNSTLER			
34	URHEBER	KAUSALITÄT			
35	SPASS	FEIER			
36	SKLAVE	KÖNIG			
37	BERUF	ANERKENNUNG			
38	BARGELD	WERT			
39	FÄHIGKEIT	VERANLAGUNG			
40	CHAOS	STRUKTUR			

## WPL C1-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	ARZT	PRAXIS			
2	FISCH	SCHUPPEN			
3	TANNE	RINDE			
4	LADEN	REKLAME			
5	TONNE	REGEN			
6	UFER	DAMM			
7	KAMPF	SIEG			
8	GEBIRGE	EDELWEISS			
9	INSEKT	LIBELLE			
10	NACHT	SCHEINWERFER			
11	WINTER	UNFALL			
12	ENERGIE	ÖL			
13	RADIO	STIMME			
14	RINGE	BAUM			
15	GRILLEN	SOMMER			
16	VERORDNUNG	BESCHIED			
17	STRAUSS	TULPEN			
18	ORKAN	WIRBEL			
19	HERD	FEUER			
20	NÄHEN	KREUZSTICH			
21	MUSKEL	SEHNE			
22	BUCH	SCHRIFTSTELLER			
23	GEFÄNGNIS	VERGEHEN			
24	SPIELZEUG	PLASTIK			
25	EISENBAHN	SCHIENE			
26	THEATER	REIHE			
27	REVOLVER	KALIBER			
28	LABOR	PIPETTE			
29	HOCHZEIT	ALTAR			
30	FLUGZEUG	TOMATENSaft			
31	REIZ	LICHT			
32	MUSEUM	ÄGYPTEN			
33	SCHMIED	HUFEISEN			
34	AQUARELL	GALERIE			
35	WEIN	BLUME			
36	SCHACH	TURM			
37	KÜCHE	EIMER			
38	ZEUS	HADES			
39	BIBLIOTHEK	SIGNATUR			
40	KÜSTE	DÜNE			

## Anhang Nr. 2b: Wortpaarlernen Version 2

## WPL A2-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	ZIMMER	ECKE			
2	BEGABUNG	VERERBUNG			
3	GRUPPE	VERSAMMLUNG			
4	ANDEUTUNG	VERDACHT			
5	ZIEL	RICHTUNG			
6	VERRAT	TREUE			
7	SALAT	GARTEN			
8	MERKMAL	DETAIL			
9	POLIZIST	WACHE			
10	ANGST	SCHLANGE			
11	DIAMANT	GOLD			
12	BESESSENHEIT	TEUFEL			
13	MOOR	SUMPF			
14	HIMMEL	FIRMAMENT			
15	LAUNE	HUMOR			
16	MÖNCH	NONNE			
17	ANGEBOT	MARKT			
18	STIRN	KINN			
19	NAGEL	METALL			
20	ANFÜHRER	CHEF			
21	DICKICHT	WALD			
22	FAHNE	EROBERUNG			
23	GENUSS	ZIGARRE			
24	SCHÜLER	DOZENT			
25	LABYRINTH	SUCHE			
26	BETTLER	UNGLÜCK			
27	AUFGABE	ERLEDIGUNG			
28	GESCHICHTE	ENTWICKLUNG			
29	ERGÄNZUNG	ZUSATZ			
30	SAUERSTOFF	LUFT			
31	SCHLEMMER	LECKERBISSEN			
32	ERFORSCHUNG	PATENT			
33	GÖTTIN	GEBET			
34	MUSIKER	AKKORDEON			
35	DIENER	HALTUNG			
36	BETRAG	WECHSEL			
37	GEDICHT	LIEBE			
38	THEORIE	AUSNAHME			
39	GLÜCK	ZUFALL			
40	KLIPPE	ABGRUND			

## WPL B2-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	BLICK	PERSPEKTIVE			
2	MALER	PIANIST			
3	VERLUST	ABNAHME			
4	KRITIK	ZWEIFEL			
5	FREUND	VERTRAUEN			
6	ZUWACHS	FORTSCHRITT			
7	GRAS	VIEH			
8	BERG	HÜTTE			
9	GESPENST	ERSCHEINUNG			
10	ILLUSION	WAHRNEHMUNG			
11	EHE	VERLOBUNG			
12	KOMÖDIE	DRAMA			
13	TIER	FROSCH			
14	HAUT	BLUT			
15	SEEGANG	DAMPFER			
16	KRITERIUM	AUSWAHL			
17	VERSCHLEIERUNG	KOPFTUCH			
18	SCHMETTERLING	BLÜTE			
19	GEISEL	GEFANGENER			
20	BEGRÜSSUNG	FREUNDLICHKEIT			
21	ANSTAND	SITTE			
22	MACHT	HERRSCHER			
23	BUNGALOW	SIEDLUNG			
24	GNADE	BARMHERZIGKEIT			
25	DISZIPLIN	GEHORSAM			
26	FRAGE	EINWAND			
27	SCHICKSAL	IRONIE			
28	UHR	KIRCHE			
29	TAL	WIESE			
30	SPRACHE	AKUSTIK			
31	HÄRTE	KRAFT			
32	TRAUM	WIRKLICHKEIT			
33	ERLÖSUNG	HIMMELREICH			
34	PRÜFUNG	MISSERFOLG			
35	ANFORDERUNG	SCHWIERIGKEIT			
36	AUSWERTUNG	ERGEBNIS			
37	DÄMMERUNG	MORGENGRAUEN			
38	NEFFE	GROSSMUTTER			
39	FASS	KELLER			
40	POSTKUTSCHE	PFERD			



