

UNIVERSITÄT  
MANNHEIM

**Kurzfristige Veränderungen der circadianen  
Cortisolaktivität unter Alltagsbedingungen und  
während einer berufsspezifischen Belastungsphase**

Dipl.-Psych. Judith Leinweber

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Sozialwissenschaften  
der Universität Mannheim

Mannheim, im April 2009

*Dekan:* Prof. Dr. Josef Brüderl, Universität Mannheim

*Erstreferent:* Prof. Dr. Rupert Hölzl, Universität Mannheim

*Korreferent:* Prof. Dr. Werner W. Wittmann, Universität Mannheim

*Tag der Disputation:* 08. Juni 2009

## **Vorwort**

---

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines Kooperationsprojekts des Otto-Selz-Instituts für Angewandte Psychologie, Mannheimer Zentrum für Arbeit und Gesundheit, der Universität Mannheim und der Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN) in Mannheim. Seit einigen Jahren wird am Otto-Selz-Institut in Zusammenarbeit mit der BGN die Rolle arbeitsbedingter Belastung und Beanspruchung bei ausgewählten Indexstörungen, wie chronischen muskuloskelettalen Schmerzen oder Allergien, und mögliche komorbid auftretenden somatischen oder psychischen Beschwerden im Feld untersucht. Grundlage der Dissertation sind zahlreiche Vorarbeiten, die in der Forschergruppe am Otto-Selz-Institut entwickelt wurden.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Romano Grieshaber, Leiter des Geschäftsbereichs Prävention der BGN, sowie Herrn Dr. Peter Bärenz, Leiter der Abteilung Bildung und Organisationsentwicklung des Geschäftsbereichs Prävention, für die gute Zusammenarbeit und die finanzielle Unterstützung des Forschungsvorhabens danken. Bei Herrn Dr. Wilhelm Dieker aus der Abteilung Gesundheitsschutz des Geschäftsbereichs Prävention bedanke ich mich für die Durchführung der medizinischen Untersuchungen.

Den Schulleitern der beteiligten Schulen danke ich für die Möglichkeit, die Untersuchungen in Räumlichkeiten der jeweiligen Schule durchführen zu können. Bedanken möchte ich mich auch bei den Fachlehrern und Auszubildenden für ihre Kooperation und Teilnahme an unserem Studienvorhaben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Rupert Hölzl, der mein Interesse am wissenschaftlichen Arbeiten schon zu meiner Studienzeit anregte und förderte und mich von Beginn an in meiner Forschungsarbeit unterstützte. Für seine wertvollen Anregungen und Diskussionen zu konzeptionellen wie auch inhaltlichen Aspekten dieser Arbeit möchte ich mich ganz herzlich bedanken. Mein weiterer Dank gilt all meinen Kollegen und Kolleginnen am Otto-Selz-Institut, mit denen ich stets sehr kollegial und freundschaftlich zusammenarbeiten konnte. Besonders möchte ich mich dabei ganz herzlich bei Frau Dr. Alexandra Bernhardt und Frau Dr. Dagmar Baus bedanken, ohne deren tatkräftige Hilfe und Unterstützung bei der Planung, Organisation und Durchführung der aufwendigen Felduntersuchungen diese Arbeit in der vorliegenden Form nicht möglich gewesen wäre. Ich danke ihnen für den fruchtbaren Gedankenaustausch, die hilfreichen Rückmeldungen zu vielen Teilen dieser Arbeit und nicht zuletzt für ihren stets freundschaftlichen und aufbauenden Zuspruch.

Bei Frau Dipl.-Psych. Karin Alles, Herrn Dipl.-Psych. Michael Behrens, Frau cand. Psych. Aline Bosle, Frau Dr. Heike Heiss, Frau cand. Psych. Rosi Klütsch, Frau cand. Psych. Daniela Matte sowie Frau cand. Psych. Alexandra Sirtl bedanke ich mich für ihre stets zuverlässige Mitarbeit und Unterstützung bei der Vorbereitung der Untersuchungsmaterialien, der Datenerhebung und -eingabe.

Meinem Lebensgefährten Dr. Christian Liebig möchte ich für seine vielseitige Unterstützung und Geduld ganz herzlich danken. Nicht weniger bedanke ich mich bei meinen Eltern Ursula und Dr. Stephan Leinweber sowie meiner gesamten Familie für ihren Zuspruch und dafür, dass sie mich immer in meinem Vorhaben bestärkten. Meiner Schwester Sarah danke ich darüber hinaus insbesondere für ihr unermüdliches Korrekturlesen.

Mannheim, im April 2009

Judith Leinweber

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Studie I: Tägliche Schwankungen der circadianen Cortisolaktivität unter Alltagsbedingungen.....</b>	<b>5</b>
2.1 Stand der Forschung.....	5
2.1.1 Funktionsweise der HPA-Achse.....	5
2.1.2 Circadiane Rhythmik der HPA-Achse und die Cortisol-Aufwachreaktion.....	7
2.1.3 Interindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung.....	8
2.1.4 Mögliche Einflussfaktoren und Determinanten der morgendlichen Cortisolausschüttung.....	10
2.1.5 Intraindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung.....	19
2.2 Zielsetzung und Fragestellung.....	22
2.3 Methoden.....	27
2.3.1 Stichprobe und Stichprobenselektion.....	27
2.3.2 Untersuchungsablauf.....	32
2.3.3 Diagnostik und Messgrößen.....	34
2.3.3.1 Soziodemographische Angaben.....	35
2.3.3.2 Körpermaße und physiologische Kennwerte.....	35
2.3.3.3 Situative Einflussfaktoren: Schlaf, sportliche Aktivitäten, berichtete Ereignisse.....	36
2.3.3.4 Momentanes Befinden.....	37
2.3.3.5 Psychische Beschwerden.....	37
2.3.3.6 Körperliche Beschwerden.....	38
2.3.3.7 Psychologische Merkmale.....	39
2.3.4 Behandlung von fehlenden Werten.....	39
2.3.5 Auswertungsstrategie und statistische Analysen.....	40

2.4	Ergebnisse .....	42
2.4.1	Voranalyse: Güte der Cortisolwerten .....	42
2.4.1.1	Verteilung fehlender Cortisol- und Monitor-Werte .....	42
2.4.1.2	Zeitliche Abweichungen der Probenentnahme vom Messprotokoll .....	43
2.4.1.3	Zusammenhang der relativen und absoluten Entnahmezeit sowie der Einhaltung des Messprotokolls und der Cortisolausschüttung ..	44
2.4.1.4	Datenbereinigung und Behandlung von Extremwerten .....	45
2.4.1.5	Einfluss des Cortisolaufwuchswerts auf die tägliche Cortisolausschüttung .....	46
2.4.2	Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativer Faktoren auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen .....	47
2.4.2.1	Aufwachzeiten und Schlafdauer .....	48
2.4.2.2	Soziodemographische Merkmale, Raucherstatus, Einnahme oraler Kontrazeptiva und sportliche Aktivitäten .....	51
2.4.2.3	Körpermaße und Allergiediagnose .....	57
2.4.2.4	Psychische und somatische Beschwerden .....	59
2.4.2.5	Chronische Stressbelastung und tägliches Befinden .....	63
2.4.2.6	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	66
2.4.3	Intraindividuelle Stabilität und tägliche Schwankungen der HPA-Achsen- Aktivität unter Alltagsbedingungen und mögliche situative und personenbedingte Determinanten .....	68
2.4.3.1	Stabilität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen .....	68
2.4.3.2	Ausmaß der täglichen Schwankungen in der HPA-Achsen- Aktivität .....	70
2.4.3.3	Der Einfluss stabiler Personenmerkmale auf tägliche Schwankungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität .....	75
2.4.3.4	Der Einfluss situativ bedingter Faktoren auf die täglichen Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität .....	76
2.4.3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	81
2.5	Diskussion .....	83
2.5.1	Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativer Faktoren auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen .....	84
2.5.2	Intraindividuelle Stabilität und tägliche Schwankungen der HPA-Achsen- Aktivität unter Alltagsbedingungen und mögliche situative und personenbezogene Determinanten .....	91
2.5.2.1	Stabilität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen .....	91
2.5.2.2	Ausmaß der täglichen Schwankungen in der HPA-Achsen- Aktivität .....	92

