

Reduziert Cortisol das Abrufinduzierte Vergessen? – eine Doppelblindstudie

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des Grades einer Diplom-Psychologin im
Fachbereich Psychologie an der Universität Konstanz.

Vorgelegt von:

Corinna Graß

Im Berggarten 5

72664 Kohlberg

Erstgutachterin: Professor Dr. Johanna Kißler

Zweitgutachter: Professor Dr. Harald Schupp

Konstanz, im Februar 2008

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir mein Studium ermöglicht und zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben.

Ich bedanke mich bei meinen Eltern, die mich während meines gesamten Studiums in jeglicher Form unterstützt und gefördert haben und immer ein offenes Ohr für Probleme und Fragen hatten.

Vielen Dank auch an Marco für die Motivationsarbeit, das gute Zuhören und die Geduld, die du mir entgegengebracht hast, wenn ich sie brauchte. Danke auch fürs Korrekturlesen und die hilfreichen Tipps beim Formatieren meiner Arbeit.

Ein großes Dankeschön gilt auch meiner Schwester Dorothee für ihr großes Interesse an meiner Diplomarbeit und die wertvollen Hinweise beim Korrekturlesen.

Zudem möchte ich mich bei Susanne Köbler für die gute Zusammenarbeit während der letzten Monate bedanken. Danke für die Geduld beim Beantworten all meiner Fragen, für die anregenden Diskussionen zum Thema und die Hilfe bei der Einarbeitung in Statistica. Danke auch für die konstruktive Kritik an meiner Arbeit und die motivierenden Gespräche.

Herzlichen Dank an Professor Dr. Johanna Kißler für die gute Unterstützung und die kritischen Anmerkungen. Vielen Dank auch an Professor Dr. Harald Schupp für die Bereitschaft, die Zweitkorrektur zu übernehmen.

Ein Dankeschön geht auch an all jene, die mit großer Geduld und Ausdauer meine Arbeit korrekturgelesen haben. Des Weiteren bedanke ich mich bei allen, die mir bei der Suche der Versuchsteilnehmer geholfen und ihren männlichen, nicht-rauchenden Bekannten von meiner Studie berichtet haben.

Darüber hinaus gilt mein Dank meinen Versuchspersonen, die für mich (und 15 €) bereit waren, ein Cortisolpräparat einzunehmen.

1. Einleitung	5
2. Theoretischer Hintergrund	7
2.1. Abrufinduziertes Vergessen	7
2.1.1. Das Konzept.....	7
2.1.2 Vermutete zugrundeliegende Mechanismen.....	13
2.1.2.1 Stärkeabhängiger Wettbewerb.....	13
2.1.2.2 Inhibition.....	15
2.1.2.3 Strategiestörung.....	22
2.1.2.4 Abrufinterferenz.....	23
2.1.3 Modulierende Faktoren.....	24
2.1.3.1 Integration.....	24
2.1.3.2 Ähnlichkeit der Unterbegriffe.....	25
2.1.3.3 Zeitintervalle.....	26
2.1.3.4 Stimmung.....	27
2.1.3.5 Sozialer Stress.....	30
2.1.3.6 Cortisol.....	34
a) Positive Effekte von Cortisol auf die Konsolidierung.....	35
b) Negative Effekte von Cortisol auf Gedächtnisprozesse.....	42
c) Effekte von Cortisol auf die Stimmung.....	46
d) Methodische Gesichtspunkte bei Cortisolstudien.....	49
I. Nahrungsaufnahme, Koffein, Nikotin.....	49
II. Zeitfaktoren.....	51
III. Orale Verabreichung von Cortisolpräparaten versus endogenes Cortisol.....	52
IV. Speichelcortisolmessung.....	53
3. Fragestellung und Hypothesen	55
4. Methoden	58
4.1. Versuchspersonen und Kontaktaufnahme	58
4.2. Material	59
4.2.1 Reizmaterial.....	59

4.2.1.1. Lernpräsentation	61
4.2.1.2. Abrufübung	61
4.2.1.3. Final Recall	62
4.2.2. Salivetten	63
4.2.3. Cortisol- und Placebopräparat	63
4.3. Vorbereitung der Untersuchung	64
4.4. Ablauf des Experiments	65
4.6. Statistische Analyse.....	68
4.6.1 Statistische Analyse der Verhaltensdaten	68
4.6.2 Statistische Analyse der Cortisolwerten	69
5. Resultate	70
5.1 Resultate der Verhaltensdaten.....	70
5.1.1 Abrufübung	70
5.1.2 Final Recall	70
5.1.2.1 Übungseffekt.....	70
5.1.2.1 Abrufinduziertes Vergessen.....	72
5.2 Resultate der Cortisolwerten	73
5.3 Resultate nicht a priori geplanter Analysen.....	76
6. Diskussion	78
6.1 Methodenkritik und Ausblick.....	90
7. Zusammenfassung	95
8. Literatur	96
9. Anhang	107

1. Einleitung

„In the practical use of our intellect, forgetting is as important a function as recollecting.“ (James, 1905, S. 300)

Paradoxerweise spielt Vergessen bei unserer Fähigkeit, die Vergangenheit in einer geordneten und sinnvollen Art und Weise zu erinnern, eine wichtige Rolle (Anderson & Neely, 1996; Anderson & Spellman, 1995). Selektionsprozesse ermöglichen es uns, relevante Erinnerungen aus dem Gedächtnis abzurufen, während irrelevante Gedächtnisinhalte nicht bewusst zugänglich werden.

Oft kann allein der Prozess des Erinnerns Vergessen produzieren (Anderson, Bjork & Bjork, 1994). Dieses Phänomen wurde von Anderson et al. (1994) als „Abrufinduziertes Vergessen“ bezeichnet. Sie verstehen darunter die Beobachtung, dass durch das Erinnern beziehungsweise durch den Abruf bestimmter Gedächtnisinhalte andere Gedächtnisinhalte, die eine Beziehung zu dem erinnerten Material haben, eher vergessen werden, als Gedächtnisinhalte, die keine Beziehung zu dem abgerufenen Material unterhalten.

Das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens ist Gegenstand dieser Diplomarbeit. Aktuelle Forschungsergebnisse (Kißler & Kößler, in Vorbereitung) konnten zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen durch sozialen Stress reduziert wird. In Stresssituationen wird das Nebennierenhormon Cortisol ausgeschüttet. Nun soll in der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob Abrufinduziertes Vergessen durch Cortisol reduziert werden kann. Um dies zu erforschen, bekamen die Versuchsteilnehmer im Laufe des Experiments entweder ein Cortisol- oder Placebopräparat verabreicht. Zusätzlich wurde das Ausmaß des Abrufinduzierten Vergessens anhand eines Gedächtnistests erfasst.

Vor der Beschreibung des eigentlichen Experiments sollen die theoretischen Grundlagen und der aktuelle Forschungsstand zum vorliegenden Thema dargestellt

werden. Zunächst wird das Konzept des Abrufinduzierten Vergessens erläutert. Hierbei soll im Besonderen auf vermutete zugrundeliegende Mechanismen und auf modulierende Faktoren eingegangen werden. Bei den modulierenden Faktoren werden sozialer Stress und das Hormon Cortisol besonders berücksichtigt. Zudem werden Studien, die sich mit dem Einfluss von Cortisol auf das Gedächtnis befassen, besprochen.

2. Theoretischer Hintergrund

Das Hauptinteresse dieser Arbeit besteht darin, den Einfluss des Hormons Cortisol auf das Abrufinduzierte Vergessen zu untersuchen.

Als theoretischer Hintergrund für das vorliegende Experiment dienten Studien zum Abrufinduzierten Vergessen und Studien, die sich mit dem Einfluss von Cortisol auf das Gedächtnis beschäftigen. Im folgenden Abschnitt soll das Konzept des Abrufinduzierten Vergessens genauer erläutert werden. Besonderen Wert wird hierbei auf Faktoren gelegt, die dieses Gedächtnisphänomen beeinflussen können. Cortisol, als ein möglicher modulierender Faktor, wird ausführlich besprochen werden.

2.1. Abrufinduziertes Vergessen

2.1.1. Das Konzept

Der Begriff Abrufinduziertes Vergessen (Retrieval Induced Forgetting) wurde erstmals von Anderson, Bjork und Bjork (1994) verwendet. Sie verstehen darunter den Effekt, den der Abruf von Gedächtnismaterial auf andere Gedächtnisinhalte hat, die in Beziehung zu dem abgerufenen Material stehen. Durch den Abruf bestimmter Items aus dem Gedächtnis werden andere Items, die dieselben Abrufhinweise wie das erinnerte Material haben, eher vergessen.

Zur Untersuchung des Abrufinduzierten Vergessens haben Anderson et al. (1994) ein neues Paradigma, das Abrufübungsparadigma, entwickelt. Dieses Paradigma ermöglicht es (im Gegensatz zu dem Interferenz- und dem Part-Set-Cuing-Paradigma), die Abrufübung, in der ein Teil des zuvor gelernten Materials aus dem Gedächtnis abgerufen wird, zeitlich von der Lernphase und dem abschließenden Gedächtnistest zu trennen. Mit Hilfe des neuen Paradigmas konnten Anderson et al. zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen ein Phänomen darstellt, das mindestens 20 Minuten lang andauert. Das von ihnen entwickelte Paradigma besteht aus vier Phasen: Einer Lernphase, einer Abrufphase, einer Distraktorphase und einer Testphase.

In der Lernphase lernen die Versuchsteilnehmer eine Liste von Items aus verschiedenen Kategorien. Dazu wird ihnen immer ein Unterbegriff aus einer Kategorie zusammen mit dem entsprechenden Kategorienbegriff präsentiert (zum Beispiel Gewürz-Ingwer, Baumart-Ulme, Krankheit-Scharlach). Anschließend wird in der Abrufphase ein Teil der Items aus einem Teil der Kategorien mehrmals abrufgeübt, indem die Versuchspersonen den Kategorienbegriff und den Wortstamm eines zuvor gelernten Unterbegriffs präsentiert bekommen (zum Beispiel Gewürz- Ing___). Die Aufgabe der Versuchspersonen besteht darin, das Item, dessen Wortstamm dargestellt wurde, aus dem Gedächtnis abzurufen.

Die Abrufübung ermöglicht es, die zuvor in der Lernphase gelernten Items in drei Gruppen zu unterteilen: Items, die in der Abrufphase abrufgeübt wurden (Rp^+ -Items, zum Beispiel Ingwer), nicht abrufgeübte Items aus Kategorien, aus denen einige Items abrufgeübt wurden (Rp^- -Items, zum Beispiel Thymian), und nicht abrufgeübte Items aus nicht geübten Kategorien, den Kontrollkategorien (C-Items, zum Beispiel Ulme).

Im Anschluss an die Abrufphase folgt die Distraktorphase, in der die Versuchspersonen Zwischenaufgaben machen. Die Dauer der Distraktorphase beträgt bei Anderson, Bjork und Bjork (1994, 2000) 20 Minuten. Es sind aber auch andere Zeitintervalle denkbar (zum Beispiel fünf Minuten, siehe MacLeod & Macrae, 2001).

Nach der Distraktorphase erfolgt die abschließende Testphase. In dieser Phase bekommen die Versuchsteilnehmer als Abrufhinweisreize die einzelnen Kategoriebegriffe präsentiert und sollen die dazugehörigen Items aus dem Gedächtnis abrufen (Category-Cued-Free-Recall-Test).

Bei einer Variation des Abrufübungsparadigmas sehen die Versuchsteilnehmer beim Gedächtnistest nicht nur die Kategoriebegriffe als Hinweisreize, sondern zusätzlich zum Kategoriebegriff den ersten Buchstaben des entsprechenden Unterbegriffs. Dadurch kann die Reihenfolge des Abrufs der einzelnen Items bestimmt werden. Diese Variation des Gedächtnistests dient der Kontrolle der Output-Interferenz. Unter Output-Interferenz versteht man das Phänomen, dass die Erinnerungswahrscheinlichkeit eines Items linear mit der Erinnerungsposition dieses Items beim Gedächtnistest abnimmt (zum Beispiel Roediger & Schmidt,

1980). Nur wenn die Abrufreihenfolge der Items kontrolliert wird, kann Output-Interferenz als Störvariable bei der Untersuchung von Abrufinduziertem Vergessen ausgeschlossen werden. In der folgenden Abbildung wird der Ablauf des Abrufübungsparadigmas dargestellt.

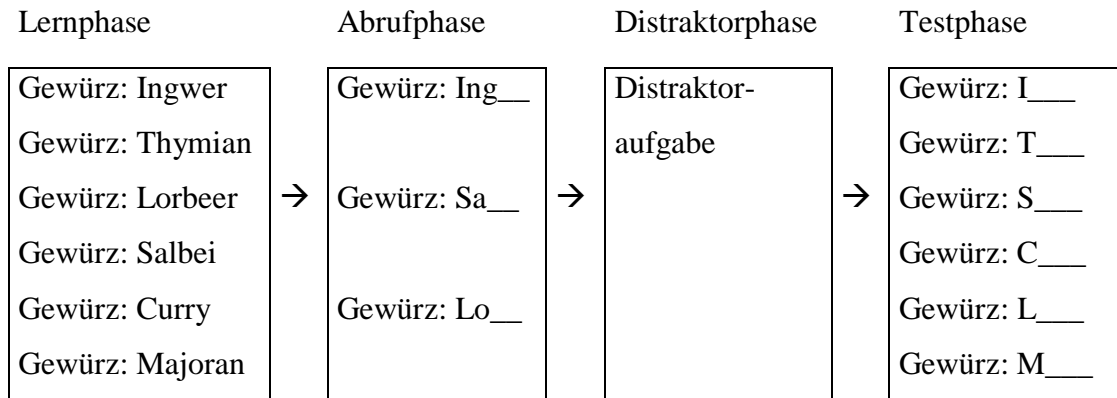


Abbildung 1: Ablauf des Abrufübungsparadigmas

Der abschließende Gedächtnistest zeigt in der Regel ein bestimmtes Ergebnismuster: Die abrufgeübten Items (Rp^+ -Items) werden besser erinnert, als die nicht abrufgeübten Items aus den geübten Kategorien (Rp^- -Items) und aus den Kontrollkategorien (C-Items).

Zudem werden die nicht abrufgeübten Items aus den Kontrollkategorien (C-Items) besser erinnert, als die nicht abrufgeübten Items aus den geübten Kategorien (Rp^- -Items) (vgl. Abb. 2).

Die bessere Erinnerungsleistung geübter Items im Vergleich zu nicht geübten Items beim abschließenden Gedächtnistest stellt den aus der Abrufübung resultierenden Übungseffekt dar. Zahlreiche Arbeiten konnten bisher diesen abrufinduzierten Übungseffekt nachweisen (zum Beispiel Anderson et al., 1994; 2000; Bäuml & Hartinger, 2002; Bäuml, Zellner & Vilimek, 2005).

Die bessere Erinnerungsleistung geübter Items erfolgt allerdings auf Kosten der nicht geübten Items aus derselben Kategorie. Diese werden, wie bereits oben erwähnt, schlechter erinnert, als Items aus Kontrollkategorien, die ebenfalls nicht Gegenstand der Abrufübung waren. Abbildung 2 zeigt die beim Abrufinduzierten Vergessen typischen Erinnerungsleistungen.

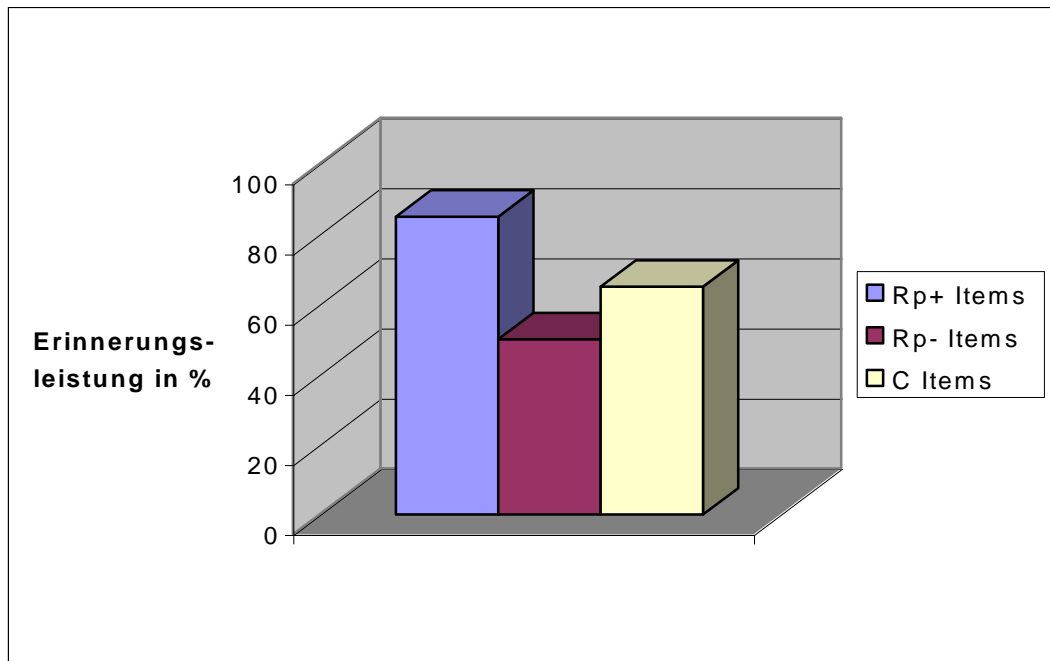


Abbildung 2: Typische Erinnerungsleistungen beim Abrufinduzierten Vergessen

Eine besondere Rolle scheint beim Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens der Abruf der Rp^+ -Items bei der Abrufübung zu spielen. Anderson und Kollegen (2000) konnten zeigen, dass der Effekt des Abrufinduzierten Vergessens nicht auftritt, wenn die Versuchspersonen anstelle der Rp^+ -Items in der Abrufübung den Kategorienoberbegriff abrufen sollen. In einem Experiment bekam die Hälfte der Versuchsteilnehmer bei der Abrufübung als Hinweisreiz den Kategorienbegriff und den Wortstamm eines entsprechenden Unterbegriffs präsentiert (Frucht-Ap___), den sie dann aus dem Gedächtnis abrufen sollten. Die andere Hälfte der Versuchspersonen bekam als Hinweisreiz einen Unterbegriff und den Wortstamm des dazugehörigen Kategorienbegriffs präsentiert. Sie sollten dann den entsprechenden Kategorienbegriff abrufen (Fr___-Aprikose). Nur bei den Versuchspersonen, die tatsächlich den Unterbegriff abrufen sollten, konnte bei dem nachfolgenden Gedächtnistest Abrufinduziertes Vergessen gefunden werden.

Ein weiteres interessantes Merkmal des Abrufinduzierten Vergessens ist die Unabhängigkeit des Vergessens von den dargebotenen Hinweisreizen (Anderson &

Spellman, 1995). Der Abruf von Unterbegriffen einer Kategorie (zum Beispiel Rot-Blut) erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass andere Unterbegriffe derselben Kategorie bei einem späteren Gedächtnistest vergessen werden. Dieser Effekt tritt auch auf, wenn die nicht abrufgeübten Unterbegriffe der Kategorie zusammen mit einem anderen Kategorienlabel als Hinweisreiz (zum Beispiel Nahrungsmittel-Tomate) abgefragt werden. Die oben genannten Befunde spielen eine wichtige Rolle bei der Erklärung der Mechanismen, die dem Abrufinduzierten Vergessen zugrunde liegen könnten. In den folgenden Abschnitten wird auf diese Ergebnisse ausführlich eingegangen.

Abrufinduziertes Vergessen scheint ein sehr stabiles und robustes Phänomen zu sein. Der Effekt des Abrufinduzierten Vergessens tritt nicht nur bei Free-Recall Tests, sondern auch bei Rekognitionstests (Hicks & Starns, 2004) auf. Abrufinduziertes Vergessen konnte auch bei einigen Experimenten mit impliziten Tests (Perfect, Moulin, Conway & Perry, 2002; Veling & van Knippenberg, 2004) gefunden werden.

Bislang wurde Abrufinduziertes Vergessen meist anhand von semantischen Kategorien und deren Unterbegriffen untersucht. Dennoch gibt es einige Studien, bei denen Abrufinduziertes Vergessen auch unter der Verwendung anderer Reizmaterialien nachgewiesen wurde. So demonstrierten Macrae und MacLeod (1999), dass der Abruf bestimmter Persönlichkeitseigenschaften einer Person dazu führt, dass die restlichen Eigenschaften dieser Person eher vergessen werden.

In einer Studie von Ciranni und Shimamura (1999) wurde Abrufinduziertes Vergessen unter Verwendung visuell räumlicher Stimuli erforscht. Hierbei bekamen die Versuchspersonen Reize präsentiert, die hinsichtlich der Dimensionen Ort, Farbe und Form in Gruppen eingeteilt werden konnten. Durch den Abruf einiger Items aus einer Gruppe wurden andere Items aus dieser Gruppe anfälliger für das Vergessen. Das heißt, Versuchspersonen, die in der Übungsphase einen Teil der Stimuli einer bestimmten Form abgerufen hatten, erinnerten sich anschließend schlechter an die restlichen Reize dieser Form, als an Stimuli mit einer anderen Form. Diese Studie zeigt, dass sich das Phänomen des Abrufinduzierten

Vergessens nicht auf kategorisierte Wortlisten beschränkt. Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Studie besteht darin, dass Abrufinduziertes Vergessen nicht nur bei semantisch verwandten Items auftritt, sondern auch bei Items, die nach willkürlich ausgesuchten Kriterien in verschiedene Gruppen geordnet wurden. Abrufinduziertes Vergessen kommt also auch bei Items vor, die rein episodisch durch beliebig ausgewählte Dimensionen zueinander in Beziehung stehen.

Des Weiteren konnte Abrufinduziertes Vergessen auch in alltagsrelevanten Kontexten nachgewiesen werden. Shaw, Bjork und Handal (1995) zeigten, dass die typischen Vergessenseffekte häufig bei Augenzeugenberichten vorkommen. Das wiederholte Abfragen bestimmter Details einer Szene kann dazu führen, dass die Augenzeugen andere, verwandte Details dieser Szene eher vergessen.

Zudem scheint Abrufinduziertes Vergessen auch bei Kindern im Grundschulalter und bei alten Menschen vorhanden zu sein (Aslan, Bäuml & Pastötter, 2007; Zellner & Bäuml, 2005).

Das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens macht deutlich, dass der Abruf von Gedächtnisinhalten sowohl positive, als auch negative Konsequenzen hat. Einerseits wird durch das wiederholte Abrufen von bestimmtem Gedächtnismaterial die Erinnerung an dieses Material bei einem nachfolgenden Gedächtnistests verbessert. Andererseits werden aber andere Gedächtnisinhalte, die mit dem abrufgeübten Material assoziiert sind, bei späteren Tests schlechter erinnert.

Laut Anderson (2003) hat Abrufinduziertes Vergessen die Funktion, Interferenz durch konkurrierende Items zu reduzieren. Durch Abrufinduziertes Vergessen soll also der selektive Abruf von ausgewählten Gedächtnisinhalten unterstützt werden, indem andere, nicht gewünschte Gedächtnisinhalte gehemmt werden. Abrufinduziertes Vergessen kann also in seiner Funktion, den selektiven Abruf gewünschter Gedächtnisinhalte zu fördern, sehr adaptiv sein. Groome und Grant (2005) untersuchten, ob die Stärke des Abrufinduzierten Vergessens mit anderen Gedächtnisleistungen korreliert. Sie vermuteten, dass Personen, die wenig

Abrufinduziertes Vergessen zeigen, nur über geringe Fähigkeiten zum selektiven Abruf verfügen und daher mehr kognitive Misserfolge im Alltag aufweisen.

Groome und Grant konnten eine signifikante negative Korrelation zwischen Abrufinduziertem Vergessen und alltäglichen kognitiven Misserfolgen (erfasst mit Hilfe des Cognitive Failure Questionnaire [CFQ, Broadbent, Cooper, Fitzgerald & Parkes, 1982]) nachweisen. Allerdings wurde in ihrer Studie die Output-Interferenz nicht kontrolliert. Zudem handelt es sich bei den Resultaten nur um Korrelationsdaten, die kausale Schlüsse nicht zulassen und den Einfluss von Drittvariablen, zum Beispiel Aufmerksamkeit, nicht ausschließen.

Im folgenden Kapitel sollen Mechanismen vorgestellt werden, die von verschiedenen Forschern als Erklärung für das Abrufinduzierte Vergessen herangezogen werden.

2.1.2 Vermutete zugrundeliegende Mechanismen

Seit Anderson, Bjork und Bjork 1994 den Begriff des Abrufinduzierten Vergessens prägten und weitere Forschung zu diesem Thema anregten, wurden von verschiedenen Wissenschaftlern unterschiedliche Erklärungsansätze für dieses Phänomen formuliert. Anderson und Mitarbeiter (1994) gingen ursprünglich von Stärkeabhängigem Wettbewerb als zugrundeliegendem Mechanismus aus. Sie verwarfen diese Vermutung aber zugunsten der Inhibitionshypothese. Andere Forscher nehmen Strategiestörung und Interferenz als Erklärung für das Abrufinduzierte Vergessen an.

Diese Ansätze sollen im Folgenden erläutert werden. Zudem werden Studien genannt, die die entsprechenden Hypothesen stützen.

2.1.2.1 Stärkeabhängiger Wettbewerb

Das Modell des Stärkeabhängigen Wettbewerbs nimmt an, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Item erinnert wird, sowohl von der Stärke der Assoziation zwischen dem Item und einem Hinweisreiz abhängt, als auch von der Anzahl und Assoziationsstärke aller anderen Items mit dem Hinweisreiz.

Das Modell geht von drei grundlegenden Annahmen aus (Anderson et al., 1994):

1. Die Wettbewerbsannahme:

Items, die mit einem bestimmten Hinweisreiz verbunden sind, konkurrieren um Zugang zum Erinnerungstwerden, wenn der Hinweisreiz vorliegt.

2. Annahme der Abhängigkeit von der Stärke eines Items:

Je stärker die mit einem Item A konkurrierenden Items mit dem Hinweisreiz assoziiert sind, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Item A als Reaktion auf den Hinweisreiz abgerufen wird.

3. Annahme des abrufbasierten Lernens:

Durch den Abruf eines Items wird dieses Item gelernt. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, dass dieses Item später erinnert wird, erhöht.

Der erfolgreiche Abruf eines Items erhöht die Assoziationsstärke zwischen diesem Item und dem Hinweisreiz. Der Ansatz des Stärkeabhängigen Wettbewerbs nimmt an, dass durch diese gestärkte Assoziation zwischen einem Item und dem Hinweisreiz die Wahrscheinlichkeit reduziert wird, dass andere nicht geübte Items abgerufen werden (Roediger, 1974; Rundus, 1973).

Stärkeabhängiger Wettbewerb geht also davon aus, dass das Vergessen nicht geübter Items nicht auf eine absolute Schwächung dieser Items zurückzuführen ist, sondern nur auf eine relative Schwächung dieser Items in Folge der Stärkung konkurrierender Items.

Ausgehend vom Modell des Stärkeabhängigen Wettbewerbs hat Rundus (1973) eine Verhältnisregel (ratio rule) formuliert, die die Wahrscheinlichkeit, dass ein Item erinnert wird, wenn der Hinweisreiz präsentiert wird, quantitativ ausdrückt. Diese Verhältnisregel besagt, dass die Erinnerungswahrscheinlichkeit eines Items berechnet werden kann, indem die Assoziationsstärke zwischen Item und Hinweisreiz durch die Summe der Assoziationsstärken zwischen allen anderen Items und dem Hinweisreiz dividiert wird. Abbildung 3 zeigt diese Gleichung.

$$P(A | H) = \frac{S(H, A)}{S(H, B) + S(H, C) + S(H, D) + \dots}$$

Abbildung 3: Ratio Rule Gleichung

A, B, C und D stehen für die einzelnen Items, die mit dem Hinweisreiz (H) assoziiert sind. Mit S (Item) ist die Assoziationsstärke zwischen dem Item und dem Hinweisreiz gemeint.

Das Modell des Stärkeabhängigen Wettbewerbs kann zur Erklärung des Abrufinduzierten Vergessens herangezogen werden. Das Modell besagt, dass durch die Abrufübung die Assoziationsstärke zwischen den abgerufenen Unterbegriffen und dem Kategorienoberbegriff erhöht wird. Beim abschließenden Gedächtnistest konkurrieren alle Unterbegriffe einer Kategorie um Zugang zum bewussten Erinnern. Da zuvor die Assoziation einiger Unterbegriffe durch die Abrufübung gestärkt wurde, ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese Items erinnert werden, erhöht, während die Wahrscheinlichkeit, dass andere, nicht geübte Items erinnert werden, verringert ist.

Es gibt allerdings zahlreiche Forschungsbefunde, die gegen Stärkeabhängigen Wettbewerb als Grundlage von Abrufinduziertem Vergessen sprechen. Zum Beispiel kann durch Stärkeabhängigen Wettbewerb nicht erklärt werden, weshalb nur der Abruf, aber nicht die wiederholte Präsentation bestimmter Items dazu führt, dass andere assoziierte Items beim Final Recall eher vergessen werden (zum Beispiel Anderson et al., 2000).

2.1.2.2 Inhibition

Das Inhibitionsmodell zur Erklärung des Abrufinduzierten Vergessens war und ist Gegenstand zahlreicher Studien. Es gibt in der Literatur zum Abrufinduzierten Vergessen viele Befunde, die die Inhibitionshypothese stützen (zum Beispiel Anderson et al., 1994; Anderson & Spellman, 1995). Es wurden aber auch Forschungsergebnisse veröffentlicht, die gegen diese Hypothese sprechen (zum Beispiel Williams & Zacks, 2001).

Das Inhibitionsmodell geht davon aus, dass die Präsentation eines Hinweisreizes (zum Beispiel der Kategorienoberbegriff) zur Aktivierung aller assoziierten Items führt. Um die Zielitems von den konkurrierenden Items zu isolieren, werden die konkurrierenden Items inhibiert. Die Inhibition hat also die Funktion, Interferenz durch konkurrierende Items zu verringern und dadurch den Abruf der Zielitems zu erleichtern (Blaxton & Neely, 1983).

Anderson und Spellman bezeichnen Inhibition als einen „process, that deactivates the representation of an item in memory.“ (Anderson & Spellman, 1995, Seite 70). Der Inhibitionsprozess bezieht sich also, nach Anderson und Spellman, direkt auf die Repräsentation der interferierenden Items im Gedächtnis. Die Inhibitions-hypothese postuliert, dass die Aktivierung aller Items, die mit dem Abruf der Zielitems interferieren, gehemmt wird (Anderson & Neely, 1996).

Beim abrufinduzierten Vergessensparadigma werden in der Abrufübung der Kategorienoberbegriff und der Wortstamm des zu erinnernden Unterbegriffs als Hinweisreiz präsentiert. Der Inhibitionsansatz besagt, dass die Darstellung des Kategorienbegriffs zur Aktivierung aller Unterbegriffe der entsprechenden Kategorie führt. Um zu verhindern, dass die nicht zu übenden Items aus geübten Kategorien den Abruf der zu übenden Items beeinträchtigen, werden diese Items, dem Inhibitionsmodell folgend, gehemmt. Die Hemmung hält auch nach der Abrufübung an und führt dazu, dass der Zugriff zu den zuvor gehemmten Items beim abschließenden Gedächtnistest beeinträchtigt ist. Diese Items werden daher weniger gut erinnert werden, als andere Items, die nicht inhibiert wurden. Nicht geübte Items aus geübten Kategorien werden also schlechter erinnert, als nicht geübte Items aus Kontrollkategorien.

Für das Inhibitionsmodell als Erklärungsansatz des Abrufinduzierten Vergessens sprechen unter anderem Befunde von Anderson et al., (1994) und Bäuml (1998). Anderson und Kollegen und Bäuml konnten zeigen, dass die Stärke des

abrufinduzierten Vergessenseffekts von der Assoziationsstärke¹ zwischen Items und Hinweisreiz abhängt.

Jedoch determiniert nicht die Assoziationsstärke der geübten Items (Rp^+ -Items) das Ausmaß des Abrufinduzierten Vergessens, sondern die Stärke der nicht geübten Items (Rp^- -Items) aus geübten Kategorien. Starke Rp^- -Items, also Items, die stark mit dem Hinweisreiz assoziiert sind, sind Gegenstand des Abrufinduzierten Vergessens, während schwache Rp^- -Items keine Vergessenseffekte auslösen können (Anderson et al., 1994).