## WPL C2-R1

## Abruf 1

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	KRUG	BIER			
2	GELENK	KEULE			
3	BRÜCKE	SAN FRANCISCO			
4	MAUER	BRÜSTUNG			
5	ORCHESTER	KONZERT			
6	GLAUBE	BIBEL			
7	AUFSTAND	REBELLION			
8	HEFT	NOTE			
9	KAUFHAUS	SCHAUFENSTER			
10	INSTRUMENT	OBOE			
11	MÖBEL	LEHNE			
12	FLOCKEN	SCHNEE			
13	GESICHT	MASKE			
14	ANGABE	ZEUGE			
15	TROPEN	AMAZONAS			
16	REISE	KONTINENT			
17	SCHIFF	DOCK			
18	BAHNHOF	KIOSK			
19	SCHULE	HOLZ			
20	RIESE	SCHRITT			
21	BÜNDNIS	PAKT			
22	NATUR	PFLANZE			
23	ZÜGEL	WENDE			
24	INFEKTION	SCHMERZEN			
25	SPORT	SCHWEISS			
26	FAHRRAD	PEDAL			
27	SCHAUSPIEL	BÜHNE			
28	STIFT	KAPPE			
29	PINSEL	LEINWAND			
30	HEER	INFANTERIE			
31	AUFTRAG	ARBEIT			
32	FABRIK	PRODUKTION			
33	REPTIL	ECHSE			
34	EREIGNIS	FEST			
35	GETREIDE	DINKEL			
36	STRASSE	TEER			
37	WEBER	KAMM			
38	FAHRZEUG	KETTE			
39	VERLETZUNG	SCHORF			
40	FLOTTE	DECK			

## WPL A2-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	LAUNE	HUMOR			
2	BETRAG	WECHSEL			
3	STIRN	KINN			
4	GEDICHT	LIEBE			
5	HIMMEL	FIRMAMENT			
6	GRUPPE	VERSAMMLUNG			
7	GÖTTIN	GEBET			
8	DIENER	HALTUNG			
9	SCHÜLER	DOZENT			
10	GENUSS	ZIGARRE			
11	NAGEL	METALL			
12	SCHLEMMER	LECKERBISSEN			
13	VERRAT	TREUE			
14	SALAT	GARTEN			
15	FAHNE	EROBERUNG			
16	GLÜCK	ZUFALL			
17	ANGST	SCHLANGE			
18	AUFGABE	ERLEDIGUNG			
19	BETTLER	UNGLÜCK			
20	ANDEUTUNG	VERDACHT			
21	THEORIE	AUSNAHME			
22	BESESSENHEIT	TEUFEL			
23	DIAMANT	GOLD			
24	BEGABUNG	VERERBUNG			
25	ERFORSCHUNG	PATENT			
26	DICKICHT	WALD			
27	SAUERSTOFF	LUFT			
28	ANGEBOT	MARKT			
29	ZIMMER	ECKE			
30	MERKMAL	DETAIL			
31	ZIEL	RICHTUNG			
32	MOOR	SUMPF			
33	GESCHICHTE	ENTWICKLUNG			
34	MÖNCH	NONNE			
35	ERGÄNZUNG	ZUSATZ			
36	ANFÜHRER	CHEF			
37	LABYRINTH	SUCHE			
38	KLIPPE	ABGRUND			
39	MUSIKER	AKKORDEON			
40	POLIZIST	WACHE			

## WPL B2-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	GRAS	VIEH			
2	ERLÖSUNG	HIMMELREICH			
3	ILLUSION	WAHRNEHMUNG			
4	SPRACHE	AKUSTIK			
5	UHR	KIRCHE			
6	KRITERIUM	AUSWAHL			
7	ZUWACHS	FORTSCHRITT			
8	BEGRÜSSUNG	FREUNDLICHKEIT			
9	HÄRTE	KRAFT			
10	POSTKUTSCHE	PFERD			
11	SEEGANG	DAMPFER			
12	FASS	KELLER			
13	FRAGE	EINWAND			
14	BERG	HÜTTE			
15	VERLUST	ABNAHME			
16	TIER	FROSCH			
17	BLICK	PERSPEKTIVE			
18	SCHICKSAL	IRONIE			
19	BUNGALOW	SIEDLUNG			
20	MALER	PIANIST			
21	GNADE	BARMHERZIGKEIT			
22	TRAUM	WIRKLICHKEIT			
23	AUSWERTUNG	ERGEBNIS			
24	FREUND	VERTRAUEN			
25	KOMÖDIE	DRAMA			
26	GEISEL	GEFANGENER			
27	GESPENST	ERSCHEINUNG			
28	KRITIK	ZWEIFEL			
29	PRÜFUNG	MISSERFOLG			
30	VERSCHLEIERUNG	KOPFTUCH			
31	ANSTAND	SITTE			
32	EHE	VERLOBUNG			
33	HAUT	BLUT			
34	SCHMETTERLING	BLÜTE			
35	ANFORDERUNG	SCHWIERIGKEIT			
36	DISZIPLIN	GEHORSAM			
37	DÄMMERUNG	MORGENGRAUEN			
38	MACHT	HERRSCHER			
39	TAL	WIESE			
40	NEFFE	GROSSMUTTER			