2.5.2.3 Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren auf tägliche Schwankungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität .....	94
2.5.3 Erkenntnisgewinn der Studie .....	96
<b>3. Studie II: Veränderungen der circadianen Cortisolaktivität während einer Belastungsphase .....</b>	<b>99</b>
3.1 Stand der Forschung .....	100
3.1.1 Die Bedeutung der HPA-Achse als neuroendokrines Stresssystem .....	100
3.1.1.1 Akute Aktivierung der HPA-Achse als endokrine Stressantwort ..	101
3.1.1.2 Der Einfluss der Cortisolreaktionen auf die Bewältigung akuter Belastungssituationen .....	102
3.1.1.3 Negative gesundheitliche Folgen chronischer Aktivierung des HPA-Achsen-Systems .....	103
3.1.1.4 Untersuchungsansätze zur Erforschung der Stressreaktivität der HPA-Achse .....	106
3.1.2 Beschaffenheit von Stressoren: Die Wirkung psychosozialer Stressoren auf die HPA-Achsen-Aktivität .....	108
3.1.3 Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsenreaktivität .....	111
3.1.3.1 Cortisolresponsivität: Responder vs. Non-Responder .....	112
3.1.3.2 Mediation der Cortisolresponsivität durch psychologische Stressreaktionen .....	114
3.1.3.3 Mögliche Einflussfaktoren und Determinanten der Cortisolresponsivität .....	116
3.1.4 Der Einfluss psychosozialer Stressoren auf die circadiane Cortisol-Aufwachreaktion .....	122
3.2 Zielsetzung und Fragestellung .....	126
3.3 Methoden .....	134
3.3.1 Stichprobe und Stichprobenselektion .....	134
3.3.2 Untersuchungsablauf .....	140
3.3.3 Praktische Abschlussprüfung .....	142
3.3.4 Diagnostik und Messgrößen .....	142
3.3.4.1 Angaben zur Soziodemographie und dem Gesundheitsverhalten ..	144
3.3.4.2 Körpermaße und physiologische Kennwerte .....	144
3.3.4.3 Situative Einflussfaktoren: Schlaf, Zigaretten, sportliche Aktivitäten, berichtete Ereignisse .....	146
3.3.4.4 Psychische Beschwerden .....	147
3.3.4.5 Somatische Beschwerden .....	148
3.3.4.6 Psychologische Merkmale .....	148
3.3.5 Behandlung von fehlenden Werten .....	149
3.3.6 Auswertungsstrategie und statistische Analysen .....	150

---

3.4	Ergebnisse .....	154
3.4.1	Voranalyse: Güte der Cortisol-Daten .....	154
3.4.1.1	Verteilung fehlender Cortisol- und Monitor-Werte und Identifikation von Extremwerte.....	154
3.4.1.2	Zeitliche Abweichungen der Probenentnahme vom Messprotokoll .....	157
3.4.1.3	Zusammenhang der relativen Entnahmezeit sowie der Einhaltung des Messprotokolls und der Cortisolausschüttung .....	158
3.4.1.4	Einfluss des Cortisolaufwerts auf die tägliche Cortisolausschüttung .....	162
3.4.1.5	Einflussfaktoren auf die Cortisolausschüttung.....	164
3.4.2	Intraindividuelle Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.....	179
3.4.2.1	Intraindividuelle Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen .....	180
3.4.2.2	Morgendliches Cortisolprofil innerhalb der Tage .....	187
3.4.2.3	Interne Zusammenhänge der Cortisolausschüttung an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.....	189
3.4.2.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	196
3.4.3	Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die antizipierte praktische Abschlussprüfung.....	199
3.4.3.1	Individuelle morgendliche HPA-Achsen-Aktivität in Bezug auf die antizipierte praktische Abschlussprüfung .....	199
3.4.3.2	Interne Struktur der Cortisolausschüttung in Abhängigkeit der Art und des Ausmaßes der HPA-Achsenreaktivität auf die antizipierte Abschlussprüfung .....	207
3.4.3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	214
3.4.4	Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren des Erlebens und Verhaltens auf die HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.....	215
3.4.4.1	Stabile Personenmerkmale und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.....	216
3.4.4.2	Situativ bedingte Faktoren des Erlebens und Verhaltens und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung .....	235
3.4.4.3	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	243
3.4.5	Die HPA-Achsen-Aktivität und die subjektive und objektive Bewältigung der praktischen Abschlussprüfung.....	246
3.5	Diskussion .....	248
3.5.1	Intraindividuelle Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung .....	249
3.5.2	Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die Antizipation der praktischen Abschlussprüfung .....	256



---

3.5.3 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren des Erlebens und Verhaltens auf die HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung .....	262
3.5.3.1 Stabile Personenmerkmale und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.....	263
3.5.3.2 Situativ bedingte Faktoren des Erlebens und Verhaltens und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung .....	269
3.5.4 Die HPA-Achsen-Aktivität und die subjektive und objektive Bewältigung der praktischen Abschlussprüfung.....	273
3.5.5 Stärken und Schwächen der Studie.....	275
<b>4. Synopsis und Ausblick .....</b>	<b>281</b>
<b>5. Zusammenfassung.....</b>	<b>285</b>
<b>6. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>289</b>



## Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1.	Allgemeine Stichprobenmerkmale. ....	28
Tabelle 2.	Cortisolwerte und -parameter der Gesamt-Stichprobe sowie der Teilstichproben aus den Jahren 2004 und 2005. ....	29
Tabelle 3.	Body-Mass-Index, Waist-to-Hip-Ratio und Blutdruck der Gesamt-Stichprobe sowie der Teilstichproben aus den Jahren 2004 und 2005. ...	30
Tabelle 4.	Übersicht Erfassungsmethode der einzelnen Messgrößen. ....	34
Tabelle 5.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen relativen Entnahmezeiten und Cortisolwerten zu den drei Messtagen. ....	44
Tabelle 6.	Produkt-Moment-Korrelationen Cortisol-Aufwachwert und Cortisolwerte der folgenden Messzeitpunkte sowie den Cortisolparametern über alle Messtage gemittelt und pro Messtag. ....	46
Tabelle 7.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Aufwachzeiten und Cortisolwerten und -parametern an den drei Messtagen. ....	49
Tabelle 8.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Schlafdauer in der Nacht und Cortisol-Einzelwerten und -parametern am nächsten Tag an den drei Messtagen. ....	50
Tabelle 9.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Body-Mass-Index und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen. ....	58
Tabelle 10.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Depressivität (gemessen anhand der ADS, Hautzinger & Bailer, 1993) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen. ....	60
Tabelle 11.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen. ....	62

---

Tabelle 12.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen dem allgemeinen Beschwerdedruck (gemessen anhand des GBB-24, Brähler & Scheer, 1995) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen. ....	63
Tabelle 13.	Intraklassenkoeffizienten der Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter mit Konfidenzintervall über die drei Messtage nach stabilen Personenmerkmalen.....	69
Tabelle 14.	Produkt-Moment-Korrelationen zwischen den mittleren Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte und -parameter.....	74
Tabelle 15.	Produkt-Moment-Korrelationen der Cortisolschwankungen zwischen Tag 1 und 2 und Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, sowie mit dem Befinden am Vortag.....	77
Tabelle 16.	Produkt-Moment-Korrelationen der Cortisolschwankungen zwischen Tag 2 und 3 und Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, sowie mit dem Befinden am Vortag.....	77
Tabelle 17.	Allgemeine Stichprobenmerkmale. ....	135
Tabelle 18.	Übersicht Ausscheiden der Studienteilnehmer. ....	136
Tabelle 19.	Psychische und somatische Merkmale der Stichprobe.....	136
Tabelle 20.	Physiologische Kennwerte und Körpermaße der Stichprobe. ....	138
Tabelle 21.	Übersicht Erfassungsmethode der einzelnen Messgrößen. ....	143
Tabelle 22.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen relativen Entnahmezeiten und Cortisolwerten an den vier Messtagen.....	158
Tabelle 23.	Cortisol-Einzelwerte und -Parameter am Referenztag der Phase I nach Compliance. ....	161
Tabelle 24.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Cortisol-Aufwachwert und Cortisolwerten der folgenden Messzeitpunkte sowie den Cortisolparametern pro Messtag. ....	162
Tabelle 25.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Aufwachzeiten und Cortisolwerten an den vier Messtagen.....	166
Tabelle 26.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Veränderungen der Aufwachzeiten und Veränderungen der Cortisol-Parameter zwischen den vier Messtagen.....	167
Tabelle 27.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Uhrzeit der letzten Messung und Cortisol-Abendwerten zu den vier Messtagen. ....	168
Tabelle 28.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Schlafdauer in der Nacht und Cortisol-Einzelwerten und -Parametern am nächsten Tag an den vier Messtagen. ....	170
Tabelle 29.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Veränderungen der Schlafdauer und Veränderungen der Cortisolparameter zwischen den vier Messtagen. ....	171