Dieser Befund stützt die Inhibitions-hypothese. Nur starke Rp^- -Items konkurrieren in der Abrufphase mit Rp^+ -Items um Zugang zum bewussten Erinnern. Das heißt, die Interferenz geht nur von starken und nicht von schwachen Rp^- -Items aus. Deshalb werden nur diese Items inhibiert. Die Inhibition, so das Modell, hält an und beeinträchtigt das Erinnern dieser Items beim abschließenden Gedächtnistest.

In den Experimenten von Anderson und Kollegen (1994) wurde bei starken Rp^- -Items signifikantes Abrufinduziertes Vergessen gefunden, während bei schwachen Rp^- -Items keine oder nur sehr geringe Vergessenseffekte beobachtet wurden. Gleichwohl wurde in beiden Bedingungen ein signifikanter Übungseffekt der Rp^+ -Items beim abschließenden Gedächtnistest festgestellt.

Diese Beobachtung zeigt, dass Abrufinduziertes Vergessen nicht durch die Stärkung der geübten Items hervorgerufen wird. Abrufinduziertes Vergessen ist dagegen abhängig von der Stärke der nicht geübten Items und dem Ausmaß, in dem diese Items mit dem Abruf der zu übenden Items interferieren.

Diese Ergebnisse konnten allerdings von Williams und Zacks (2001) nicht repliziert werden.

Durch eine Studie zur Rolle des Abrufs bei Abrufinduziertem Vergessen konnten Anderson, Bjork und Bjork (2000) weitere Belege für das Inhibitionsmodell liefern. Anderson und Mitarbeiter (2000) untersuchten die Notwendigkeit des Abrufs für das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen. Dazu bekamen 50 Prozent der Versuchspersonen in der Abrufübung den jeweiligen Kategorienbegriff

¹ Unter starken Items versteht man typische, häufig genannte Unterbegriffe einer Kategorie (zum Beispiel Frucht-Apfel); bei schwachen Items handelt es sich um weniger typische Unterbegriffe einer Kategorie (zum Beispiel Frucht-Guave).

und den Wortstamm des Unterbegriffs als Hinweisreiz (zum Beispiel *Frucht-Ap___*). Sie sollten den gesuchten Unterbegriff abrufen. Bei den anderen 50 Prozent der Versuchsteilnehmer wurde das Abrufübungsparadigma variiert. In der Abrufübung wurden der Wortstamm der entsprechenden Kategorie und die zu übenden Unterbegriffe präsentiert (zum Beispiel *Fr___-Aprikose*). Der gesuchte Kategorienbegriff sollte erinnert werden.

Bei beiden Versuchsbedingungen war beim abschließenden Gedächtnistest ein signifikanter Übungseffekt für die geübten Unterbegriffe feststellbar. Allerdings zeigten nur die Versuchspersonen, die die Unterbegriffe und nicht die Kategorienbegriffe abrufen sollten, Abrufinduziertes Vergessen. Dieser Befund unterstützt die Inhibitionsannahme und widerspricht den Vorhersagen des Stärkeabhängigen Wettbewerbs. Es genügt nicht, einen Teil der Items zu stärken, um dadurch die Erinnerungsleistung der anderen Items zu schwächen, wie es vom Stärkeabhängigen Wettbewerbsmodell angenommen wird. Um Abrufinduziertes Vergessen auszulösen, ist es notwendig, dass die zu übenden Items aus dem Gedächtnis abgerufen werden. Ausgehend vom Inhibitionsmodell ist die Inhibition notwendig, um Interferenz beim Abruf von Items zu reduzieren. Wenn die zu übenden Items dagegen nicht abgerufen werden müssen, sondern wiederholt präsentiert werden, ist weniger Inhibition erforderlich (Anderson & Spellman, 1995) und infolge dessen sind die Vergessenseffekte geringer ausgeprägt.

Mit dem Inhibitionsansatz lassen sich die besprochenen Befunde von Anderson et al., (2000) erklären.

Ein weiteres Merkmal des Abrufinduzierten Vergessens, das für die Inhibitionshypothese spricht, ist die Unabhängigkeit des Vergessens von Hinweisreizen (Cue Independent Forgetting) (Anderson & Spellman, 1995; Saunders & MacLeod, 2005, Veling & van Knippenberg, 2004).

Anderson und Spellman (1995) demonstrierten, dass der Abruf einiger Kategorienmitglieder in der Abrufübung bei einem nachfolgenden Test zu einer beeinträchtigten Erinnerungsleistung für nicht geübte Mitglieder derselben Kategorie führt. Diese Tendenz, nicht geübte Kategorienmitglieder beim abschließenden Gedächtnistest eher zu vergessen, tritt unabhängig davon auf, ob

diese Kategorienmitglieder mit derselben oder einer anderen Kategorie als Hinweisreiz abgefragt werden. Folgendes Beispiel soll diesen Fall verdeutlichen: Aus der Kategorie *Fisch* werden die Begriffe Thunfisch, Rotbarsch und Wels abrufgeübt. Dadurch wird die Erinnerungsleistung für die anderen, nicht geübten Mitglieder der Kategorie *Fisch* beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung ist auch vorhanden, wenn die nicht geübten Kategorienmitglieder zusammen mit einem anderen Kategorienlabel als Hinweisreiz (zum Beispiel *Nahrungsmittel-Lachs*) abgefragt werden.

Die Beobachtung des hinweisunabhängigen Vergessens lässt sich mit dem Inhibitionsmodell begründen: Während der Abrufphase interferieren die nicht geübten Items mit dem Abruf der zu übenden Items. Um diese Interferenz zu reduzieren, werden die nicht geübten Items gehemmt. Die Hemmung betrifft direkt die Repräsentation der Items und nicht die Assoziation zwischen Item und Kategorienbegriff. Infolgedessen ist die Erinnerungsleistung der gehemmten Items auch beeinträchtigt, wenn sie mit einem neuen Kategorienlabel als Hinweisreiz abgefragt werden.

Studien von Hicks und Starns (2004), sowie Bäuml und Spitzer (2007) zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen auch auftritt, wenn beim Final Recall Rekognitionstests verwendet werden. Diese Befunde unterstützen auch die Inhibitionshypothese. Bei Rekognitionstests müssen die Versuchspersonen angeben, ob ein präsentiertes Item bereits in der Lernphase präsentiert wurde oder neu ist. Dabei werden Rp⁻-Items häufiger fälschlicherweise als neu klassifiziert, als Items aus Kategorien, aus denen keine Unterbegriffe abrufgeübt wurden. Dieses Ergebnismuster entspricht dem Abrufinduzierten Vergessenseffekt. Abrufinduziertes Vergessen tritt also auch beim Wiedererkennen von Items auf, die ohne den Kategorienbegriff als Hinweisreiz präsentiert werden. Die Inhibitionshypothese geht davon aus, dass die direkte Repräsentation der Items und nicht die Assoziation zwischen Item und Hinweisreiz Gegenstand der Inhibition ist. Das heißt, durch die Inhibition der Rp⁻-Items ist die Repräsentation dieser Items gehemmt – und zwar unabhängig davon, ob der Kategorienbegriff als Hinweisreiz vorliegt oder nicht. Diese Vorhersagen

des Inhibitionsmodells sind konsistent mit den oben genannten Befunden von Hicks und Starns (2004), sowie Bäuml und Spitzer (2007).

Ein zusätzliches Merkmal von Abrufinduziertem Vergessen liefert weitere Unterstützung für die Inhibitionshypothese: Abrufinduziertes Vergessen scheint unabhängig von der Erinnerungsleistung bei der Abrufübung zu sein (Storm, Bjork, Bjork & Nestojko, 2006). Storm et al. (2006) demonstrierten, dass Abrufinduziertes Vergessen auch auftritt, wenn ein erfolgreicher Abruf der zu übenden Unterbegriffe während der Abrufübungsphase unmöglich ist. Dazu präsentierten sie den Versuchspersonen in der Übungsphase neben dem Kategorienbegriff als Hinweisreize entweder Buchstabenfragmente, die die Anfangsbuchstaben von Unterbegriffen der entsprechenden Kategorie darstellten oder Buchstabenfragmente, die bei keinem der Unterbegriffe der vorliegenden Kategorie als Anfangsbuchstaben vorkamen. In der zweiten Versuchsbedingung war also der erfolgreiche Abruf der gesuchten Unterbegriffe unmöglich. Trotzdem konnten Storm und Kollegen bei beiden Versuchsbedingungen signifikante Abrufinduzierte Vergessenseffekte nachweisen. Daraus lässt sich schließen, dass nicht der erfolgreiche Abruf von Rp^+ -Items, sondern allein der Versuch, diese Items abzurufen, notwendig ist, um Abrufinduziertes Vergessen auszulösen.

Dieses Ergebnis entspricht den Annahmen des Inhibitionsmodells. Das Modell besagt, dass Items, die potentiell mit dem Abruf der Rp^+ -Items konkurrieren, gehemmt werden. Diese Hemmung ist unabhängig davon, ob die Rp^+ -Items tatsächlich erfolgreich abgerufen werden oder nicht. Insofern sind die nachfolgenden Vergessenseffekte auch unabhängig vom Erfolg bei der Abrufübung.

Trotz der zahlreichen Studien, welche die Inhibitionshypothese als Erklärung für Abrufinduziertes Vergessen unterstützen, lassen sich auch Befunde anführen, die gegen diesen Ansatz sprechen.

Perfect, Moulin, Conway und Perry (2002) untersuchten Abrufinduziertes Vergessen bei impliziten Gedächtnistests. Sie konnten die typischen Vergessenseffekte allerdings nur bei konzeptuellen impliziten Gedächtnistests (zum Beispiel

bei der Aufgabe, Kategorienmitglieder zu generieren) und nicht bei perzeptuellen impliziten Tests (zum Beispiel bei einem perzeptuellen Identifikationstest) nachweisen. Daraus schließen sie, dass Inhibition nicht ubiquitär ist, sondern auf konzeptuelle Repräsentationsstufen begrenzt ist (siehe aber Bajo, Gómez-Ariza, Fernandez & Marful, 2006). Die Befunde von Perfect et al. (2002) sprechen nicht gegen den Inhibitionsansatz zur Erklärung des Abrufinduzierten Vergessens im Allgemeinen, sondern gegen die Annahme, Inhibition würde alle Repräsentationsstufen eines Items betreffen.

In einer Studie von Williams und Zacks (2001) ist es nicht gelungen, Befunde (Anderson et al., 1994; Anderson & Spellman, 1995) zu replizieren, die als Beleg für das Inhibitionsmodell gelten. Williams und Zacks konnten weder unterschiedlich stark ausgeprägte Abrufinduzierte Vergessenseffekte für starke und schwache Rp⁻-Items finden, noch konnten sie zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen unabhängig von Hinweisreizen ist.

Die Unabhängigkeit des Abrufinduzierten Vergessens von Hinweisreizen gilt als stärkstes Argument für die Inhibitionshypothese. Allerdings gibt es neben der Studie von Williams und Zacks (2001) noch weitere Studien, bei denen diese Unabhängigkeit nicht repliziert werden konnte (zum Beispiel Camp, Pecher & Schmidt, 2007).

So konnten Butler, Williams, Zacks und Maki (2001) Abrufinduziertes Vergessen nur beim Vorliegen von Kategorien als Hinweisreizen, aber nicht bei itemspezifischen Hinweisreizen (zum Beispiel Wortfragmente der Unterbegriffe als Hinweisreize) finden. Die Probleme, Ergebnisse zu replizieren, die das Inhibitionsmodell stützen, lassen Zweifel an der Gültigkeit dieses Modells aufkommen.

Trotz dieser Schwierigkeiten, ist Inhibition bislang die am stärksten erforschte und durch Studien unterstützte Erklärung für Abrufinduziertes Vergessen (Storm et al., 2006).

2.1.2.3 Strategiestörung

Die Strategiestörung wird vor allem als Erklärungsansatz für das Part List Cuing Phänomen herangezogen.

Beim Part List Cuing lernen die Versuchsteilnehmer eine Itemliste. Beim anschließenden Test der Items bekommen sie einen Teil der Items als Hinweisreize präsentiert und sollen die restlichen Items der Liste aus dem Gedächtnis abrufen. Die Präsentation eines Teils der zu erinnernden Items reduziert allerdings den Anteil der korrekt erinnerten restlichen Items im Vergleich dazu, wenn keine Teilmenge der Items als Hinweisreize gegeben wird. Hierbei handelt es sich um den typischen Part List Cuing Effekt (Basden, Basden & Galloway, 1977; Slamecka 1968).

Der Strategiestörungsansatz geht davon aus, dass die Präsentation einer Teilmenge der Items den Abruf der Items stört, da die Versuchspersonen ihre ursprüngliche Organisation der Items aufgeben und auf eine neue, weniger effektive Abrufstrategie zurückgreifen müssen (Basden & Basden, 1995; Basden et al., 1977).

Die Erinnerungsleistung der restlichen Items ist dagegen weniger beeinträchtigt, wenn die gegebenen Hinweisitems der von den Versuchspersonen bevorzugten Abrufreihenfolge entsprechen (Basden & Basden, 1995). Diese Beobachtung ist konsistent mit der Strategiestörungsannahme.

Obwohl das Strategiestörungsmodell häufig als mögliche Erklärung des Part List Cuing Phänomens gesehen wird, wurde dieses Modell auch in Zusammenhang mit Abrufinduziertem Vergessen genannt.

So vermuten beispielsweise Dodd, Castel und Roberts (2006), dass dem Abrufinduzierten Vergessenseffekt eine Strategiestörungskomponente zugrunde liegt. Dennoch betonen sie, dass nicht alle Forschungsergebnisse im Bereich des Abrufinduzierten Vergessens ausschließlich durch den Strategiestörungsansatz erklärt werden können. Unter anderem lässt sich, so Dodd. et al. (2006), die Unabhängigkeit von Hinweisreizen nicht mit der Strategiestörungshypothese als alleinigem Erklärungsansatz für Abrufinduziertes Vergessen vereinbaren.

Dodd und Kollegen diskutieren die Möglichkeit, dass die Abrufübung die ursprüngliche Organisation der gelernten Begriffe stört und dadurch die nicht geübten Begriffe aus geübten Kategorien weniger gut erinnert werden. Die Erinnerungsleistung von Begriffen aus nicht geübten Kategorien wird jedoch nicht beeinträchtigt, da die Organisation dieser Begriffe im Gedächtnis nicht durch eine Abrufübung gestört wurde.

Dodd et al. (2006) führen mehrere Experimente zur Unterstützung ihrer Hypothese an. Unter anderem zeigen sie, dass der abrufinduzierte Vergessenseffekt neutralisiert wird, wenn die Versuchspersonen bei der Abrufübung Items in einer Reihenfolge abrufen, die mit ihrer Abrufstrategie konsistent ist.

2.1.2.4 Abrufinterferenz

Williams und Zacks (2001) schlagen Abrufinterferenz als einen dem Abrufinduzierten Vergessen zugrunde liegenden Mechanismus vor.

Die Abrufinterferenz unterscheidet sich in zwei Punkten von der Inhibitionshypothese, die von Anderson und Kollegen (1994) als Erklärung für Abrufinduziertes Vergessen genannt wird. Diese Unterschiede betreffen den Zeitpunkt des Auftretens des Vergessenseffekts und die Art und Weise, wie dieser Effekt auftritt.

Williams und Zacks (2001) ist es nicht gelungen, wesentliche Ergebnisse der bedeutenden Studie von Anderson et. al. (1994) zu replizieren, die deren Inhibitionannahme gestützt hätten. Infolgedessen verwarfen Williams und Zacks die Inhibitionshypothese zugunsten des Abrufinterferenzansatzes.

Das Modell der Abrufinterferenz nimmt an, dass die Stärkung der geübten Items während der Abrufübung keinen Effekt auf die nicht geübten Items aus geübten Kategorien hat. Allerdings, so das Modell, hat die Abrufübung einen Effekt auf den abschließenden Gedächtnistest. Durch den Abruf der geübten Items werden die Abrufmechanismen der nicht geübten Items aus den geübten Kategorien gestört. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, dass diese Items beim abschließenden Gedächtnistest erinnert werden, verringert. Welcher spezifische Prozess der

Störung der Abrufmechanismen zugrunde liegt, wird von Williams und Zacks allerdings nicht untersucht.

Das Modell der Abrufinterferenz hat große Ähnlichkeit mit dem bereits besprochenen Strategiestörungsansatz.

Im folgenden Abschnitt sollen Faktoren vorgestellt werden, die das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen modulieren. Die Frage, ob Cortisol einen Einfluss auf die Stärke von Abrufinduziertem Vergessen hat, wird ausführlich behandelt werden. Zudem werden die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis im Allgemeinen besprochen.

2.1.3 Modulierende Faktoren

Forschungsergebnisse konnten zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen ein robustes und stabiles Phänomen ist. Das typische Vergessensmuster zeigt sich, wie bereits besprochen, nicht nur bei Erwachsenen, sondern auch bei Kindern im Grundschulalter (Zellner & Bäuml, 2005) und bei alten Menschen (Aslan et al., 2007). Zudem konnte Abrufinduziertes Vergessen bei verschiedenen Arten von Gedächtnistests und bei der Verwendung unterschiedlicher Stimulusmaterialien nachgewiesen werden.

Dennoch konnten einige Bedingungen identifiziert werden, bei denen Abrufinduziertes Vergessen reduziert oder eliminiert wird.

2.1.3.1 Integration

Ausgehend von der Inhibitionshypothese bewirkt die Präsentation des Kategorienbegriffs als Hinweisreiz eine Aktivierung aller Unterbegriffe der Kategorie. Um die Interferenz durch die konkurrierenden Unterbegriffe zu reduzieren und dadurch den Abruf der Zielunterbegriffe zu erleichtern, werden die konkurrierenden Begriffe inhibiert (Blaxton & Neely, 1983).

Die Existenz von Verbindungen zwischen einzelnen Erinnerungen, die einen gemeinsamen Hinweisreiz haben, führt aber häufig dazu, dass diese Erinnerungen beim späteren Abruf nicht miteinander interferieren.

Anderson und McCulloch (1999) haben untersucht, ob das Bilden von Verbindungen zwischen Unterbegriffen einer Kategorie Abrufinduziertes Vergessen eliminiert. Sie folgen dabei der Logik, dass durch Beziehungen oder Verbindungen zwischen Unterbegriffen die Interferenz zwischen diesen Begriffen beseitigt wird und dadurch auch keine Inhibition der konkurrierenden Begriffe notwendig ist. Infolgedessen sollte kein Abrufinduziertes Vergessen zu beobachten sein. Tatsächlich konnten die Wissenschaftler zeigen, dass bei Versuchspersonen, die die Instruktion erhielten, während der Lernphase Relationen zwischen Unterbegriffen zu bilden, weniger Abrufinduziertes Vergessen zu beobachten war. Zudem konnten sie nachweisen, dass Versuchspersonen häufig auch ohne explizite Instruktion spontan Verbindungen zwischen den einzelnen Kategorienmitgliedern herstellen und dadurch auch geringere Vergessenseffekte zeigen.

Anderson und McCulloch (1999) bezeichnen das Bilden von Relationen zwischen den einzelnen Unterbegriffen einer Kategorie als Integration. Integration ist also ein Faktor, der vor Abrufinduziertem Vergessen schützt.

2.1.3.2 Ähnlichkeit der Unterbegriffe

Viele Studien sprechen für Inhibition als Ursache von Abrufinduziertem Vergessen (Anderson et al., 1994; Anderson & Spellman, 1995). Der Feature Suppression Ansatz von Anderson und Spellman (1995) spezifiziert diese Inhibitionshypothese. Dieser Ansatz geht davon aus, dass Items intern als Ansammlungen von Merkmalen repräsentiert sind. Wenn ein Item abgerufen werden soll, wird der Abruf dieses Zielitems² erleichtert, indem alle Merkmale, die konkurrierende Items nicht mit dem Zielitem teilen, gehemmt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein konkurrierendes Item erinnert wird, entspricht der Summe der Aktivität der Merkmale dieses Items. Ein Item, das viele Merkmale mit dem Zielitem teilt, wird ergo eher erinnert, als ein Item, dessen Merkmale nur in geringem Maße mit den Merkmalen des Zielitems überlappen. Dem Feature Suppression Ansatz zufolge werden überlappende Merkmale aktiviert und nicht überlappenden Merkmale gehemmt.

² Im Folgenden bezieht sich der Begriff Zielitems immer auf Rp^+ -Begriffe, während mit konkurrierenden Items die Rp^- -Begriffe gemeint sind.

Dieser Ansatz lässt die Schlussfolgerung zu, dass konkurrierende Items (Rp^- -Items), die große Ähnlichkeit zu den Zielitems (Rp^+ -Items) haben, beim abschließenden Gedächtnistest besser erinnert werden, als Items, bei denen diese Ähnlichkeit nur in sehr geringem Maße vorhanden ist, da mehr Merkmale bei den unähnlichen als bei den ähnlichen Items gehemmt werden. Somit sollte Abrufinduziertes Vergessen stärker ausgeprägt sein, wenn sich Rp^+ -Items und Rp^- -Items weniger ähnlich sind.

Im Gegensatz dazu, sollte Abrufinduziertes Vergessen umso stärker vorhanden sein, je größer die Ähnlichkeit zwischen konkurrierenden Items ist. Wenn Rp^- -Items viele gemeinsame Merkmale aufweisen, hat die Hemmung derselben Zahl an Merkmalen einen negativen Effekt auf eine größere Anzahl an konkurrierenden Items, als bei unähnlichen Rp^- -Items.

Anderson, Green und McCulloch (2000), Bäuml und Hartinger (2002), sowie Smith und Hunt (2000) variierten in ihren Experimenten die Ähnlichkeit zwischen Rp^+ - und Rp^- -Items und zwischen den Rp^- -Items untereinander und untersuchten das Ausmaß von Abrufinduziertem Vergessen. Ihre Daten sind konsistent mit den Vorhersagen des Feature Suppression Ansatzes.

Die Ähnlichkeit zwischen den zu übenden und den konkurrierenden Unterbegriffen, sowie zwischen den einzelnen konkurrierenden Unterbegriffen scheint also einen Einfluss auf die Stärke des abrufinduzierten Vergessenseffekts zu haben.

2.1.3.3 Zeitintervalle

Anderson et al., (1994) untersuchten Abrufinduziertes Vergessen mit dem von ihnen entwickelten Abrufübungsparadigma. Dieses Paradigma besteht aus einer Lernphase, einer Abrufphase, einer Distraktorphase und einer Testphase. Die Dauer der Distraktorphase betrug bei Anderson und Kollegen (1994) 20 Minuten. Mit diesem Versuchsdesign konnten sie signifikante abrufinduzierte Vergessenseffekte nachweisen.

Ein Zeitintervall von 24 Stunden zwischen der Lernphase und der Abrufphase reduziert zwar Abrufinduziertes Vergessen, eliminiert dieses Phänomen aber nicht (MacLeod & Macrea, 2001; Saunders & MacLeod, 2002). Im Gegensatz dazu

bedingt ein Zeitintervall von 24 Stunden zwischen der Abrufphase und der Testphase eine komplette Beseitigung des Abrufinduzierten Vergessens.

2.1.3.4 Stimmung

Bäuml und Kuhbandner (2007) untersuchten, ob affektive Zustände während der Abrufphase das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen modulieren.

Die Effekte affektiver Zustände auf das Gedächtnis können sich bei positiver und negativer Stimmung unterscheiden. Zum Beispiel konnte Gray (2001) zeigen, dass die Leistung bei verbalen Aufgaben durch annäherungsbezogene emotionale Zustände verbessert wird, während die Leistung durch Emotionen, die mit Rückzug assoziiert sind, verschlechtert wird.

Bäuml und Kuhbandner (2007) erforschten, ob Stimmung einen Einfluss auf Abrufinduziertes Vergessen hat und ob sich positive beziehungsweise negative Stimmung unterschiedlich auf dieses Gedächtnisphänomen auswirkt.

Emotionen können einen Einfluss auf die Art der Informationsverarbeitung ausüben. Negative Emotionen führen zu einer überwiegend itemspezifischen Informationsverarbeitung, während positive Emotionen eine überwiegend relationale Verarbeitung bewirken. Unter itemspezifischer Informationsverarbeitung versteht man die Verarbeitung von Ereignissen anhand ihrer Merkmale und distinkten Eigenschaften. Bei der relationalen Verarbeitung werden Ereignisse dagegen immer in Relation zu anderen Konzepten im Gedächtnis verarbeitet (zum Beispiel Hunt & Mac Daniel, 1993).

Abrufinduziertes Vergessen setzt relationale Informationsverarbeitung voraus. Nur wenn Items in Relation zu anderen Items aus derselben Kategorie verarbeitet werden, interferieren konkurrierende Items mit dem Abruf von Zielitems. Diese Interferenz macht, so das Inhibitionsmodell, eine Hemmung der konkurrierenden Items erforderlich und führt dadurch zu Abrufinduziertem Vergessen (Anderson, 2003). Bei itemspezifischer Informationsverarbeitung tritt dagegen kein Abrufinduziertes Vergessen auf (Smith & Hunt, 2000).

Wenn durch negative Stimmung während der Abrufübung itemspezifische Informationsverarbeitung induziert wird, sollte dadurch die Interferenz zwischen

den einzelnen Items und infolgedessen auch die Inhibition reduziert werden. Ergo sollte Abrufinduziertes Vergessen bei negativer Stimmung zur Zeit der Abrufphase weniger stark ausgeprägt sein. Im Gegensatz dazu führt positive Stimmung zu relationaler Informationsverarbeitung und dadurch zu mehr Interferenz durch konkurrierende Items und zu mehr Inhibition. Positive Emotionen sollten also stärker ausgeprägte abrufinduzierte Vergessenseffekte bewirken.

Bäuml und Kuhbandner (2007) untersuchten diese Hypothesen, indem sie bei ihren Versuchspersonen direkt vor der Abrufübung anhand von emotionalen und neutralen Bildern entweder positive, negative oder neutrale Stimmung induzierten. Smith, Henson, Dolan und Rugg (2004) konnten zeigen, dass durch die Präsentation positiver und negativer Bilder aus dem International Affective Picture System (IAPS; Lang, Bradley & Cuthbert, 1999) effektiv Emotionen hervorgerufen werden können. Beim IAPS handelt es sich um ein standardisiertes Reizset mit über 700 emotionalen (positiven und negativen) und neutralen Bildern. Die IAPS-Bilder verfügen über standardisierte Bewertungen auf den Dimensionen Valenz und Erregung.

Bäuml und Kuhbandner (2007) verwendeten für ihre Studie jeweils zehn positive, zehn negative und zehn neutrale Bilder aus dem IAPS (Lang et al., 1999). Die positiven und negativen Bilder unterschieden sich nicht auf der Dimension Erregung.

Zudem wurden sechs Wortlisten anhand bekannter Normen (Battig & Montague, 1969; Mannhaupt, 1983) konstruiert. Jede Wortliste bestand aus drei semantischen Kategorien mit je sechs neutralen Begriffen.

Für jede Versuchsperson wurden je zwei Wortlisten jeweils einer der drei verschiedenen Stimmungen (positiv, negativ, neutral) zugeordnet. Das Experiment bestand bei jeder Wortliste aus vier Teilen: aus der Lernpräsentation, der Stimmungsinduktionsphase, der Abrufübung und dem Final Recall.

Abgesehen von der Stimmungsinduktionsphase folgten Bäuml und Kuhbandner (2007) bei ihrer Studie dem Abrufübungsparadigma von Anderson, Bjork und Bjork (1994).

Nach der Lernpräsentation und einer 30 Sekunden langen Distraktorphase wurden zur Stimmungsinduktion jeweils fünf Bilder aus dem IAPS (Lang et al., 1999)

dargeboten. Diese Bilder hatten, je nach Versuchsbedingung, entweder positive, negative oder neutrale Valenz. Jedes Bild wurde sechs Sekunden lang gezeigt und die Versuchspersonen wurden aufgefordert, die Bilder emotional auf sich wirken zu lassen. Anschließend folgte die Abrufübung und nach einer weiteren dreiminütigen Distraktorphase der Final Recall.

Bei jeder Versuchsperson wurden alle sechs Wortlisten innerhalb einer experimentellen Sitzung präsentiert.

Mit dieser Methode konnten Bäuml und Kuhbandner (2007) zeigen, dass Abrufinduziertes Vergessen bei einem negativen emotionalen Zustand während der Abrufphase nicht auftritt. Positive Stimmung bewirkt im Gegensatz dazu tendenziell stärkere Vergessenseffekte, als neutrale Stimmung, wobei die Unterschiede bei neutraler und positiver Stimmung bei Bäuml und Kuhbandner nicht statistisch signifikant waren.

Die Studie von Bäuml und Kuhbandner (2007) lässt vermuten, dass durch negative Stimmung nach der Präsentation von IAPS-Bildern mit negativer Valenz Abrufinduziertes Vergessen verhindert werden kann.

Als einen alternativen Erklärungsansatz für die von Bäuml und Kuhbandner (2007) erzielten Ergebnisse könnten endokrinologische Veränderungen herangezogen werden.

In einer Studie von Codispoti et al. (2003) konnte gezeigt werden, dass die Präsentation von IAPS-Bildern mit negativer Valenz zu erhöhten Werten von Cortisol, ACTH (Adrenocorticotropes Hormon) und Noradrenalin führt. Bei Codispoti und Kollegen wurden verschiedene IAPS Bilder derselben Valenz je 30 Sekunden lang gezeigt. Insgesamt wurden 30 Minuten lang IAPS Bilder einer bestimmten Valenz präsentiert. Bei Bäuml und Kuhbandner (2007) wurden nur fünf Bilder jeweils sechs Sekunden lang dargeboten. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch eine kürzere Präsentation von IAPS-Bildern mit negativer Valenz zu endokrinologischen Veränderungen führt. Diese Veränderungen könnten eventuell auch zu dem reduzierten Abrufinduzierten Vergessen bei Bäuml und Kuhbandner beigetragen haben.

Andere Studien (zum Beispiel Barnier, Hung & Conway, 2004) untersuchten, ob sich die Stärke des Abrufinduzierten Vergessens bei emotionalen und neutralen

Reizmaterialien unterscheidet - unabhängig vom emotionalen Zustand der Versuchspersonen während der Abrufübung. Bei diesen Studien konnten keine Unterschiede zwischen positivem und negativem Reizmaterial aufgezeigt werden.

2.1.3.5 Sozialer Stress

Viele Studien haben gezeigt, dass Stress das Gedächtnis beeinflussen kann (zum Beispiel Beckner, Tucker, Delville & Mohr, 2006; Domes, Heinrichs, Rimmele, Reichwald & Hautzinger, 2004; Payne et al., 2006).

Stress führt zu zwei unterschiedlichen Antwortmustern des Körpers: Eine schnelle Reaktion und eine langsamere Reaktion. Bei der schnellen Stressreaktion handelt es sich um die Aktivierung des sympathischen Nervensystems, die zur Ausschüttung von Adrenalin aus dem Nebennierenmark führt. Adrenalin kann nicht durch die Blut-Hirnschranke ins Gehirn gelangen. Deshalb wirkt Adrenalin indirekt auf zentralnervöse Prozesse via noradrenerger Aktivierung. (siehe LeDoux, 2003; Roozendaal, 2002 für eine ausführliche Darstellung).

Unter der langsameren Stressreaktion wird die Aktivierung der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse) verstanden. Unter Stress wird aus dem paraventriculären Nucleus des Hypothalamus das Corticotropin Releasing Hormon (CRH) ausgeschüttet, das wiederum die Ausschüttung des adrenocorticotropen Hormons (ACTH) aus der Hypophyse induziert. ACTH bewirkt die Freisetzung des Glucocorticoidhormons Cortisol aus der Nebennierenrinde.

Die HPA-Achse reguliert sich im Allgemeinen selbst durch negative Feedbackmechanismen. Eine erhöhte Menge an zirkulierendem Cortisol führt zu einer Unterdrückung der CRH- und ACTH-Ausschüttung. Dadurch wird die Freisetzung von Cortisol aus der Nebennierenrinde reduziert (siehe zum Beispiel Jones & Gillham, 1988).

Die endogene Cortisolausschüttung unterliegt einem zirkadianen Rhythmus. Am frühen Morgen, vor dem Aufwachen, erreichen die Cortisolwerte ihren Höhepunkt, um dann im Laufe des Tages wieder abzusinken. Zudem bewirken stressreiche Ereignisse eine Aktivierung der HPA-Achse und die Ausschüttung von Cortisol.