## WPL C2-R2

## Abruf 2

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	GESICHT	MASKE			
2	HEFT	NOTE			
3	INSTRUMENT	OBOE			
4	SCHIFF	DOCK			
5	ANGABE	ZEUGE			
6	RIESE	SCHRITT			
7	MÖBEL	LEHNE			
8	FLOTTE	DECK			
9	GLAUBE	BIBEL			
10	STIFT	KAPPE			
11	BÜNDNIS	PAKT			
12	FLOCKEN	SCHNEE			
13	SCHAUSPIEL	BÜHNE			
14	BRÜCKE	SAN FRANCISCO			
15	ORCHESTER	KONZERT			
16	FAHRRAD	PEDAL			
17	STRASSE	TEER			
18	NATUR	PFLANZE			
19	HEER	INFANTERIE			
20	INFEKTION	SCHMERZEN			
21	FAHRZEUG	KETTE			
22	AUFSTAND	REBELLION			
23	MAUER	BRÜSTUNG			
24	SCHULE	HOLZ			
25	AUFTRAG	ARBEIT			
26	ZÜGEL	WENDE			
27	KAUFHAUS	SCHAUFENSTER			
28	SPORT	SCHWEISS			
29	EREIGNIS	FEST			
30	KRUG	BIER			
31	REISE	KONTINENT			
32	FABRIK	PRODUKTION			
33	WEBER	KAMM			
34	VERLETZUNG	SCHORF			
35	REPTIL	ECHSE			
36	BAHNHOF	KIOSK			
37	PINSEL	LEINWAND			
38	GELENK	KEULE			
39	GETREIDE	DINKEL			
40	TROPEN	AMAZONAS			

## WPL A2-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	ERFORSCHUNG	PATENT			
2	ANGST	SCHLANGE			
3	LABYRINTH	SUCHE			
4	ERGÄNZUNG	ZUSATZ			
5	GLÜCK	ZUFALL			
6	GESCHICHTE	ENTWICKLUNG			
7	GEDICHT	LIEBE			
8	ANGEBOT	MARKT			
9	STIRN	KINN			
10	MUSIKER	AKKORDEON			
11	DICKICHT	WALD			
12	BESESSENHEIT	TEUFEL			
13	DIENER	HALTUNG			
14	AUFGABE	ERLEDIGUNG			
15	SAUERSTOFF	LUFT			
16	VERRAT	TREUE			
17	KLIPPE	ABGRUND			
18	GENUSS	ZIGARRE			
19	GÖTTIN	GEBET			
20	BETRAG	WECHSEL			
21	HIMMEL	FIRMAMENT			
22	MERKMAL	DETAIL			
23	BEGABUNG	VERERBUNG			
24	ANDEUTUNG	VERDACHT			
25	ZIEL	RICHTUNG			
26	ANFÜHRER	CHEF			
27	MOOR	SUMPF			
28	FAHNE	EROBERUNG			
29	MÖNCH	NONNE			
30	POLIZIST	WACHE			
31	ZIMMER	ECKE			
32	DIAMANT	GOLD			
33	GRUPPE	VERSAMMLUNG			
34	LAUNE	HUMOR			
35	SCHLEMMER	LECKERBISSEN			
36	BETTLER	UNGLÜCK			
37	NAGEL	METALL			
38	THEORIE	AUSNAHME			
39	SALAT	GARTEN			
40	SCHÜLER	DOZENT			