---

Tabelle 30.	Spearman-Rang-Korrelationen der Cortisol-Einzelwerte pro Messzeitpunkt sowie der Cortisolparameter innerhalb der Tage um die praktische Abschlussprüfung. ....	190
Tabelle 31.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen den Cortisolwerten am Abend und der Cortisolausschüttung am nächsten Morgen an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung. ....	192
Tabelle 32.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen dem mittleren Morgenanstieg und personenbezogenen Merkmalen an den vier Messtagen. ....	218
Tabelle 33.	Spearman-Rang-Korrelationen zwischen der mittleren Morgenausschüttung und personenbezogenen Merkmalen an den vier Messtagen. ....	218
Tabelle 34.	Spearman-Rang-Korrelationen der Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen den vier Messtagen und personenbezogenen Merkmalen. ....	219
Tabelle 35.	Spearman-Rang-Korrelationen der Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen den vier Messtagen und personenbezogenen Merkmalen. ....	220
Tabelle 36.	Statistische Kennwerte der Anzahl gerauchter Zigaretten der Raucher (N = 10) an den vier Messtagen. ....	240



## Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1.	Systolischer (a) und diastolischer (b) Blutdruck in Teilstichprobe 2004 (N=41) und 2005 (N=29). .....	31
Abbildung 2.	Zusammenhang zwischen dem Messintervall T(0) und T(30) und dem absoluten Morgenanstieg nach Compliance an Tag 3 (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von $\pm 10$ Minuten; waagrechte Referenzlinie unterscheidet zwischen positivem und negativem Morgenanstieg). .....	45
Abbildung 3.	Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Cortisol-Aufwachwert und dem durchschnittlichen Cortisolwert 30 Minuten später (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) gemittelt über die drei Messtage.....	47
Abbildung 4.	Aufwachzeiten an den drei Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte. ....	48
Abbildung 5.	Schlafdauer in den Nächten der drei Messtage; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.....	50
Abbildung 6.	Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Geschlecht. ....	51
Abbildung 7.	Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Berufsausbildung. ....	52
Abbildung 8.	Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Lehrjahr. ....	53
Abbildung 9.	Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Raucherstatus. ....	54
Abbildung 10.	Cortisolausschüttung der Frauen zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Einnahme oraler Kontrazeptiva.....	55
Abbildung 11.	Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach sportlicher Betätigung.....	57

---

Abbildung 12. Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Allergie-Diagnose.....	59
Abbildung 13. Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der WHO-5, WHO 1998).....	61
Abbildung 14. Absolute Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte zu T(0) (a), T(30) (b), T(20:00h) (c) sowie des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs (d) und der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (e) von Personen mit vollständigen Cortisolwerten zu allen Messzeitpunkten (N = 56). ....	71
Abbildung 15. Zusammenhang der individuellen Mittelwerte und den mittleren Cortisol-Schwankungen zu T(0) (a), T(30) (b), T(20:00h) (c) sowie bezüglich des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs (d) und der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (e). ....	73
Abbildung 16. Zusammenhang der mittleren Schwankungen im Cortisol zu T(0) (a), T(30) (c; b) und in der Morgenausschüttung (d) mit den mittleren Schwankungen im Cortisol-Morgenanstieg und der Cortisol-Morgenausschüttung.....	75
Abbildung 17. Zusammenhang zwischen Veränderungen in den Aufwachzeiten zwischen Tag 1 und 2 sowie Tag 2 und 3. ....	78
Abbildung 18. Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Schlafdauer und Schwankungen im Cortisol zu T(0) (a), zu T(30) (b) sowie in der Cortisol-Morgenausschüttung (c) zwischen Tag 2 und 3. ....	79
Abbildung 19. Zusammenhang der Veränderungen in der Schlafdauer zwischen Tag 1 und 2 sowie Tag 2 und 3. ....	80
Abbildung 20. Systolischer (a) und diastolischer Blutdruck bei Dropouts (N=19) und Non-Dropouts (N=19). ....	139
Abbildung 21. Verteilung systolischer (a) und diastolischer Blutdruck (b) bei Dropouts vs. Non-Dropouts.....	140
Abbildung 22. Untersuchungsphasen. ....	141
Abbildung 23. Zusammenhang zwischen der relativen Entnahmezeit und Cortisol zu T(45) am Referenztag der Phase I nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von $\pm 5$ Minuten). ....	159
Abbildung 24. Zusammenhang zwischen dem Messintervall T(0) und T(45) und dem mittleren Morgenanstieg am Referenztag der Phase I nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von $\pm 5$ Minuten; waagrechte Referenzlinie unterscheidet zwischen positivem und negativem Morgenanstieg). ....	160
Abbildung 25. Zusammenhang zwischen der relativen Entnahmezeit und Cortisol zu T(15) am Tag vor der Prüfung zu Phase II nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von $\pm 5$ Minuten). ....	160



- 
- Abbildung 26. Zusammenhang zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d). ... 163
- Abbildung 27. Zusammenhang zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d). ... 164
- Abbildung 28. Aufwachzeiten an den vier Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte. .... 165
- Abbildung 29. Zusammenhang zwischen der Veränderung der Aufwachzeit und der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Baseline-Tag (a), Prüfungstag und Tags zuvor (b), Prüfungstag und Tag danach (c) sowie dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag (d) (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). .... 167
- Abbildung 30. Uhrzeiten der letzten Messung an den vier Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte. .... 168
- Abbildung 31. Schlafdauer in den Nächten der vier Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte. .... 169
- Abbildung 32. Zusammenhang zwischen Schlafdauer in der vergangenen Nacht und mittlerem Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d). ... 170
- Abbildung 33. Cortisol-Morgenverläufe nach Geschlecht am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). .... 172
- Abbildung 34. Berufsspezifische Verläufe des Cortisolwertes zu T(30) (a) und T(45) (b) über die vier Messtage. .... 173
- Abbildung 35. Cortisol-Morgenverläufe nach Berufsausbildung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). .... 173
- Abbildung 36. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg nach Berufsausbildung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). .... 174
- Abbildung 37. Cortisol-Morgenverläufe nach Raucherstatus am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). .... 175
- Abbildung 38. Cortisol-Morgenverläufe der Frauen in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). .... 176
- Abbildung 39. Cortisol-Morgenverläufe nach sportlicher Betätigung am Baseline-Tag (a; b) und am Tag vor der Prüfung (c; d). .... 178
- Abbildung 40. Cortisolaufwachwert der Stichprobe über die vier Messtage. .... 180

---

Abbildung 41. Cortisol zu T(15) der Stichprobe über die vier Messtage.....	181
Abbildung 42. Cortisol zu T(30) der Stichprobe über die vier Messtage.....	182
Abbildung 43. Cortisol zu T(45) der Stichprobe über die vier Messtage.....	182
Abbildung 44. Cortisol der Stichprobe am Abend über die vier Messtage.....	183
Abbildung 45. Mittlerer Morgenanstieg der Stichprobe über die vier Messtage. ....	185
Abbildung 46. Mittlere Morgenausschüttung der Stichprobe über die vier Messtage....	187
Abbildung 47. Mittlere Cortisol-Morgenverläufe der Stichprobe (N = 9) am Baseline- Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d). ....	188
Abbildung 48. Zusammenhang zwischen der mittleren Morgenausschüttung (a) sowie dem mittleren Morgenanstieg (b) zwischen Vortag und Tag der Prüfung. ....	190
Abbildung 49. Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderung des mittleren Cortisol- Morgenanstiegs zwischen Tag der Prüfung und Vortag (a), Tag der Prüfung und Tag danach (b) zwischen Tag vor und Tag nach der Prüfung (c) sowie Tag nach der Prüfung und Referenztag (d) und des jeweiligen Ausgangswerts (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	193
Abbildung 50. Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderung der mittleren Cortisol- Morgenausschüttung zwischen Tag der Prüfung und Vortag (a), Tag der Prüfung und Tag danach (b), zwischen Tag vor und Tag nach der Prüfung (c), sowie Tag nach der Prüfung und Referenztag (d) und des jeweiligen Ausgangswerts (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	194
Abbildung 51. Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung und dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).....	196
Abbildung 52. Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag nach 0-Kriterium (a) und nach 2.5nmol/l-Kriterium (b) (negative Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} < \pm$ $2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	201
Abbildung 53. Zusammenhang des mittleren Morgenanstiegs am Referenz- und Prüfungstag nach Ausmaß der Cortisolreaktion (negative Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	202
Abbildung 54. Zusammenhang des Ausmaßes an Veränderung im mittleren Morgenanstieg zwischen Prüfungs- und Referenztag mit dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag (a) sowie am Tag der Prüfung (b) (negative Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} <$ $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{Mnlnc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	203