Cortisol wird im Plasma vorwiegend an Corticosteroid-Binding Globulin (CBG) gebunden, während ein kleiner Teil lose an Albumin gebunden wird (Levine, Zagoory-Sharon, Feldmann, Lewis & Weller, 2007). Nur fünf bis zehn Prozent des gesamten Plasmacortisols verbleiben ungebunden und zirkulieren als freies Cortisol (Kudielka, Hellhammer & Kirschbaum, 2007). Lange Zeit galt es als erwiesen, dass nur freies Cortisol biologisch wirksam ist und somit auch nur freies Cortisol einen Einfluss auf Gedächtnisprozesse ausüben kann. Diese Annahme geht auf die *Free Hormone Hypothesis* (Mendel, 1989) zurück. Diese Hypothese postuliert, dass die biologische Aktivität eines Steroidhormons mit der freien, nicht an Proteine gebundenen Konzentration dieses Hormons korreliert und nicht mit der gesamten Konzentration des Hormons. Gemäß der Free Hormone Hypothesis kann nur freies Cortisol die Kapillargefäße verlassen und in die Zellen gelangen. Es gibt allerdings auch Forschungsbefunde, die Zweifel an dieser Annahme aufkommen lassen. Zum Beispiel vermuten Tait und Burstein (1964) (zitiert nach Levine et al., 2007), dass nicht nur ungebundenes Cortisol als frei verstanden werden sollte, sondern auch Cortisol, das nur lose an Albumin gebunden ist. Albumin hat eine 1300-mal schwächere Affinität für Cortisol als CBG. Zudem äußern auch Breuner und Orchinik (2002) die Vermutung, dass neben freiem Cortisol auch an CBG gebundenes Cortisol biologisch aktiv sein kann.

Die Funktion von Cortisol besteht unter anderem darin, dem Körper Energie zur Verfügung zu stellen. Zudem hat Cortisol entzündungshemmende Effekte und unterdrückt das Immunsystem. Neben diesen Funktionen beeinflusst Cortisol auch die kognitive Performanz (Rooszendaal, 2002). Wie bereits erwähnt, konnten einige Studien Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis demonstrieren.

Bislang wurde vor allem der Einfluss von Stress und Cortisol auf die Konsolidierung und den Abruf von Gedächtnismaterial untersucht. Welchen Einfluss Stress und die dadurch induzierte Cortisolausschüttung auf Inhibitionsmechanismen im episodischen Gedächtnis haben, ist bisher aber noch nicht gut erforscht.

Eine kürzlich an der Universität Konstanz durchgeführte Studie (Kißler & Köbler, in Vorb.) beschäftigte sich mit dieser Frage. Untersucht wurde, ob durch

experimentell induzierten sozialen Stress das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens beeinflusst werden kann.

Kißler und Kößler (in Vorb.) verwendeten ein Abrufübungsparadigma wie bei Anderson, Bjork und Bjork (1994). Vor der Lernphase wurde bei allen Versuchspersonen die momentane Stimmung anhand von Befindlichkeitsfragebögen erfasst. Bei den Versuchspersonen aus der Experimentalgruppe wurde direkt nach der Lernpräsentation sozialer Stress mit Hilfe des Trier Social Stress Test (TSST) induziert. Der Trier Social Stress Test wurde von Kirschbaum, Pirke und Hellhammer (1993) als Instrument zur Induktion von moderatem psychosozialen Stress im Laborsetting entwickelt. Es handelt sich bei dem Test um eine motivierte Leistungsaufgabe, die aus einer kurzen Vorbereitungsphase (drei Minuten), einer Testphase, in der die Versuchspersonen eine freie Rede halten müssen (fünf Minuten) und einer Phase, in der sie Rechenaufgaben vor einem Publikum durchführen müssen (fünf Minuten), besteht. Der TSST dauert also insgesamt 13 Minuten.

Durch die Durchführung des TSST wird das Speichelcortisol bei 70-80 Prozent aller Versuchspersonen um die zwei- bis dreifache Menge erhöht (Kudielka et al., 2007). Die höchsten Speichelcortisolwerte werden 10-20 Minuten nach Ende des Tests erreicht.

Die Versuchsteilnehmer aus der Kontrollgruppe, bei denen kein Stress induziert wurde, sollten bei Kißler und Kößler (in Vorb.) an einer kognitiv anstrengenden, jedoch nicht stressreichen Kontrollaufgabe ohne Publikum arbeiten.

Anschließend erfolgte die Abrufphase, die die Teilnehmer aus der Experimentalgruppe mit einem Gremium und Teilnehmer aus der Kontrollgruppe mit dem Versuchsleiter durchführten.

Nach der Abrufphase bekamen alle Teilnehmer abermals Befindlichkeitsfragebögen vorgelegt. Sie sollten retrospektiv angeben, wie sie sich während des TSST beziehungsweise der Kontrollgruppenaufgabe gefühlt hatten. Nach acht Minuten folgte der abschließende Gedächtnistest.

Zur Validierung der Stressinduktion während des TSST wurden im Lauf des Experiments viermal Speichelproben zur Messung des Speichelcortisols entnommen.

In der oben besprochenen Studie konnten signifikante Unterschiede im Cortisolverlauf zwischen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe festgestellt werden. Nach der Stressinduktion beziehungsweise Kontrollgruppenaufgabe wiesen die Versuchspersonen aus der Experimentalgruppe, im Gegensatz zu den Teilnehmern aus der Kontrollgruppe, erhöhte Cortisolwerte auf.

Die Auswertung der Befindlichkeitsfragebögen zeigte, dass Versuchspersonen aus der Experimentalgruppe nach der Stressinduktion höhere Werte auf der State Skala des STAI (Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberg, 1981) aufwiesen, als zuvor und als die Versuchspersonen der Kontrollgruppe nach der Kontrollgruppenaufgabe. Ähnliche Ergebnisse konnten auch bei anderen Befindlichkeitsfragebögen (zum Beispiel Basler Befindlichkeitsskala [BBS], Hobi, 1985) gefunden werden.

Die statistische Analyse des Gedächtnisteils ergab, dass sich die Güte der Abrufübung zwischen Experimental- und Kontrollgruppe nicht unterschied. Des Weiteren konnte auch kein Unterschied zwischen den Gruppen bei dem aus der Abrufübung resultierenden Übungseffekt für die R_p^+ -Items nachgewiesen werden. Allerdings konnte nur bei Versuchspersonen aus der Kontrollgruppe Abrufinduziertes Vergessen gefunden werden, während Versuchspersonen aus der Experimentalgruppe kein Abrufinduziertes Vergessen zeigten.

Die Resultate der Studie sind mit den Ergebnissen von Bäuml und Kuhbandner (2007) nach der Präsentation negativer Bilder aus dem IAPS vergleichbar. Bäuml und Kuhbandner konnten nach der Präsentation negativer IAPS Bilder auch kein Abrufinduziertes Vergessen finden.

Die Ergebnisse der TSST-Studie lassen mehrere Vermutungen zu. Vielleicht hat der soziale Stress zu einer Integration des Reizmaterials geführt und dadurch Abrufinduziertes Vergessen in der Experimentalgruppe eliminiert (siehe Anderson

& McCulloch, 1999). Möglicherweise beschäftigen sich gestresste Versuchspersonen noch weiter mit der Testsituation und integrieren dadurch die einzelnen Items besser.

Auch die durch den Stress induzierte Cortisolausschüttung könnte einen Effekt auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen haben.

Elzinga und Roelofs (2005), sowie Roozendaal (2002) betonen zudem die Rolle von Adrenalin und Noradrenalin. Eventuell hat eine Interaktion von Cortisol und Adrenalin beziehungsweise Noradrenalin die beobachteten Effekte auf Abrufinduziertes Vergessen bewirkt.

Um die Rolle von Cortisol bei Abrufinduziertem Vergessen genauer zu erforschen, ist eine Studie sinnvoll, die anstelle des experimentell induzierten Stresses die orale Einnahme von Cortisol vorsieht. Solch ein Versuchsdesign könnte den Einfluss von Cortisol auf Abrufinduziertes Vergessen untersuchen und gleichzeitig die Effekte von Adrenalinausschüttung und Sympathikusaktivierung ausschließen.

Im folgenden Kapitel sollen Cortisol und der Einfluss dieses Hormons auf unterschiedliche Gedächtnisprozesse besprochen werden. Die Rolle von adrenerger Aktivität und Arousal wird dabei gleichermaßen berücksichtigt, wie Besonderheiten bei der oralen Einnahme von Cortisolpräparaten. Des Weiteren werden Geschlechtsunterschiede, Dosiseffekte und Zeitfaktoren diskutiert.

2.1.3.6 Cortisol

Die an der Universität Konstanz durchgeführte Studie von Kibler und Köbber (in Vorb.) lässt vermuten, dass das Nebennierenhormon Cortisol einen Einfluss auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen hat.

In anderen Studien (zum Beispiel Lupien & McEwen, 1997; Roozendaal, 2000) konnte gezeigt werden, dass die Ausschüttung von Glucocorticoidhormonen, zum Beispiel Cortisol, nach einem stressreichen Ereignis die kognitive Leistung beeinflussen kann. In einigen Arbeiten wurde von glucocorticoidbedingten Verbesserungen des Gedächtnisses berichtet, während andere Studien nachteilige Effekte von Glucocorticoiden auf das Gedächtnis gefunden haben. Diese

gegensätzlichen Befunde legen nahe, dass die spezifischen Effekte von Glucocorticoiden auf das Gedächtnis im Wesentlichen davon abhängen, welche Gedächtnisphasen untersucht werden.

Glucocorticoide haben positive Effekte auf die Konsolidierung (zum Beispiel Beckner et al., 2006; Buchanan & Lovallo, 2001) von Gedächtnismaterial. Allerdings werden Abrufprozesse durch Glucocorticoide verschlechtert (zum Beispiel de Quervain, Roozendaal, Nitsch, McGaugh & Hock, 2000; Elzinga & Roelofs, 2005). In einigen Studien (zum Beispiel Abercrombie, Kalin, Thurow, Rosenkranz & Davidson, 2003; Kuhlmann & Wolf, 2006) wurde bisher erforscht, ob diese gegensätzlichen Effekte von Cortisol auf Konsolidierung und Abruf nur bei emotional erregendem Reizmaterial zu finden sind, oder auch bei neutralem Material. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind jedoch nicht konsistent.

Es gibt zahlreiche Forschungen zu den Effekten von Cortisol auf die Konsolidierung und den Abruf von Gedächtnismaterial und zum Einfluss von Cortisol auf das Arbeitsgedächtnis. Jedoch ist die Rolle von Cortisol bei Inhibitionsprozessen, wie sie zum Beispiel bei Abrufinduziertem Vergessen vermutet werden, bisher noch wenig erforscht.

In den folgenden Abschnitten sollen zuerst wichtige Befunde zu Cortisol und Konsolidierung beziehungsweise Abruf und Arbeitsgedächtnis dargelegt werden. Anschließend werden weitere Punkte besprochen, die bei der Untersuchung des Einflusses von Cortisol auf Abrufinduziertes Vergessen berücksichtigt werden müssen.

a) Positive Effekte von Cortisol auf die Konsolidierung

In zahlreichen Tier- und Humanstudien wurde der Einfluss von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung von Gedächtnismaterial untersucht. Bei der Konsolidierung handelt es sich um den Transfer von Informationen in das Langzeitgedächtnis. Glucocorticoidhormone, zum Beispiel Cortisol, scheinen die Konsolidierung positiv zu beeinflussen. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass erhöhte Glucocorticoidwerte bei Nagetieren zu einer verbesserten Konsolidierung von Gedächtnismaterial führen (McGaugh & Roozendaal 2002; Roozendaal 2000).

Auch in Humanstudien konnten positive Effekte von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung nachgewiesen werden (zum Beispiel Kuhlmann & Wolf, 2006).

In Tierexperimenten wurde der Effekt von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung häufig anhand von aversiven Konditionierungsexperimenten untersucht. Experimente dieser Art führen unweigerlich zu emotionaler Erregung. Diese Erregung scheint eine wichtige Rolle bei der Lernerfahrung und der verbesserten Konsolidierung zu spielen

Einige Befunde lassen vermuten, dass die durch emotionale Erregung bedingte noradrenerge Aktivierung der basolateralen Amygdala eine Voraussetzung für die Glucocorticoideffekte auf die Konsolidierung darstellt. Im basolateralen Nucleus der Amygdala scheinen Glucocorticoide mit dem noradrenergen System zu interagieren und dadurch die Gedächtniskonsolidierung zu modulieren (Roozendaal, 2002). Läsionen des basolateralen Nucleus der Amygdala oder Infusionen von β -Adrenozeptor-Antagonisten in diesen Nucleus (wodurch die noradrenerge Aktivierung des basolateralen Nucleus der Amygdala gehemmt wird) verhindern beispielsweise die positiven Effekte von Glucocorticoiden oder von Glucocorticoidrezeptor-Agonisten auf die Gedächtniskonsolidierung (Roozendaal & McGaugh, 1996; Roozendaal & McGaugh, 1997). Diese Beobachtungen in Tierexperimenten lassen die Hypothese zu, dass Glucocorticoide und Noradrenalin bei der Verbesserung der Konsolidierung zusammenwirken und Effekte von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung nur bei gleichzeitiger noradrenerger Aktivierung des basolateralen Nucleus der Amygdala auftreten. Durch emotionale Erregung kann die noradrenerge Aktivierung des basolateralen Nucleus der Amygdala induziert werden (Roozendaal, 2002). In Humanstudien wird häufig emotional erregendes Stimulusmaterial, zum Beispiel emotional erregende Bilder, verwendet, um emotionale Erregung zu erzeugen. Beim Menschen führt die Präsentation negativer emotionaler Bilder zu einer Aktivierung der Amygdala (zum Beispiel Irwin et al., 1996).

Buchanan und Lovallo (2001) gaben ihren Versuchspersonen entweder ein Placebo- oder ein Cortisolpräparat (20 mg). Anschließend folgte eine Präsentation

von neutralen und emotional erregenden Bildern aus dem IAPS-System (Lang et al., 1999). Nach einer Woche wurde die Erinnerung an die Bilder getestet. Die erhöhten Cortisolwerte während der Enkodierung gingen mit einer verbesserten Erinnerungsleistung der erregenden Bilder im Vergleich zu den neutralen Bildern bei einem Cued Recall Gedächtnistest einher. Beim Rekognitionstest konnte keine Verbesserung in der Cortisolgruppe gefunden werden. Buchanan und Lovallo vermuten einen Ceiling-Effekt als Ursache für den ausbleibenden Unterschied zwischen der Cortisol- und Placebogruppe beim Rekognitionstest.

Auch eine Studie (Cahill, Gorski & Le, 2003), bei der nach der Darstellung emotional erregender oder neutraler Bilder experimentell Stress induziert wurde (*cold-pressor stress*³), konnte zeigen, dass die erregenden Bilder bei den gestressten Versuchspersonen eine Woche später besser erinnert werden konnten, als die neutralen Bilder. Der experimentell induzierte Stress hat zur Ausschüttung von Cortisol geführt.

In einer kürzlich durchgeführten Studie von Kuhlmann und Wolf (2006) konnte für die Annahme, dass durch Cortisol nur die Konsolidierung von emotional erregendem Material verbessert wird, weitere Unterstützung geliefert werden. Die Versuchspersonen bei Kuhlmann und Wolf bekamen 10 Minuten bevor sie emotional erregende oder neutrale IAPS-Bilder (Lang et al., 1999) sahen, entweder ein Cortisolpräparat (30 mg) oder ein Placebopräparat. Die Behandlung mit Cortisol hatte keinen Effekt auf die sofortige Erinnerungsleistung. Allerdings führte Cortisol 24 Stunden später bei einem Free Recall Test zu einer verbesserten Erinnerung an emotional erregendes Material und zu einer verschlechterten Erinnerung an neutrales Material.

Neben den oben genannten Befunden, die Cortisoleffekte auf die Konsolidierung nur bei emotional erregendem Material nachweisen konnten, lassen sich auch Studien anführen, bei denen der emotionale Charakter des Stimulusmaterials keine Rolle spielt.

³ Beim cold-pressor stress handelt es sich um ein Instrument zur Stressinduktion im Laborsetting. Die Versuchspersonen müssen dabei ihren linken Arm so lange wie möglich (jedoch maximal drei Minuten) in eiskaltes Wasser (0-3°C) halten.

Zum Beispiel konnten Abercrombie und Mitarbeiter (2003) keine Interaktion zwischen Cortisol und emotionaler Erregung finden.

Zudem konnte bei einer Untersuchung der Effekte von Metyrapon, einem Cortisol-Synthese-Hemmer, auf das Gedächtnis eine verschlechterte Erinnerungsleistung sowohl bei emotional erregenden, als auch bei neutralen Geschichten festgestellt werden (Maheu, Joover, Beaulieu & Lupien, 2004). Diese Befunde unterstützen die Annahme, dass Cortisol unabhängig vom emotionalen Arousal die langfristige Gedächtniskonsolidierung verbessert.

Eine mögliche Erklärung für diese inkonsistenten Forschungsbefunde sehen Abercrombie, Speck, Roxanne und Monticelli (2006) im Versuchsdesign der oben genannten Studien. In diesen Studien sollten emotionale Zustände durch emotionale Stimuli induziert werden. Möglicherweise können durch die verwendeten emotionalen Stimuli (zum Beispiel Fotos) Emotionen nicht erfolgreich induziert werden. Abercrombie et al. (2006) äußern die Vermutung, dass die Beziehung zwischen Cortisol, Gedächtnis und Erregung eher vom aktuellen Erregungszustand der Versuchspersonen, als vom Inhalt des Stimulusmaterials abhängt.

Abercrombie und Kollegen (2006) manipulierten die endogenen Cortisolwerte mit Hilfe einer Variante des Trier Social Stress Test. Die Versuchspersonen mussten vor einem Publikum eine öffentliche Rede halten. Die Stressinduktion erfolgte direkt nach der Präsentation angenehmer, neutraler und unangenehmer Bilder aus dem IAPS (Lang et al., 1999). Zu Beginn des Experiments und direkt nach der Stressinduktion wurde negativer Affekt anhand der PANAS State Version (Watson, Clark & Tellegen, 1988) erfasst. Abercrombie et al. demonstrierten, dass die stressbedingte Cortisolausschüttung und stressbedingte Veränderungen des negativen Affekts interagierten und gemeinsam die Erinnerungsleistung, die zwei Tage später erfasst wurde, vorhersagten. Das heißt, in der vorliegenden Studie führte Cortisol nur bei den Versuchspersonen zu einer verbesserten Erinnerungsleistung, die stressbedingte Veränderungen des negativen Affekts zeigten. Diese Beziehung war bei unangenehmen Bildern besonders ausgeprägt. Abercrombie und Mitarbeiter schließen daraus, dass die Relation zwischen Cortisol

und Gedächtnis von einer stressbezogenen Zunahme des negativen Affekts abhängt.

Diese Befunde unterstützen die Vermutung, dass emotionale Erregung bei den Effekten von Cortisol auf das Gedächtnis eine Rolle spielt.

Die oben genannten Studien, die sich mit der Frage beschäftigten, ob die glucocorticoidbedingt verbesserte Konsolidierung nur bei emotional erregendem Stimulusmaterial auftritt, verwendeten meist visuelles Reizmaterial, nämlich Bilder aus dem IAPS-System (Lang et al., 1999).

Beckner und Mitarbeiter (2006) untersuchten in ihrer Studie die Effekte von Stress auf die Konsolidierung und den Abruf von Gedächtnisinhalten, indem sie den Versuchspersonen einen kurzen, nicht emotional erregenden Film präsentierten. Diese Wahl des Stimulusmaterials ermöglichte es, gleichzeitig verbales und visuelles Material vorzulegen. Der Film wurde eigens für die vorliegende Studie entwickelt und setzte sich aus sechs Szenen zusammen, die verschiedene Personen bei einer Dinner-Party darstellten. Die in dem Film enthaltenen verbalen Informationen bestanden aus mehreren kurzen Konversationen der Schauspieler. Bei den visuellen Inhalten handelte es sich um die Möblierung des Raums, die Kleidung der Personen und um die Requisiten.

Um die Erinnerungsleistung zu testen, wurde ein Multiple Choice Fragebogen entwickelt, der sowohl Fragen nach visuellen als auch nach verbalen Informationen enthielt. Der Fragebogen lieferte drei Gedächtnisscores: Einen visuellen Score, einen verbalen Score und einen gesamten (totalen) Score.

Die Versuchspersonen wurden entweder direkt nach der Stimuluspräsentation (Konsolidierungsgruppe) oder vor dem 48 Stunden später stattfindenden Gedächtnistest experimentell gestresst (Abrufgruppe). Bei der Kontrollgruppe wurde kein Stress induziert. Zudem wurden direkt vor der Stressinduktion und 20 Minuten danach Speichelproben zur Cortisolmessung entnommen. Bei den Versuchspersonen der Kontrollgruppe wurden die Speichelcortisolwerte nach der Filmpräsentation erhoben.

Ohne Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit konnten Beckner et al. (2006) eine signifikante positive Korrelation zwischen Cortisolwerten und der verbalen

Erinnerungsleistung nachweisen. Allerdings konnten weder innerhalb der Konsolidierungs- noch innerhalb der Abrufgruppe signifikante Korrelationen zwischen der Erinnerungsleistung und Cortisolwerten gefunden werden.

Da die verbale Erinnerungsleistung bei der vorliegenden Studie in der Konsolidierungsgruppe signifikant besser war, als in der Kontrollgruppe, vermuten Beckner und Mitarbeiter (2006), dass der experimentell induzierte Stress einen positiven Effekt auf die Konsolidierung von verbalem Material ausgeübt hat. Allerdings ist es Beckner und Kollegen nicht gelungen, in der Abrufgruppe die schädlichen Effekte von Stress auf den Abruf von Gedächtnismaterial aufzuzeigen. Möglicherweise wurden die erzielten Gedächtniseffekte durch die Verwendung von neutralem Stimulusmaterial abgeschwächt (Beckner et al.).

Neben dem emotionalen Charakter des Stimulusmaterials gibt es weitere Faktoren, die die positiven Effekte von Stress oder von Cortisolpräparaten auf die Konsolidierung beeinflussen.

Eine wesentliche Rolle spielt die Menge des ausgeschütteten Cortisols oder die gewählte Dosis des Cortisolpräparats.

Sowohl in Tierexperimenten (zum Beispiel Roozendaal, 2000), als auch in Humanstudien (zum Beispiel Adreano & Cahill, 2006; Abercrombie et al., 2003) konnte gezeigt werden, dass der Zusammenhang zwischen Glucocorticoiden und dem Gedächtnis einer umgekehrten U-Funktion entspricht. Das heißt, Glucocorticoide verbessern die Konsolidierung von Gedächtnismaterial, wenn sie in moderaten Dosen verabreicht oder bei moderatem Stress ausgeschüttet werden. 20 mg Hydrocortison entspricht ungefähr der Menge an Cortisol, die beim Menschen bei moderatem Stress ausgeschüttet wird (Abercrombie et al., 2003). Im Gegensatz dazu bleiben die positiven Effekte auf die Konsolidierung bei größeren Cortisoldosen (40 mg) oder bei akutem Stress aus oder führen sogar zu einer verschlechterten Erinnerungsleistung. Sehr kleine Dosen oder Placebopräparate haben gleichermaßen keine positiven Effekte auf die Konsolidierung. Auch langanhaltender, chronischer Stress hat negative Auswirkungen auf das Gedächtnis. Unter anderem wird bei Kriegsveteranen mit einer Posttraumatischen

Belastungsstörung oft eine Volumenreduktion des Hippocampus beobachtet (Bremner, Randall, Scott & Bronen, 1995).

Rooszendaal (2002) nimmt an, dass die spezifischen Dosiseffekte darauf zurückzuführen sind, an welche Rezeptoren Cortisol im Gehirn gebunden wird. Cortisol gehört zu der Gruppe der Glucocorticoide. Glucocorticoide werden im Gehirn an zwei unterschiedliche Rezeptortypen gebunden, die Mineralocorticoidrezeptoren und die Glucocorticoidrezeptoren⁴. Glucocorticoidrezeptoren haben eine geringere Affinität für Glucocorticoide und werden nur bei akutem Stress oder bei zirkadianen Höhepunkten vollständig besetzt, während Mineralocorticoidrezeptoren eine hohe Affinität für Glucocorticoide aufweisen und bei normalen Bedingungen beinahe gesättigt sind (Reul & de Kloet, 1985). Rooszendaal vermutet daher, dass die positiven Effekte von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung auftreten, wenn die Mineralocorticoidrezeptoren vollkommen besetzt und die Glucocorticoidrezeptoren teilweise aktiviert sind. Dies ist zum Beispiel bei moderatem Stress der Fall. Wenn Glucocorticoidrezeptoren stark besetzt sind, beispielsweise bei akutem Stress, können dagegen Gedächtnisdefizite auftreten (Oitzl & de Kloet, 1992).

Ein weiterer Faktor, der bei der Untersuchung von Glucocorticoideffekten auf die Konsolidierung berücksichtigt werden muss, ist das Geschlecht der Versuchsteilnehmer. Die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis scheinen bei Frauen und Männern unterschiedlich zu sein (Wolf, Schommer, Hellhammer, Mc Ewen und Kirschbaum, 2001). Auch Adreano und Cahill (2006) konnten Geschlechtsunterschiede bei den Effekten von Cortisol auf die Konsolidierung nachweisen. In ihrer Studie wurde experimentell Stress induziert. Männer und Frauen zeigten gleichermaßen signifikant erhöhte Speichelcortisolwerte. Allerdings konnte nur bei den männlichen Versuchspersonen eine verbesserte Konsolidierung festgestellt werden.

⁴ Beim Primaten kommen Glucocorticoidrezeptoren in hoher Dichte im Cerebellum, in der Hypophyse, im Nucleus paraventricularis des Hypothalamus und etwas abgeschwächt im Neocortex vor. Mineralocorticoidrezeptoren sind dagegen im Gyrus dentatus und im Ammonshorn des Hippocampus zahlreich vorhanden (Sanchez, Young, Plotsky & Insel, 2000).

Dies könnte damit zusammenhängen, dass bei Frauen die momentane Zyklusphase und der Gebrauch von Kontrazeptiva einen Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Stress und Gedächtnis ausüben (zum Beispiel Kuhlmann & Wolf, 2005). Daher ist es sinnvoll diese beiden Faktoren bei weiblichen Probanden im Rahmen von Cortisolstudien zu erheben.

b) Negative Effekte von Cortisol auf Gedächtnisprozesse

Neben den positiven Effekten von Cortisol auf die Gedächtniskonsolidierung berichten zahlreiche Studien von negativen Auswirkungen von Cortisol auf den Abruf von Gedächtnismaterial. Diese gegensätzlichen Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis hängen im Wesentlichen davon ab, zu welchem Zeitpunkt die Cortisolwerte erhöht sind. Erhöhte Cortisolwerte kurz nach der Stimuluspräsentation beeinflussen die Konsolidierung, während erhöhte Werte während der Abrufphase die Abrufleistung beeinträchtigen.

Negative Effekte von Cortisol auf den Abruf von gespeichertem Material konnten sowohl bei Tierexperimenten (zum Beispiel de Quervain, Roozendaal & McGaugh, 1998) als auch beim Menschen (zum Beispiel de Quervain, Roozendaal, Nitsch, McGaugh & Hock, 2000) nachgewiesen werden.

Die Effekte von Glucocorticoiden auf die Konsolidierung von Gedächtnismaterial scheinen von einer Interaktion von Glucocorticoiden und Noradrenalin im basolateralen Nucleus der Amygdala abhängig zu sein (Roozendaal, 2002). Roozendaal vermutet, dass derselbe Mechanismus auch für den negativen Effekt von Glucocorticoiden auf den Gedächtnisabruf verantwortlich ist. Daraus lässt sich die Vermutung ableiten, dass die Effekte von Glucocorticoiden auf den Gedächtnisabruf bei emotional erregendem Material besonders ausgeprägt sind. Kuhlmann, Kirschbaum und Wolf (2005) konnten Unterstützung für diese Annahme liefern, indem sie zeigten, dass die Verabreichung von 30 mg Hydrocortison kurz vor dem Gedächtnistest den Abruf von negativen Wörtern signifikant verschlechterte, während Cortisol keinen signifikanten Effekt auf

neutrale Begriffe hatte. Zukünftige Studien sollten jedoch genauer zwischen Valenz und Arousal des vorgelegten Stimulusmaterials unterscheiden.

In einer Studie von Domes und Kollegen (2004) wurde der Effekt von experimentell induziertem Stress auf die Erinnerungsleistung von positiven, negativen und neutralen Begriffen untersucht. Experimentell induzierter Stress kurz vor dem Gedächtnisabruf verschlechterte die Erinnerungsleistung für positive Begriffe bei einem Rekognitionstest.

In anderen Studien wurden dagegen unabhängig von Valenz oder Arousal des Stimulusmaterials negative Effekte von Glucocorticoiden auf den Abruf im deklarativen Gedächtnis festgestellt. Beispielsweise demonstrierten de Quervain, et al. (2000), dass durch die Verabreichung von 25 mg Cortison die Erinnerungsleistung von verbalem Material bei einem eine Stunde später stattfindenden Free Recall Test verschlechtert wird. Cortison wird schnell absorbiert und in Hydrocortison umgewandelt. Hydrocortison hat dieselbe chemische Struktur wie das Hormon Cortisol.

Roosendaal (2002) vermutet, dass die glucocorticoidbedingte Verschlechterung des Gedächtnisabrufs nicht nur schädlich ist, sondern auch einen adaptiven Wert hat. Nach Roosendaal ist es plausibel, dass die temporäre Beeinträchtigung des Abrufs unter stressreichen Bedingungen retroaktive Interferenz vermindert und dadurch die Konsolidierung solcher erregender Situationen erleichtert.

Die genannten Studien konzentrierten sich vor allem auf den Effekt von Glucocorticoiden auf das deklarative Gedächtnis. Einige Studien haben ausschließlich Verschlechterungen des hippocampusabhängigen deklarativen Gedächtnisses gefunden. In diesen Studien hatte Cortisol keinen Einfluss auf andere Formen des Gedächtnisses, zum Beispiel das Arbeitsgedächtnis oder das prozedurale Gedächtnis (siehe zum Beispiel Kirschbaum, Wolf, May, Wippich & Hellhammer, 1996; Kuhlmann et al., 2005).

Im Gegensatz dazu lassen sich auch Studien nennen, die zeigen, dass die Verabreichung von Cortisol das Arbeitsgedächtnis verschlechtert (Lupien, Gillin & Hauger, 1999; Wolf et al., 2001; Young, Sahakian, Robbins & Cowen, 1999). Nach

Baddeley (1996) handelt es sich beim Arbeitsgedächtnis um einen kognitiven Mechanismus, der es uns ermöglicht, eine begrenzte Menge an Informationen für eine bestimmte Zeit aktiv zu halten. Der präfrontale Kortex ist eine für das Arbeitsgedächtnis bedeutsame Struktur.

Elzinga und Roelofs (2005) untersuchten, ob die negativen Effekte von Cortisol auf das Arbeitsgedächtnis von adrenerger Aktivität während des Gedächtnistests abhängen. Die adrenerge Aktivität wurde anhand der sympathischen Aktivierung gemessen. Die Wissenschaftler vermuteten, dass adrenerge Aktivierung eine Voraussetzung für cortisolbedingte Beeinträchtigung des Arbeitsgedächtnisses ist. Die Resultate der Studie von Elzinga und Roelofs sind konsistent mit dieser Annahme. Tatsächlich wurden signifikante Verschlechterungen des Arbeitsgedächtnisses nur bei Versuchspersonen gefunden, die in Reaktion auf einen experimentellen Stressor (Trier Social Stress Test [TSST]) viel Cortisol ausschütteten und während des Gedächtnistests eine erhöhte sympathische Aktivierung aufwiesen. Im Gegensatz dazu konnte keine signifikante Verschlechterung des Arbeitsgedächtnisses beobachtet werden, wenn die Versuchspersonen zwar hohe Cortisolwerte zeigten, ihre Sympathikusaktivität aber nicht erhöht war. Stressbedingte adrenerge Aktivität scheint also eine wesentliche Rolle bei den Effekten von Cortisol auf das Arbeitsgedächtnis zu spielen. Ähnliche Resultate konnten auch in Tierexperimenten erzielt werden. Zum Beispiel demonstrierten Roozendaal, Mc Reynolds und McGaugh (2004), dass die Effekte von Glucocorticoiden auf das Arbeitsgedächtnis von adrenerger Aktivität abhängen. Noradrenerge Aktivität und der basolaterale Nucleus der Amygdala interagieren mit dem präfrontalen Kortex. Dadurch werden die Effekte von Glucocorticoiden auf das Arbeitsgedächtnis reguliert. Die zentrale Rolle des basolateralen Nucleus der Amygdala bei der Vermittlung von Glucocorticoideffekten auf das Arbeitsgedächtnis wird durch folgenden Befund verdeutlicht: Durch pharmakologische Inaktivierung des basolateralen Nucleus der Amygdala werden die Effekte von Glucocorticoiden auf präfrontale Funktionen, zum Beispiel das Arbeitsgedächtnis, verhindert (Roozendaal et al., 2004).