## WPL B2-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	GNADE	BARMHERZIGKEIT			
2	UHR	KIRCHE			
3	SCHMETTERLING	BLÜTE			
4	EHE	VERLOBUNG			
5	ERLÖSUNG	HIMMELREICH			
6	DISZIPLIN	GEHORSAM			
7	GESPENST	ERSCHEINUNG			
8	BUNGALOW	SIEDLUNG			
9	SPRACHE	AKUSTIK			
10	ZUWACHS	FORTSCHRITT			
11	HAUT	BLUT			
12	GEISEL	GEFANGENER			
13	MALER	PIANIST			
14	DÄMMERUNG	MORGENGRAUEN			
15	GRAS	VIEH			
16	KRITIK	ZWEIFEL			
17	HÄRTE	KRAFT			
18	ANFORDERUNG	SCHWIERIGKEIT			
19	KRITERIUM	AUSWAHL			
20	BERG	HÜTTE			
21	PRÜFUNG	MISSERFOLG			
22	BEGRÜSSUNG	FREUNDLICHKEIT			
23	ILLUSION	WAHRNEHMUNG			
24	MACHT	HERRSCHER			
25	VERLUST	ABNAHME			
26	ANSTAND	SITTE			
27	KOMÖDIE	DRAMA			
28	SCHICKSAL	IRONIE			
29	AUSWERTUNG	ERGEBNIS			
30	TIER	FROSCH			
31	TRAUM	WIRKLICHKEIT			
32	SEEGANG	DAMPFER			
33	FRAGE	EINWAND			
34	TAL	WIESE			
35	POSTKUTSCHE	PFERD			
36	BLICK	PERSPEKTIVE			
37	VERSCHLEIERUNG	KOPFTUCH			
38	FASS	KELLER			
39	FREUND	VERTRAUEN			
40	NEFFE	GROSSMUTTER			

## WPL C2-R3

## Abruf 3

	Wort 1	Wort 2	R	F	False word
1	ORCHESTER	KONZERT			
2	INSTRUMENT	OBOE			
3	BÜNDNIS	PAKT			
4	WEBER	KAMM			
5	FAHRZEUG	KETTE			
6	INFEKTION	SCHMERZEN			
7	VERLETZUNG	SCHORF			
8	TROPEN	AMAZONAS			
9	STRASSE	TEER			
10	EREIGNIS	FEST			
11	SCHAUSPIEL	BÜHNE			
12	REPTIL	ECHSE			
13	FAHRRAD	PEDAL			
14	GETREIDE	DINKEL			
15	HEFT	NOTE			
16	BRÜCKE	SAN FRANCISCO			
17	KRUG	BIER			
18	AUFSTAND	REBELLION			
19	KAUFHAUS	SCHAUFENSTER			
20	STIFT	KAPPE			
21	AUFTRAG	ARBEIT			
22	REISE	KONTINENT			
23	GLAUBE	BIBEL			
24	SCHULE	HOLZ			
25	SCHIFF	DOCK			
26	NATUR	PFLANZE			
27	ZÜGEL	WENDE			
28	PINSEL	LEINWAND			
29	GELENK	KEULE			
30	RIESE	SCHRITT			
31	FLOTTE	DECK			
32	FABRIK	PRODUKTION			
33	MÖBEL	LEHNE			
34	MAUER	BRÜSTUNG			
35	SPORT	SCHWEISS			
36	GESICHT	MASKE			
37	ANGABE	ZEUGE			
38	BAHNHOF	KIOSK			
39	HEER	INFANTERIE			
40	FLOCKEN	SCHNEE			

**Anhang Nr. 3a: Probandenblatt 1**

Gesundheit heute?

Medikamente/Drogen heute?

Wann zum letzten Mal Kaffee, Cola, Red Bull (oder ähnliches) oder Tee getrunken?

Heute besonderen Stress gehabt?

Hatten Sie in letzter Zeit besonderen Stress (z.B. Prüfungen)? Wenn ja, wann?

Werden Sie in nächster Zukunft besonderen Stress haben? Wenn ja, wann?

Zu welcher Uhrzeit gingen Sie letzte Nacht schlafen?

Wann sind Sie heute aufgestanden?

Wie viele Stunden schliefen Sie letzte Nacht?

Besonderheiten:



**Anhang Nr. 3b: Probandenblatt 2**

Gesundheit heute?

Medikamente/Drogen von morgens bis jetzt?

Wann zum letzten Mal Kaffee, Cola, Red Bull (oder ähnliches) oder Tee getrunken?

Heute besonderen Stress gehabt?

Werden Sie in nächster Zukunft besonderen Stress haben? Wenn ja, wann?

Haben Sie heute tagsüber geschlafen?

Wenn ja, wann und wie viel?

Besonderheiten:

**Anhang Nr. 4: Fragebögen***Stanford-Schläfrigkeits-Skala (SSS):*

Im Folgenden soll der Grad der momentanen Schläfrigkeit (wie wach fühlen Sie sich jetzt gerade?) erhoben werden: Kreuzen Sie bitte das entsprechende Kästchen an.

<b>Schläfrigkeitsgrad</b>	<b>Ankreuzen</b>	<b>Punktwert</b>
Ich fühle mich aktiv, lebhaft, aufmerksam oder sehr wach	<input type="radio"/>	1
Ich kann konzentriert arbeiten, habe aber kein Leistungshoch	<input type="radio"/>	2
Ich fühle mich wach, entspannt und aufnahmefähig aber nicht voll konzentriert	<input type="radio"/>	3
Ich fühle mich irgendwie träge	<input type="radio"/>	4
Ich fühle mich träge, verlangsamt, und könnte mich hinlegen	<input type="radio"/>	5
Ich fühle mich schläfrig, benebelt, kämpfe gegen die Müdigkeit und würde mich lieber hinlegen	<input type="radio"/>	6
Ich bin kurz vor dem Einschlafen und habe bereits Traumdeutungen	<input type="radio"/>	7
Ich schlafe	Nur zur Orientierung	8