Abbildung 55. Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag nach 0-Kriterium (a) und nach 2.5nmol/l-Kriterium (b) (negative Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ). .....	204
Abbildung 56. Zusammenhang der mittleren Morgenausschüttung am Referenz- und Prüfungstag nach Ausmaß der Cortisol-Reaktion (negative Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ). .....	206
Abbildung 57. Zusammenhang des Ausmaßes an Veränderung in der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag mit der mittleren Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a) sowie am Tag der Prüfung (b) (negative Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion: $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ).....	206
Abbildung 58. Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderungen in den beiden Cortisol-Parametern zwischen Prüfungs- und Referenztag nach den Einteilungskriterien 0nmol/l (a) und 2.5nmol/l (b). .....	207
Abbildung 59. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag (0-Kriterium).....	208
Abbildung 60. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag (2.5nmol/l-Kriterium). .....	210
Abbildung 61. Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag (0-Kriterium).....	211
Abbildung 62. Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag (2.5nmol/l-Kriterium). .....	213
Abbildung 63. Zusammenhang zwischen dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Referenztag (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag nach der Prüfung (b) mit dem Grad der Depressivität (gemessen anhand der ADS, Hautzinger & Bailer, 1993). .....	217
Abbildung 64. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg am Tag vor der Prüfung nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005). .....	221
Abbildung 65. Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). .....	221
Abbildung 66. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005). .....	222

---

Abbildung 67. Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005). .....	223
Abbildung 68. Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs am Tag vor der Prüfung und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981). .....	224
Abbildung 69. Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ).....	225
Abbildung 70. Zusammenhang zwischen der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung (a) sowie am Tag nach der Prüfung (b) und der und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981). .....	225
Abbildung 71. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Angststörung (gemessen anhand der GAD-2, Kroenke et al., 2007).....	226
Abbildung 72. Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag und der unspezifischen Erschöpfung (a) sowie dem allgemeinen Beschwerdedruck (b) (gemessen anhand des GBB-24, Brähler & Scheer, 1995; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ).....	227
Abbildung 73. Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d) und des Body Mass Indexes.....	228
Abbildung 74. Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d) und des Body Mass Index.....	229
Abbildung 75. Zusammenhang der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag und dem Body Mass Index (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). .....	230
Abbildung 76. Zusammenhang des mittleren Morgenanstiegs und des Waist-to-Hip-Ratios am Baseline-Tag.....	231
Abbildung 77. Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag danach und dem Waist-to-Hip-Ratio (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). .....	232
Abbildung 78. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Baseline-Tag nach Allergiediagnose. ....	233

---

Abbildung 79. Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Tag nach der Prüfung nach Allergiediagnose.....	233
Abbildung 80. Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung und der chronischen Stressbelastung (gemessen anhand des TICS, Schulz et al., 2004). ....	234
Abbildung 81. Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag der Prüfung mit der Zustandsangst am Abend zuvor (a) sowie am Morgen des Prüfungstages (b) (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981). ....	236
Abbildung 82. Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Prüfungstag mit der Veränderung der Zustandsangst (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981) zwischen Prüfungstag und Vortag. ....	237
Abbildung 83. Zusammenhang der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Vortag und der Zustandsangst am Vorabend (a) und am Morgen des Prüfungstages (b) (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ).....	238
Abbildung 84. Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Prüfungstag mit der retrospektiven Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung am Abend nach der Prüfung.....	240
Abbildung 85. Zusammenhang des Zigarettenkonsums am jeweiligen Vortag mit der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag (a) sowie am Tag nach der Prüfung (b). ....	242
Abbildung 86. Zusammenhang des Zigarettenkonsums am jeweiligen Vortag mit der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag (a) sowie zwischen Prüfungstag und Tag danach (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ). ....	242
Abbildung 87. Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag der Prüfung und der Note (a) sowie der Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung.....	247



## **Abkürzungsverzeichnis**

---

<b>ACTH</b>	Adrenocorticotropisches Hormon
<b>ADS</b>	Allgemeine Depressionsskala (Hautzinger & Bailer, 1995)
<b>ASQ</b>	Anxiety Screening Questionnaire (Wittchen & Perkonigg, 1997)
<b>CAR</b>	Cortisol Awakening Raise / Absoluter Cortisol-Morgenanstieg
<b>CRH</b>	Corticotropin-Releasing-Hormon
<b>GAD-2</b>	Generalized Anxiety Disorder Scale (Kroenke et al., 2007)
<b>GBB</b>	Gießener Beschwerdebogen (Brähler & Scheer, 1995)
<b>HPA-Achse</b>	Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Axis / Hypothalamus-Hypophyse-Nebennierenrinden-Achse
<b>ICC</b>	Intraclass Coefficient / Intraklassenkoeffizient
<b>IQA</b>	Interquartilsabstand
<b>MD</b>	Median
<b>MDBF</b>	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (Steyer et al., 1997)
<b>MnCMR</b>	Mean Cortisol Morning Release / Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung
<b>MnINC</b>	Mean Increase / Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>PHQ-2</b>	Patient Health Questionnaires (Löwe et al., 2005)
<b>SD</b>	Standard Deviation / Standardabweichung
<b>SOMS</b>	Screening für Somatoforme Störungen (Rief et al., 1997)
<b>STAI</b>	State-Trait-Angst-Inventar (Laux et al., 1981)
<b>TICS</b>	Trierer Inventar zum Chronischen Stress (Schulz et al., 2004)
<b>TSST</b>	Trierer Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993a)
<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>WHO-5</b>	Well-Being Index (WHO, 1998)





## 1. Einleitung

---

Psychophysiologische Stressreaktionen haben eine wichtige Mediatorfunktion in der Wirkung umwelt- und arbeitsbedingter Stressoren auf die Gesundheit (McEwen, 1998; Sapolsky, 2004). Die Aktivierung physiologischer Stresssysteme bei Konfrontation mit einer Belastung ist ein lebensnotwendiger Adaptionsmechanismus und gewährleistet die Anpassung des Organismus an sich verändernde innere und äußere Anforderungen. Dysregulierte physiologische Anpassungsleistungen in Folge ständig wiederkehrender oder überdauernder Belastungen sowie mangelnder Erholung können langfristig die Gesundheit gefährden und zu stressbedingten Erkrankungen führen (Heim et al., 2000b; Fries et al., 2005; Miller et al., 2007). Die HPA-Achse (im Folgenden nach der englischen Terminologie „Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Axis“ durch „HPA-Achse“ abgekürzt) ist eines der zentralen neuroendokrinen Stresssysteme des Organismus. Ihre Funktionsweise unterliegt einer bestimmten circadianen Rhythmik, wobei als hormonelle Stressantwort das Aktivitätsniveau auch in direkter Folge auf eine innere oder äußere Herausforderung erhöht werden kann (z.B. Sapolsky, 2004). Eine sich andeutende psychophysiologische Fehlreaktion des Organismus aufgrund einer beginnenden chronischen Stressbelastung scheint sich nach bisherigem Erkenntnisstand nicht unmittelbar in einer gesundheitsschädlichen Dysregulation der basalen circadianen HPA-Achsen-Aktivität zu äußern (Bernhardt, 2007). Nicht geklärt ist, inwieweit eine zeitlich begrenzte, im Vorfeld antizipierte Belastungsphase die circadiane HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um den erwarteten Stressor beeinflussen. In dieser Arbeit werden daher die Auswirkungen einer antizipierten realen Belastungssituation im Arbeitskontext auf die circadiane HPA-Achsen-Funktion bei jungen Arbeitnehmern zu Beginn ihrer beruflichen Laufbahn untersucht. Dadurch sollen wichtige Erkenntnisse über die Funktionsweise und Adaptivität des HPA-Achsen-Systems in Bezug auf real auftretende und antizipierte Arbeitsstressoren und beginnende dysfunktionale

Veränderungen gewonnen sowie mögliche Auswirkungen auf die psychische und körperliche Gesundheit aufgedeckt werden.