Inhibitorische Verhaltenskontrolle ist eine weitere präfrontale Funktion, die durch Cortisol negativ beeinflusst wird. In einem Experiment von Lyons, Lopez, Yang und Schatzberg (2000) konnten Defizite bei der inhibitorischen Verhaltenskontrolle bei Totenkopffäffchen festgestellt werden, die über einen längeren Zeitraum hinweg mit Cortisolpräparaten behandelt wurden. Die Affen aus der Cortisolgruppe zeigten häufiger Misserfolge bei dem Versuch, ein spezifisches, zielgerichtetes Verhalten zu inhibieren, als Affen aus der Placebogruppe. Gleichwohl wurden andere Verhaltensaspekte, bei denen keine Inhibition erforderlich ist, bei den Affen durch die Cortisolbehandlung nicht beeinflusst.

Allerdings konnten Wolf et al. (2001) in einer Studie mit jungen und älteren männlichen Versuchspersonen keine negativen Effekte von Cortisol auf die *Response Inhibition* nachweisen. Die Verabreichung von Hydrocortison hatte keinen Effekt auf die Leistung der Versuchspersonen bei dem *Stroop Color and Word Test* (Stroop, 1935). Der Test erfasst die Fähigkeit, eine bestimmte Reaktion zu inhibieren.

Ein weiteres interessantes Forschungsergebnis im Zusammenhang mit Cortisol wurde von Soravia et al. (2006) berichtet. Die Forscher konnten zeigen, dass durch Glucocorticoide phobische Ängste beim Menschen reduziert werden können. Phobien sind dadurch gekennzeichnet, dass die Wahrnehmung von oder Gedanken an einen phobischen Stimulus den Abruf von dem mit dem Stimulus assoziierten Furchtgedächtnis bewirken. Zahlreiche Studien deuten darauf hin, dass Glucocorticoide den Abruf von emotionalen Informationen verschlechtern. Diese Befunde lassen vermuten, dass Cortisol auch den Abruf von phobischen Informationen beeinträchtigt. Soravia et al. konnten zeigen, dass die Verabreichung von Cortisolpräparaten eine Stunde vor der Exposition an einen angstausslösenden Stimulus die selbstberichtete Furcht bei Spinnenphobikern und bei Sozialphobikern reduziert. Gleichwohl wurde allgemeine, nicht auf die Phobie bezogene Angst, durch Cortisol nicht reduziert.

Die negativen Auswirkungen von Cortisol auf das Gedächtnis scheinen - genauso wie die Effekte von Cortisol auf die Konsolidierung - von der Menge des vorhandenen Cortisols abhängig zu sein. Einige Studien berichten von einer

umgekehrten U-Funktion zwischen Speichelcortisolwerten und dem Abruf von Gedächtnismaterial. So konnten Domes und Mitarbeiter (2005) bei Versuchspersonen, die nach der Verabreichung von 25 mg Hydrocortison nur geringfügig erhöhte Speichelcortisolwerte aufwiesen (low responders), eine signifikant bessere Leistung bei einem verbalen Gedächtnistest feststellen als bei Versuchspersonen aus der Placebogruppe oder Versuchspersonen, die auf das Cortisolpräparat mit stark erhöhten Speichelcortisolwerten reagierten (high responders). Das Cortisolpräparat wurde jeweils 45 Minuten vor dem Gedächtnistest verabreicht.

c) Effekte von Cortisol auf die Stimmung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, zu untersuchen, ob Cortisol das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens beeinflusst. Bäuml und Kuhbandner (2007) konnten zeigen, dass die Stimmung während der Abrufübung das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen modulieren kann.

Es wäre denkbar, dass Cortisol Abrufinduziertes Vergessen nicht direkt beeinflusst, sondern indirekt, indem durch Cortisol die aktuelle Stimmung verändert wird und die Stimmung wiederum einen Einfluss auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen hat.

Die Ergebnisse bisheriger Studien, die den möglichen Effekt von Cortisol auf die Stimmung untersuchten, sind allerdings nicht konsistent.

Studien, in denen Cortisol nicht medikamentös verabreicht wurde, sondern bei denen Cortisol in Reaktion auf experimentell induzierten Stress ausgeschüttet wurde, berichten häufig von Stimmungsveränderungen nach der Stressinduktion (zum Beispiel Buchanan, Tranel & Adolphs, 2006; Kießler & Köbler, in Vorb.). Die veränderte Stimmung bei experimentellem Stress kann unterschiedliche Ursachen haben. Neben der Cortisolausschüttung könnten auch Aspekte des experimentellen Stressors die Stimmungsveränderung bewirkt haben.

Zudem lassen sich Studien nennen, bei denen die Verabreichung von Glucocorticoidpräparaten positive oder negative Stimmung und das Gefühl der Aktivierung verstärkten (zum Beispiel Plihal, Krug, Pietrowsky, Fehm & Born, 1996; Schmidt, Fox, Goldberg, Smith & Schulkin, 1999).

So konnten Plihal und Mitarbeiter (1996) zeigen, dass die kontinuierliche Infusion von 10 mg Cortisol pro Stunde über neun Stunden hinweg das Gefühl der Aktivierung und Konzentration verstärkte. Zudem verbesserte Cortisol die Stimmung bei Versuchspersonen, die eine Woche lang mit Dexamethason (4 mg/Tag) behandelt wurden. Die Verabreichung von Dexamethason, einem künstlichen Glucocorticoid, bewirkte kurzfristig eine verstärkte Aktivierung, Konzentration und Erregung. Allerdings führte die langfristige Behandlung mit Dexamethason bei den Versuchspersonen zu einer Zunahme negativer Gefühle, wie Ärger oder Traurigkeit.

Eine Studie (Schmidt et al., 1999), bei der das künstliche Glucocorticoid Prednison vier Tage lang in hohen Dosen (160 mg/Tag) verabreicht wurde, zeigt dagegen eine signifikante Zunahme von selbst berichteten negativen Emotionen bei Versuchspersonen auf, die Prednison erhalten hatten.

Die genannten Studien demonstrieren zwar, dass Glucocorticoide die Stimmung beeinflussen können, allerdings sind die in den Studien verabreichten Glucocorticoiddosen außerhalb des physiologisch möglichen Rahmens (Abercrombie et al., 2003).

Darüber hinaus konnten viele Studien, deren Hauptinteresse darin bestand, die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis zu untersuchen, keine Effekte von Cortisol auf die von den Versuchspersonen berichtete Stimmung nachweisen (zum Beispiel Abercrombie et al. 2003; Buchanan & Lovallo, 2001; Kuhlmann et al., 2005; Kuhlmann & Wolf, 2006; Monk & Nelson, 2002; Wolf et al., 2001;). Het und Wolf (2007) äußern die Vermutung, dass die durch die kognitiven Aufgaben induzierte Erregung eventuell die subtilen, akuten Effekte von Cortisol auf die Stimmung aufgehoben hat.

Auch Abercrombie, Kalin und Davidson (2005) konnten keine Auswirkungen von Cortisol (20 mg oder 40 mg) auf die von den Versuchspersonen berichtete Stimmung aufzeigen. Indessen konnten sie demonstrieren, dass Versuchspersonen, die zuvor 40 mg Cortisol bekommen hatten, objektiv nicht erregende Stimuli⁵ als

⁵ Bei dem Reizmaterial handelte es sich um negative und neutrale Wörter und Bilder. Die Wörter entstammten den Affective Norms for English Words (Bradley & Lang, 1999), während es sich bei den Bildern um eine Auswahl aus dem IAPS-System (Lang et al., 1999) handelte.

stärker erregend bewerteten, als Versuchspersonen aus der Placebo- oder 20 mg-Gruppe. Innerhalb der 20 mg-Gruppe zeigte sich ein ähnliches Bild: Versuchspersonen, die auf das Cortisolpräparat mit stark erhöhten Cortisolwerten reagierten, bewerteten die neutralen Stimuli als erregender, als Versuchspersonen, bei denen weniger starke Anstiege der Cortisolwerte zu verzeichnen waren. Gleichwohl hatte Cortisol keinen Einfluss auf die Bewertung der Erregbarkeit negativer Stimuli.

Abercrombie et al. (2005) vermuten, dass sich die Effekte von Glucocorticoiden nicht immer in den von den Versuchspersonen berichteten Erfahrungen und Emotionen widerspiegeln. Die Wissenschaftler nehmen an, dass anhand von affektiven Reaktionen auf vorgelegte Stimuli Variationen des subjektiven Zustands der Versuchspersonen besser erfasst werden können, als durch die Messung der von den Probanden berichteten Stimmung.

In der Studie von Abercrombie und Mitarbeitern (2005) wurden negative, erregende Stimuli abwechselnd mit neutralen, objektiv nicht erregenden Stimuli präsentiert. Diese Versuchsanordnung kann zu einer Interaktion zwischen dem Kontext, in dem die neutralen Stimuli präsentiert wurden und den Effekten von Cortisol auf die affektive Bewertung der Stimuli geführt haben. Eventuell hat Cortisol bewirkt, dass das Gefühl der Erregung in Reaktion auf die negativen Stimuli auf die neutralen Stimuli übertragen wurde.

Einige Studien (zum Beispiel Okuda, Roozendaal & McGaugh, 2004) lassen vermuten, dass der Kontext, der während der Erhöhung der Glucocorticoidwerte vorliegt, die psychologischen Effekte von Cortisol moduliert. So konnten Okuda und Kollegen (2004) zeigen dass Corticosteron⁶ bei Ratten nur in emotional erregenden Kontexten einen Einfluss auf das Gedächtnis hatte. Die Erinnerungsleistung der Ratten wurde anhand eines Objekt-Wiedererkennungstests erfasst. Ein Teil der Ratten war zuvor an den experimentellen Kontext gewöhnt worden, während für den anderen Teil der Ratten der experimentelle Kontext neu

⁶ Bei Corticosteron handelt es sich um ein bei vielen Tierarten, zum Beispiel bei Nagetieren, vorkommendes Glucocorticoid. Beim Menschen hat Corticosteron nur eine leichte mineralo- und glucocorticoide Wirkung.

und somit erregend war. Corticosteron beeinflusste das Gedächtnis in dosisabhängiger Weise nur bei Ratten, für die der experimentelle Kontext neu war, während Corticosteron bei Ratten, die an den Kontext gewöhnt waren, keine Effekte auf das Gedächtnis hatte. Der Kontext und die affektiven Reaktionen auf diesen Kontext scheinen also eine wesentliche Rolle bei den Effekten von Glucocorticoiden auf psychologische Prozesse zu spielen.

Allerdings liegen noch keine Humanstudien vor, die die Effekte einer Interaktion von Kontextfaktoren und Variationen von Cortisolwerten erforschten.

Eine bekannte Studie von Schachter und Singer (1962) untersuchte die Auswirkungen der Interaktion zwischen dem vorliegenden Kontext und Adrenalin auf den emotionalen Zustand. Schachter und Singer injizierten den Versuchspersonen Adrenalin und manipulierten den experimentellen Kontext. Die Forscher konnten zeigen, dass die Probanden ihren momentanen emotionalen Zustand entsprechend des Kontextes bewerteten. Schachter und Singer vermuten, dass kognitive Attributionen des durch Adrenalin hervorgerufenen undifferenzierten Gefühls der Erregung gemäß dem vorliegenden Kontext vorgenommen wurden.

Ein ähnlicher Mechanismus wäre auch bei der Interaktion von Cortisol und dem gegebenen Kontext denkbar.

Die besprochenen Studien machen deutlich, dass der Effekt von Cortisol auf die Stimmung von zahlreichen Faktoren abhängt. Neben dem vorliegenden Kontext scheinen die Dosis des verabreichten Cortisolpräparats (siehe zum Beispiel Abercrombie et al., 2003) und die Dauer der Glucocorticoidbehandlung (siehe zum Beispiel Plihal et al., 1996) eine wichtige Rolle zu spielen.

d) Methodische Gesichtspunkte bei Cortisolstudien

I. Nahrungsaufnahme, Koffein, Nikotin

Koffein- und Nikotinkonsum, sowie die aufgenommene Nahrung sind wichtige Aspekte, die bei Cortisolstudien berücksichtigt werden müssen.

Nikotin kann die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenachse (HPA-Achse) stimulieren, indem durch Nikotin die Ausschüttung des Corticotropin Releasing

Hormons (CRH) aus dem Hypothalamus induziert wird (zum Beispiel Fuxe, Andersson, Harfstrand, Eneroth & Agnati, 1989). Der wiederholte Nikotinkonsum kann daher zu chronisch erhöhten ACTH- und Cortisolwerten führen.

Zudem konnten Kirschbaum, Scherer und Strasburger (1994) und Kirschbaum, Strasburger und Langkrär (1993) bei Rauchern wiederholt eine abgestumpfte Cortisolreaktion auf psychologischen Stress feststellen.

Auch bei Cortisolstudien, in denen anstelle von experimentell induziertem Stress Cortisol- oder Placebopräparate verabreicht werden, stellen Nichtraucher die bevorzugten Versuchspersonen dar. Die Resultate solcher Studien könnten durch Raucher verzerrt werden. Da Nikotin die HPA-Achse stimulieren kann, könnten erhöhte Cortisolwerte auch bei Versuchspersonen aus der Placebogruppe vorhanden sein, wenn es sich bei diesen Personen um Raucher handelt.

Neben Nikotin kann auch Koffein die HPA-Achse während des Ruhezustands aktivieren (Lovallo, Al'Absi, Blick, Whitsett & Wilson, 1996). Daher sollte der Konsum von Koffein vor der Teilnahme an Cortisolstudien vermieden werden.

Weitere wichtige Punkte stellen der Zeitpunkt und die Menge der Nahrungsaufnahme vor der Teilnahme an einem Cortisolexperiment dar. Die Verfügbarkeit von Energie scheint eine wichtige regulatorische Funktion für die Ausschüttung von Cortisol in Reaktion auf Stress auszuüben. Zum Beispiel demonstrierten Kirschbaum et al. (1997), dass Versuchspersonen, die zuvor 8 – 11 Stunden gefastet hatten und dann Wasser zu trinken bekamen in Reaktion auf einen nachfolgenden psychosozialen Stressor (Trier Social Stress Test [TSST]) keine signifikanten Veränderungen der Cortisolwerte zeigten, während Versuchspersonen, die anstelle des Wassers 100 g Glucose erhalten hatten, infolge des TSST signifikant erhöhte Cortisolwerte aufwiesen. Die schnelle Verfügbarkeit von Energie scheint also eine Voraussetzung für die Responsivität der HPA-Achse zu sein.

Bei Studien, bei denen Cortisol- beziehungsweise Placebopräparate verabreicht werden, muss zudem die Art und Menge der Nahrung im Magen der Versuchspersonen berücksichtigt werden, da diese Faktoren das Zeitintervall, bis das Cortisol in den Blutkreislauf gelangt, beeinflussen können. Methodisch optimal wäre standardisiertes Essen für alle Versuchsteilnehmer vor dem Experiment.

II. Zeitfaktoren

Sowohl der Zeitpunkt der Untersuchung, als auch die Rate der Zunahme der Cortisolwerte spielen bei Cortisolstudien eine wichtige Rolle.

Die endogene Cortisolausschüttung unterliegt einem zirkadianen Rhythmus. Am frühen Morgen liegen die höchsten Cortisolwerte vor, die unter nicht stressreichen Bedingungen im Laufe des Tages absinken.

Die meisten Studien, bei denen Cortisol- oder Placebopräparate pharmakologisch verabreicht werden, finden nachmittags statt. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Probanden aus der Placebogruppe keine tageszeitlich bedingt erhöhten Cortisolwerte aufweisen.

Zudem spielt der Zeitpunkt des Experiments eine wichtige Rolle für den Zusammenhang zwischen der Glucocorticoidkonzentration und der Gedächtnisleistung. Dieser Zusammenhang scheint einer umgekehrten U-Kurve zu entsprechen (siehe zum Beispiel Lupien & McEwen, 1997). Sehr hohe und sehr geringe Glucocorticoidkonzentrationen sind mit einer verschlechterten Gedächtnisleistung assoziiert, während moderate Glucocorticoidkonzentrationen das Gedächtnis zu verbessern scheinen. Lupien und Lepage (2001) vermuten daher, dass die Verabreichung von Glucocorticoidpräparaten negative Effekte auf das Gedächtnis hat, wenn diese Präparate morgens verabreicht werden, da zu dieser Tageszeit sehr hohe endogene Cortisolkonzentrationen vorliegen. Nach Lupien und Lepage könnten Glucocorticoidpräparate gleichwohl positive Effekte auf das Gedächtnis haben, wenn sie zu einem Zeitpunkt eingenommen werden, während dem die endogene Cortisolkonzentration gering ist, zum Beispiel nachmittags und abends.

Kudielka, Schommer, Hellhammer und Kirschbaum (2004) haben untersucht, ob die Tageszeit die Responsivität der HPA-Achse bei psychosozialen Stress beeinflusst. Sie konnten zeigen, dass es bei der Zunahme von freiem Speichelcortisol, Plasmacortisol und ACTH in Reaktion auf den TSST keine signifikanten zirkadian bedingten Unterschiede gibt. Sie schließen daraus, dass die Responsivität der HPA-Achse zu unterschiedlichen Zeitpunkten vergleichbar ist und daher TSST-Studien eigentlich sowohl vormittags als auch nachmittags durchgeführt werden können. Dennoch finden diese Studien meist nachmittags

statt, da dadurch sicher gestellt werden kann, dass die Cortisolkonzentration in der Kontrollgruppe nicht aus zirkadianen Gründen erhöht ist.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei Cortisolstudien betrifft die Rate der Zunahme der Cortisolwerte nach der Verabreichung von Cortisolpräparaten. Negative Feedbackeffekte von Glucocorticoiden variieren in Abhängigkeit der Rate der Zunahme der Plasmacortisolkonzentration (zum Beispiel Keller-Wood & Dallman, 1984). Eventuell wird diese Rate durch die Gabe von Cortisolpräparaten in Form von Kapseln verlangsamt (siehe Abercrombie et al., 2003).

III. Orale Verabreichung von Cortisolpräparaten versus endogenes Cortisol

Cortisol wird vom Körper nach einem zirkadianen Muster und in Stresssituationen ausgeschüttet. Die Ausschüttung von Cortisol wird durch die Aktivierung der HPA-Achse induziert: Aus dem Hypothalamus wird CRH ausgeschüttet, das wiederum die Freisetzung von ACTH aus der Hypophyse bewirkt. ACTH bedingt seinerseits die Ausschüttung von Cortisol aus der Nebennierenrinde. Das heißt, der Freisetzung von Cortisol gehen einige Prozesse voraus, die die Cortisolausschüttung induzieren.

Wenn Cortisol als Präparat verabreicht wird, führt das gleichermaßen zu einer Erhöhung der Cortisolwerte, obwohl die gesamten Prozesse, die normalerweise die Cortisolausschüttung triggern, übersprungen werden.

Die körpereigene Cortisolausschüttung ist also das Endprodukt einer Reihe von Prozessen. Allerdings kann man nicht sicher sein, dass die Effekte von psychosozialen Stress (der ja die Ausschüttung von Cortisol bewirkt) eindeutig auf Cortisol zurückzuführen sind. Psychosozialer Stress bedingt die Aktivierung der HPA-Achse und somit auch die Freisetzung von CRH und ACTH. Zudem führt psychosozialer Stress zu sympathischer Aktivierung und der Ausschüttung von Adrenalin und kann einen Effekt auf die Stimmung (zum Beispiel Kißler & Köbber, in Vorb.) der betroffenen Person haben. All diese Faktoren oder eine Interaktion dieser Faktoren könnten für die bei psychosozialen Stress beobachteten Effekte verantwortlich sein.

Ergo gibt es bedeutende Unterschiede zwischen der Verabreichung von Cortisolpräparaten und der Freisetzung von Cortisol aus der Nebennierenrinde.

Diese Unterschiede sollten bei der Interpretation von Cortisolstudien berücksichtigt werden. Die Einnahme von Cortisolpräparaten kann nicht einfach mit der körpereigenen Cortisolausschüttung und den damit einhergehenden Prozessen gleichgesetzt werden.

Des Weiteren gibt es individuelle Unterschiede in der Responsivität der HPA-Achse auf psychosozialen Stress. Diese Unterschiede betreffen sowohl die Menge der Hormonausschüttung, als auch den zeitlichen Verlauf der Ausschüttung (Kudielka, Hellhammer & Kirschbaum, 2007).

Zudem wurde auch von individuellen Unterschieden in der Responsivität auf pharmakologisch verabreichte Glucocorticoidpräparate berichtet (Het, Ramlow & Wolf, 2005).

IV. Speichelcortisolmessung

Cortisol kommt im Blut sowohl in gebundener, als auch in freier Form vor. Ein Großteil des Cortisols im Plasma ist an Proteine (Cortisol Binding Globulin und Albumin) gebunden, während ein kleiner Teil ungebunden bleibt. Unter totalem Cortisol versteht man die Summe aus freiem und gebundenem Cortisol.

Freies Plasmacortisol wird in der Regel nicht direkt, sondern indirekt durch Surrogate gemessen (Levine et al., 2007). Die Messung von Cortisol im Speichel stellt ein mögliches Surrogat für freies Plasmacortisol dar. Das im Speichel gemessene Cortisol korreliert mit der Konzentration von freiem ungebundenem Cortisol im Plasma (Kirschbaum, Hellhammer, 1989; 1994).

Allerdings sind die absoluten Cortisolwerte im Speichel geringer, als die entsprechenden Cortisolwerte im Blut. Durch 11 β -Hydroxysteroid-Dehydrogenase-Aktivität im Speichel wird im Speichel verstärkt Cortisol in Cortison umgewandelt. Trotz der geringeren Cortisolkonzentrationen im Speichel korreliert die Speichelcortisolkonzentration stärker mit der Konzentration an freiem Plasmacortisol, als mit der totalen Plasmacortisolkonzentration (Kirschbaum & Hellhammer, 1989).

Die Messung von freiem Cortisol anhand von Speichelcortisol als Surrogat hat zahlreiche Vorteile. Unter anderem ermöglicht die Messung von Cortisol im Speichel ein nicht invasives Vorgehen. Speichelproben können schnell, einfach und häufig entnommen werden. Zudem werden keine speziell ausgebildeten Mitarbeiter oder eine besondere Ausrüstung benötigt. Die Entnahme von Speichelproben ist überall möglich und die Versuchspersonen können problemlos auch zu Hause Speichelproben abgeben.

Allerdings hat die Methode auch Nachteile. Durch Speichelproben, die direkt nach dem Essen oder Trinken von säurehaltigen Substanzen (zum Beispiel Saft) entnommen wurden oder durch Speichelproben, die aufgrund von kleineren Verletzungen im Mundbereich Blutspuren enthalten, können die gemessenen Cortisolwerte künstlich erhöht werden (Levine et al., 2007).

Ein weiterer Nachteil der Methode besteht darin, dass Cortisol im Speichel nur verzögert gemessen werden kann. Beispielsweise konnten Kirschbaum, Pirke und Hellhammer (1993) zeigen, dass die maximalen Serumcortisolkonzentrationen direkt nach Beendigung des TSST erreicht werden, während die höchsten Speichelcortisolwerte erst zehn Minuten nach Ende des TSST gemessen werden. Auch Kudielka, Hellhammer und Kirschbaum (2007) berichten, dass die maximalen Speichelcortisolwerte erst 10-20 Minuten nach dem TSST erzielt werden.

Zudem wurde die Annahme, dass Speichelcortisol – genau wie freies Cortisol – ungebunden ist, von Chu und Ekins (1988) in Frage gestellt. Sie zeigten, dass 14,4 Prozent des Cortisols im Speichel gebunden sind. Speichelcortisol scheint also mit freiem Cortisol zu korrelieren, Speichelcortisol ist aber nicht mit freiem Cortisol biologisch identisch.

Die Messung von Speichelcortisol hat also Vor-, aber auch Nachteile. Dennoch werden Cortisolwerte bei psychobiologischen Studien gerne anhand von Speichelproben erfasst. Die nicht invasive Vorgehensweise und die einfache, schnelle Entnahme tragen im Wesentlichen zu der Attraktivität dieser Methode bei.

3. Fragestellung und Hypothesen

Im vorherigen Kapitel wurden sowohl Theorien und Studien zum Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens als auch zu Cortisol vorgestellt. Unter anderem wurden verschiedene Ansätze zur Erklärung des Abrufinduzierten Vergessens genannt. Das Inhibitionsmodell als ein möglicher zugrundeliegender Mechanismus wurde dabei ausführlich behandelt. Zudem wurden Faktoren, die das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen modulieren, erläutert. Bäuml und Kuhbandner (2007) konnten zeigen, dass die Stimmung der Probanden während der Abrufübung einen wesentlichen Einfluss auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen hat. Zudem konnte in einer kürzlich von Kißler und Kößler (in Vorb.) durchgeführten Studie demonstriert werden, dass Abrufinduziertes Vergessen durch psychosozialen Stress reduziert werden kann. Psychosozialer Stress bedingt die Ausschüttung von Cortisol aus der Nebennierenrinde und von Adrenalin aus dem Nebennierenmark. Des Weiteren kann psychosozialer Stress einen Einfluss auf die Stimmung der betroffenen Personen ausüben.

Die modulierenden Faktoren Stimmung und psychosozialer Stress wurden eingehend besprochen.

Zudem wurden das Hormon Cortisol und Studien zu den Effekten von Cortisol auf das Gedächtnis vorgestellt. Diese Studien weisen mit großer Konsistenz darauf hin, dass Cortisol einen Einfluss auf unterschiedliche Gedächtnisprozesse hat. Der spezifische Einfluss von Cortisol auf das Gedächtnis hängt im Wesentlichen davon ab, welche Gedächtnisphase untersucht wird. Allerdings gibt es Inkonsistenz bezüglich der Frage, ob adrenerge Aktivierung oder emotionale Erregung eine Voraussetzung für Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis darstellen.

Das Ziel der vorliegenden Studie besteht darin, zu untersuchen, ob die Reduktion von Abrufinduziertem Vergessen bei psychosozialem Stress auf die Wirkung von Cortisol zurückzuführen ist.

Um diese Frage zu erforschen, bekam die Hälfte der Probanden direkt nach der Lernphase ein Präparat, das 25 mg Hydrocortison enthält. Der Rest der

Versuchsteilnehmer bekam ein Placebopräparat, das Stärke enthielt. Weder die Versuchspersonen, noch die Versuchsleiterin wussten, um welches Präparat es sich handelte. Dadurch sollten Versuchsleitererwartungseffekte ausgeschlossen werden. Es folgte eine einstündige Zwischenphase, während der die Probanden Fragebögen ausfüllten und Zahlenrätsel lösten. Die Zwischenphase war notwendig, damit das Cortisolpräparat seine Wirkung entfalten konnte und gleichzeitig die Versuchspersonen standardisiert beschäftigt wurden. Durch die pharmakologische Verabreichung von Cortisol konnten Aspekte, die mit der endogenen Cortisolausschüttung einhergehen, als Störvariablen ausgeschlossen werden.

Da die Studie von Bäuml und Kuhbandner (2007) darauf hinweist, dass die Stimmung einen Einfluss auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen ausübt, wurden zudem im Laufe des Experiments wiederholt Befindlichkeitsfragebögen vorgelegt.

Ein weiteres Interesse des Experiments besteht darin, das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen in der Placebogruppe und den Übungseffekt der in der Abrufübung geübten Begriffe zu replizieren. Zur Untersuchung des Abrufinduzierten Vergessens wurde das Abrufübungsparadigma von Anderson, Bjork und Bjork (1994) herangezogen.

Basierend auf vorangegangenen Forschungsergebnissen ergeben sich für die vorliegende Studie folgende Hypothesen:

Hypothesen in Bezug auf Abrufinduziertes Vergessen/ Übungseffekt:

Hypothese 1: Übungseffekt

Da durch die Abrufübung Rp^+ -Begriffe geübt werden, erinnern die Versuchspersonen beim abschließenden Gedächtnistest die Begriffe besser, die Gegenstand der Abrufübung waren (Rp^+ -Begriffe).

Hypothese 2: Abrufinduziertes Vergessen in der Placebogruppe

Die Versuchspersonen aus der Placebogruppe zeigen das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens, das heißt, sie erinnern beim abschließenden Gedächtnistest Begriffe aus Kontrollkategorien (C-Begriffe) besser, als nicht geübte Begriffe aus geübten Kategorien (Rp⁻-Begriffe).

Hypothese 3: Reduziertes Abrufinduziertes Vergessen in der Cortisolgruppe

Die Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe zeigen aufgrund der Wirkung des Cortisolpräparats reduziertes Abrufinduziertes Vergessen. Die bessere Erinnerungsleistung bei Kontrollbegriffen (C-Begriffe) im Vergleich zu Rp⁻-Begriffen ist nicht so stark ausgeprägt, wie in der Placebogruppe. Eventuell werden Rp⁻-Begriffe sogar gleich gut oder besser erinnert als Kontrollbegriffe (C-Begriffe).

Hypothesen in Bezug auf Cortisol:

Hypothese 4: Keine signifikanten Unterschiede zwischen den gemessenen Cortisolwerten zu den einzelnen Zeitpunkten in der Placebogruppe.

Die Versuchspersonen aus der Placebogruppe zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den gemessenen Cortisolwerten zu den einzelnen Zeitpunkten, da kein Stress induziert und kein Cortisolpräparat verabreicht wird.

Hypothese 5: Signifikant erhöhte Cortisolwerte in der Cortisolgruppe nach der Verabreichung des Cortisolpräparats

Die Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe weisen signifikant erhöhte Cortisolwerte nach der Verabreichung des Cortisolpräparats im Vergleich zur Baseline-Messung auf.

Hypothese 6: Replikation der Resultate der TSST-Studie von Kibler und Köbber (in Vorb.)

Versuchspersonen aus der Placebogruppe, die nach dem Final Recall endogen bedingt erhöhte Cortisolwerte aufweisen, zeigen reduziertes Abrufinduziertes Vergessen.

4. Methoden

4.1. Versuchspersonen und Kontaktaufnahme

An der Studie nahmen insgesamt 40 freiwillige Männer im Alter zwischen 19 und 34 Jahren teil. Der Altersdurchschnitt der Versuchsteilnehmer betrug 25,03 Jahre (SE=0,56 Jahre). Die Versuchspersonen erhielten für ihre Teilnahme entweder 15 € oder – falls es sich um Psychologiestudierende im Grundstudium handelte – Versuchspersonenstunden. Die Untersuchungstermine waren immer nachmittags zwischen 14.00 Uhr und 16.00 Uhr. Das Experiment dauerte insgesamt zwei Stunden.

Durch Aushänge in der Universität und in der Fachhochschule Konstanz, sowie durch persönliches Ansprechen wurden die Versuchspersonen auf die Studie aufmerksam gemacht.

Interessierte Männer bekamen eine standardisierte Email zugesandt, die Informationen zur Studie, sowie einen Gesundheitsfragebogen (Anhang A) und ein Informationsblatt zum Cortisolpräparat (Anhang B) enthielt. Zudem wurden den Interessenten in der Email weitere Ein- und Ausschlusskriterien der Studie erläutert. Außerdem wurden sie auf einige Verhaltensregeln, die sie vor dem Experiment beachten sollten, hingewiesen.

Im Anhang C befindet sich diese standardisierte Email. Darin sollten die potentiellen Versuchspersonen über die Studie aufgeklärt werden, ohne ihre Unvoreingenommenheit vor dem Experiment und dadurch die Untersuchungsergebnisse zu beeinflussen.

Ziel der oben erwähnten Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterien und der Verhaltensregeln war es, Faktoren, die den Cortisolspiegel oder das Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens beeinflussen könnten, auszuschließen und jegliche vermeidbaren Risiken bei der Einnahme von 25 mg Hydrocortison möglichst weitgehend auszuschalten. Deshalb wurden auch ausschließlich absolut gesunde Männer für die Teilnahme an dem Experiment ausgewählt. Eine Liste der Ein- und Ausschlusskriterien der Studie befindet sich in Tabelle 1.