Visuelle Analogskala (VAS):

**In welchem Ausmaß treffen folgende Aussagen zur Beurteilung ihres subjektiven Gefühles auf Sie zu? Bitte markieren Sie bei jeder Aussage die entsprechende Stelle auf der schwarzen Linie mit einem Kreuz.**

**Wie stark ist Ihr momentanes Bedürfnis nach Essen?**

Überhaupt  
nicht stark

...generell

Sehr stark

---

Überhaupt  
nicht stark

...nach Süßem

Sehr stark

---

Überhaupt  
nicht stark

...nach Herzhaftem

Sehr stark

---

**Wie stark ist Ihr momentanes Bedürfnis nach Trinken?**

Überhaupt  
nicht stark

...generell

Sehr stark

---

*Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (MDBF, Kurzform A):*

Im Moment fühle ich mich	überhaupt				sehr
	nicht				
	1	2	3	4	5
1. zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. ausgeruht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. ruhelos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. schlecht	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. schlapp	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. gelassen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. müde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. gut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. unruhig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. munter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. unwohl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. entspannt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	überhaupt				sehr
	nicht				

**Anhang Nr. 5a: Instruktionen „Gedächtnistest am Morgen“**

Sie werden jetzt Wortpaare lernen. Insgesamt werden Ihnen 120 Wortpaare präsentiert, wobei wir Ihnen jeweils nach 40 Wortpaaren eine kurze Pause ermöglichen. Um valide Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig dass Sie nicht versuchen Ihr Gedächtnis an die Wortpaare aktiv zu verbessern. Versuchen Sie also zum Beispiel nicht die Wortpaare in den Pausen oder nach dem Lernen aktiv zu wiederholen. Es ist kein Problem, wenn Ihnen Wortpaare unwillentlich einfallen, da dieser automatische Prozess unser Experiment nicht stört. Für unser Experiment ist es wichtig, dass Sie in dieser Aufgabe Ihr Bestes geben, um so viele Wortpaare wie möglich zu erinnern. Nach dem Lernen werden die Wortpaare sofort abgefragt und Lernen und Abfrage werden insgesamt dreimal durchgeführt. In der Experimentalsitzung am Abend werden die Wortpaare wieder abgefragt, versuchen Sie sich möglichst viele Wortpaare bis dahin zu merken.

Sollten Sie Fragen haben, wenden Sie sich bitte an den Versuchsleiter.

**Anhang Nr. 5b: Instruktionen „Gedächtnistest am Abend“**

Sie werden jetzt wieder Wortpaare lernen. Insgesamt werden Ihnen 120 völlig neue Wortpaare präsentiert, wobei wir Ihnen jeweils nach 40 Wortpaaren eine kurze Pause ermöglichen. Um valide Ergebnisse zu erhalten, ist es wichtig dass Sie nicht versuchen Ihr Gedächtnis an die Wortpaare aktiv zu verbessern. Versuchen Sie also zum Beispiel nicht die Wortpaare in den Pausen oder nach dem Lernen aktiv zu wiederholen. Es ist kein Problem, wenn Ihnen Wortpaare unwillkürlich einfallen, da dieser automatische Prozess unser Experiment nicht stört. Für unser Experiment ist es wichtig, dass Sie in dieser Aufgabe Ihr Bestes geben, um so viele Wortpaare wie möglich zu erinnern. Nach dem Lernen werden die Wortpaare sofort abgefragt und Lernen und Abfrage werden insgesamt dreimal durchgeführt. Die am Morgen gelernten Wortpaare werden nicht abgefragt.