Die morgendliche Cortisolausschüttung, die einer typischen circadianen Rhythmik in Form eines starken Anstiegs der Cortisolkonzentration in der ersten Stunde nach dem Erwachen um bis zu 100% unterliegt, gilt als reliables Maß für die Funktionsweise und Reagibilität der HPA-Achsen-Aktivität (z.B. Clow et al., 2004; Prüssner et al., 1997; Schmidt-Reinwald et al., 1999). Diese so genannte Cortisol-Aufwachreaktion wurde in den vergangenen Jahrzehnten intensiv in Zusammenhang mit chronisch bestehenden Belastungen und spezifischen stressbezogenen Erkrankungen und Störungen, wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder depressiven Störungen, untersucht (z.B. Heim et al., 2000; Kudielka, 2001, Miller, et al., 2007; Sapolsky, 2004; Tsigos & Chrousos, 2002). Die genaue Funktionsweise des rapiden Anstiegs der Cortisolkonzentrationen ist jedoch bis dato noch nicht zufriedenstellend geklärt (Fries et al., in press). Angenommen wird, dass der morgendliche Cortisolanstieg den Organismus auf die Anforderungen des Tages vorbereitet und durch die Antizipation kommender Ereignisse und Anforderungen beeinflusst wird (Adam et al., 2006; Fries et al., in press, Schlotz et al., 2004). Hierfür spricht die hohe Situationsabhängigkeit und die teilweise starken intraindividuellen Schwankungen der Cortisolaktivität am Morgen (Hellhammer et al., 2007; Stalder et al., in press). Durch empirische Studien wurde diese Annahme jedoch noch nicht hinreichend belegt.

In dieser Arbeit werden zunächst in einer ersten Studie als Voruntersuchung die HPA-Achsen-Aktivität und ihre täglichen Variationen bei auszubildenden Bäckern und Konditoren unter Alltagsbedingungen überprüft. Durch detaillierte explorative Analysen wird der Einfluss möglicher Personenmerkmale sowie situativer Faktoren auf die circadiane Cortisolausschüttung an drei aufeinanderfolgenden typischen Schultagen ohne eine im Voraus bekannte Belastung untersucht. Dabei sollen die Stabilität sowie das Ausmaß der Schwankungen in der Cortisolausschüttung unter Alltagsbedingungen ohne eine bevorstehende und antizipierte Belastungssituation näher analysiert und mögliche Einflussfaktoren darauf, wie z.B. Veränderungen in der Aufwachzeit oder Schlafdauer, identifiziert werden. In bisherigen Studien wurde der Einfluss personenbezogener und situativer Faktoren auf die tägliche Cortisolproduktion zumeist an Studenten oder älteren Arbeitnehmern aus verschiedenen Berufsbereichen untersucht (z.B. Bernhardt, 2007). Inwieweit die Befunde auf eine junge, nicht-akademische Stichprobe zu Beginn ihres Berufslebens übertragen werden können, ist fraglich und soll überprüft werden. Auch wurde das Ausmaß der täglichen Schwankungen in der circadianen HPA-Achsen-Aktivität innerhalb einer Person unter Alltagsbedingungen bis dato sehr wenig erforscht (Nicholson, 2007). Dabei wird gerade die Cortisol-Aufwachreaktion nach jüngsten Erkenntnissen sehr stark durch situative

Faktoren bestimmt (Hellhammer et al., 2007; Stalder et al., in press).

In der zweiten Studie wird anhand eines Feldexperiments der Einfluss einer antizipierten, persönlich relevanten Belastungssituation im Arbeitskontext auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter natürlichen Bedingungen untersucht. Anhand einer Stichprobe von Auszubildenden des Back- und Gastronomiegewerbes werden systematische Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung am Tag der praktischen Abschlussprüfung sowie am Tag zuvor und danach betrachtet. Auf diese Weise sollen die zeitlichen Auswirkungen eines persönlich relevanten Arbeitsstressors in der Antizipations- und Erholungsphase auf verschiedene Aspekte der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität, wie z.B. dem Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten oder der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge nach dem Erwachen, näher analysiert werden. Geklärt werden soll, inwiefern Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung ein typisches Merkmal des dynamischen und adaptiven Verhaltens der HPA-Achse auf bevorstehende Herausforderungen darstellen und inwieweit die morgendliche Cortisol-Reaktivität dabei durch stabile Personenmerkmale, wie z.B. der chronischen Stressbelastung, sowie situativ bedingten Faktoren des Erlebens und Verhaltens, wie z.B. der Zustandsangst, beeinflusst wird. Abschließend wird überprüft, inwiefern die morgendliche Cortisolaktivität am Tag der Prüfung den Organismus auf die bevorstehende Anforderung vorbereitet und eine erfolgreiche Bewältigung der Abschlussprüfung ermöglicht.

In bisherigen Feldstudien wurden entweder mit Hilfe der Experience-Sampling-Methode bereits bestehende Veränderungen der circadianen Cortisolausschüttung in einer chronischen Belastungsphase untersucht, wie z.B. die Pflege eines Angehörigen (Vedhara et al., 2003), oder die direkten physiologischen Stressreaktionen unmittelbar vor und nach einer akademischen Prüfung oder einem sportlichen Wettkampf analysiert (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Spangler et al., 2002). Die circadiane HPA-Achsen-Aktivität an Tagen um einen realen, persönlich relevanten und antizipierten Arbeitsstressor wurde bis dato nicht näher überprüft. Um zukünftig die genaue Funktionsweise der HPA-Achse besser zu verstehen, sollten gerade kurzfristige Veränderungen der circadianen Cortisolausschüttung und der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion an Tagen um einen im natürlichen Umfeld auftretenden, zeitlich begrenzten Stressor näher untersucht werden. In dieser Arbeit wird die praktische Abschlussprüfung der Auszubildenden als eine repräsentative reale, sozial-evaluative Belastungssituation im beruflichen Alltag gewählt. Innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens müssen während der Prüfung berufsspezifische Routineaufgaben und Anforderungen, wie z.B. das Kochen eines Vier-Gänge-Menüs für vier Personen, erledigt wer-

den. Sowohl die Durchführung wie auch das Ergebnis werden von externen Prüfern bewertet.

Die Erforschung der Beschaffenheiten der täglichen Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen und während einer kurzfristigen, zeitlich begrenzten Belastungsphase und möglicher situativ bedingter und stabiler Einflussfaktoren darauf ist für das Verständnis der adaptiven Mechanismen des circadianen HPA-Achsen-Systems unumgänglich. Art und Ausmaß der täglichen Schwankungen können wichtige Informationen über die Funktionsweise des HPA-Achsen-Systems liefern und ein Indikator für die allgemeine Dynamik und Reaktivität der HPA-Achse sein. Diese Dissertation soll zur Klärung der Frage beitragen, inwieweit tägliche Variationen der morgendlichen Cortisolausschüttung eine adaptive Reaktion an veränderte innerorganische oder situativ bedingte Zustände und/oder umweltbedingte Anforderungen darstellen. Dies kann entscheidende Erkenntnisse über die zugrunde liegenden Prozesse dauerhafter, pathologischer Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität liefern, wie sie in Folge chronischer Belastung oder in Zusammenhang mit psychischen und körperlichen Störungen, wie z.B. einer depressiven Störung, dem chronischen Fatigue-Syndrom oder metabolischen Erkrankungen, auftreten können (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000b; Miller et al., 2007; Raison & Miller, 2003).

## **2. Studie I: Tägliche Schwankungen der circadianen Cortisolaktivität unter Alltagsbedingungen**

---

### **2.1 Stand der Forschung**

Zu Anfang wird auf die Funktionsweise der HPA-Achse als ein wichtiges Kontroll- und Regulationssystem des Organismus und die Bedeutung des Glukocorticoids Cortisol näher eingegangen (Abschnitt 2.1.1). Nach Darstellung der circadianen Periodizität der Cortisolausschüttung sowie der Bedeutung der Cortisol-Aufwachreaktion am Morgen (Abschnitt 2.1.2) werden interindividuelle Unterschiede in Art und Ausmaß der morgendlichen Cortisolaktivität und mögliche Einflussfaktoren darauf beschrieben (Abschnitt 2.1.3 und 2.1.4). Anschließend wird auf die Stabilität der Cortisolausschüttung in der ersten Stunde nach dem Erwachen und die intraindividuelle Variabilität zwischen Tagen eingegangen (Abschnitt 2.1.5). Dabei wird die Bedeutung möglicher situativer Determinanten auf die täglichen Schwankungen in der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion innerhalb einer Person diskutiert. Abschließend wird in Abschnitt 2.2 die sich aus den Forschungsbefunden ableitenden Fragestellungen der vorliegenden Studie präsentiert.