Tabelle 1: Übersicht über die Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterien der Studie

Einschlusskriterien der Studie
Männlich
Nichtraucher
Gesund: Alle Fragen auf dem Gesundheitsfragebogen mit „Nein“ beantwortet.
Keine aktuelle Medikamenteneinnahme
Regelmäßiger Schlaf-/Wachrhythmus
In der Nacht vor dem Experiment mind. 6,5 Stunden Schlaf
12 Stunden vor dem Experiment kein Alkoholkonsum
Eine Stunde vor dem Experiment kein Konsum von kalorienhaltigen Speisen oder Getränken und Koffein
Deutsch als Muttersprache
Alter zwischen 18 und 35 Jahren

Die Teilnahme am Experiment beruhte auf absoluter Freiwilligkeit und die Interessenten wurden schon in der Email auf mögliche Nebenwirkungen des Cortisolpräparats aufmerksam gemacht. Zudem wurden sie darauf hingewiesen, dass ein vorzeitiger Abbruch des Experiments für sie keinerlei Schaden verursacht.

4.2. Material

4.2.1 Reizmaterial

Bei der vorliegenden Studie wurden zur Untersuchung des abrufinduzierten Vergessensparadigmas aus den Kategorienproduktionsnormen von Mannheim (1983) 9+2 Kategorien entnommen. Zwei Kategorien dienten als Füllerkategorien, um den Primacy- und Recencyeffekt zu kontrollieren. Sie gingen nicht in die Berechnung des Abrufinduzierten Vergessens mit ein. Für jede der Kategorien wurden aus den Kategorienproduktionsnormen (Mannhaupt) sechs Unterbegriffe

ausgewählt. Eine Liste der verwendeten Kategorien und Unterbegriffe befindet sich in Anhang D.

Bei den neun experimentellen Kategorien handelte es sich um möglichst unterschiedliche, nicht miteinander verbundene oder assoziierte Kategorien. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass die Kategorieerinnerungsleistung so unabhängig wie möglich ist. Um Variationen in der Komplexität der Stimuli zu reduzieren, wurden nur semantisch eindeutige Kategorienbegriffe für die Studie herangezogen.

Bei der Auswahl der Unterbegriffe wurde darauf geachtet, dass keine Unterbegriffe innerhalb einer Kategorie mit demselben Buchstaben beginnen. Außerdem wurden wiederum nur semantisch eindeutige Wörter verwendet. Darüber hinaus hatten die ausgewählten Unterbegriffe nicht denselben Anfangsbuchstaben, wie andere, nicht verwendete Beispiele aus derselben Kategorie (Mannhaupt, 1983).

Bei den Unterbegriffen der neun experimentellen Kategorien handelte es sich pro Kategorie immer um drei starke Nomen mit hoher taxonomischer Häufigkeit und um drei moderate Nomen mit mittlerer taxonomischer Häufigkeit. Die starken Nomen haben bei den Kategorienproduktionsnormen (Mannhaupt, 1983) Rangplätze zwischen 3 und 11 (Median=7), während die moderaten Nomen Rangplätze zwischen 15 und 24 (Median=20)⁷ einnehmen. Tabelle 2 zeigt ein Beispiel für eine Kategorie und die dazugehörigen Unterbegriffe.

Tabelle 2: Beispiel für eine Kategorie und die ausgewählten Unterbegriffe

Frucht
Aprikose
Erdbeere
Johannisbeere
Kirsche
Pflaume
Weintraube

⁷ Es handelt sich um die Ränge, die die ausgewählten Beispiele in den Kategorienproduktionsnormen von Mannhaupt (1983) einnehmen.

4.2.1.1. Lernpräsentation

Bei der Lernpräsentation wurde der Kategorienbegriff immer zusammen mit einem Unterbegriff je fünf Sekunden lang auf dem Computerbildschirm präsentiert (zum Beispiel Frucht Aprikose).

Insgesamt wurden 66 Unterbegriffe dargestellt, 6 Unterbegriffe von jeder der neun experimentellen Kategorien und der zwei Füllerkategorien.

Bei der Präsentation wurde nach dem Prinzip der geblockten Randomisierung vorgegangen. Dazu wurden sechs Blöcke gebildet. Jeder Block enthielt 11 Unterbegriffe – ein Unterbegriff aus jeder Kategorie. Zwei dieser 11 Unterbegriffe gehörten also zu den Füllerkategorien. Die Reihenfolge der Unterbegriffe innerhalb eines Blocks wurde bei den mittleren Blöcken komplett randomisiert. Im ersten und im letzten Block wurden die zwei Füllerbegriffe jeweils als erste beziehungsweise als letzte Begriffe präsentiert, während die restlichen neun Unterbegriffe randomisiert dargeboten wurden. Dadurch sollten der Primacy- und der Recencyeffekt kontrolliert werden.

4.2.1.2. Abrufübung

Bei der Abrufübung wurden jeweils der Kategorienbegriff und die ersten zwei Buchstaben des zu übenden Unterbegriffs (zum Beispiel Frucht Ap__) je 2,5 Sekunden lang auf dem Computerbildschirm präsentiert. Die ersten beiden Buchstaben des zu übenden Unterbegriffs wurden dargeboten, um die Versuchspersonen dazu zu bringen, den entsprechenden Begriff aus dem Gedächtnis abzurufen und laut zu nennen.

Insgesamt wurden immer drei Unterbegriffe aus zwei Dritteln der experimentellen Kategorien und drei Beispiele aus einer der beiden Füllerkategorien geübt.

Um spezifische Kategorieeffekte zu vermeiden, wurden unterschiedliche Versionen der Abrufübung erstellt. Die Versionen unterschieden sich bezüglich der Auswahl der geübten Kategorien und bezüglich der Reihenfolge, in der die Unterbegriffe einer Kategorie abgefragt wurden.

Gegenstand der Abrufübung waren immer die Unterbegriffe einer Kategorie mit moderater taxonomischer Häufigkeit. Die Auswahl der zu übenden Kategorien

wurde über die Versuchspersonen hinweg ausbalanciert. Insgesamt gab es sechs unterschiedliche Kategorie-Auswahl-Varianten, innerhalb derer zudem die Reihenfolge der Begriffspräsentation variiert wurde.

Zunächst wurden die Unterbegriffe geblockt randomisiert⁸. Um Primacy- und Recencyeffekte zu vermeiden, wurden jedoch beim ersten und beim letzten Block die Unterbegriffe aus der Füllerkategorie als erste beziehungsweise als letzte präsentiert.

Nach der Randomisierung wurden Veränderungen in der Reihenfolge der Begriffe vorgenommen, um beispielsweise auszuschließen, dass zwei Unterbegriffe aus derselben Kategorie nacheinander getestet wurden. Dieser Fall wäre zum Beispiel am Ende eines Blocks und am Beginn eines neuen Blocks möglich. Zudem sollte weitgehend vermieden werden, dass spezifische Sequenzen von abgefragten Unterbegriffen einer Kategorie mehr als einmal hintereinander vorkamen. Um dies zu erreichen, wurden Begriffe aus der Füllerkategorie eingesetzt.

Jeder ausgesuchte Unterbegriff wurde im Lauf der Abrufübung dreimal geübt.

4.2.1.3. Final Recall

Beim Final Recall wurden jeweils der Kategorienbegriff und der erste Buchstabe des entsprechenden Unterbegriffs (zum Beispiel Frucht A___) je 2,5 Sekunden lang auf dem Computerbildschirm präsentiert. Der erste Buchstabe des gesuchten Unterbegriffs wurde dargeboten, um die Versuchspersonen dazu zu bringen, den entsprechenden Begriff aus dem Gedächtnis abzurufen und laut zu nennen.

Insgesamt wurden beim Final Recall sowohl geübte Begriffe (Rp^+ -Begriffe), als auch nicht geübte Begriffe aus geübten Kategorien (Rp^- -Begriffe) und nicht geübte Begriffe aus nicht geübten Kategorien (C-Begriffe), sowie die Begriffe einer Füllerkategorie getestet.

Als erstes wurden beim Final Recall die gesamten sechs Unterbegriffe der Füllerkategorie abgefragt. Anschließend wurden wiederum Blöcke gebildet, wobei jeder Block aus den sechs Unterbegriffen einer experimentellen Kategorie bestand. Es gab also neun Blöcke und pro Block sechs Begriffe. Die Reihenfolge der Blöcke

⁸ Es wurden neun Blöcke à sieben Unterbegriffe gebildet: Ein Unterbegriff der Füllerkategorie und je ein Unterbegriff aus einer der sechs ausgewählten experimentellen Kategorien.

wurde randomisiert (kategoriegeblockt). Auch die Reihenfolge der einzelnen Unterbegriffe innerhalb eines Blocks erfolgte randomisiert. Für jede Versuchsperson wurde die Randomisierung erneut vorgenommen.

Zur Präsentation der Begriffe wurde sowohl bei der Lernpräsentation, als auch bei der Abrufübung und dem Final Recall das Computerprogramm Presentation (Neurobehavioral Systems, Albany, USA) verwendet.

Die Instruktionen an die Versuchspersonen vor der jeweiligen Präsentation werden in Anhang E dargestellt.

4.2.2. Salivetten

Während des Experiments wurden zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten Speichelproben entnommen, um die aktuellen Speichelcortisolwerte zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurden Zellstoffsalivetten (Sarstedt, Nürnberg, Deutschland) verwendet. Die Versuchsteilnehmer mussten so lange auf dem Zellstoffstäbchen kauen, bis es gut eingespeichelt war. Anschließend wurden die eingespeichelten Salivetten drei Minuten lang bei 3000 Umdrehungen pro Minute zentrifugiert. Dann wurden die Speichelproben in 2 ml Eppendorfcups (Eppendorf, Hamburg, Deutschland) abpipettiert und bis zur weiteren Analyse bei -20°C gelagert.

Die Speichelcortisolwerte wurden mittels Immunanalyse durch ein externes Labor bestimmt. Dabei wusste der Laborant nicht, welche Speichelproben von Versuchspersonen stammten, die das Cortisolpräparat bekommen hatten.

Die Erfassung der Cortisolwerte diente der Validierung der Manipulation der Unabhängigen Variablen.

4.2.3. Cortisol- und Placebopräparat

Die Hälfte der Versuchsteilnehmer bekam während des Experiments ein Cortisolpräparat, während der anderen Hälfte ein Placebopräparat verabreicht wurde. Bei dem Cortisolpräparat handelte es sich um eine Kapsel, die 25 mg Hydrocortison enthielt. Hydrocortison hat dieselbe chemische Struktur, wie das Nebennierenhormon Cortisol. Das Placebopräparat bestand aus einer Kapsel, die

Stärke enthielt. Äußerlich war kein Unterschied zwischen dem Cortisol- und dem Placebopräparat zu erkennen. Die verwendeten Kapseln wurden von einem Apotheker eigens für die Studie hergestellt

4.3. Vorbereitung der Untersuchung

Das Experiment fand immer als Einzelsitzung statt und entsprach dem between-subjects design. Es wurde als Doppelblindstudie durchgeführt. Das heißt, weder die Versuchsperson, noch die Versuchsleiterin, wussten, ob es sich bei der verabreichten Kapsel um das Cortisol- oder Placebopräparat handelte. Um dennoch eine Zuordnung der einzelnen Versuchspersonen zur Cortisol- beziehungsweise Placebogruppe vornehmen zu können, wurde die zu verabreichende Kapsel jeweils vor dem Experiment von einer Mitarbeiterin bereit gestellt, die über die Auswahl der Kapseln genau Buch führte.

Vor Beginn des Experiments wurde immer ein Arzt benachrichtigt, der falls Probleme im Zusammenhang mit der Verabreichung des Cortisolpräparats auftreten sollten, sofort zur Stelle sein konnte.

Nach ihrer Ankunft bekamen die Versuchspersonen zunächst ein *Informationsblatt zur Studie* (Anhang F) zu lesen. Darin wurden sie noch einmal über den Ablauf und Zweck des Experiments informiert. Anschließend wurde das *Informationsblatt zum Cortisolpräparat* (Anhang B), das die Versuchsteilnehmer auch schon in der Email erhalten hatten, nochmals vorgelegt.

Im Anschluss daran wurde den Teilnehmern der Gesundheitsfragebogen (Anhang A) ausgehändigt, den sie ebenfalls bereits aus der Email kannten. Nachdem sie diesen Fragebogen ausgefüllt und unterschrieben hatten, erklärten die Versuchsteilnehmer schriftlich, dass sie freiwillig an der Studie teilnahmen und über das Experiment informiert waren. Es folgten einige Fragen bezüglich der letzten Nahrungsaufnahme und des letzten Koffein- und Alkoholkonsums. Außerdem mussten die Teilnehmer auf einem zusätzlichen Fragebogen (Anhang G) weitere Auskünfte über ihr Rauchverhalten und ihren momentanen Gesundheitszustand geben.

Zehn Minuten nach ihrer Ankunft bekamen die Versuchsteilnehmer ein Glas Traubensaft (300 ml) zu trinken. Der Traubensaft diente der Standardisierung des Blutzuckerspiegels.

4.4. Ablauf des Experiments

Nachdem die oben beschriebenen Vorbereitungen getroffen und die Versuchsteilnehmer ausreichend über die Studie informiert waren, wurden sie aufgefordert, das Becks-Depressions-Inventar (BDI) nach Hautzinger et al. (1994) und einige Befindlichkeitsfragebögen zu bearbeiten.

Neben dem BDI wurden das State-Trait-Angstinventar (STAI, Laux et al., 1981), die Basler Befindlichkeitsskala (BBS, Hobi, 1985), der Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF, Steyer, Schwenkmetzger, Notz & Eid, 1997) und das Self-Assessment-Manikin (SAM, Bradley & Lang, 1994) mit den beiden Dimensionen Valenz und Erregung vorgelegt.

Anhand der Befindlichkeitsfragebögen sollten die Versuchsteilnehmer angeben, wie sie sich in dem konkreten Augenblick fühlten.

Anschließend (15 Minuten nach dem Traubensaft) erfolgte die erste Messung des Cortisolspiegels im Speichel. Dazu wurden Zellstoffsalivetten (Sarstedt, Nürnberg, Deutschland) verwendet.

Es folgte die Lernphase, bei der Kategorie-Beispiel-Paare je fünf Sekunden lang auf dem Bildschirm präsentiert wurden. Die Versuchspersonen sollten sich jeweils sowohl den Kategorienbegriff, als auch den Unterbegriff so gut wie möglich merken.

Anschließend bekamen die Versuchspersonen eine Kapsel, die entweder 25 mg Hydrocortison oder Stärke (Placebopräparat) enthielt. Nun folgte eine Distraktorphase, während der die Versuchspersonen weitere Fragebögen ausfüllen und anschließend Sudokus (japanische Zahlenrätsel) lösen sollten. Diese Phase dauerte insgesamt eine Stunde.

Folgende Fragebögen wurden während der Distraktorphase vorgelegt:

- PANAS, die letzten Wochen (Positive And Negative Affect Schedule) (Krohne, Egloff, Kohlmann & Tausch, 1996)
- SVF120 (Stressverarbeitungsfragebogen) (Janke & Erdmann, 1997)
- FKK (Fragebogen zu Kompetenz- und Kontrollüberzeugungen) (Krampen, 1991)
- FPI-R (Freiburger Persönlichkeitsinventar – Revidierte Form) (Fahrenberg, Hampel & Selg, 1994)
- 16 PF-R (16-Persönlichkeitsfaktoren-Test Revidierte Form) (Schneewind & Graf, 1998)

Nach der 60 Minuten langen Zwischenaufgabe erfolgte erneut die Messung des Speichelcortisolspiegels.

Anschließend wurde in der oben beschriebenen Abrufübung ein Teil der Unterbegriffe aus einem Teil der Kategorien abrufgeübt. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, den Unterbegriff, dessen Anfangsbuchstaben dargestellt wurden, laut zu nennen.

Es folgte eine weitere 8-minütige Fragebogenphase, während der die Versuchsteilnehmer abermals Befindlichkeitsfragebögen ausfüllten. Allerdings sollten sie jetzt nicht angeben, wie sie sich aktuell fühlten, sondern ihre Angaben rückblickend in Bezug auf die Sudokus machen. Sie sollten also ausfüllen, wie sie sich während der Sudokuphase gefühlt hatten.

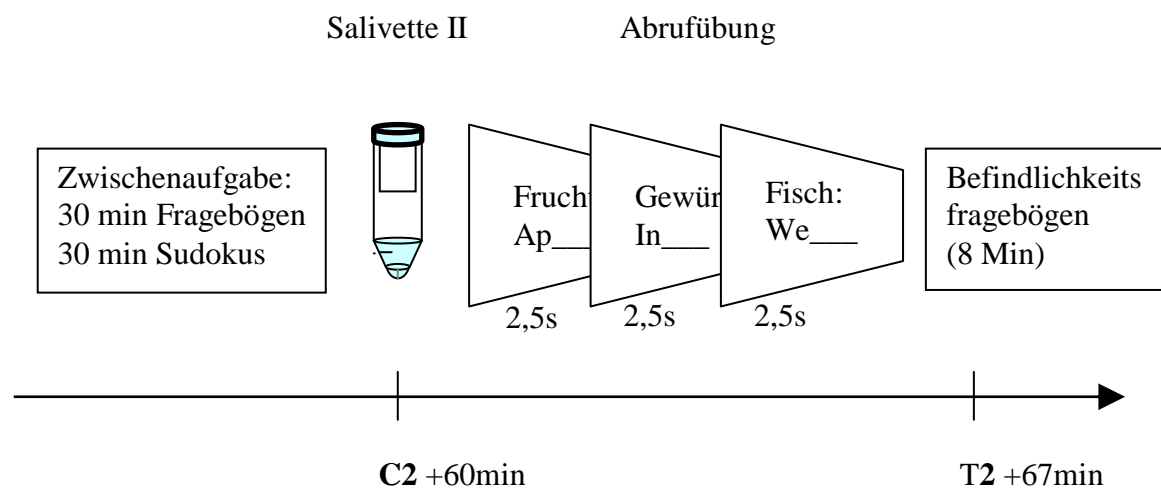
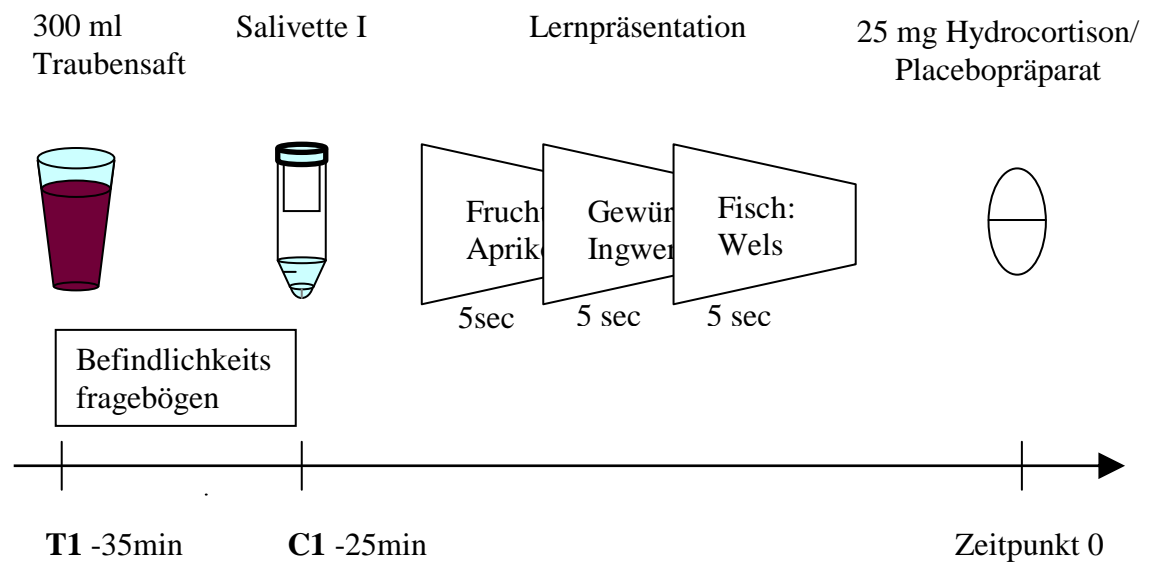
Bei den vorgelegten Befindlichkeitsfragebögen handelte es sich wieder um die Basler Befindlichkeitsskala (BBS, Hobi, 1985), den Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF, Steyer et al., 1997), das Self-Assessment-Manikin (SAM, Bradley & Lang, 1994) mit den beiden Dimensionen Valenz und Erregung und das State-Trait-Angstinventar (STAI, Laux et al., 1981). Zusätzlich wurde eine visuelle Analogskala vorgelegt, auf der die Versuchsteilnehmer auf verschiedenen Dimensionen markieren sollten, wie sie sich während der Sudokuphase gefühlt hatten.

Es folgte der abschließende Gedächtnistest (Final Recall), bei dem geübte Unterbegriffe (Rp⁺-Begriffe), nicht geübte Unterbegriffe aus geübten Kategorien

Methoden

(Rp̄-Begriffe) und nicht geübte Unterbegriffe aus nicht geübten Kategorien (C-Begriffe) abgefragt wurden. Zehn Minuten nach Ende des Final Recalls wurde erneut eine Speichelprobe entnommen.

Abbildung 4 verdeutlicht den Ablauf des Experiments:



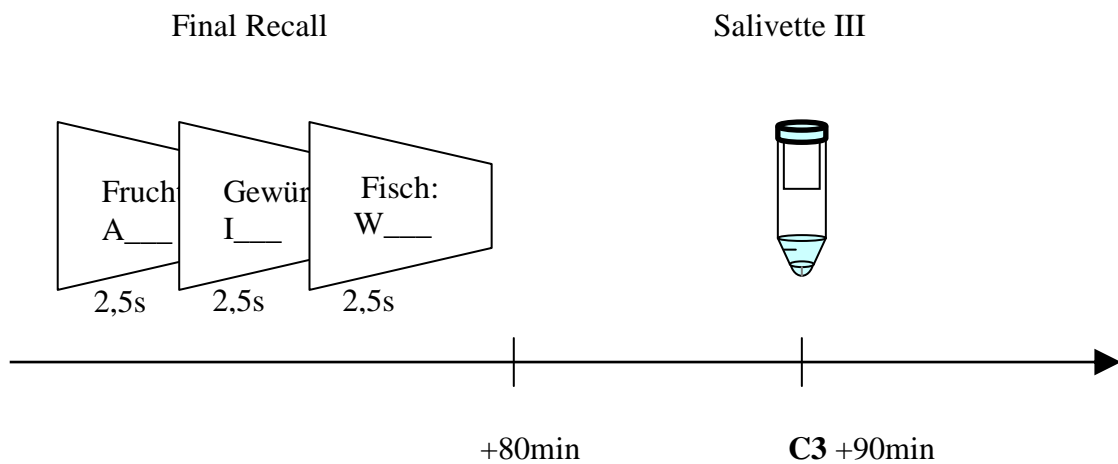


Abbildung 4: Ablauf des Experiments

4.5. Statistische Analyse

Zur statistischen Analyse der erhobenen Daten wurde das Statistikprogramm Statistica (StatSoft, Tulsa, USA) verwendet. Sowohl bei der statistischen Analyse der Verhaltensdaten, als auch bei der statistischen Analyse der Cortisol-daten betrug das Signifikanzniveau bei allen gerechneten Tests $\alpha=.05$.

4.5.1 Statistische Analyse der Verhaltensdaten

Bei der statistischen Analyse der Daten der Abrufübung und des Final Recalls wurden Füllerbegriffe ausgeschlossen. Dadurch sollten der Primacy- und der Recencyeffekt kontrolliert werden.

Um Unterschiede in der Erinnerungsleistung bei der Abrufübung zwischen der Cortisol- und Placebogruppe zu analysieren, wurde eine einfaktorielle ANOVA mit der Variable Erinnerungsleistung und dem kategorialen Faktor Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) gerechnet.

Der aus der Abrufübung resultierende Übungseffekt wurde mit einer ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (Rp^+ -Begriff, C-Begriff) und Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) ermittelt.

Bei der Untersuchung von Abrufinduziertem Vergessen wurde ebenfalls eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (C-Begriff, Rp⁻-Begriff) und Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) kalkuliert.

Um zu untersuchen, ob in der vorliegenden Studie eine Interaktion zwischen Abrufinduziertem Vergessen und Befindlichkeitswerten vorliegt, wurde bei der State-Skala des STAI zum Zeitpunkt T2 der Median Split gebildet. Dadurch konnten die Versuchsteilnehmer in Personen mit hohen und niedrigen Werten auf dieser Skala zum Zeitpunkt T2 unterteilt werden. Anschließend wurde eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (C-Begriffe, Rp⁻-Begriffe) und STAI (State) zum Zeitpunkt T2 (hohe, niedrige Werte) gerechnet.

4.5.2 Statistische Analyse der Cortisolwerten

Auch bei der statistischen Analyse der Cortisolwerten wurde eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Zeitpunkt der Cortisolmessung (C1, C2, C3) und Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) durchgeführt.

Zudem wurde post hoc mit Fisher's LSD überprüft, welche Zeitpunkte der Cortisolmessung sich signifikant voneinander unterscheiden.

In der bereits im Theorieteil besprochenen TSST-Studie von Kibler und Kößler (in Vorb.) konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen und endogenen Cortisolwerten gefunden werden. Um zu überprüfen, ob dieser Effekt repliziert werden kann, wurde bei der vorliegenden Studie untersucht, ob sich in der Placebogruppe beziehungsweise in der Cortisolgruppe das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen bei hohen und niedrigen Cortisolwerten unterscheidet. Dazu wurden die Cortisolwerte zum Zeitpunkt C3 mittels Median Split in hohe und niedrige Werte unterteilt. Daraufhin wurde erneut eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart und Cortisolwerte zum Zeitpunkt C3 (hoch, niedrig) gerechnet.

5. Resultate

5.1 Resultate der Verhaltensdaten

5.1.1 Abrufübung

Die Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe konnten 70.09 % (SE=2.41) der Items in der Abrufübung korrekt abrufen. Versuchspersonen aus der Placebogruppe erinnerten bei der Abrufübung 62.78 % (SE=2.76) der Items.

Eine einfaktorielles ANOVA mit der Variablen Erinnerungsleistung in der Abrufübung und dem kategorialen Faktor Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) zeigte, dass Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe bei der Abrufübung tendenziell mehr Begriffe erinnerten, als Versuchspersonen aus der Placebogruppe. Dieser Effekt verfehlte die statistische Signifikanz nur knapp ($F(1,38)=3.99$; $p=.053$).

5.1.2 Final Recall

5.1.2.1 Übungseffekt

Der Übungseffekt für Begriffe, die in der Abrufübung geübt worden waren (Rp⁺-Begriffe), wurde anhand einer ANOVA mit Messwiederholung untersucht. Die ANOVA mit den Faktoren Itemart (Rp⁺-Begriff, C-Begriff) und Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) erbrachte einen hochsignifikanten⁹ Haupteffekt für den Faktor Itemart ($F(1,38)= 83.73$; $p<.001$; s. Abb. 7). Die Rp⁺-Begriffe wurden hochsignifikant besser erinnert, als C-Begriffe. In Tabelle 3 werden die Mittelwerte und Standardfehler der prozentualen Erinnerungsleistung der einzelnen Items und die entsprechenden Fallzahlen gezeigt. Abbildung 5 stellt den in der ANOVA erzielten Haupteffekt für den Faktor Itemart graphisch dar.

⁹ Die Begriffe sehr signifikant ($p<.01$) und hochsignifikant ($p<.001$) werden in Anlehnung an Nagl (2005) verwendet.

Tabelle 3: Mittelwerte der Erinnerungsleistung der Items mit Standardfehler getrennt nach Itemart (in Prozent).

Erinnerungsleistung in %						
	Cortisolgruppe		Placebogruppe		Gesamt	
	Rp ⁺ -Items	C-Items	Rp ⁺ -Items	C-Items	Rp ⁺ -Items	C-Items
M	61.11	38.61	59.44	32.50	60.28	35.56
SE	2.61	3.33	2.80	2.83	1.89	2.21
n	20	20	20	20	40	40

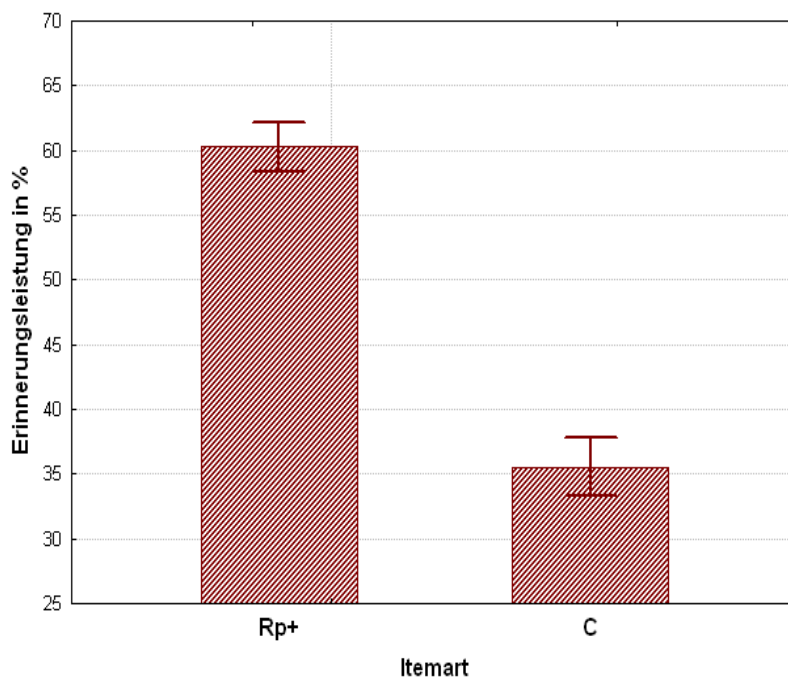


Abbildung 5: Mittelwerte (+/- 1 Standardfehler) der korrekt erinnerten Rp⁺-Begriffe und C-Begriffe beim Final Recall.

5.1.2.1 Abrufinduziertes Vergessen

Abrufinduziertes Vergessen wurde varianzanalytisch untersucht. Die ANOVA ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Itemart ($F(1,38)=7.65$; $p<.01$; s. Abb. 8). C-Begriffe wurden signifikant besser erinnert, als Rp̄-Begriffe. Das heißt, die Versuchspersonen zeigten signifikant Abrufinduziertes Vergessen.

Die erwartete Interaktion zwischen den Faktoren Itemart und Gruppenzugehörigkeit wurde nicht signifikant ($F(1,38)=.76910$; $p=.386$). Abrufinduziertes Vergessen ist in der Cortisolgruppe nicht, wie ursprünglich vermutet, signifikant geringer ausgeprägt als in der Placebogruppe.

Eine Untersuchung von Abrufinduziertem Vergessen in den einzelnen Gruppen erbrachte in der Cortisolgruppe einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Itemart ($F(1,19)=5.74$; $p<.05$). In der Cortisolgruppe ist Abrufinduziertes Vergessen vorhanden. Dagegen verfehlte in der Placebogruppe der Haupteffekt für den Faktor Itemart die statistische Signifikanz ($F(1,19)=2.11$; $p=1.63$).

Tabelle 4 zeigt die Mittelwerte und Standardfehler der prozentualen Erinnerungsleistung der einzelnen Items und die entsprechenden Fallzahlen. In Abbildung 6 wird der in der ANOVA erzielte Haupteffekt für den Faktor Itemart ohne Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit graphisch dargestellt.

Tabelle 4: Mittelwerte der Erinnerungsleistung der Items mit Standardfehler getrennt nach Itemart (in Prozent).

Erinnerungsleistung in %						
	Cortisolgruppe		Placebogruppe		Gesamt	
	C-Items	Rp̄-Items	C-Items	Rp̄-Items	C-Items	Rp̄-Items
M	38,61	31,11	32,50	28,61	35,56	29,86
SE	3,33	2,68	2,83	1,77	2,21	1,59
n	20	20	20	20	40	40

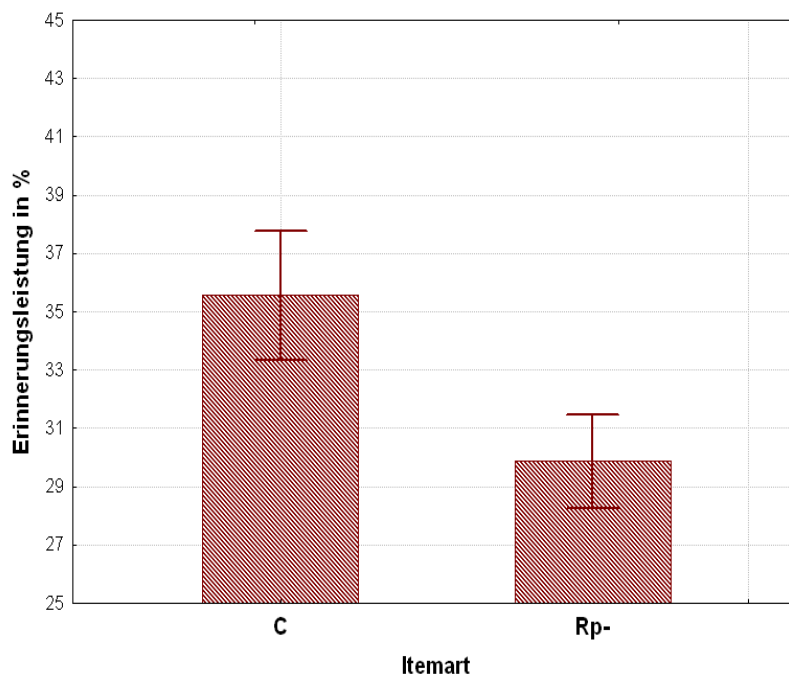


Abbildung 6: Mittelwerte (+/- 1 Standardfehler) der korrekt erinnerten C-Begriffe und Rp-Begriffe beim Final Recall.