Anhang Nr. 6a: Kontext A

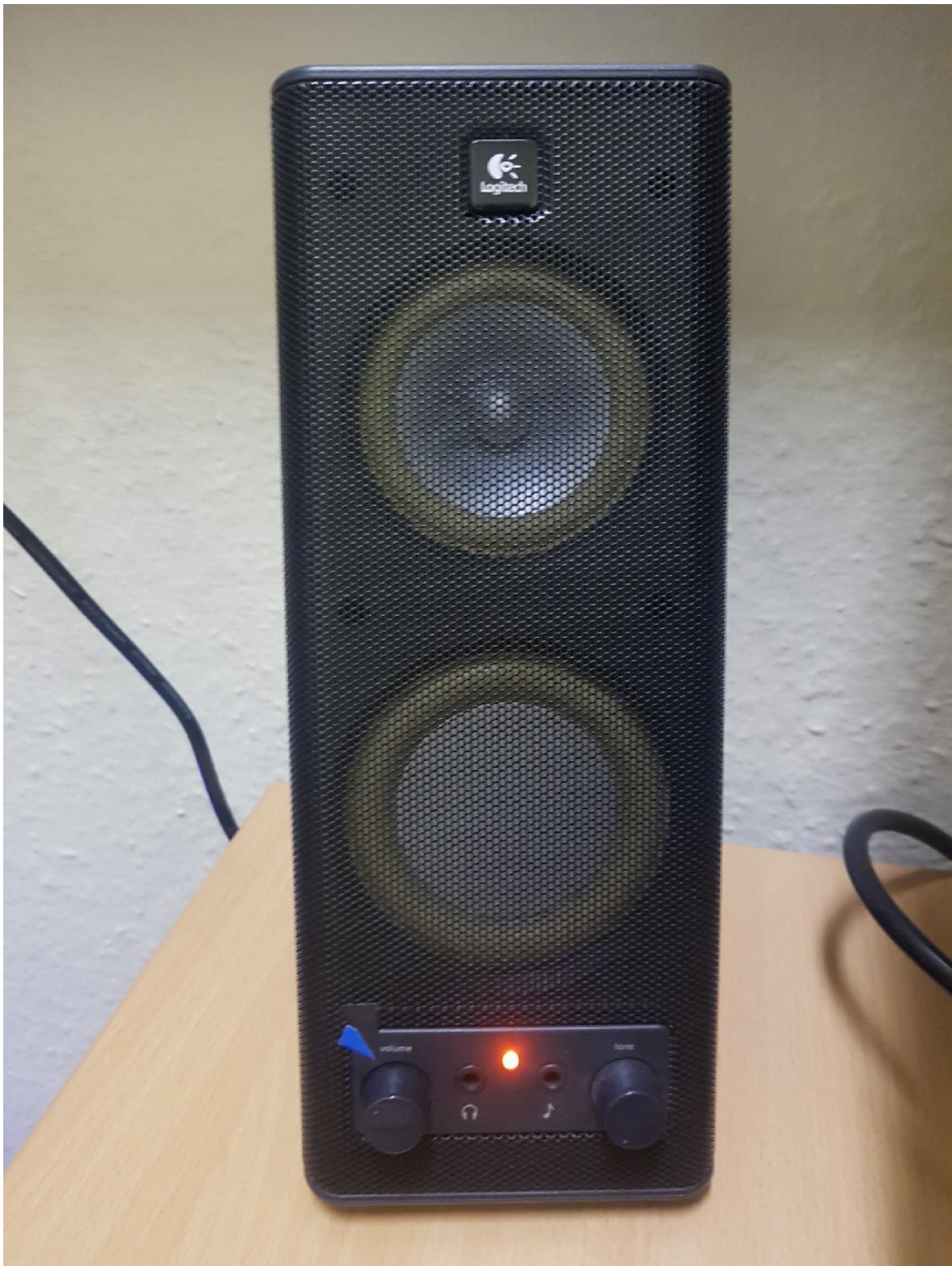


Anhang Nr. 6b: Kontext B





**Anhang Nr. 7: Klebmarkierung Lautsprechereinstellung**



**Anhang Nr. 8a: Desktophintergrundbild WPL Kontext A**



**Anhang Nr. 8b: Desktophintergrundbild WPL Kontext B**



**Anhang Nr. 9: Anweisung PVT**

„Im folgenden Test erscheint in der Mitte des Bildschirms eine Art Stoppuhr, die beginnt, sehr schnell Zahlen hochzuzählen. Deine Aufgabe ist es, so schnell wie möglich die Leertaste zu drücken, sobald du die Zahl siehst. Die gestoppte Zeit bleibt dann kurz stehen und entspricht deiner Reaktionszeit. Die Aufgabe wird 5 Minuten dauern und beginnt sofort, wenn ich Enter drücke. Nach Ende der Aufgabe komme ich wieder herein und du bekommst die nächste Aufgabe. Hast du verstanden was du als nächstes machen sollst?“

### **Anhang Nr. 10a: Instruktionen formal-lexikalischer WFT**

Liebe Versuchsperson!

Bei dieser Aufgabe sollen Sie innerhalb einer bestimmten Zeit möglichst viele verschiedene Wörter aufschreiben, die mit dem Buchstaben „P“ beginnen. Dabei sollen Sie verschiedene Regeln beachten:

Sie sollen nur Wörter aufschreiben, die in einer deutschen Zeitung oder in einem deutschen Buch verwendet werden könnten.

Dabei sollen Sie keine Wörter mehrfach aufschreiben.

Die Wörter dürfen aber auch nicht mit dem gleichen Wortstamm beginnen, also „Palast-Palasttor-Palasthof-Palastdame“ gelten nur als ein Wort.

Weiterhin dürfen Sie auch keine Eigennamen aufschreiben, also „Peter-Pia-Potsdam-Portugal“ gelten nicht.

Bitte versuchen Sie, möglichst schnell, viele verschiedene Wörter mit dem Anfangsbuchstaben „P“ aufzuschreiben.

**Anhang Nr. 10b: Instruktionen kategorial-semantischer WFT**

Liebe Versuchsperson!

Bei dieser Aufgabe sollen Sie innerhalb einer bestimmten Zeit möglichst viele verschiedene Wörter aus der Kategorie „Hobby“ aufschreiben.

Dabei sollen Sie keine Hobby doppelt aufschreiben.