#### **2.1.1 Funktionsweise der HPA-Achse**

Das Steroidhormon Cortisol ist eines der wichtigsten Glukocorticoide im menschlichen Körper und ist an der Regulierung zahlreicher basaler metabolischer, immunologischer und zentralnervöser Prozesse beteiligt (deKloet et al., 1998; Miller et al., 2007; Sapolsky, 2004). Ebenso befähigt es den Organismus in Gefahrensituationen durch kurzfristige Mo-

bilisierung von Energiereserven und Hemmung der Langzeit-Energiespeicherung auf interne und externe Anforderungen adäquat zu reagieren. Cortisol ist das Endprodukt der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse. Die HPA-Achse ist ein wichtiges Kontroll- und Regulationssystem, das das zentrale Nervensystem und das Hormonsystem miteinander verbindet (Sapolsky, 2004; Kudielka & Kirschbaum, 2005). Sie gilt neben der Sympathikus-Nebennierenmark-Achse als das zentrale neuroendokrine Stresssystem des Körpers (siehe hier zu Studie II, Abschnitt 3.1.1). Cortisol wird über einen komplexen Regelkreislauf von der Nebennierenrinde ausgeschüttet (eine ausführliche Darstellung siehe z.B. Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Durch Impulse aus dem Neocortex, dem limbischen System und Strukturen des Hypothalamus und des Hirnstamms werden parvozellulären Neuronen im paraventriculären Kern des Hypothalamus stimuliert und das Corticotropin-Releasing-Hormon (CRH) freigesetzt. Dieses gelangt über das hypothalamische-hypophysäre Pfortadersystem in den Hypophysenvorderlappen (Adenohypophyse) und veranlasst dort die Ausschüttung des Adrenocorticotropen Hormons (ACTH) in den Blutkreislauf (Elenkov & Chrousos, 2006; Miller et al., 2007). Das ACTH wandert zur Nebennierenrinde und löst dort in der Zona fasciculata und Zona reticulata die Synthese und Freisetzung der Glucocorticoide und des Steroidhormons Cortisol aus (z.B. Kirschbaum & Hellhammer, 1999; Miller & O'Callaghan, 2002). 90 bis 95% des freigesetzten Cortisols binden sich in der Blutbahn an Proteine, wie Globulin oder Albumin. Die verbleibenden 5 bis 10% des Cortisol sind im Blut frei zirkulierend und biologisch aktiv (Kirschbaum & Hellhammer, 1989 und 1999). Sofern nicht anders erwähnt, werden im Folgenden immer Konzentrationen von ungebundenem Cortisol berichtet. Aufgrund seiner lipophilen Eigenschaft und geringen Molekularmasse kann Cortisol durch die Membranen fast aller Körperzellen diffundieren und die Blut-Hirn-Schranke passieren (Kirschbaum, 1991; Kirschbaum & Hellhammer, 1999). Freies, ungebundenes Cortisol ist daher auch in allen Körperflüssigkeiten nachweisbar. Zur Bestimmung der HPA-Achsen-Aktivität wurde häufig aufgrund der vergleichsweise einfachen Gewinnung das freie Cortisol im Speichel herangezogen. In zahlreichen Studien wurden hohe Übereinstimmungen zwischen salivärem Cortisol und dem ungebundenen Cortisol im Blut dokumentiert (Kirschbaum & Hellhammer, 1989, 1994 & 2000; Poll et al., 2007). Die Bestimmung von CRH und ACTH-Konzentrationen ist hingegen mit wesentlich mehr Aufwand verbunden. So kann der CRH-Gehalt bisher nur über die cerebrospinale Flüssigkeit, die ACTH-Konzentration ausschließlich über das Blut erfasst werden.

Zur Sicherung der körpereigenen Homöostase wird die HPA-Achsen-Aktivität und Cortisolsekretion über komplexe negative Rückkoppelungsmechanismen in den Hippocampus, Hypothalamus und die Hypophyse kontrolliert. Auf diese Weise wird eine dauer-

hafte Überaktivierung des HPA-Achsen-Systems verhindert (eine ausführliche Darstellung siehe deKloet et al., 1998; Kirschbaum & Hellhammer, 1999; Sapolsky, 2004). Die tonische bzw. basale Aktivität der HPA-Achse wird dabei vornehmlich durch sehr cortisol-affine Mineralocorticoid-Rezeptoren, die überwiegend im Hippocampus zu finden sind, reguliert (deKloet et al., 1998; Kirschbaum & Hellhammer, 1999; Young et al., 1998). Im Gegensatz dazu reagieren Glukocorticoid-Rezeptoren aufgrund ihrer geringeren Affinität sensitiv auf sehr hohe Cortisolkonzentrationen, wie sie in Folge einer Stressinduktion oder bei der Aufwachreaktion (siehe hierzu Abschnitt 2.1.2) auftreten können, und hemmen die weitere Cortisolfreisetzung (deKloet et al., 1998; Kirschbaum & Hellhammer, 1999).

### **2.1.2 Circadiane Rhythmik der HPA-Achse und die Cortisol-Aufwachreaktion**

CRH, ACTH und Cortisol werden nicht kontinuierlich, sondern in pulsatilen Salven, d.h. in regelmäßigen, voneinander abgrenzbaren Sekretionsperioden über den Tag freigesetzt (Kirschbaum & Hellhammer 1989; Kirschbaum, 1991). Dabei wird die circadiane Periodik der HPA-Achsen-Aktivität, bzw. ihrer Hormone überwiegend durch den Nucleus suprachiasmaticus im Hypothalamus in Abhängigkeit sogenannter Zeitgeber, wie dem Schlaf-Wach-Zyklus oder der Licht-Dunkelheit-Stimulation bestimmt. Maximale Cortisol-Pulsamplituden treten in den frühen Morgenstunden auf; diese nehmen über den Tag hin ab. Gegen Mitternacht ist der Cortisolspiegel am niedrigsten (Herman et al., 2003; Kirschbaum & Hellhammer, 1989 & 1999).

Bei gesunden Personen tritt in den ersten 30 bis 45 Minuten nach dem Erwachen ein deutlicher Anstieg der Cortisolkonzentrationen zwischen 50 und 100% auf (Born et al., 1999; Clow et al., 2004; Fries et al., in press; Pruessner et al., 1997; Späth-Schwalbe et al., 1992; Wüst et al., 2000b). Diese sogenannte Cortisol-Aufwachreaktion kann in natürlichem Umfeld bei circa 75% der Personen nach dem Erwachen beobachtet werden (Kaspers & Scholz, 2004; Wüst et al., 2000b) und unterscheidet sich in ihrer Profilstalt wenig in Abhängigkeit des Alters. Sowohl bei Kindern wie auch bei alten Personen zeigt sich der morgendliche Cortisolanstieg nach dem Aufwachen in vergleichbarer Weise (Kudielka et al., 2000a; Kudielka et al., 1999; Oskis et al., 2008; Prüssner et al., 1997; Wüst et al., 2000b). Bisherige Studien ergaben, dass die deutliche Erhöhung der Cortisolkonzentration zumindest teilweise eine direkte Reaktion auf das morgendliche Erwachen darstellt und in Folge des Übergangs vom nächtlichen Schlaf hin zum Wachzustand auftritt (Born et al., 1999; Prüssner et al., 1997; Späth-Schwalbe et al., 1992). Wilhelm und Kollegen (2007)

konnten in einer Untersuchung im Schlaflabor nachweisen, dass sich die rapide Zunahme der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen von dem circadianen Anstieg der HPA-Achsen-Aktivität in den frühen Morgenstunden zuvor abgrenzen lässt und nur partiell durch diese circadiane Rhythmik bestimmt wird. So steigt die Cortisolausschüttung unmittelbar nach dem Erwachen sprunghaft und viel stärker an als im Zeitraum zwei bis fünf Stunden zuvor. Weder nach kürzeren Schlafperioden über Tag (Federenko et al., 2004a) noch bei Unterbrechungen des nächtlichen Schlafes (Dettenborn et al., 2007) konnten ähnlich starke Cortisolreaktionen beobachtet werden. Die Cortisol-Aufwachreaktion scheint nicht Folge direkten Aufstehens und körperlicher Aktivität nach dem Erwachen zu sein (Hucklebridge et al., 2002; Prüssner et al., 1997). Ebenso ist der morgendliche Cortisolanstieg unbeeinflusst davon, ob eine Person natürlich aufwacht oder geweckt wird (Prüssner et al., 1997; Wüst et al., 2000b). Allerdings kann das Wissen um die Aufwachzeit am Vorabend einen deutlichen Anstieg der Cortisolproduktion circa eine Stunde vor dem Aufwachen stimulieren, wie Born und Kollegen (1999) in einer Studie zeigen konnten.