5.2 Resultate der Cortisolwerten

Eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Zeitpunkt der Cortisolmessung (C1, C2, C3) und Gruppenzugehörigkeit (Cortisolgruppe, Placebogruppe) erbrachte einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Zeitpunkt ($F(2,74)=7.14$; $p<.01$) und eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Zeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit ($F(2,74)=3.18$; $p<.05$).

Der post hoc durchgeführte Fisher's LSD Test zeigte, dass sich die Cortisolwerte in der Placebogruppe zu den einzelnen Zeitpunkten nicht signifikant unterscheiden. Dagegen konnte in der Cortisolgruppe ein signifikanter Unterschied zwischen den Cortisolwerten zum Zeitpunkt C1 und C2 ($p<.01$) und zwischen den Werten zum Zeitpunkt C1 und C3 ($p<.001$) festgestellt werden. Zudem konnte mit Hilfe des Fisher's LSD Tests demonstriert werden, dass sich die Baselinecortisolwerte (Cortisolwerte zum Zeitpunkt C1) zwischen den Gruppen nicht signifikant unterscheiden. In Tabelle 5 werden die mittleren Cortisolwerte mit Standardfehler

und Fallzahlen zu den einzelnen Zeitpunkten nach Versuchsgruppen getrennt dargestellt. Im Anhang H befindet sich eine Liste der Cortisolwerte der einzelnen Versuchspersonen.

Tabelle 5: Mittlere Cortisolwerte zu den Zeitpunkten C1, C2, C3 nach Gruppen getrennt mit Fallzahlen und Standardfehler (in nmol/l).

Mittlere Cortisolwerte in nmol/l						
	Cortisolgruppe			Placebogruppe		
	C1	C2	C3	C1	C2	C3
M	9.52	17.16	19.18	13.54	14.95	15.43
SE	2.05	2.27	3.24	2.04	1.72	1.95
n	19 ^a	20	20	20	20	20

^aDie Speichelprobe einer Versuchsperson zum Zeitpunkt C1 konnte nicht ausgewertet werden.

In der TSST-Studie von Kißler und Kößler (in Vorb.) konnte demonstriert werden, dass Abrufinduziertes Vergessen bei gestressten Personen mit hohen endogenen Cortisolwerten eliminiert wird. Der stärkste Zusammenhang zwischen Abrufinduziertem Vergessen und Cortisolwerten zeigte sich bei der Cortisolmessung nach dem Final Recall.

Um zu untersuchen, ob sich auch in der vorliegenden Studie das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen bei hohen und niedrigen Cortisolwerten unterscheidet, wurden die Versuchspersonen der beiden Versuchsgruppen anhand des Median Split in Personen mit hohen beziehungsweise niedrigen Cortisolwerten zum Zeitpunkt C3 unterteilt.

Anschließend wurde jeweils für die Placebo- und Cortisolgruppe eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (C-Begriff, Rp⁻-Begriff) und Cortisolwerte zum Zeitpunkt C3 (hoch, niedrig) gerechnet.

Bei der Placebogruppe zeigte die ANOVA eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Itemart und Cortisolwerte C3 (hoch, niedrig) ($F(1,18)=8.73$; $p<.01$).

Die Versuchspersonen aus der Placebogruppe mit niedrigen endogenen Cortisolwerten zeigten Abrufinduziertes Vergessen, während bei Versuchspersonen der Placebogruppe, die zum Zeitpunkt C3 erhöhte Cortisolwerte aufwiesen, kein Abrufinduziertes Vergessen gefunden werden konnte. Diese Interaktion ist konsistent mit den Ergebnissen der TSST-Studie von Kißler und Kößler (in Vorb.). Auch Kißler und Kößler konnten bei erhöhten endogenen Cortisolwerten nach dem Final Recall kein Abrufinduziertes Vergessen finden. Abbildung 7 stellt die Interaktion graphisch dar.

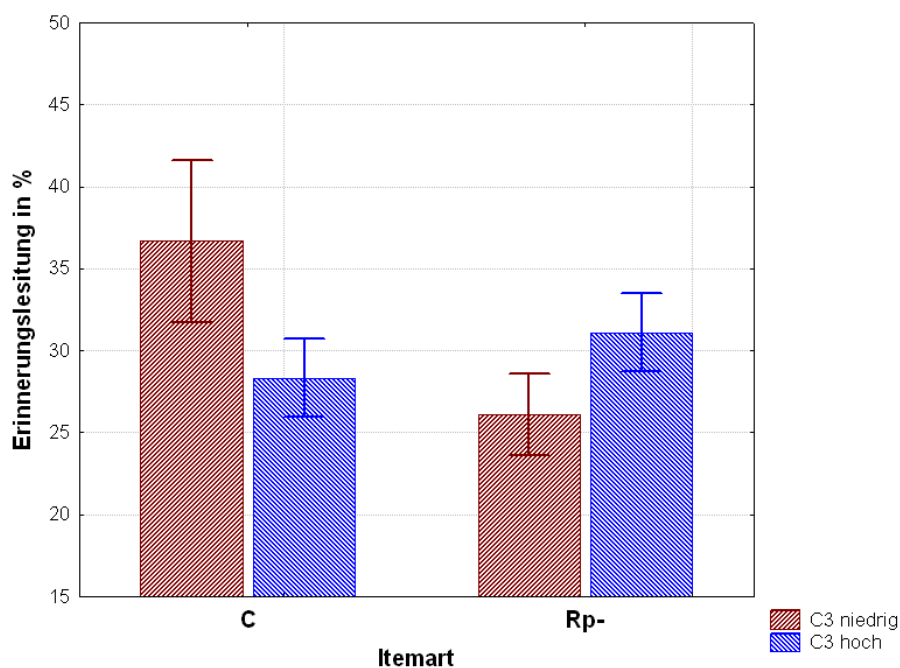


Abbildung 7: Mittelwerte (+/- 1 Standardfehler) der korrekt erinnerten C-Begriffe und Rp-Begriffe in der Placebogruppe getrennt nach hohen und niedrigen endogenen Cortisolwerten zum Zeitpunkt C3.

In der Cortisolgruppe erbrachte die ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (C-Begriff, Rp-Begriff) und Cortisolwerte zum Zeitpunkt C3 (hoch, niedrig) keine signifikante Interaktion ($F(1,18)=.373$; $p=.549$). Pharmakologisch bedingte Veränderungen der Cortisolwerte scheinen also nicht mit dem Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen zu interagieren.

5.3 Resultate nicht a priori geplanter Analysen

Zusätzlich zu den hypothesengeleiteten Untersuchungen wurde post hoc getestet, ob in der Cortisol- und in der Placebogruppe das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen mit Befindlichkeitswerten interagiert. Dazu wurden die Versuchspersonen der beiden Gruppen in Personen, die nach der Abrufübung (Zeitpunkt T2) hohe Werte auf der State-Skala des STAI aufwiesen und in Personen, die niedrige Werte auf dieser Skala zum entsprechenden Zeitpunkt zeigten, unterteilt. Diese Unterteilung wurde mittels Median Split vorgenommen.

Anschließend wurde wiederum eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Itemart (C-Begriffe, Rp-Begriffe) und STAI (State) zum Zeitpunkt T2 (hohe, niedrige Werte) gerechnet.

In der Placebogruppe konnten bei der ANOVA weder ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Itemart ($F(1,18)=2.00$; $p=.174$) noch eine signifikante Interaktion zwischen dem Faktor Itemart und dem Faktor STAI (State) zum Zeitpunkt T2 ($F(1,18)=.00$; $p=1.00$) erzielt werden.

Dagegen ergab die oben beschriebene ANOVA in der Cortisolgruppe einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Itemart ($F(1,18)=7.35$; $p<.05$) und eine signifikante Interaktion zwischen dem Faktor Itemart und dem Faktor STAI (State) zum Zeitpunkt T2 ($F(1,18)=6.30$; $p<.05$).

Abrufinduziertes Vergessen tritt in der Cortisolgruppe bei Personen auf, die zum Zeitpunkt T2 geringe Werte auf der State-Skala des STAI aufweisen, während bei Personen aus der Cortisolgruppe mit hohen Werten auf dieser Skala kein Abrufinduziertes Vergessen zu finden ist. Abbildung 8 zeigt die in der ANOVA ermittelte Interaktion.

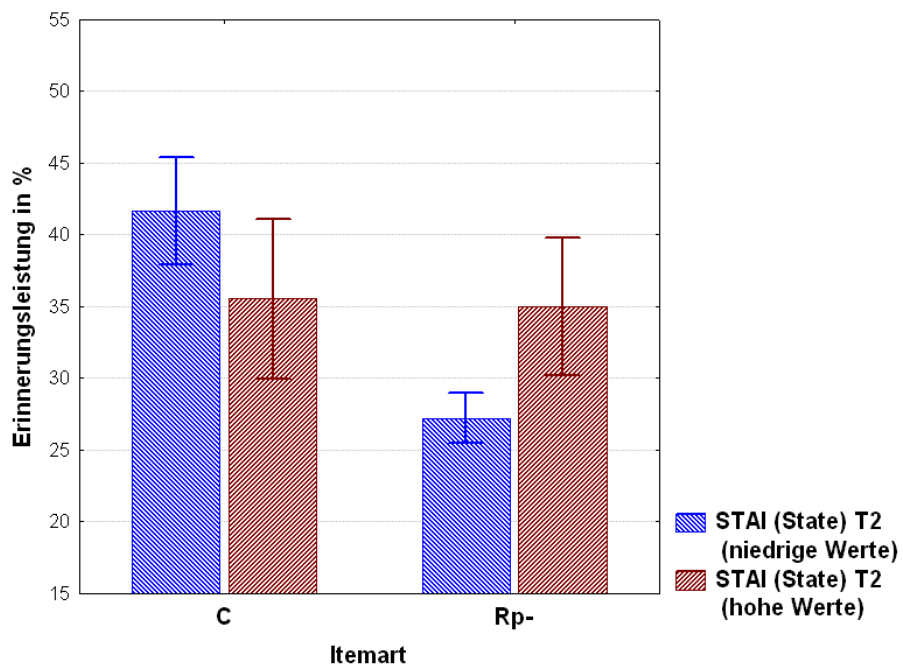


Abbildung 8: Mittelwerte (+/- 1 Standardfehler) der korrekt erinnerten C-Begriffe und Rp-Begriffe in der Cortisolgruppe getrennt nach hohen und niedrigen STAI (State) Werten zum Zeitpunkt T2.

6. Diskussion

In dieser Arbeit wurde mittels der Verabreichung eines Cortisol- beziehungsweise eines Placebopräparats untersucht, ob Cortisol das Abrufinduzierte Vergessen reduziert.

Zudem wurde anhand von Befindlichkeitsfragebögen mehrmals im Laufe des Experiments die aktuelle Stimmung der Versuchspersonen erhoben. Dadurch konnte der Einfluss der Stimmung auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen ermittelt werden.

Die Messung des Speichelcortisolspiegels ermöglichte es, Veränderungen des Cortisolspiegels infolge der Einnahme des Cortisolpräparats nachzuweisen und eine mögliche Interaktion zwischen dem Cortisolspiegel und Abrufinduziertem Vergessen zu analysieren.

Im vorangegangenen Kapitel wurden die Ergebnisse der Studie vorgestellt. In diesem Kapitel sollen nun diese Ergebnisse genauer betrachtet und interpretiert werden. Dabei werden die Befunde im Rahmen von Studien zu Abrufinduziertem Vergessen und zum Einfluss von Cortisol auf das Gedächtnis diskutiert. In Kapitel drei wurden spezifische Hypothesen aufgestellt. Nun soll überprüft werden, inwieweit diese Hypothesen bestätigt wurden und welche Schlussfolgerungen daraus gezogen werden können.

Zu den die Erinnerungsleistung betreffenden Hypothesen zählte unter anderem die Erwartung eines Übungseffekt für Begriffe, die während der Abrufübung geübt worden waren (Rp^+ -Items). Diese Begriffe sollten beim Final Recall besser erinnert werden als Kontrollbegriffe (C-Items). Zudem wurden in der Placebogruppe signifikante abrufinduzierte Vergessenseffekte prognostiziert. Darüber hinaus wurde vermutet, dass Abrufinduziertes Vergessen in der Cortisolgruppe gar nicht auftritt oder geringer ausgeprägt ist als in der Placebogruppe.

Bei den Hypothesen in Bezug auf Cortisol handelte es sich einerseits um die Annahme, dass sich die gemessenen Cortisolwerte in der Placebogruppe zu den

einzelnen Zeitpunkten nicht signifikant unterscheiden. Andererseits wurden in der Cortisolgruppe nach der Verabreichung des Cortisolpräparats signifikant erhöhte Cortisolwerte erwartet. Zudem wurde analog zu den Resultaten der TSST-Studie von Kibler und Köbber (in Vorb.) vermutet, dass Versuchspersonen aus der Placebogruppe, die zum Zeitpunkt C3 erhöhte endogene Cortisolwerte aufweisen, reduziertes Abrufinduziertes Vergessen zeigen.

Im Folgenden werden die oben genannten Hypothesen und deren Bestätigung beziehungsweise Falsifikation besprochen. Dabei werden die Hypothesen in Bezug auf die Erinnerungsleistung und in Bezug auf Cortisol gemeinsam diskutiert. Zusätzlich werden noch weitere bei der vorliegenden Studie erzielte Ergebnisse erörtert.

Beim Final Recall konnte ein hochsignifikanter Übungseffekt für Begriffe, die in der Abrufübung geübt worden waren (Rp^+ -Begriffe), festgestellt werden. Die Versuchspersonen erinnerten Rp^+ -Begriffe signifikant besser, als C- Begriffe und Rp^- - Begriffe. Dieses Ergebnis ist konsistent mit den Resultaten zahlreicher Studien zu Abrufinduziertem Vergessen, die auch den abrufinduzierten Übungseffekt nachweisen konnten (zum Beispiel Anderson et al., 1994, 2000; Bäuml & Hartinger, 2002; Bäuml et al., 2005).

Die bessere Erinnerungsleistung abrufgeübter Begriffe scheint darauf zurückzuführen sein, dass der Abruf der Rp^+ -Begriffe während der Abrufübung ein Lernereignis darstellt und die entsprechenden Begriffe dadurch geübt werden (zum Beispiel Anderson et al., 1994).

Die zweite und dritte Hypothese betreffen Abrufinduziertes Vergessen. Aufgrund zahlreicher Studien zu Abrufinduziertem Vergessen wurde vermutet, dass die Versuchspersonen aus der Placebogruppe Abrufinduziertes Vergessen zeigen. Zudem wurde ausgehend von den Resultaten der Stresstudie von Kibler und Köbber (in Vorb.) angenommen, dass Abrufinduziertes Vergessen in der Cortisolgruppe reduziert ist. Kibler und Köbber demonstrierten, dass Abrufinduziertes Vergessen bei psychosozialem Stress eliminiert und die Speichelcortisolwerte

erhöht waren. Stress führt zur Ausschüttung von Cortisol. Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass Cortisol zur Reduktion von Abrufinduziertem Vergessen führt.

In der vorliegenden Studie konnte ohne Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit signifikantes Abrufinduziertes Vergessen nachgewiesen werden. C-Begriffe wurden signifikant besser erinnert, als Rp⁻-Begriffe. Allerdings gab es keine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Itemart und Gruppenzugehörigkeit. Abrufinduziertes Vergessen ist in der Cortisolgruppe nicht geringer ausgeprägt, als in der Placebogruppe. Eine Untersuchung von Abrufinduziertem Vergessen in den einzelnen Gruppen zeigte sogar, dass dieses Gedächtnisphänomen in der Cortisolgruppe statistisch signifikant ist, während in der Placebogruppe die statistische Signifikanz von Abrufinduziertem Vergessen nicht erreicht wird. C-Begriffe wurden dennoch auch in der Placebogruppe tendenziell besser erinnert, als Rp⁻-Begriffe. Die fehlende statistische Signifikanz in der Placebogruppe könnte eventuell durch die geringe Zahl der Probanden ($n=20$) bedingt sein.

Als eine weitere mögliche Erklärung dafür, dass Abrufinduziertes Vergessen zwar in der Cortisolgruppe, aber nicht in der Placebogruppe signifikant ausgeprägt ist, könnten die Effekte von Cortisol auf die Konsolidierung herangezogen werden.

Einige Studien haben gezeigt, dass eine moderate Menge an Cortisol die Konsolidierung von Gedächtnismaterial verbessern kann (zum Beispiel Abercrombie et al., 2003; Buchanan & Lovallo, 2001). Eventuell hat das Cortisolpräparat, das direkt nach der Lernpräsentation verabreicht wurde, in der Cortisolgruppe zu einer verbesserten Konsolidierung geführt.

Nach Anderson (2003) besteht die Funktion der bei Abrufinduziertem Vergessen vermuteten Inhibitionsprozesse darin, Interferenz durch konkurrierende Items zu reduzieren. Je besser Items nach der Lernpräsentation konsolidiert werden, desto stärker interferieren konkurrierende Items bei der Abrufübung mit dem Abruf der Zielitems. Eine verbesserte Konsolidierung könnte also mehr Hemmung der interferierenden Items erforderlich machen. Dies könnte zu stärker ausgeprägten abrufinduzierten Vergessenseffekten führen.

Auch bei der vorliegenden Studie könnte eine verstärkte Konsolidierung in der Cortisolgruppe dazu geführt haben, dass Rp^- -Items stärker mit dem Abruf von Rp^+ -Items konkurrieren und deshalb stärker gehemmt werden. Das könnte erklären, weshalb Abrufinduziertes Vergessen in der Cortisolgruppe, aber nicht in der Placebogruppe statistisch signifikant ist.

Gleichwohl kann Abrufinduziertes Vergessen nicht nur durch erneutes Lernen, sondern ausschließlich durch den Abruf von Zielitems hervorgerufen werden (Anderson et al., 2000).

Im Allgemeinen ist Abrufinduziertes Vergessen bei kurzen Zeitintervallen zwischen der Lernpräsentation und der Abrufübung stärker ausgeprägt (siehe zum Beispiel MacLeod & Macrae, 2001). In der vorliegenden Studie betrug das Intervall zwischen der Lernphase und der Abrufphase 60 Minuten. Eventuell hätten bei einem kürzeren Zeitintervall größere abrufinduzierte Vergessenseffekte erzielt werden können.

In der vorliegenden Arbeit konnte Abrufinduziertes Vergessen nachgewiesen werden. Allerdings konnte nicht, wie ursprünglich erwartet, gezeigt werden, dass Cortisol das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen reduziert.

Bei psychosozialen Stress (siehe Kibler & Kößler, in Vorb.) wird Abrufinduziertes Vergessen aufgehoben, aber nicht bei der Verabreichung eines Cortisolpräparats. Dieser Befund lässt mehrere Vermutungen zu.

Studien, die die Effekte von Cortisol oder Stress auf verschiedene Gedächtnisprozesse untersucht haben, liefern eine mögliche Erklärung dafür. In einigen Arbeiten konnte demonstriert werden, dass emotionale Erregung oder adrenerge beziehungsweise noradrenerge Aktivierung eine Voraussetzung für die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis darstellen. Zum Beispiel konnten Buchanan und Lovullo (2001) zeigen, dass erhöhte Cortisolwerte bei der Enkodierung von emotional erregenden und neutralen IAPS-Bildern (Lang et al., 1999) die Erinnerungsleistung bei einem späteren Cued Recall Gedächtnistest nur bei emotional erregenden Bildern verbessert. Auch Abercrombie und Mitarbeiter (2006) konnten die wichtige Bedeutung von emotionaler Erregung für Effekte von

Stress auf die Konsolidierung hervorheben. Sie demonstrierten, dass psychosozialer Stress und die stressbedingte Cortisolausschüttung nur bei Versuchspersonen, die stressbedingte Veränderungen des negativen Affekts aufwiesen, zu einer verbesserten Erinnerungsleistung bei einem späteren Gedächtnistest führen.

Zudem konnte Roozendaal in Tierexperimenten zeigen, dass Glucocorticoide im basolateralen Nucleus der Amygdala mit dem noradrenergen System interagieren und dadurch die Gedächtniskonsolidierung modulieren (zum Beispiel Roozendaal, 2002).

Auch für die negativen Effekte von Cortisol auf den Abruf von Gedächtnismaterial scheinen emotionale Erregung und adrenerge beziehungsweise noradrenerge Aktivierung eine Voraussetzung zu sein. Roozendaal vermutet, dass derselbe Mechanismus, der die positiven Auswirkungen von Cortisol auf die Konsolidierung vermittelt, auch für die negativen Effekte von Cortisol auf den Abruf zuständig ist. Somit sollten die Effekte von Cortisol auf den Gedächtnisabruf bei emotional erregendem Stimulusmaterial stärker ausgeprägt sein, als bei neutralem Material. Diese Annahme konnte durch Kuhlmann, Kirschbaum und Wolf (2005) gestützt werden. Sie konnten nachweisen, dass die Verabreichung von 30 mg Hydrocortison kurz vor dem Gedächtnistest den Abruf von negativen Wörtern signifikant verschlechterte, während Cortisol keinen signifikanten Effekt auf den Abruf neutraler Begriffe hatte.

Die oben genannten Studien beschäftigten sich vor allem mit den Effekten von Cortisol und emotionaler Erregung auf das hippocampusabhängige deklarative Gedächtnis. Zudem gibt es einige Studien, die Effekte von Cortisol auf präfrontale Funktionen, wie zum Beispiel das Arbeitsgedächtnis, feststellten. Beispielsweise konnten Elzinga und Roelofs (2005) nachweisen, dass durch experimentell induzierten Stress das Arbeitsgedächtnis negativ beeinflusst wird, wenn die Versuchspersonen erhöhte Cortisolwerte aufweisen und während des Gedächtnistests eine verstärkte sympathische Aktivierung zeigen. Ähnliche Befunde konnten auch in Tierexperimenten erzielt werden (zum Beispiel Roozendaal et al., 2004). Daraus lässt sich schließen, dass adrenerge Aktivität eine

wesentliche Rolle bei den Effekten von Cortisol auf das Arbeitsgedächtnis zu spielen scheint.

Die oben genannten Studien deuten darauf hin, dass adrenerge Aktivität beziehungsweise emotionale Erregung für Effekte von Cortisol auf unterschiedliche Gedächtnisprozesse notwendig sind. Möglicherweise ist adrenerge Aktivierung auch eine Voraussetzung für den Einfluss von Cortisol auf Abrufinduziertes Vergessen. Bei der vorliegenden Studie wurde ein Cortisolpräparat verabreicht, die Versuchspersonen wurden aber nicht experimentell gestresst. Zudem wurde neutrales, nicht emotional erregendes Stimulusmaterial verwendet.

Durch die Verabreichung des Cortisolpräparats kann zwar der Cortisolspiegel erhöht werden. Allerdings bleiben wesentliche Aspekte, die mit psychosozialen Stress einhergehen, bei der pharmakologischen Cortisolgabe aus. Stress bedingt zum Beispiel neben der Ausschüttung von Cortisol auch die Freisetzung von Adrenalin und die Aktivierung des sympathischen Nervensystems. Wenn adrenerge Aktivität tatsächlich eine Voraussetzung für die Effekte von Cortisol auf Abrufinduziertes Vergessen darstellt, lässt sich leicht nachvollziehen, weshalb in der vorliegenden Arbeit die Verabreichung eines Cortisolpräparats allein keinen Einfluss auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen hatte.

Diese Vermutung wird durch ein in der Cortisolgruppe erzieltetes Ergebnis unterstützt. Die Versuchspersonen in der Cortisolgruppe zeigen signifikant Abrufinduziertes Vergessen. Wenn man die Cortisolgruppe aber mittels Median Split in Versuchspersonen, die auf der Zustandsskala des STAI (Laux et al., 1981) zum Zeitpunkt T2 hohe beziehungsweise niedrige Werte aufweisen, unterteilt und Abrufinduziertes Vergessen untersucht, zeigt sich eine signifikante Interaktion. Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe, die niedrige Werte auf dem STAI (State) zum Zeitpunkt T2 aufweisen, zeigen Abrufinduziertes Vergessen. Im Gegensatz dazu ist Abrufinduziertes Vergessen bei Personen aus der Cortisolgruppe mit hohen STAI (State) Werten zum Zeitpunkt T2 deutlich reduziert. Eventuell gehen die hohen Angstwerte auf der Zustandsskala in dieser Subgruppe mit emotionaler Erregung oder adrenerger Aktivität einher. Nach Bucky, Spielberger und Bale

(1972) handelt es sich bei der mittels der State Skala des STAI erfassten Zustandsangst um eine emotionale Verfassung, die durch Anspannung und eine erhöhte Aktivität des sympathischen Nervensystems gekennzeichnet ist.

Eine Interaktion zwischen Cortisol und adrenerger Aktivität hat dann möglicherweise zu dem in dieser Teilgruppe beobachteten Effekt auf Abruf-induziertes Vergessen geführt.

Die Annahme, dass die Effekte auf Abrufinduziertes Vergessen durch eine Interaktion zwischen adrenerger Aktivität und Cortisol vermittelt werden, erklärt auch, weshalb in der Placebogruppe keine signifikante Interaktion zwischen den Werten auf der State-Skala des STAI (Laux et al., 1981) und Abrufinduziertem Vergessen nachgewiesen werden konnte.

Eine andere mögliche Erklärung dafür, dass Kibler und Köbner (in Vorb.) nach psychosozialen Stress kein Abrufinduziertes Vergessen nachweisen konnten, die Verabreichung eines Cortisolpräparats aber keinen Einfluss auf das Auftreten dieses Gedächtnisphänomens auszuüben scheint, könnte in der Stimmung der Versuchspersonen begründet sein. Bäuml und Kuhbandner (2007) untersuchten, ob affektive Zustände während der Abrufübung das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen modulieren können.

Um die entsprechende Stimmung zu induzieren, präsentierten Bäuml und Kuhbandner ihren Versuchsteilnehmern direkt vor der Abrufübung jeweils fünf Bilder aus dem IAPS-System (Lang et al., 1999) und forderten sie auf, ihre Stimmung durch die Bilder beeinflussen zu lassen. Die Bilder hatten entweder positive, negative oder neutrale Valenz. Jedes Bild wurde sechs Sekunden lang gezeigt. Auf diese Art und Weise konnten Bäuml und Kuhbandner demonstrieren, dass Abrufinduziertes Vergessen bei einem negativen emotionalen Zustand während der Abrufphase nicht auftritt.

Auch bei der Stressstudie von Kibler und Köbner (in Vorb.) wurde die Stimmung der Versuchspersonen moduliert. Versuchspersonen, die durch den TSST experimentell gestresst wurden, wiesen direkt vor der Abrufübung eine signifikant

schlechtere Stimmung¹⁰ auf, als Versuchspersonen aus der Kontrollgruppe, die nicht gestresst wurden. Im Gegensatz dazu lassen sich in der vorliegenden Studie keine negativen Effekte von Cortisol auf die Stimmung feststellen.

Möglicherweise hat in der TSST-Studie (Kißler & Kößler, in Vorb.) nicht das Cortisol oder eine Interaktion von Cortisol und adrenerger Aktivität zu reduziertem Abrufinduziertem Vergessen in der Experimentalgruppe geführt, sondern die negative Stimmung der gestressten Versuchspersonen war der Grund für das Ausbleiben von Abrufinduziertem Vergessen. Das würde erklären, warum in der aktuellen Studie das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen durch die Verabreichung eines Cortisolpräparats nicht reduziert wird.

Ein weiterer Punkt, der die inkonsistenten Ergebnisse der Studie von Kißler und Kößler (in Vorb.) und der vorliegenden Studie erklären könnte, ist folgender: Bei Kißler und Kößler wurden die Versuchspersonen mit Hilfe des TSST experimentell gestresst. Stress führt zur Aktivierung der HPA-Achse und schließlich zur Ausschüttung von Cortisol. Bei der aktuellen Studie wurden die Probanden nicht gestresst, die HPA-Achse wurde nicht aktiviert und die Prozesse, die natürlicherweise der Ausschüttung von Cortisol vorausgehen, wurden umgangen. Möglicherweise haben die Unterschiede zwischen der endogenen Cortisolausschüttung und der pharmakologischen Verabreichung eines Cortisolpräparats die unterschiedlichen Ergebnisse der beiden Studien bedingt.

Stress führt zur Ausschüttung des Corticotropin Releasing Hormons (CRH) aus dem Hypothalamus. CRH triggert wiederum die Freisetzung von ACTH (Adrenocorticotropes Hormon) aus der Hypophyse. ACTH induziert die Cortisolausschüttung aus der Nebennierenrinde.

Erhöhte Cortisolwerte bewirken ihrerseits via negativer Feedbackmechanismen die Hemmung der Freisetzung von CRH und ACTH. Dadurch wird die körpereigene Cortisolausschüttung wieder reduziert.

Negative Feedbackmechanismen können nicht nur durch erhöhte endogene Cortisolwerte induziert werden, auch ein erhöhter Cortisolspiegel infolge der

¹⁰ Die Stimmung wurde anhand von Befindlichkeitsskalen, wie zum Beispiel der Basler Befindlichkeitsskala (BBS, Hobi, 1985) erfasst.

pharmakologischen Verabreichung eines Cortisolpräparats kann zur Hemmung der CRH- und ACTH-Ausschüttung führen (siehe zum Beispiel Cooney & Dinan, 1996).

Möglicherweise ist das bei der TSST-Studie beobachtete Ausbleiben von Abrufinduziertem Vergessen bei gestressten Probanden nicht auf die Wirkung von Cortisol, sondern auf die Wirkung von CRH oder ACTH, die ja der körpereigenen Cortisolausschüttung vorausgehen, zurückzuführen.

Wenn ACTH oder CRH und nicht Cortisol für die Eliminierung von Abrufinduziertem Vergessen verantwortlich waren, ist es verständlich, weshalb die Verabreichung eines Cortisolpräparats nicht zu denselben Resultaten geführt hat. Durch das Cortisolpräparat wurde die HPA-Achse nicht aktiviert, CRH und ACTH wurden nicht ausgeschüttet. Gleichwohl können die aufgrund des Cortisolpräparats erhöhten Cortisolwerte zu negativen Feedbackmechanismen geführt haben und somit sogar eine Hemmung der CRH- und ACTH-Ausschüttung bewirkt haben.

Die Vermutung, dass Unterschiede zwischen der endogenen Cortisolausschüttung und der pharmakologischen Verabreichung von Cortisolpräparaten eine Erklärung für die unterschiedlichen Resultate der TSST-Studie und der vorliegenden Studie darstellen, wird durch ein in der Placebogruppe erzieltetes Ergebnis gestützt.

Wenn die Versuchspersonen aus der Placebogruppe mittels Median Split in Subgruppen mit hohen und niedrigen endogenen Cortisolwerten zum Zeitpunkt C3 unterteilt werden und das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen analysiert wird, erhält man eine signifikante Interaktion zwischen Abrufinduziertem Vergessen und der Subgruppenzugehörigkeit. Versuchspersonen aus der Placebogruppe, die niedrige endogene Cortisolwerte aufweisen, zeigen Abrufinduziertes Vergessen, während bei Personen mit hohen endogenen Cortisolwerten kein Abrufinduziertes Vergessen zu finden ist. In der Cortisolgruppe ist dagegen keine derartige Interaktion nachweisbar.

Bei dieser Beobachtung handelt es sich um eine Replikation der in der TSST-Studie von Kibler und Köbler (in Vorb.) erzielten Ergebnisse. Sowohl in der vorliegenden Arbeit, als auch bei der Studie von Kibler und Köbler konnte gezeigt

werden, dass Abrufinduziertes Vergessen bei hohen endogen bedingten Cortisolwerten nicht vorhanden ist. Allerdings wird das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen nicht durch die Gabe von Cortisolpräparaten moduliert.