Bitte versuchen Sie, möglichst schnell, viele verschiedene Hobbies aufzuschreiben (Achtung: es geht nicht darum Hobby-bezogene Wörter aufzuschreiben sondern tatsächliche Hobby).

**Anhang Nr. 11: Aufklärung Actiwatch**

Die Actiwatch enthält einen Beschleunigungsmesser und einen Helligkeitsmesser, wodurch uns ermöglicht wird, Ihre Bewegungsaktivität und das Umgebungslicht zu messen. Während des Experiments dürfen Sie tagsüber nicht schlafen und die Actiwatch ermöglicht uns dies zu kontrollieren. Legen Sie die Actiwatch daher bitte nicht ab (außer beim Duschen siehe unten). Tragen Sie die Actiwatch am Handgelenk ihrer nicht-dominanten Hand.

Die Actiwatch ist nicht wasserdicht. Sollten Sie duschen wollen, drücken Sie bitte für 3 Sekunden auf den kleinen Knopf und legen Sie dann die Uhr an einen sicheren Ort. Sobald Sie fertig geduscht haben drücken Sie wieder den Knopf nachdem Sie die Actiwatch angelegt haben. Achten Sie darauf nicht länger als 20 Minuten zu duschen.

Achten Sie bitte gut auf die Actiwatch, da es sich um ein teures Messgerät handelt.

Hiermit bestätige ich, dass ich vom Versuchsleiter eine Actiwatch erhalten habe. Ich werde sie am Abend wieder zurückgeben.

Unterschrift Versuchsperson.....

Datum.....

Unterschrift Versuchsleiter.....

Datum.....

Actiwatch zurück

Uhrzeit .....Datum.....Unterschrift.....

## Anhang Nr. 12: Nachbefragungsbogen

1) Haben Sie eine Vermutung, was in diesem Experiment untersucht werden soll?

nein

ja, und zwar:

---



---



---

2) Wie haben Sie sich am Morgen gefühlt, als Sie die Wortpaare gelernt haben?

<i>Gefühl</i>	<i>Gar nicht</i>		<i>Mittel</i>		<i>Sehr</i>
<i>Motiviert</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Überfordert</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Vergnügt</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Müde</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3) Haben Sie beim Lernen am Morgen eine Strategie angewendet, um die Wortpaare zu lernen? (z.B. Wortpaar: Krokodil – Flusslauf, Assoziation: Krokodil schwimmt im Fluss)

nein

ja, und zwar:

---



---



---

4) Haben Sie vor dem Lernen am Abend (d.h., beim Lernen am Morgen oder während des Tages) vermutet, dass entgegen der Instruktion am Abend wieder Wortpaare gelernt werden müssen?

nein

ja, aus diesem Grund:

---



---



---

5) Wie haben Sie sich am Abend gefühlt, als Sie die Wortpaare gelernt haben?

<i>Gefühl</i>	<i>Gar nicht</i>		<i>Mittel</i>		<i>Sehr</i>
<i>Motiviert</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Überfordert</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Vergnügt</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<i>Müde</i>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6) Haben Sie beim Lernen am Abend eine Strategie angewendet, um die Wortpaare zu lernen? (z.B. Wortpaar: Krokodil – Flusslauf, Assoziation: Krokodil schwimmt im Fluss)

nein

ja, und zwar:

---



---



---



---

7) Trifft nachfolgendes in den letzten zwei Tagen auf Sie zu?

	ja	nein
Geschlechtsverkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Koffeinkonsum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rauchen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alkoholkonsum	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tagsüber schlafen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Medikamente nehmen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stresssituationen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fettreiches Essen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



8) Ist Ihnen während des Experiments etwas Ungewöhnliches aufgefallen?

nein

ja, und zwar:

---

---

---

---

9) Ist Ihnen heute etwas unerwartetes Widerfahren? (z.B. Autounfall, Beförderung)

nein

ja, und zwar:

---

---

---

---

## Anhang Nr. 13: Übersicht statistische Kennwerte und deskriptive Statistik WPL

	vertraut/nicht vertraut	ver-	Mittelwert	Mittl. Standardfehler	t-Wert	p-Wert
<b>Morgen_1</b>	vertraut		35.5500	3.08176	0,329	0,744
	nicht vertraut		34.0500	3.35565		
<b>Morgen_2</b>	vertraut		77.2500	3.43195	1,035	0,308
	nicht vertraut		71.0500	4.90889		
<b>Morgen_3</b>	vertraut		100.5000	3.14768	1,413	0,166
	nicht vertraut		92.9000	4.36005		
<b>Abend_1</b>	vertraut		42.1500	3.48778	2,503	0,017*
	nicht vertraut		29.9000	3.43274		
<b>Abend_2</b>	vertraut		80.7500	4.00846	1,863	0,071
	nicht vertraut		67.7500	5.70958		
<b>Abend_3</b>	vertraut		101.3000	3.21927	1,841	0,076
	nicht vertraut		89.2000	5.72970		
<b>Mittelwert_Morgen</b>	vertraut		71.1000	2.91990	1,022	0,314
	nicht vertraut		66.0000	4.04622		
<b>Mittelwert_Abend</b>	vertraut		74.7333	3.38872	2,106	0,043*
	nicht vertraut		62.2833	4.84504		