Aus physiologischer Sicht ist die Bedeutung der Cortisol-Morgenreaktion noch nicht zufriedenstellend geklärt (Fries et al., in press). Diskutiert wird, inwiefern die starke Erhöhung der Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen dem Organismus Energiereserven für den Übergang von Schlaf hin zum Wachzustand zur Verfügung stellt (Prüssner et al., 1997). Erste Studien konnten allerdings keinen Zusammenhang zwischen den Plasma-Glukose-Konzentrationen und dem morgendlichen Cortisolanstieg nach dem Erwachen finden (Hucklebridge et al., 1999). Auch wirkt sich die Stärke der Cortisol-Aufwachreaktion nicht auf die weitere circadiane Cortisolproduktion über den Tag aus (Clow et al., 2004). Lediglich die ausgeschüttete Cortisolmenge in der ersten Stunde nach dem Erwachen scheint moderat positiv mit der durchschnittlichen Cortisolkonzentration über den Tag zusammenzuhängen (Edwards et al., 2001b; Bernhardt, 2007). Es gibt Hinweise, dass die sprunghafte Cortisolerhöhung am Morgen das Immunsystem bei der Umstellung von Nacht- zu Tagaktivität unterstützt, ausführliche Untersuchungen hierzu stehen allerdings noch aus (Clow et al., 2004; Hucklebridge et al., 1999).

### **2.1.3 Interindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung**

Bisher existieren keine etablierten Normdaten für die Cortisol-Aufwachreaktion. Zwar wurden in einigen Studien basale Cortisol-Speichelwerte am Morgen und über den Tag von gesunden Erwachsenen publiziert, diese variieren allerdings sowohl innerhalb wie auch zwischen den Studien sehr (Bernhardt, 2007; Clow et al., 2004; Kirschbaum & Hell-



hammer, 1989; Patel et al., 2004; Wüst et al., 2000b; für Kinder und Jugendliche siehe Kelly et al., 2008; Rosmalen et al., 2005). So konnten sowohl hinsichtlich dynamischer Aspekte der Profilstadt, z.B. dem absoluten oder mittleren Cortisolanstieg<sup>1</sup>, wie auch in Bezug auf die Menge an ausgeschüttetem Cortisol in der ersten Stunde nach dem Erwachen große Unterschiede zwischen Personen beobachtet werden. Clow und Kollegen (2004) verglichen von 1000 gesunden Personen aus insgesamt zwölf Studien die durchschnittlichen Cortisolkonzentrationen in der ersten Stunde nach dem Erwachen. Dabei ergaben sich in Untersuchungen zum Zeitpunkt des Erwachens Cortisolwerte zwischen 4.7 und 18.5nmol/l (MW =  $11.6 \pm 4.6$ nmol/l); 30 Minuten später lagen die Werte zwischen 8.6 und 29.1nmol/l (MW =  $20.0 \pm 5.9$ nmol/l). Prozentual stiegen die Cortisolkonzentrationen in den ersten 30 Minuten nach dem Aufwachen um 53 bis 156% (MW =  $91.4 \pm 42.4\%$ ). In absoluten Zahlen lagen die Cortisolerhöhungen zwischen 3.9 und 15.0nmol/l (MW =  $9.3 \pm 3.1$ nmol/l). Bernhardt (2007) konnte in einer Stichprobe von 432 Arbeitnehmern aus dem Dienstleistungsgewerbe beim Erwachen gemittelt über zwei bzw. drei Tage Cortisolwerte von 0.2 bis 54.1nmol/l (MW =  $15.3 \pm 8.2$ nmol/l) sowie 30 Minuten später zwischen 1.7 und 68.5nmol/l (MW =  $24.8 \pm 12.9$ nmol/l) beobachten. Der durchschnittliche Cortisolanstieg zwischen der ersten und zweiten Morgenmessung lag bei  $9.5 \pm 11.6$ nmol/l, die Werte reichten dabei von -30.3 bis 51.8nmol/l. Vergleichbare Messwerte fanden Wüst und Kollegen (2000b) bei einer Reanalyse der Daten von insgesamt 509 gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 71 Jahren aus vier Studien. Hier ergaben sich zum Zeitpunkt des Erwachens über zwei Tage gemittelte Cortisolwerte zwischen 1.4 und 44.8nmol/l bei einer durchschnittlichen Cortisolkonzentration von  $15.1 \pm 6.3$ nmol/l. 30 Minuten danach traten im Speichel Cortisolwerte zwischen 1.0 und 60.3nmol/l bei einem Mittelwert von  $23.0 \pm 9.1$  nmol/l auf. Der mittlere Cortisolanstieg (berechnet aus dem Mittelwert der Cortisolkonzentrationen 30, 45 und 60 Minuten nach dem Erwachen abzüglich des Cortisolwertes zum Zeitpunkt des Erwachens) über die zwei Tage betrug  $6.8 \pm 8.3$ nmol/l bei einer Spanne zwischen -24.3 und 43.4nmol/l. Dabei konnte bei 76.8% der Personen eine mittlere Cortisolerhöhung um mindestens 2.5nmol/l in der ersten Stunde nach dem Erwachen beobachtet werden. Die verbleibenden 23.2% zeigten keinen typischen Anstieg der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen. Carlsson und Kollegen (2006) konnte in einer Stichprobe von 142 Männern und Frauen zwischen 22 und 57 Jahren an drei Arbeitstagen bei je 19% bis 22.5% der Personen einen Abfall der Cortisolkonzentrationen um durchschnittlich  $-11.3 \pm 31.0$ nmol/l in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen beobachten. An einem arbeitsfreien Tag wie-

<sup>1</sup> Auf eine ausführliche Darstellung der Quantifizierungsmöglichkeiten der Cortisolwerten wird hier verzichtet (ausführliche Zusammenfassungen siehe Baus, 2007, Bernhardt, 2007 und Fededulegn et al., 2007).

sen sogar 38.0% der Personen eine negative Cortisol-Aufwachreaktion auf. 23.9% der Personen zeigten an allen Tagen eine Zunahme der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen; 1.4% der Stichprobe wiesen an allen vier Tagen einen Abfall der Cortisolkonzentration in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen auf. Bei den übrigen Personen waren sowohl negative wie auch positive Cortisol-Aufwachreaktionen zu beobachten. Die Autoren räumen ein, dass die Nicht-Einhaltung des Messprotokolls teilweise, jedoch nicht ausschließlich den fehlenden Cortisolanstieg nach dem Erwachen bei einigen Personen erklären könnte.

Werden im Durchschnitt in den Studien vergleichbare Speichel-Cortisolwerte in den ersten 30 bis 60 Minuten nach dem Erwachen gemessen, treten sowohl innerhalb wie auch zwischen den Studien große Streuungen der Werte auf, selbst wenn diese pro Person über mehrere Tage gemittelt wurden, um situative Einflussfaktoren zu kontrollieren. Aufgrund fehlender Normwerte kann bisher nicht darüber geurteilt werden, inwiefern diese interindividuellen Schwankungen im Normalbereich liegen und ab welcher Messwertgrenze Unregelmäßigkeiten in der morgendlichen Cortisolkonzentration vorliegen.