Interessant ist, dass bei beiden Studien der stärkste Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen und Cortisolwerten erzielt wird, wenn zur Berechnung der Cortisolwerte Speichelproben herangezogen werden, die nach dem Final Recall entnommen wurden.

Das Inhibitionsmodell von Abrufinduziertem Vergessen geht davon aus, dass der Abruf der Rp^+ -Begriffe und die Hemmung der interferierenden Rp^- -Begriffe zu dem Phänomen des Abrufinduzierten Vergessens führt. Das heißt, die Abrufphase ist die relevante Phase für das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen. Faktoren, die dieses Gedächtnisphänomen modulieren, sollten also während der Abrufübung wirksam sein.

Die Beobachtung, dass die nach dem Final Recall gemessenen Cortisolwerte und nicht die vor der Abrufübung gemessenen Werte am stärksten mit dem Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen korrelieren, könnte durch folgende Überlegungen erklärt werden.

Wenn nicht Cortisol, sondern Prozesse, die der Cortisolausschüttung vorausgehen¹¹, einen Effekt auf das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen haben, könnten diese Prozesse ihren Einfluss schon während der Abrufübung ausgeübt haben. Gleichwohl ist es möglich, dass das Cortisol, das infolge dieser Prozesse ausgeschüttet wurde, erst nach dem Final Recall gemessen werden konnte.

Eine andere Erklärung für den oben genannten Zusammenhang könnte in den Besonderheiten der Speichelcortisolmessung begründet sein.

Cortisol kann im Speichel nur verzögert gemessen werden. Beispielsweise konnten Kirschbaum und Kollegen (1993) zeigen, dass die maximalen Serumcortisolkonzentrationen direkt nach Beendigung des TSST erreicht werden, während die höchsten Speichelcortisolwerte erst zehn Minuten nach dem Ende des

¹¹ Gemeint sind CRH oder ACTH

TSST gemessen werden. Auch Kudielka, Hellhammer und Kirschbaum (2007) berichten, dass die maximalen Speichelcortisolwerte 10-20 Minuten nach dem TSST erzielt werden.

Diese Verzögerung bei Speichelcortisolmessungen könnte begründen, weshalb der stärkste Zusammenhang zwischen Abrufinduziertem Vergessen und Cortisol bei Speichelcortisolmessungen nach dem Final Recall und nicht bei Messungen vor der Abrufübung gefunden wird.

Neben den bereits diskutierten Hypothesen und Befunden, die Abrufinduziertes Vergessen und einen möglichen Zusammenhang zwischen diesem Gedächtnisphänomen und der endogenen Cortisolausschüttung betreffen, wurden auch Hypothesen in Bezug auf die gemessenen Cortisolwerte aufgestellt. Diese Hypothesen konnten bestätigt werden.

Die erste Hypothese besagt, dass sich die Cortisolwerte, die zu den drei Zeitpunkten gemessen wurden, in der Placebogruppe nicht signifikant unterscheiden. Post hoc konnten mit Fisher's LSD Test in der Placebogruppe keine signifikanten Differenzen zwischen den Messwerten zu den drei Zeitpunkten festgestellt werden.

Im Gegensatz dazu zeigten sich in der Cortisolgruppe beim Fisher's LSD post hoc sowohl signifikante Differenzen zwischen der Cortisolmessung zum Zeitpunkt C1 und der Messung zum Zeitpunkt C2, als auch zwischen der Cortisolmessung zum Zeitpunkt C1 und der Messung zum Zeitpunkt C3. In der Cortisolgruppe konnte also nach der Verabreichung des Cortisolpräparats ein signifikant erhöhter Cortisolspiegel nachgewiesen werden. Auch die zweite Hypothese in Bezug auf die Cortisolwerte wurde dadurch bestätigt. Der Anstieg der Cortisolwerte infolge des Cortisolpräparats war erwartungsgemäß. Auch in zahlreichen anderen Studien (zum Beispiel de Quervain et al., 2000; Domes, Rothfischer, Reichwald & Hautzinger, 2005), bei denen Cortisolpräparate verabreicht wurden, konnte eine signifikante Zunahme der Cortisolwerte festgestellt werden.

Zudem zeigte eine ANOVA mit Messwiederholung und den Faktoren Zeitpunkt der Cortisolmessung und Gruppenzugehörigkeit einen signifikanten Haupteffekt

für den Faktor Zeitpunkt und eine signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Zeitpunkt der Cortisolmessung und Gruppenzugehörigkeit.

Das heißt, auch ohne Berücksichtigung der Gruppenzugehörigkeit zeigt sich ein signifikanter Anstieg der Cortisolwerte. Da sich die Cortisolwerte zu den einzelnen Zeitpunkten nur in der Cortisolgruppe, aber nicht in der Placebogruppe signifikant unterscheiden, sind vor allem die Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe für diesen Anstieg verantwortlich.

Dafür spricht auch die signifikante Interaktion zwischen den Faktoren Zeitpunkt der Cortisolmessung und Gruppenzugehörigkeit.

Dennoch weisen auch einige Probanden aus der Placebogruppe relativ hohe Cortisolwerte bei den einzelnen Cortisolmessungen auf (siehe Anhang H). Möglicherweise hat der Aufbau des vorliegenden Experiments zu den hohen Cortisolwerten in der Placebogruppe beigetragen. Die Probanden werden vor Beginn des Experiments darüber aufgeklärt, dass ihnen vielleicht ein Cortisolpräparat verabreicht wird. Zudem werden sie über die Nebenwirkungen des Präparates informiert, die zwar sehr selten sind, aber dennoch vorkommen können. Die Versuchspersonen wissen nicht, welches Präparat sie bekommen und die Versuchssituation ist für sie in gewissem Maße unkontrollierbar. Außerdem werden die Probanden im Lauf des Experiments zweimal einem Gedächtnistest unterzogen, bei dem sie bewertet werden. Eine derartige Situation kann zur Ausschüttung von Cortisol führen. Dafür spricht auch eine Metaanalyse von Dickerson und Kemeny (2004). Die Forscher zeigen, dass Aufgaben, die unkontrollierbare und sozial evaluative Elemente aufweisen, zu stärkeren Veränderungen von Cortisol und ACTH führen, als Stressoren, die diese Elemente nicht beinhalteten.

Außerdem könnte die Zwischenaufgabe zu stressig gewesen sein und deshalb bei manchen Versuchspersonen zur Ausschüttung von Cortisol geführt haben. Versuchspersonen aus der Placebogruppe, die erhöhte endogene Cortisolwerte zum Zeitpunkt C3 aufweisen, zeigen kein Abrufinduziertes Vergessen. Durch dieses Ergebnis konnte auch die dritte Hypothese in Bezug auf Cortisol bestätigt werden. Zudem konnten bei einem post hoc durchgeführten Fisher's LSD Test keine signifikanten Unterschiede bei den Baselinecortisolwerten (Cortisolwerte zum

Zeitpunkt C1) zwischen der Cortisol- und der Placebogruppe gefunden werden. Ergo können signifikante präexperimentelle Cortisolunterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen, die eventuell die Resultate hätten beeinflussen können, ausgeschlossen werden.

6.1 Methodenkritik und Ausblick

Bei der vorliegenden Arbeit wurden die Daten von 40 männlichen Versuchspersonen ausgewertet, die fast alle aus derselben Altersgruppe stammen und einen ähnlichen Bildungshintergrund haben. Die Aussagen, die anhand der Resultate der Studie gemacht werden können, beziehen sich also vor allem auf männliche Studierende im Alter zwischen 20 und 30 Jahren.

Um eine größere Repräsentativität zu erreichen, wäre es sinnvoll, bei einer Folgestudie Probanden aus unterschiedlichen Altersgruppen und mit unterschiedlichem Bildungsniveau einzubeziehen. Um die Aussagen auch auf Frauen generalisieren zu können, ist es unerlässlich, bei einer weiteren Studie auch weibliche Versuchspersonen zu berücksichtigen.

Da in zahlreichen Arbeiten gezeigt werden konnte, dass die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis bei Männern und Frauen unterschiedlich sein können (siehe zum Beispiel Wolf et al., 2001), wäre es interessant zu untersuchen, ob die in der vorliegenden Studie erzielten Resultate auch bei einer weiblichen Stichprobe repliziert werden können. Allerdings sollten bei Cortisolstudien mit weiblichen Versuchspersonen die momentane Zyklusphase und der Gebrauch von Kontrazeptiva kontrolliert werden. Diese beiden Faktoren können die Effekte von Cortisol auf das Gedächtnis stark beeinflussen (siehe zum Beispiel Kuhlmann & Wolf, 2005).

Ein Problem, mit dem alle Studien, die die Gabe von Cortisolpräparaten vorsehen, konfrontiert sind, besteht in interindividuellen Unterschieden in dem Ausmaß, in dem Menschen auf pharmakologisch verabreichte Glucocorticoide ansprechen (siehe zum Beispiel Het, 2005).

Solche interindividuellen Differenzen könnten unter anderem durch genetische Faktoren (zum Beispiel Wüst et al., 2004) oder durch Unterschiede bei der lebenslangen Exposition an Cortisol (Lupien et al., 2002) bedingt sein. Zudem scheint die Art und Menge der vor dem Experiment aufgenommenen Nahrung einen Einfluss auf das Ausmaß des Cortisolanstiegs infolge der oralen Einnahme eines Cortisolpräparats zu haben.

Bei zukünftigen Studien wäre es deshalb sinnvoll, sicherzustellen, dass alle Probanden vor dem Experiment dasselbe Essen zur selben Zeit eingenommen haben. Durch standardisiertes Essen können Variationen aufgrund unterschiedlicher Nahrung ausgeschlossen werden.

Zudem sollte bei einer Folgestudie auch der Schlaf-Wach-Rhythmus der Versuchspersonen besser standardisiert werden. Bei dem vorliegenden Experiment waren die einzigen diesbezüglichen Ausschlusskriterien Schichtarbeit und weniger als 6,5 Stunden Schlaf in der Nacht vor dem Experiment. Da die körpereigene Cortisolausschüttung einem zirkadianen Rhythmus folgt, sollte zudem kontrolliert werden, wann die Versuchspersonen aufgestanden sind. Interindividuelle Unterschiede des Schlaf-/Wach-Rhythmus können zu Variationen bei endogenen Cortisolwerten beitragen.

Ein weiterer Aspekt, der bei einer Folgestudie berücksichtigt werden könnte, betrifft den Versuchsaufbau. Bei der vorliegenden Studie wurde das Cortisolpräparat direkt nach der Lernpräsentation verabreicht. Dadurch besteht die Möglichkeit, dass Cortisol einen Effekt auf die Konsolidierung des präsentierten Materials hatte. Der Inhibitionsansatz von Abrufinduziertem Vergessen geht aber davon aus, dass die Abrufübung die für das Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen relevante Phase ist. Durch den Abruf der Rp^+ -Begriffe, werden interferierende Rp^- -Begriffe gehemmt. Diese Inhibition hält bis zum Final Recall an und bedingt das bei Abrufinduziertem Vergessen typische Vergessensmuster. Faktoren, die Abrufinduziertes Vergessen beeinflussen, sollten also einen Effekt auf die Abrufphase und nicht auf die Lernphase oder den Final Recall haben.

Die bei der vorliegenden Studie gemachte Beobachtung, dass Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe bei der Abrufübung tendenziell mehr Begriffe korrekt

erinnern, als Versuchspersonen aus der Placebogruppe¹², spricht dafür, dass Cortisol tatsächlich einen Einfluss auf die Konsolidierung des gelernten Materials ausgeübt hat.

Um einen Einfluss des Cortisolpräparats auf die Konsolidierung der in der Lernphase präsentierten Begriffe auszuschließen, wäre es möglich, zwischen der Lernphase und der Verabreichung des Cortisolpräparats eine Unterbrechung von 24 Stunden einzulegen. Allerdings birgt ein derartiger Versuchsaufbau andere Probleme. Nach MacLeod und Macrae (2001) bleibt Abrufinduziertes Vergessen trotz einer Pause von 24 Stunden zwischen der Lernpräsentation und der Abrufübung erhalten, die typischen Vergessenseffekte sind aber geringer ausgeprägt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen die Vermutung zu, dass nicht Cortisol allein, sondern eine Interaktion zwischen Cortisol und adrenerger Aktivität/Sympathikusaktivität zu reduziertem Abrufinduziertem Vergessen führt. Um diese Hypothese zu testen, könnte man eine Studie durchführen, bei der neben der Verabreichung eines Cortisolpräparats die Aktivierung des sympathischen Nervensystems vorgesehen ist. Um den Sympathikus zu aktivieren, kann man die sportliche Betätigung der Versuchspersonen einbeziehen. Mit diesem Versuchsdesign könnte man untersuchen, ob die Interaktion von oral verabreichtem Cortisol und sympathischer Aktivität zu einer Reduktion des Abrufinduzierten Vergessens führt, wie sie auch nach dem TSST zu beobachten ist.

Allerdings könnte die sportliche Leistung auch zu einer erhöhten endogenen Cortisolausschüttung beitragen (siehe zum Beispiel Vega et al., 2006).

Wie bereits besprochen, könnte die Wirkung von CRH oder ACTH eine weitere Erklärung dafür darstellen, dass Abrufinduziertes Vergessen zwar bei psychosozialen Stress, aber nicht nach der Verabreichung eines Cortisolpräparats reduziert wird. Möglicherweise haben CRH oder ACTH, deren Freisetzung der Ausschüttung von Cortisol vorausgeht, und nicht Cortisol zu der bei psycho-

¹² Dieser Effekt verfehlte die statistische Signifikanz nur knapp ($p=.053$)

sozialem Stress beobachteten Eliminierung von Abrufinduziertem Vergessen geführt.

Um die Rolle von CRH und ACTH beim Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen zu überprüfen, wäre eine Studie denkbar, bei der die Versuchspersonen ein ACTH- oder Placebopräparat beziehungsweise ein CRH- oder Placebopräparat bekommen und Abrufinduziertes Vergessen mit Hilfe des Abrufübungsparadigmas von Anderson und Mitarbeiter (1994) untersucht wird. In einigen Studien (zum Beispiel Posener, Schildkraut, Williams & Schatzberg, 1998) konnte bereits gezeigt werden, dass die Verabreichung von CRH- und ACTH-Präparaten beim Menschen im Laborkontext möglich ist.

Um die Rolle des präfrontalen Kortex bei den Resultaten der vorliegenden Arbeit genauer zu erforschen, könnte man dasselbe Experiment bei gleichzeitiger Verwendung bildgebender Verfahren nochmals durchführen. Mit Hilfe der funktionalen Magnetresonanz Tomographie (fMRI) könnte man zum Beispiel untersuchen, ob die in der Cortisolgruppe beobachteten Unterschiede beim Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen zwischen Personen mit hohen beziehungsweise niedrigen Werten auf der State-Skala des STAI (Laux et al., 1981) zum Zeitpunkt T2 mit Aktivitätsunterschieden im präfrontalen Kortex einhergehen. Der präfrontale Kortex ist eine für Inhibition sehr bedeutsame Hirnstruktur. Ausgehend vom Inhibitionsmodell wird Abrufinduziertes Vergessen durch die Inhibition von Rp^- Begriffen hervorgerufen. Das lässt vermuten, dass bei reduziertem Abrufinduziertem Vergessen auch eine veränderte präfrontale Aktivität gefunden wird (siehe auch Levy & Anderson, 2002; Johansson, Aslan, Bäuml, Gäbel & Mecklinger, 2006).

Zudem könnte mit Hilfe des fMRI untersucht werden, ob sich die präfrontale Aktivität zwischen Versuchspersonen aus der Placebogruppe mit hohen respektive niedrigen endogenen Cortisolwerten zum Zeitpunkt C3 während des Experiments unterscheidet.

Bei der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass die Verabreichung eines Cortisolpräparats allein keinen Effekt auf das Auftreten von Abrufinduziertem

Vergessen hat. Gleichwohl könnten eventuell eine Interaktion von Cortisol und adrenerger Aktivität oder CRH oder ACTH Abrufinduziertes Vergessen modulieren.

Angesichts der Tatsache, dass verschiedene psychische Störungen und körperliche Krankheiten mit erhöhten Cortisolwerten einhergehen, zum Beispiel die Depression, die posttraumatische Belastungsstörung oder das Cushing Syndrom, ist die Erforschung des Einflusses von Cortisol auf Gedächtnisprozesse und kognitive Funktionen sehr sinnvoll und bedeutsam.

Vor allem für das bessere Verständnis der posttraumatischen Belastungsstörung, die neben einem erhöhten Cortisolspiegel durch immer wiederkehrende Intrusionen des traumatischen Ereignisses gekennzeichnet ist, ist weitere Forschung zum Einfluss von Stress und Cortisol auf verschiedene Gedächtnisprozesse sehr wichtig.

7. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, zu untersuchen, ob Cortisol das Abrufinduzierte Vergessen reduziert. Dazu wurde das Abrufübungsparadigma von Anderson, Bjork und Bjork (1994) herangezogen. Die verwendeten Begriffe wurden aus den Kategorienproduktionsnormen von Mannheim (1983) entnommen. Um den Einfluss von Cortisol auf Abrufinduziertes Vergessen zu erforschen, bekam die Hälfte der Versuchspersonen direkt nach der Lernpräsentation ein Cortisolpräparat verabreicht, während die andere Hälfte der Versuchsteilnehmer ein Placebopräparat bekam.

Neben der Erinnerungsleistung bei der Abrufübung und dem Final Recall wurde dreimal im Lauf des Experiments der aktuelle Speichelcortisolspiegel der Versuchspersonen erhoben. Zudem wurden vor der Lernpräsentation und nach der Abrufübung Befindlichkeitsfragebögen vorgelegt.

Die Versuchspersonen zeigten ungeachtet der Gruppenzugehörigkeit (Cortisol- oder Placebogruppe) signifikantes Abrufinduziertes Vergessen. Allerdings konnte keine Interaktion zwischen dem Auftreten von Abrufinduziertem Vergessen und der Gruppenzugehörigkeit gefunden werden. Die Probanden aus der Cortisolgruppe zeigten kein reduziertes Abrufinduziertes Vergessen. Die Berücksichtigung von Befindlichkeitsdaten erbrachte jedoch, dass bei Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe, die nach der Abrufübung erhöhte Werte auf der Zustandsskala des STAI (Laux et al., 1981) aufwiesen, reduziertes Abrufinduziertes Vergessen demonstriert werden konnte.

Zudem konnte bei Versuchspersonen aus der Placebogruppe, die bei der letzten Cortisolmessung erhöhte endogene Cortisolwerte hatten, kein Abrufinduziertes Vergessen festgestellt werden.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit zeigen, dass die pharmakologische Verabreichung eines Cortisolpräparats nicht denselben Einfluss auf Abrufinduziertes Vergessen ausübt, wie psychosozialer Stress.

8. Literatur

- Abercrombie, H. C., Kalin, N. H. & Davidson, R. J. (2005). Acute cortisol elevations cause heightened arousal ratings of objectively nonarousing Stimuli. *Emotion, 5*, 354-359.
- Abercrombie, H. C., Kalin, N. H., Thurow, M. E., Rosenkranz, M. A. & Davidson, R. J. (2003). Cortisol variation in humans affects memory for emotionally laden and neutral information. *Behavioral Neuroscience, 117*, 505-516.
- Abercrombie, H. C., Speck, N. S. & Monticelli, R. M. (2006). Endogenous cortisol elevations are related to memory facilitation only in individuals who are emotionally aroused. *Psychoneuroendocrinology, 31*, 187-196.
- Adreano, J. M. & Cahill, L. (2006). Glucocorticoid release and memory consolidation in men and women. *Psychological Science, 17*, 466-470.
- Anderson, M. C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanism of forgetting. *Journal of Memory and Language, 49*, 415-445.
- Anderson, M. C., Bjork, R. A. & Bjork, E. L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 20*, 1063-1087.
- Anderson, M. C., Bjork, E. L. & Bjork, R. A. (2000). Retrieval-induced forgetting: Evidence for a recall-specific mechanism. *Psychonomic Bulletin & Review, 7*, 522-530.
- Anderson, M. C., Green, C. & McCulloch, K. C. (2000). Similarity and inhibition in long-term memory: Evidence for a two factor theory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition, 26*, 1141-1159.
- Anderson, M. C. & McCulloch, K. C. (1999). Integration as a general boundary condition on retrieval-induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition, 25*, 608-629.
- Anderson, M. C. & Neely, J. H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. In E. L. Bjork & R. A. Bjork (Hrsg.), *Handbook of perception and memory, Vol 10: Memory*, (S. 237-313). San Diego: Academic Press.
- Anderson, M. C. & Spellman, B. A. (1995). On the status of inhibitory mechanisms in cognition: Retrieval as a model case. *Psychological Review, 102*, 68-100.
- Aslan, A., Bäuml, K.-H. & Pastötter, B. (2007). No inhibitory deficit in older adult's episodic memory. *Psychological Science, 18*, 72-78.
- Baddeley, A. (1996). The fractionation of working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 93*, 13468-13472.

- Bajo, M. T., Gómez-Ariza, C. J., Fernandez, A. & Marful, A. (2006). Retrieval-induced forgetting in perceptually driven memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 32, 1185-1194.
- Barnier, A. J., Hung, L. & Conway, M. A. (2004). Retrieval-induced forgetting of emotional and unemotional autobiographical memories. *Cognition and Emotion*, 18, 457-477.
- Basden, D. R. & Basden, B. H. (1995). Some tests of the strategy disruption interpretation of part-list cuing inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 21, 1656-1669.
- Basden, D. R., Basden, B. H. & Galloway, B. C. (1977). Inhibition with part-list cuing: Some tests of the item strength hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 100-108.
- Bäuml, K.-H. (1998). Strong items get suppressed, weak items do not: The role of item strength in output interference. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5, 459-463.
- Bäuml, K.-H. & Hartinger, A. (2002). The role of item similarity in retrieval-induced forgetting. *Memory*, 10, 215-224.
- Bäuml, K.-H. & Kuhbandner, C. (2003). Retrieval-induced forgetting and part-list cuing in associatively structured lists. *Memory & Cognition*, 31, 1188-1197.
- Bäuml, K.-H. & Kuhbandner, C. (2007). Remembering can cause forgetting - but not in negative moods. *Psychological Science*, 18, 111-115.
- Bäuml, K.-H., Zellner, M. & Vilimek, R. (2005). When remembering causes forgetting: Retrieval-induced forgetting as recovery failure. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 31, 1221-1234.
- Beckner, V. E., Tucker, D. M., Delville, Y. & Mohr, D. C. (2006). Stress facilitates consolidation of verbal memory for a film but does not affect retrieval. *Behavioral Neuroscience*, 120, 518-527.
- Blaxton, T. A. & Neely, J. H. (1983). Inhibition from semantically related primes: Evidence of a category-specific retrieval inhibition. *Memory & Cognition*, 11, 500-510.
- Bradley, M.M. & Lang, P.J. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy & Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1999). *Affective norms for English words (ANEW): Instruction manual and affective ratings* (Tech. Rep. No. C-1). Gainesville, FL: University of Florida, The Center for Research in Psychophysiology.

- Bremner, J. D., Randall, P., Scott, T. M. & Bronen, R. A. (1995). MRI-based measurement of hippocampal volume in patients with combat-related posttraumatic stress disorder. *American Journal of Psychiatry*, *152*, 973-981.
- Breuner, C. W. & Orchinik, M. (2002). Beyond Carrier Proteins. Plasma binding proteins as mediators of corticosteroid action in vertebrates. *Journal of Endocrinology*, *175*, 99-112.
- Broadbent, D. E., Cooper, D. E., Fitzgerald, P. & Parkes, K. R. (1982). The Cognitive Failures Questionnaire (CFQ) and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology*, *21*, 1-16.
- Buchanan, T. W. & Lovallo, W. R. (2001). Enhanced memory for emotional material following stress-level cortisol treatment in humans. *Psychoneuroendocrinology*, *26*, 307-317.
- Buchanan, T. W., Tranel, D. & Adolphs, R. (2006). Impaired memory retrieval correlates with individual differences in cortisol response but not autonomic response. *Learning & Memory*, *13*, 382-387.
- Bucky, S. F., Spielberger, C. D. & Bale, R. M. (1972). Effects of instructions on measures of state and trait anxiety in flight students. *Journal of Applied Psychology*, *56*, 275-276.
- Butler, K. M., Williams, C. C., Zacks, R. T. & Maki, R. H. (2001). A limit on retrieval induced forgetting. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *27*, 1314-1319.
- Cahill, L., Gorski, L. & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, *10*, 270-274.
- Camp, G., Pecher, D. & Schmidt, H. G. (2007). No retrieval-induced forgetting using item-specific independent cues: Evidence against a general inhibitory account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *33*, 950-958.
- Chu, F. W. & Ekins, R. P. (1988). Detection of corticosteroid binding globulin in parotid fluids: evidence for the presence of both protein-bound and nonprotein-bound (free) steroids in uncontaminated saliva. *Acta Endocrinol (Copenh)*, *119*, 56-60.
- Ciranni, M. A. & Shimamura, A. P. (1999). Retrieval-induced forgetting in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *25*, 1403-1414.
- Codispoti, M., Gerra, G., Montebanocci, O., Zaimovic, A., Raggi, M. A. & Baldaro, B. (2003). Emotional perception and neuroendocrine changes. *Psychophysiology*, *40*, 863-868.

- Cooney, J. M. & Dinan, T. G. (1996). Preservation of hypothalamic-pituitary-adrenal - axis fast-feedback responses in depression. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *94*, 449-453.
- De Quervain, D. J., Roozendaal, B. & McGaugh, J. L. (1998). Stress and glucocorticoids impair retrieval of long-term spatial memory. *Nature*, *394*, 787-790.
- De Quervain, D. J., Roozendaal, B., Nitsch, R. M., McGaugh, J. L. & Hock, C. (2000). Acute cortisone administration impairs retrieval of long-term declarative memory in humans. *Nature Neuroscience*, *3*, 313-314.
- Dickerson, S. S. & Kemeny, M. E. (2004). Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin*, *130*, 355-391.
- Dodd, M. D., Castel, A. D. & Roberts, K. E. (2006). A strategy disruption component to retrieval-induced forgetting. *Memory & Cognition*, *34*, 102-111.
- Domes, G., Heinrichs, M., Rimmele, U., Reichwald, U. & Hautzinger, M. (2004). Acute stress impairs recognition for positive words – Association with stress-induced cortisol secretion. *Stress*, *7*, 173-181.
- Domes, G., Rothfischer, J., Reichwald, U. & Hautzinger, M. (2005). Inverted-U function between salivary cortisol and retrieval of verbal memory after hydrocortisone treatment. *Behavioral Neuroscience*, *119*, 512-517.
- Elzinga, B. M. & Roelofs, K. (2005). Cortisol-induced impairments of working memory require acute sympathetic activation. *Behavioral Neuroscience*, *119*, 98-103.
- Fahrenberg, J., Hampel, R. & Selg, H. (1994). *Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI). Revidierte Fassung. Handanweisung. 6. Auflage.* Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Fuxe, K., Andersson, K., Eneroth, P., Harfstrand, A., & Agnati, L. F. (1989). Neuroendocrine actions of nicotine and of exposure to cigarette smoke: medical implications. *Psychoneuroendocrinology* *14*, 19-41.
- Gray, J. (2001). Emotional modulation of cognitive control: Approach withdrawal states double dissociate spatial from verbal two-back task performance. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*, 436-452.
- Groome, D. & Grant, N. (2005). Retrieval-induced forgetting is reversely related to everyday cognitive failures. *British Journal of Psychology*, *96*, 313-319.
- Hautzinger, M., Bailer, M., Worall, H. & Keller, F. (1994). *Beck-Depressions-Inventar (BDI). Bearbeitung der deutschen Ausgabe. Testhandbuch.* Bern, Göttingen, Toronto, Seattle: Huber.

- Het, S., Ramlow, G. & Wolf, O. T. (2005). A meta-analytic review of the effects of acute Cortisol administration on human memory. *Psychoneuroendocrinology*, *30*, 771-784.
- Het, S. & Wolf, O. T. (2007). Mood changes in response to psychosozial stress in healthy young women: Effects of pretreatment with cortisol. *Behavioral Neuroscience*, *121*, 11-20.
- Hicks, J. L. & Starns, J. J. (2004) Retrieval-induced forgetting occurs in tests of item recognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 125-130.
- Hobi, V. (1985). *Basler Befindlichkeits-Skala*. Weinheim: Beltz.
- Hunt, R. & McDaniel, M. (1993). The enigma of organization and distinctiveness. *Journal of Memory and Language*, *32*, 421-445.
- Irwin, W., Davidson, R. J., Lowe, M. J., Mock, B. J., Sorenson, J. H. & Turski, P. A. (1996). Human amygdala activation detected with echo-planar functional magnetic resonance imaging. *Neuroreport*, *7*, 1765-1769.
- Janke, W. & Erdmann, G. (1997). *Stressverarbeitungsfragebogen (SVF120). Kurzbeschreibung und Grundlegende Kennwerte*. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe-Verlag.
- Johansson, M., Aslan, A., Bäuml, K.-H., Gäbel, A. & Mecklinger, A. (2006). When remembering causes forgetting: Electrophysiological correlates of retrieval-induced forgetting. *Cerebral Cortex*, *17*, 1335-1341.
- Jones, M. J. & Gillham, B. (1988). Factors involved in the regulation of adrenocorticotrophic hormone/ B-lipotropichormone. *Physiological Revue*, *68*, 744-818.
- Keller-Wood, M. E., & Dallman, M. F. (1984). Corticosteroid inhibition of ACTH secretion. *Endocrine Reviews*, *5*, 1-24.
- Kirschbaum, C., Gonzalez Bono, E., Rohleder, N., Gessner, C., Pirke, K. M., Salvador, A., & Hellhammer, D. H. (1997). Effects of fasting and glucose load on free cortisol responses to stress and nicotine. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, *82*, 1101-1105.
- Kirschbaum C. & Hellhammer D. H. (1989). Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiology*, *22*, 150-169.
- Kirschbaum C. & Hellhammer D. H. (1994). Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology*, *19*, 313-333.

- Kirschbaum, C., Pirke, K. M. & Hellhammer, D. H. (1993). The 'Trier Social Stress Test'--a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, 28, 76-81.
- Kirschbaum, C., Scherer, G., & Strasburger, C. J. (1994). Pituitary and adrenal hormone responses to pharmacological, physical, and psychological stimulation in habitual smokers and nonsmokers. *Journal of Molecular Medicine*, 72, 804-810.
- Kirschbaum, C., Strasburger, C. J., & Langkrär, J. (1993). Attenuated cortisol response to psychological stress but not to CRH or ergometry in young habitual smokers. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior*, 44, 527-531.
- Kirschbaum, C., Wolf, O. T., May, M., Wippich, W. & Hellhammer, D. H. (1996). Stress- and treatment-induced elevations of cortisol levels associated with impaired declarative memory in healthy adults. *Life Sciences*, 58, 1475-1483.
- Kißler, J. & Kößler, S. (in Vorbereitung). [Retrieval induced-forgetting under stress – memory performance and cortisol level]. Unpublished raw data.
- Krampen, G. (1991). *Fragebogen zu Kompetenz- und Kontrollüberzeugungen (FKK). Handanweisung*. Göttingen, Toronto, Zürich: Hogrefe-Verlag.
- Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, W. & Tausch, A. (1996). Untersuchung mit einer deutschen Version des „Positive and Negative Affect Schedule“ (PANAS). *Diagnostica*, 42, 139-156.
- Kudielka, B. M., Hellhammer, D. H. & Kirschbaum, C. (2007). Ten years of research with the Trier Social Stress Test (TSST) – revisited. In E. Harmon-Jones & P. Winkielman (Hrsg.), *Social Neuroscience*. New York: Guilford Press.
- Kudielka, B. M., Schommer, N. C., Hellhammer, D. H. & Kirschbaum, C. (2004). Acute HPA axis responses, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 983-992.
- Kuhlmann, S., Kirschbaum, C. & Wolf, O. T. (2005). Effects of oral cortisol treatment in healthy young women on memory retrieval of negative and neutral words. *Neurobiology of Learning and Memory*, 83, 158-162.
- Kuhlmann, S. & Wolf, O. T. (2005). Cortisol and memory retrieval in women: influence of menstrual cycle and oral contraceptives. *Psychopharmacology*, 183, 65-71.
- Kuhlmann, S. & Wolf, O. T. (2006). Arousal and cortisol interact in modulating memory consolidation in healthy young men. *Behavioral Neuroscience*, 120, 217-223.