*Anhang Nr. 13: Mittelwerte der erinnerten Wortpaare am Morgen und am Abend jeweils in den drei Lerndurchgängen, sowie im Gesamten am Morgen und am Abend im vertrauten und nicht vertrauten Kontext. Der Standardfehler und die statistischen Kennwerte sind zusätzlich angegeben.*

Beschreibung Tabelle: Die Probanden erinnerten im vertrauten Kontext im Lerndurchgang 1 am Morgen 35,55 Wortpaare und am Abend, mit 42,15 Wortpaaren, signifikant mehr Wortpaare. Im nicht vertrauten Kontext erinnerten sie morgens vergleichbar viele Wortpaare - 34,05 - wie im vertrauten Kontext, verschlechterten sich aber zum Abend signifikant auf 29,90 Wortpaare. In Lerndurchgang 2 wurden im vertrauten Kontext 77,25 Wortpaare am Morgen und 80,75 Wortpaare am

Abend erinnert. Entsprechend wurden in der Gruppe mit Kontextwechsel 71 Wortpaare morgens und 67,75 Wortpaare abends reproduziert. In Lerndurchgang 3 unterschieden sich die Ergebnisse nur noch marginal. Im vertrauten Kontext wurden 100,5 morgens und 101 Wortpaare abends erinnert, im nicht vertrauten Kontext waren es morgens 92,9 und abends 89,2 Wortpaare.

## Anhang Nr. 14: Übersicht statistische Kennwerte und deskriptive Statistik PVT

	vertraut/nicht vertraut	Mittelwert	Mittl. Standardfehler	t-Wert	p-Wert
<b>Morgen</b>	vertraut	3,16	0,05	0,465	0,645
	nicht vertraut	3,23	0,04		
<b>Abend</b>	vertraut	3,12	0,05	0,843	0,407
	nicht vertraut	3,16	0,07		

*Anhang Nr. 14: Durchschnittliche Reaktionszeiten des PVT inklusive Standardfehler, t- und p-Werten am Morgen und Abend jeweils für die Gruppe im vertrauten Kontext und die Gruppe im nicht vertrauten Kontext.*

## Anhang Nr. 15: Übersicht statistische Kennwerte und deskriptive Statistik WFT

	vertraut/nicht vertraut	ver-	Mittelwert	Mittl. Standardfehler	t-Wert	p-Wert
<b>WFT mit Buchstabe „P“</b>	vertraut		17,65	1,15	0,036	0,972
	nicht vertraut		17,60	0,79		
<b>WFT mit Kategorie „Hobbies“</b>	vertraut		16,95	0,96	-1,442	0,158
	nicht vertraut		19,05	1,09		

*Anhang Nr.15: Mittelwerte inkl. Standardfehler der beiden Wortflüssigkeitstests am Abend im vertrauten und nicht vertrauten Kontext. Auch ersichtlich sind die zugehörigen t- und p-Werte.*

## Anhang Nr. 16: Übersicht statistische Kennwerte und deskriptive Statistik SSS

	vertraut/nicht vertraut	ver-	Mittelwert	Mittl. Standardfehler	t-Wert	p-Wert
<b>Morgen</b>	vertraut		2,45	0,14	0,575	0,57
	nicht vertraut		2,35	0,11		
<b>Abend</b>	vertraut		2,95	0,27	-0,428	0,67
	nicht vertraut		3,10	0,23		

*Anhang Nr.16: Deskriptive Statistik und statistische Kennwerte der SSS am Morgen und am Abend jeweils im vertrauten und nicht vertrauten Kontext.*

## Anhang Nr. 17: Übersicht statistische Kennwerte und deskriptive Statistik MDBF

	vertraut/nicht vertraut	ver-	Mittelwert	Mittl. Standard- fehler	t-Wert	p-Wert
<b>Morgen_GS</b>	vertraut		17,80	0,52	- 0,941	0,355
	nicht vertraut		18,35	0,26		
<b>Morgen_WM</b>	vertraut		15,80	0,58	- 1,066	0,293
	nicht vertraut		16,60	0,48		
<b>Morgen_RU</b>	vertraut		17,05	0,55	- 0,364	0,718
	nicht vertraut		17,30	0,41		
<b>Abend_GS</b>	vertraut		17,60	0,63	0,00	1,00
	nicht vertraut		17,60	0,52		
<b>Abend_WM</b>	vertraut		14,15	0,92	0,693	0,494
	nicht vertraut		13,40	0,56		
<b>Abend_RU</b>	vertraut		16,65	0,56	- 0,865	0,393
	nicht vertraut		17,3	0,50		

*Anhang Nr.17: Mittelwerte, Standardfehler, t- und p-Werte des MDBF in den drei Befindlichkeitsdimensionen GS, WM und RU am Morgen und Abend. Verglichen wurde immer die Gruppe im vertrauten Kontext mit der Gruppe im nicht vertrauten Kontext.*