- Lang, P. J., Bradley, M. M. & Cuthbert, B. (1999). *International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings*. Gainesville, FL: University of Florida, The Center for Research in Psychophysiology.
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P. & Spielberger, C.D. (1981). *Das State-Trait-Angstinventar*. Weinheim: Beltz.
- LeDoux, J. E. (2003). *Das Netz der Gefühle: Wie Emotionen entstehen*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG.
- Levine, A., Zagoory-Sharon, O., Feldman, R., Lewis, J. G. & Weller, A. (2007). Measuring cortisol in human psychobiological studies. *Physiology & Behavior*, *90*, 43-53.
- Levy, B. J. & Anderson, M. C. (2002). Inhibitory processes and the control of memory retrieval. *Trends in Cognitive Sciences*, *6*, 299-305.
- Lovallo, W. R., Al'Absi, M., Blick, K., Whitsett, T. L., & Wilson, M. F. (1996). Stress-like adrenocorticotropin responses to caffeine in young healthy men. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* *55*, 365-369.
- Lupien, S. J., Gillin, C. J. & Hauger, R. L. (1999). Working memory is more sensitive than declarative memory to the acute effects of corticosteroids: A dose-response study in humans. *Behavioral Neuroscience*, *113*, 420-430.
- Lupien, S. J. & Lepage, M. (2001). Stress, memory, and the hippocampus: can't live with it, can't live without it., *Behavioural Brain Research*, *127*, 137-158.
- Lupien, S. J. & McEwen, B. S. (1997). The acute effects of corticosteroids on cognition: Integration of animal and human model studies. *Brain Research. Brain Research Reviews*, *24*, 1-27.
- Lupien, S. J., Wilkinson, C. W., Briere, S., Ng Ying Kin, N. M., Meaney, M. J. & Nair, N. P. (2002). Acute modulation of aged human memory by pharmacological manipulation of glucocorticoids. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *87*, 3798-3807.
- Lyons, D. M., Lopez, J. M., Yang, C. & Schatzberg, A. F. (2000). Stress-level cortisol treatment impairs inhibitory control of behavior in monkeys. *Journal of Neuroscience*, *20*, 7816-7821.
- MacLeod, M. D. & Macrae, C. N. (2001). Gone but not forgotten: The transient nature of retrieval-induced forgetting. *Psychological Science*, *12*, 148-152.
- Macrae, C. M. & MacLeod, M. D. (1999). On recollections lost: When practice makes imperfect. *Journal of Personality and Social Psychology*, *77*, 463-473.

- Maheu, F. S., Joobler, R., Beaulieu, S. & Lupien, S. J. (2004). Differential effects of adrenergic and corticosteroid hormonal systems on human short- and long-term declarative memory for emotionally arousing material. *Behavioral Neuroscience*, *118*, 420-428.
- Mannhaupt, H.-R. (1983). Produktionsnormen für verbale Reaktionen zu 40 geläufigen Kategorien. *Sprache & Kognition*, *2*, 264-278.
- McGaugh, J. L. & Roozendaal, B. (2002). Role of adrenal stress hormones in forming lasting memories in the brain. *Current Opinion in Neurobiology*, *12*, 205-210.
- Mendel, C. M. (1989). The free hormone hypothesis: a physiologically based mathematical model. *Endocrinological Review*, *10*, 232-274.
- Monk, C. S. & Nelson, C. A. (2002). The effects of hydrocortisone on cognitive and neural function: A behavioral and event-related potential investigation. *Neuropsychopharmacology*, *26*, 505-519.
- Nagl, W. (2005). *Einführung in die Statistik*. Vorlesungsskript, Universität Konstanz.
- Oitzl, M. S. & de Kloet, E. R. (1992). Selective corticosteroid antagonists modulate specific aspects of spatial orientation learning. *Behavioral Neuroscience*, *106*, 62-71.
- Okuda, S., Roozendaal, B., & McGaugh, J. L. (2004). Glucocorticoid effects on object recognition memory require training-associated emotional arousal. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, *101*, 853-858.
- Payne, J. D., Jackson, E., Ryan, L., Hoscheidt, S., Jacobs, W. J. & Nadel, L. (2006). The impact of stress on neutral and emotional aspects of episodic memory. *Memory*, *14*, 1-16.
- Perfect, T. J., Moulin, C. J., Conway, M. A. & Perry, E. (2002). Assessing the inhibitory account of retrieval-induced forgetting with implicit-memory tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *28*, 1111-1119.
- Plihal, W., Krug, R., Pietrowsky, R., Fehm, H. L. & Born, J. (1996). Corticosteroid receptor mediated effects on mood in humans. *Psychoneuroendocrinology*, *6*, 515-523.
- Posener, J. A., Schildkraut, J. J., Williams, G. H. & Schatzberg, A. F. (1998). Late feedback effects of hypothalamic-pituitary-adrenal axis hormones in healthy subjects. *Psychoneuroendocrinology*, *23*, 371-383.
- Reul, J. M. H. M. & de Kloet, E. R. (1985). Two receptor systems for corticosterone in the rat brain: Microdistribution and differential occupation. *Endocrinology*, *117*, 2505-2512.

- Roediger, H. L. III (1974). Inhibiting effects of recall. *Memory & Cognition*, 2, 261-269.
- Roozendaal, B. (2000). Glucocorticoids and the regulation of memory consolidation. *Psychoneuroendocrinology*, 25, 213-138.
- Roozendaal, B. (2002). Stress and memory: Opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, 78, 578-595.
- Roozendaal, B. & McGaugh, J. L. (1996). Amygdaloid nuclei lesions differentially affect glucocorticoid-induced memory enhancement in an inhibitory avoidance task. *Neurobiology of Learning and Memory*, 65, 1-8.
- Roozendaal, B. & McGaugh, J. L. (1997). Glucocorticoid receptor agonist and antagonist administration into the basolateral but not central amygdala modulates memory storage. *Neurobiology of Learning and Memory*, 67, 176-179.
- Roozendaal, B., McReynolds, J. R. & McGaugh, J. L. (2004). The basolateral amygdala interacts with the medial prefrontal cortex in regulating glucocorticoid effects on working memory impairment. *Journal of Neuroscience*, 24, 1385-1392.
- Rundus, D. (1973). Negative effects of using list items as recall cues. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 12, 43-50.
- Sanchez, M. M., Young, L. J., Plotsky, P. M. & Insel, T. R. (2000). Distribution of corticosteroid receptors in the rhesus brain: relative absence of glucocorticoid receptors in the hippocampal formation. *Journal of Neuroscience*, 20, 4657-4668.
- Saunders, J. & MacLeod, M. D. (2002). New evidence on the role of retrieval-induced forgetting in misinformation effects. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 127-142.
- Schachter, S., & Singer, J. E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69, 379-399.
- Schmidt, L. A., Fox, N. A., Goldberg, M. C., Smith, C. C., & Schulkin, J. (1999). Effects of acute prednisone administration on memory, attention and emotion in healthy human adults. *Psychoneuroendocrinology*, 24, 461-483.
- Schneewind, K. A. & Graf, J. (1998), (Deutsche Ausgabe des 16 PF Fifth Edition). Bern, Göttingen: Huber.
- Shaw, J. S. III, Bjork, R. A. & Handal, A. (1995). Retrieval-induced forgetting in an eyewitness-memory paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2, 249-253.

- Slamecka, N. J. (1968). An examination of trace storage in multitrial free recall. *Journal of Experimental Psychology*, *81*, 557-560.
- Smith, A. P. R., Henson, R. N. A., Dolan, R. J. & Rugg, M. D. (2004). fMRI correlates of the episodic retrieval of emotional contexts. *NeuroImage*, *22*, 868-878.
- Smith, R. E. & Hunt, R. R. (2000). The influence of distinctive processing on retrieval-induced forgetting. *Memory & Cognition*, *28*, 503-508.
- Soravia, L. M., Heinrichs, M., Aerni, A., Maroni, C., Schelling, G., Ehlert, U. et al. (2006). Glucocorticoids reduce phobic fear in humans. *PNAS*, *103*, 5585-5590.
- Spitzer, B. & Bäuml, K.-H. (2007). Retrieval-induced forgetting in item recognition: Evidence for a reduction in general memory strength. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, *33*, 863-875.
- Steyer, R., Schwankmetzger, P., Notz, P. & Eid, M. (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*. Göttingen: Hogrefe.
- Storm, B. C., Bjork, E. L., Bjork, R. A. & Nestojko, J. F. (2006). Is retrieval success a necessary condition for retrieval-induced forgetting? *Psychonomic Bulletin & Review*, *13*, 1023-1027.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, *18*, 643-662.
- Tait, J. F. & Burstein, S. (1964). In vivo studies of steroid dynamics in man. In: Pincus, G., Thimann, K. V. & Astwood, E. B. (Eds.), *The hormones*, Vol. 5. (S. 441-557). New York: Academic Press.
- Vega, S. R., Strüder, H. K., Wahrmann, B. V., Schmidt, A., Bloch, W. & Hollmann, W. (2006). Acute BDNF and cortisol response to low intensity exercise following ramp incremental exercise to exhaustion in humans. *Brain Research*, *1121*, 59-65.
- Veling, H. & van Knippenberg, A. (2004). Remembering can cause inhibition: Retrieval-induced inhibition as cue-independent process. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, *30*, 315-318.
- Watson, D., Clark, L. A. & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: the PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*, 1063-1070.
- William James: Writings 1902-1910*. New York: Library of America, 1987
- Williams, C. C. & Zacks, R. T. (2001). Is retrieval induced forgetting an inhibitory process? *American Journal of Psychology*, *114*, 329-354.

- Wolf, O. T., Convit, A., McHugh, P. F., Kandil, E., Thorn, E. L., De Santi, S. et al. (2001). Cortisol differentially affects memory in young and elderly men. *Behavioral Neuroscience*, *115*, 1002-1011.
- Wolf, O. T., Schommer, N. C., Hellhammer, D. H., McEwen, B. S. & Kirschbaum, C. (2001). The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women. *Psychoneuroendocrinology*, *26*, 711-720.
- Wüst, S., Van Rossum, E. F., Federenko, I. S., Koper, J. W., Kumsta, R. & Hellhammer, D. H. (2004). Common polymorphisms in the glucocorticoid receptor gene are associated with adrenocortical responses to psychosocial stress. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *89*, 565-573.
- Young, A. H., Sahakian, B. J., Robbins, T. W. & Cowen, P. J. (1999). The effects of chronic administration of hydrocortisone on cognitive function in normal male volunteers. *Psychopharmacology*, *145*, 260-266.
- Zellner, M. & Bäuml, K.-H. (2005). Intact retrieval inhibition in children's episodic recall. *Memory & Cognition*, *33*, 396-404.

9. Anhang

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE	Seite
<i>Anhang A: Gesundheitsfragebogen</i>	S. 108
<i>Anhang B: Informationsblatt zum Cortisolpräparat</i>	S. 109
<i>Anhang C: Informations-Email</i>	S. 110-111
<i>Anhang D: Verwendete Kategorien und Unterbegriffe</i>	S. 112-113
<i>Anhang E: Instruktionen an die Versuchspersonen</i>	S. 114
- <i>Vor der Lernpräsentation</i>	
- <i>Vor der Abrufübung</i>	
- <i>Vor dem Final Recall</i>	
<i>Anhang F: Informationsblatt zur Studie</i>	S. 115
<i>Anhang G: Fragebogen Versuchspersonen</i>	S. 116
<i>Anhang H: Cortisolwerte der einzelnen Versuchspersonen</i>	S. 117-118
- <i>Cortisolwerte der Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe</i>	
- <i>Cortisolwerte der Versuchspersonen aus der Placebogruppe</i>	

Anhang A: Gesundheitsfragebogen

Universität Konstanz – Klinische Psychologie



Angaben zum Gesundheitszustand

Leiden Sie aktuell an einer der folgenden Erkrankungen?

Vp _____

Allergie / Überempfindlichkeit auf Corticosteroide	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Allergie / Überempfindlichkeit auf Stärke (z.B. Kohlenhydrate)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Allergie auf Acetylsalicylsäure (z.B. in Aspirin)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Krankheiten mit hormonellen Störungen (z.B. Cushing-Syndrom)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Pilzkrankungen	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Erkrankungen mit Amöben	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Rheuma	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Asthma	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Zuckerkrankheit (Diabetes in der Familie?)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z.B. Bluthochdruck, Herzinfarkt)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Blutgerinnsel in Beinen oder Lunge (Thrombose, Embolie)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Magen-Darm-Krankheiten (z.B. Ulkus, chron. Durchfall, Colitis ulcerosa)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Bauchspeicheldrüsenentzündung	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Erkrankungen der Leber oder Nieren	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Knochenerkrankungen (z.B. Osteoporose)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Muskelschwäche (Myasthenia gravis)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Infektionen (z.B. Schnupfen, Masern)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Herpesinfektion (der Augen, Herpes simplex, Gürtelrose etc.)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Windpocken	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Grüner oder Grauer Star	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Tuberkulose	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Epilepsie	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein

Leiden Sie aktuell an einer akuten oder chronischen körperlichen Erkrankung? (auch Erkältung, Infektionen, etc.)	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wenn ja, welcher Art? _____		

Leiden Sie aktuell an psychischen Problemen (z.B. Stimmungsschwankungen, Depressionen, Angststörungen, Schlaflosigkeit,)?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wenn ja, welcher Art? _____		

Nehmen Sie aktuell Medikamente ein?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wenn ja, welche? _____		
Haben Sie in letzter Zeit Drogen konsumiert?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein

Wurden Sie in letzter Zeit geimpft?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Wollen Sie sich innerhalb des nächsten Monats impfen lassen?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein
Haben Sie sich zuletzt in tropischen Ländern aufgehalten?	<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> nein

Hiermit bestätige ich die Richtigkeit der Angaben bezüglich meines Gesundheitszustandes.

Konstanz,

(Datum)

(Unterschrift)

Anhang B: Informationsblatt zum Cortisolpräparat

Universität Konstanz – Klinische Psychologie



Informationen zum Cortisolpräparat

Allgemein:

- Hydrocortison ist ein verschreibungspflichtiges Medikament, das chemisch identisch mit körpereigen produziertem Cortisol ist. Cortisol ist ein lebenswichtiges Hormon (Gruppe der Glucocorticoide), das in vielfältigen Situationen aus der Nebennierenrinde in den Blutkreislauf ausgeschüttet wird.
- Bei oraler Einnahme von 25 mg Hydrocortison wird der maximale Blutspiegel nach ca. einer Stunde erreicht, die Halbwertszeit im Blut beträgt 1,5 bis 2 Stunden.
- Die einmalige Einnahme von 25 mg Hydrocortison löst eine leichte, nicht spürbare körperliche Reaktion aus.

Anwendungen:

- Im Allgemeinen werden Cortisolpräparate in der medizinischen Therapie in großem Umfang zur Behandlung diverser Entzündungen, Hautkrankheiten, allergischer Reaktionen (z. B. schwerer Allergien, Bronchialasthma, Ödeme, etc.) eingesetzt.
- Im Speziellen wird Hydrocortison oft bei mangelnder Hormonproduktion eingesetzt.
- Die Behandlung ist meist längerfristig angelegt.

Wirkungen:

- Cortisol hat ein sehr breites Wirkungsspektrum: Beispielsweise beeinflusst es den Fett- und Mineralstoffwechsel (schnelle Bereitstellung von Energiereserven), wirkt immunsuppressiv (d.h. Hemmung entzündlicher und allergischer Reaktionen) und ist an der Regulierung des Flüssigkeitshaushaltes beteiligt.

Nebenwirkungen:

- Die Unbedenklichkeit einer einmaligen Einnahme von 25 mg Hydrocortison aus medizinischer und ethischer Sicht wurde von mehreren Ärzten sowie der Ethikkommission der Universität Konstanz bestätigt. Die Breite und Häufigkeit des therapeutischen Einsatzes von Glucocorticoiden und die damit verbundene medizinische Erfahrung schließen unerwartete medikamentöse Nebenwirkungen so gut wie aus. Dennoch kann es in seltenen Fällen zu Nebenwirkungen kommen.
- Bei gesunden Versuchspersonen könnte als Komplikation der einmaligen Medikamenteneinnahme allenfalls eine (seltene) allergische Reaktion auf das Präparat oder Begleitstoffe im Medikament in Frage kommen.
- Es gibt Nebenwirkungen in Verbindung mit Hydrocortisonpräparaten, die die Fähigkeit zum Autofahren oder Bedienen von Maschinen beeinträchtigen können.

Sicherheit der Versuchspersonen:

- Diese seltene allergische Reaktion (anaphylaktischer Schock) würde sich schnell in Symptomen wie z.B. Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Hautrötung mit Hitzegefühl, Juckreiz, Bildung von Ödemen und Quaddeln, Herzrasen und Atemnot zeigen. Für diesen seltenen Fall ist ein Arzt des ZPR über jeden Messtermin informiert.
- Für den Fall einer Spätreaktion (noch Stunden nach der Medikamenteneinnahme) mit oben genannten Symptomen, sollten Sie schnellstmöglich mit einem Arzt oder der Rettungsleitstelle 19222 Kontakt aufnehmen.

Um mögliche Risiken und Nebenwirkungen vorbeugen bzw. ausschließen zu können, möchten wir Sie dringend darauf hinweisen, den Fragebogen bezüglich Ihres Gesundheitszustandes wahrheitsgemäß zu beantworten.

Anhang C: Informations-Email

Hallo XY,

vielen Dank für Dein Interesse am Experiment.

Bei dem Experiment handelt es sich um ein Gedächtnisexperiment mit wenigen Zwischenaufgaben und Fragebögen.

Wir messen kein EEG oder MEG und sind nicht unbedingt an der Güte Deines Gedächtnisses, sondern eher an einem typischen Gedächtnisphänomen interessiert.

Viel mehr Informationen findest du im Anschluss an diese Mail und im Anhang. Bitte lies Dir diese Informationen genau durch.

Das Experiment findet im ZPR statt. Mit Fahrrad oder Auto kommst Du dort aber gut hin. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit, zum ZPR mit dem Auto gefahren zu werden.

Das Experiment dauert zirka 2 Stunden und die Teilnahme wird mit 15 Euro oder mit Versuchspersonenstunden belohnt. Termine für das Experiment sind am.....möglich.

Bitte lies Dir die Informationen und einige kleine Verhaltensregeln für die Zeit vor dem Experiment im Anschluss an die Mail durch. Bei Fragen kannst Du mir jederzeit mailen oder anrufen.

- 07531/3646605 oder

- 0151/59212073

Da es nicht ganz einfach ist, männliche nichtrauchende Versuchspersonen zu finden und das Experiment im Rahmen meiner Diplomarbeit läuft, d.h. die Zeit für die Datenerhebung einfach begrenzt ist, freue ich mich über jeden, der mitmacht.

Ich freue mich über eine Rückmeldung,
Corinna

Informationen zum Experiment:

Das Experiment dauert ca. 2 - 2,25 Stunden. Du erhältst dafür 15 Euro. Es handelt sich dabei um ein Gedächtnisexperiment. Da wir gleichzeitig hormonelle Einflüsse auf das Gedächtnis (insbesondere auf das uns interessierende Gedächtnisphänomen) untersuchen, bekommen 50% der Versuchspersonen im Laufe des Experiments eine Tablette, die 25 mg Hydrocortison enthält, die anderen 50% bekommen eine Placebotablette, die Stärke enthält.

Eine einmalige Einnahme von 25 mg Hydrocortison ist unbedenklich (das haben uns mehrere Ärzte verschiedener Fachrichtungen mehrfach bestätigt).

Hydrocortison ist chemisch identisch mit Cortisol. Cortisol ist ein körpereigenes

Hormon, das vom Organismus in vielfältigen Situationen (z.B. morgens, wenn der Tag anbricht und die Nacht langsam endet) in den Blutkreislauf ausgeschüttet wird. Es wurde auch schon in vielen Gedächtnisstudien vor uns eingesetzt. Dabei stellen 25 mg eine geringe Menge dar und sie bewirken eine leichte, jedoch nicht spürbar körperliche Reaktion. Auch unsere bisherigen Versuchspersonen, die Cortisol eingenommen haben, haben nichts davon gemerkt. Die Halbwertszeit des Cortisols im Blut beträgt ca. 1,5 – 2 Stunden.

Weitere Informationen über das Cortisolpräparat habe ich Dir als Anlage an die Mail angehängt. Bei weiteren Fragen ruf bitte einfach an (Tel. 07531/3646605 oder Handy:0151/59212073) oder mail mich an.

Da wir nur absolut gesunde Versuchspersonen in der Studie haben möchten, gibt es zusätzlich einen Gesundheitsfragebogen, den Du ebenfalls im Anhang findest. Die Fragen auf dem Fragebogen solltest Du mit „Nein“ beantworten können. Nur die Hälfte der Versuchspersonen erhält das Hydrocortison jedoch tatsächlich.

Um den aktuellen Cortisolspiegel der Versuchspersonen bestimmen zu können, benutzen wir zusätzlich Salivetten, kleine Watterollen, auf denen Du drei Mal im Verlauf des Experimentes herumkauen sollst. Durch die Watteröllchen soll nur etwas Speichel aufgenommen werden, die Watteröllchen enthalten keine "Stoffe", die Dich beeinflussen sollen!

Die Datenanalyse erfolgt natürlich codiert und anonymisiert.

Eine Stunde vor Beginn des Experimentes solltest Du nicht mehr rauchen und keine kalorienhaltigen Speisen oder Getränke zu Dir nehmen. Außerdem sollte eine Stunde zuvor (vor Beginn des Experimentes) kein Kaffee/Cola (allg. kein Koffein) mehr getrunken werden und 12 Stunden vor Beginn kein Alkohol. Wenn es geht, solltest du bitte 24 Stunden davor auch keine Medikamente einnehmen (wobei Vitamintabletten oder ähnliches problemlos eingenommen werden können.). All dies würde die Hormonparameter verändern und dadurch unsere Datenerhebung verzerren.

Aufgrund dessen können leider auch keine Versuchspersonen teilnehmen, die regelmäßig

Kortison einnehmen (Cremes sind nicht so schlimm), regelmäßig Haschisch rauchen (wenige Male vor Jahren/Monaten geht) oder an Diabetes leiden. Auch andere Medikamente (z.B. Psychopharmaka) oder Nikotin verfälschen die Untersuchungsergebnisse. Du solltest also Nichtraucher sein.

Des Weiteren solltest du einen einigermaßen regelmäßigen Schlafrhythmus (z.B. keine Nachtschichtarbeit) in den Nächten vor dem Experiment haben, da der körpereigene Cortisolspiegel starken tageszeitlichen Schwankungen unterliegt. Durch unregelmäßigen Schlaf könnten die Daten verzerrt werden.

Zudem solltest Du gesund sein und in den Wochen vor oder nach dem Experiment keine Impfung gehabt haben oder planen.

Wichtig ist außerdem, dass Du maximal 35 Jahre alt bist und Deutsch als Muttersprache sprichst.

Anhang D: Verwendete Kategorien und Unterbegriffe und deren Ränge (nach Mannhaupt, 1983).

Beruf		Fortbewegungsmittel	
	<i>Rang</i>		<i>Rang</i>
- Elektriker	27	- Flugzeug	4
- Ingenieur	20	- Straßenbahn	6
- Apotheker	39	- Mofa	12
- Schneider	45	- Zug	13
- Polizist	49	- Taxi	28
- Biologe	56	- Kutsche	29

Baumart		Geschirr	
	<i>Rang</i>		<i>Rang</i>
- Birke	5	- Topf	8
- Kiefer	6	- Glas	10
- Ahorn	8	- Becher	11
- Ulme	18	- Zuckerdose	17
- Palme	21	- Pfanne	18
- Nußbaum	22	- Schale	22

Krankheit		Fisch	
	<i>Rang</i>		<i>Rang</i>
- Röteln	6	- Karpfen	6
- Mumps	7	- Hecht	8
- Pocken	8	- Lachs	11
- Gelbsucht	19	- Rotbarsch	20
- Scharlach	20	- Wels	21
- Keuchhusten	24	- Thunfisch	23

Gewürz

	<i>Rang</i>
- Curry	5
- Majoran	6
- Thymian	7
- Ingwer	20
- Lorbeer	23
- Salbei	24

Möbelstück

	<i>Rang</i>
- Schrank	3
- Regal	7
- Couch	9
- Nachttisch	15
- Vitrine	17
- Truhe	20

Frucht

	<i>Rang</i>
- Kirsche	5
- Erdbeere	6
- Pflaume	7
- Aprikose	15
- Weintraube	18
- Johannisbeere	19

Körperteil

	<i>Rang</i>
- Nase	6
- Hand	8
- Ohr	9
- Gesäß	17
- Rumpf	20
- Schulter	24

Werkzeug

	<i>Rang</i>
- Bohrer	6
- Nagel	7
- Feile	8
- Amboss	16
- Spachtel	18
- Pinsel	23

Anhang E: Instruktionen an die Versuchspersonen

Vor der Lernpräsentation:

„Sie bekommen nun kategorisierte Begriffe präsentiert. Bitte merken Sie sich für später sowohl den Begriff als auch die übergeordnete Kategorie.“

Präsentationsdauer der Instruktion: 9 Sekunden

Vor der Abrufübung:

„Sie sehen nun Wörter aus der ersten Phase des Experiments. Dargeboten werden jeweils der Kategorienname und die ersten Buchstaben eines gesuchten, vorher präsentierten Begriffs. Ihre Aufgabe besteht darin, sich an den Begriff zu erinnern und ihn laut zu nennen.“

Präsentationsdauer der Instruktion: 12 Sekunden

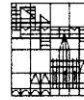
Vor dem Final Recall:

„Es werden nun die Reize aus der ersten Phase des Experimentes präsentiert. Sie sehen jeweils einen Kategorienamen und den ersten Buchstaben eines gesuchten Begriffs. Bitte nennen Sie den gesuchten Begriff!“

Präsentationsdauer der Instruktion: 10 Sekunden

Anhang F: Informationsblatt zur Studie

Universität Konstanz – Klinische Psychologie



Informationsblatt zur Studie „Cortisoleinfluss auf das Gedächtnis“

Diese Studie untersucht den Einfluss des Hormons Cortisol auf Ihr Gedächtnis.

Zu diesem Zweck werden wir Ihnen Begriffe auf dem Computermonitor präsentieren, die Sie für später lernen sollen. Zudem erhalten Sie einige Fragebögen zum Ausfüllen.

Zusätzlich ist entweder die Einnahme eines Cortisolpräparates (Hydrocortison, 25mg) oder eines Placebopräparates (Ersatzstoff: Stärke) vorgesehen, wobei weder Sie noch die Versuchsleiterin während des Experimentes wissen, um welches Präparat es sich handelt (Doppelblindversuch).

Cortisol stellt ein körpereigenes Hormon dar, das in vielerlei Situationen in den Blutkreislauf ausgeschüttet wird. Diese physiologische Reaktion soll in dieser Studie durch die Gabe eines Cortisolpräparates angesprochen werden. Die einmalige Einnahme von 25 mg Hydrocortison löst dabei eine leichte, nicht spürbare körperliche Reaktion aus.

Zur Bestimmung des Cortisolspiegels wird von Ihnen vor der Einnahme des Cortisol- bzw. Placebopräparates, sowie zwei weitere Male im Verlauf des Experimentes eine Speichelprobe entnommen. Dazu müssen Sie einfach auf einem Watteröllchen herumkauen. Für diese Messung ist es wichtig, dass Sie eine Stunde vor dem Messtermin nichts Kalorienhaltiges gegessen oder getrunken und auf Koffein verzichtet haben. Zudem sollten Sie 24 Stunden vor dem Messtermin nicht geraucht, keine Medikamente eingenommen und in der Nacht vor der Messung mindestens 6,5 Stunden geschlafen haben.

Das Experiment wird ca. 2 Stunden dauern. Die Versuchsleiterin wird Ihnen währenddessen jeden Schritt genau erklären. Selbstverständlich können Sie jederzeit nachfragen. Am Ende des Experimentes erhalten Sie Ihre Entlohnung von 15 €.

Hervorzuheben ist, dass die Teilnahme an dieser Studie auf Ihrer Freiwilligkeit beruht, d.h. Sie können jederzeit abbrechen. Alle Ihre Angaben werden anonymisiert behandelt, nicht an Dritte weitergegeben.

Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung,

Corinna Graß

Anhang G: Fragebogen Versuchsperson

♂ Experiment: Cortisoleinfluss auf das Gedächtnis

VP-Nr.

Datum: _____	Uhrzeit: _____
Geschlecht: _____	Alter: _____
Gesamt-Bildungsabschluss in Jahren (Schule + Berufsausbildung): _____	
Nationalität: _____	
Deutschkenntnisse ausreichend? J / N	
Zeitpunkt der letzten Mahlzeit/des letzten kalorienhaltigen Getränkes: _____	
Art der Mahlzeit/des Getränkes: _____	
Zeitpunkt des letzten Koffeinkonsums: _____	
Art des Getränkes und Menge: _____	
Zeitpunkt des letzten Alkoholkonsums: _____	
Art des Getränkes und Menge: _____	

1. Rauchen Sie? Ja () Nein () Wenn ja, wie viele Zigaretten am Tag? _____
Zeitpunkt der letzten Zigarette und Menge: _____
(Sonstige Tabakwaren? _____)
2. Konsumieren Sie regelmäßig oder in letzter Zeit Substanzen wie z.B. Cannabis?
Ja () Nein () Wenn ja, was – regelmäßig – bis wann zuletzt? _____
3. Leiden Sie unter (chronischen) Krankheiten (z.B. Diabetes, Asthma)? Ja () Nein ()
Wenn ja, welche Erkrankung(en)? _____
4. Waren Sie schon einmal in neurologischer oder psychiatrischer Behandlung? Ja () Nein ()
Wenn ja, welche Erkrankung – Unfall – Bewusstlosigkeit? _____
5. Nehmen Sie regelmäßig Medikamente (Antipileptika, Neuroleptika, Kontrazeptiva...) ein?
Ja () Nein () Wenn ja, welche Medikamente? _____
6. Haben Sie in den vergangenen 24 Stunden Medikamente eingenommen? Ja () Nein ()
Wenn ja, welche Medikamente? _____
7. Sind Sie ansonsten erkrankt (z.B. Schnupfen, Husten etc.)? Ja () Nein ()
Wenn ja, Beschreibung der Beschwerden: _____
8. Sind Sie im Moment besonderem Stress ausgesetzt (z.B. Prüfungen, Streit)? Ja () Nein ()
Wenn ja, kurze Beschreibung: _____
9. Körpergewicht: _____ Körpergröße: _____

Anhang H: Cortisolwerte der einzelnen Versuchspersonen

Cortisolwerte der Versuchspersonen aus der Cortisolgruppe

Vp.-Nr.	C1	C2	C3
VP_03	36,7	15,5	62,2
VP_04	2,3	10,6	26,9
VP_05	9,7	24,6	28,6
VP_09	3,3	20,4	15,4
VP_11	3,9	7,4	3,2
VP_13	13,6	30,4	21,3
VP_14	18,4	13,6	21,1
VP_16	20,1	28,5	27,6
VP_19	1,2	12,9	28,4
VP_23	13	31,1	17
VP_24	8,5	10	7,3
VP_27	13,6	36,1	17,7
VP_28	15,7	26,8	37,2
VP_30	3,4	15,7	17,1
VP_31	4,0	7,3	5,8
VP_32	3,3	1,2	1,4
VP_33	0,7	3,0	3,4
VP_36	nd ^a	19,3	27
VP_39	4,49	22,81	8,58
VP_40	4,96	6,02	6,48

^aDie Speichelprobe von VP_36 zum Zeitpunkt C1 konnte nicht ausgewertet werden.

Cortisolwerte der Versuchspersonen aus der Placebogruppe

Vp.-Nr.	C1	C2	C3
VP_01	7,1	7,2	7,3
VP_02	4,4	9,9	8,9
VP_06	18	26,2	17,5
VP_07	10,9	26,5	24,1
VP_08	12,7	5,3	12,1
VP_10	17,1	5,5	9,1
VP_12	7,9	9,4	17
VP_15	7,6	15,5	14,7
VP_17	21,8	20,2	23,6
VP_18	8,0	13	6,8
VP_20	9,2	24,6	16,2
VP_21	0,5	8,1	6,4
VP_22	14,6	19	29,6
VP_25	11,2	16,3	12,2
VP_26	17,2	22	14,2
VP_29	13,7	21,5	13
VP_34	7,6	6,5	11,4
VP_35	17,2	7,3	11,2
VP_37	44,6	25,9	42,1
VP_38	19,4	9,1	11,2