#### **2.1.4 Mögliche Einflussfaktoren und Determinanten der morgendlichen Cortisolausschüttung**

In vielen Studien wurden mögliche Einflussfaktoren zur Erklärung der interindividuellen Variabilität in der Cortisol-Aufwachreaktion untersucht. Dabei wurden neben methodischen Aspekten der Cortisolerfassung psychosoziale Faktoren und pathologische Mechanismen bis hin zu manifesten Störungen und Erkrankungen, die mit einer veränderten HPA-Achsen-Aktivität in Verbindung gebracht werden können, als mögliche Ursachen diskutiert. Im Folgenden werden die wichtigsten Einflussfaktoren genannt und die empirischen Befunde zusammengefasst. Dabei wird besonders auf diejenigen Determinanten eingegangen, die für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind. An gegebener Stelle wird auf umfassende Überblicksarbeiten verwiesen (z.B. Baus 2007; Bernhardt, 2007; Fries et al., in press; Kudielka & Wüst, 2008).

*Messmethodische Aspekte.* Teilweise können fehlerhaft durchgeführte Cortisolmessungen und/oder nicht eingehaltene Messprotokolle für die großen Schwankungen in den Cortisol-Morgenwerten zwischen Personen verantwortlich gemacht werden (siehe hierzu Clow et al., 2004 sowie Hansen et al., 2008). Gerade in der ersten Stunde nach dem Erwachen können zeitliche Abweichungen der Messungen die Cortisolwerte deutlich beeinflussen. Zur Überwachung der korrekten Entnahme der Speichelproben werden daher in Feldstudien häufig elektronische Compliance-Monitore eingesetzt, die die Uhrzeit

der Probenentnahme aufzeichnen. So können die Messintervalle in Relation zur Aufwachzeit berechnet werden. In einigen Studien konnten signifikant geringere morgendliche Cortisolkonzentrationen und ein flacherer Cortisolanstieg bei verfrühter oder verspäteter Probenentnahme um mehr als 10 bis 15 Minuten zum vorgegebenen Zeitpunkt nachgewiesen werden (Broderick et al., 2004; Kudielka et al., 2003; Kudielka et al., 2007b; Steptoe et al., 2005b; Wright & Steptoe, 2005). Bernhardt (2007) konnte hingegen keine Unterschiede in den Cortisol-Einzelwerten nach dem Erwachen und 30 Minuten später in Abhängigkeit der Einhaltung des Messprotokolls finden. Auch war bei Personen, die früher als 20 Minuten oder später als 40 Minuten nach dem Erwachen ihre zweite Messung durchführten, nicht seltener eine Cortisol-Aufwachreaktion zu beobachten als bei Personen, die ihre zweite Probenentnahme zeitlich korrekt durchführten. In einer aktuellen Studie konnten Dockray und Kollegen (2008) zum ersten Mal zeigen, dass der Cortisol-Aufwachwert nicht beeinflusst wird, wenn die erste Messung innerhalb von 15 Minuten nach dem Erwachen durchgeführt wird<sup>2</sup>. Hingegen wiesen Personen, die ihre erste Speichelprobe später als 15 Minuten nach dem Aufwachen vornahmen, signifikant höherer Cortisolwerte auf. Auch zeigten nicht mehr oder weniger Personen eine typische Cortisol-Aufwachreaktion, wenn sie direkt nach dem Aufwachen oder innerhalb der nächsten 15 Minuten ihre erste Messung durchführten. So war bei 15% der Personen trotz Einhaltung des Messprotokolls kein Anstieg der Cortisolausschüttung in der ersten halben Stunde zu beobachten. Ein fehlender Anstieg der Cortisolkonzentration in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen ist nach diesen Befunden nicht ausschließlich durch zeitlich nicht exakt durchgeführte Messungen zu erklären.

***Aufwachzeit, Schlafdauer und -qualität.*** Inwieweit sich die Aufwachzeit auf die Cortisol-Aufwachreaktion auswirkt, ist nach wie vor umstritten. Mehrere Studien finden keinen systematischen Zusammenhang zwischen der Aufwachzeit und der morgendlichen Cortisolausschüttung bzw. dem Cortisolanstieg nach dem Erwachen (Baus, 2007; Bernhardt et al., 2007; Hucklebridge et al., 1999; Kunz-Ebrecht et al., 2004b; Prüssner et al., 1997; Schlotz et al., 2004; Wüst et al., 2000b). Edwards und Kollegen (2001a) sowie Thorn und Kollegen (2006) konnten hingegen einen negativen Einfluss der Aufwachzeit sowohl auf die ausgeschüttete Cortisolmenge wie auch auf den Cortisolanstieg nachweisen. Je früher die Personen aufstanden, desto höher waren die Cortisolkonzentrationen und desto stärker die Cortisolzunahmen in der ersten Stunde nach dem Erwachen. Wüst und Kollegen (2000b) argumentieren, dass das Aufwachen in bestimmten Zeitfenstern eine Auswirkung auf die morgendliche Cortisolausschüttung hat. So wiesen in einer Stu-

---

<sup>2</sup> Der Zeitpunkt des Erwachens wurde in der vorliegenden Untersuchung mit Hilfe eines Actigraphen bestimmt, den die Probanden über Nacht am Handgelenk trugen.

die mit Krankenschwestern, die zwischen 4:00 und 5:00 Uhr aufstanden, erhöhte Cortisol-Aufwachreaktionen auf, andere, die zwischen 11:30 und 14:30 Uhr erwachten, hatten hingegen niedrigere Cortisol-Aufwachreaktionen (Federenko et al., 2004a).

Die Schlafdauer in der Nacht zuvor scheint keine oder nur sehr geringe Auswirkungen auf die Cortisolausschüttung nach dem Erwachen zu haben (Federenko et al., 2004a; Prüssner et al., 1997; Wüst et al., 2000b). So konnten Wüst und Kollegen (2000b) zwar einen schwach negativen Zusammenhang zwischen der Schlafdauer und dem mittleren Morgenanstieg finden. Dieser Effekt erklärte allerdings nur ein Prozent der Variabilität in der Cortisol-Aufwachreaktion und ist daher vernachlässigbar. Backhaus und Kollegen (2004) konnten bei Patienten mit Schlafstörungen signifikant niedrigere Cortisolwerte nach dem Erwachen nachweisen. Bei gesunden Personen scheinen Unterbrechungen des nächtlichen Schlafes jedoch keine Auswirkungen auf die Cortisol-Aufwachreaktion zu haben (Dettenborn et al., 2007; Hucklebridge et al., 2000). Waren Personen in der Nacht allerdings einem kontinuierlichen Geräuschpegel zwischen 40 und 50dB ausgesetzt, wiesen sie am nächsten Morgen einen geringen Cortisolanstieg auf als bei ungestörter Nachtruhe (Waye et al., 2003). Der Einfluss von Licht 30 Minuten vor dem Erwachen führt zu einer höheren absolut ausgeschütteten Cortisolmenge, nicht jedoch zu einem stärkeren Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen (Thorn et al., 2004).

***Geschlecht, Menstruationszyklus und Einnahme oraler Kontrazeptiva.*** Die Datenlage hinsichtlich eines geschlechtsspezifischen Einflusses auf die morgendliche Cortisolausschüttung ist inkonsistent. In manchen Studien konnten bei Frauen sowohl vor wie auch nach der Menopause stärkere Zunahmen der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen beobachtet werden als bei Männern (z.B. Prüssner et al., 1997; Steptoe et al., 2004a; Wright & Steptoe, 2005; Wüst et al., 2000b). Die gefundenen geschlechtsspezifischen Effekte waren jedoch sehr klein (Prüssner et al., 1997; Wüst et al., 2000b). Andere Untersuchungen konnten keine Unterschiede in der Cortisol-Aufwachreaktion zwischen Männern und Frauen finden (z.B. Kudielka & Kirschbaum, 2003; Kirschbaum et al., 1999). In einer aktuellen Studie mit über 640 Jugendlichen im Alter zwischen 15 und 17 Jahren unterschieden sich Jungen und Mädchen nicht bedeutend in ihren Cortisol-Aufwachreaktionen (Bouma et al., in press). Kein Zusammenhang zeigt sich bei Frauen zwischen dem Menstruationszyklus und der Cortisol-Aufwachreaktion (Kudielka & Kirschbaum, 2003). Während in einigen Studien (Bernhardt, 2007; Kirschbaum et al., 1999, Wüst et al., 2000b) keine Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva beobachtet wurden, fanden Prüssner und Kollegen (1997; 1999) bei Frauen, die orale Kontrazeptiva einnahmen, geringere Cortisolwerte und einen geringeren Anstieg der Cortisol-

konzentration nach dem Erwachen. Allerdings war auch hier der Effekt sehr gering und die Varianzaufklärung lag unter fünf Prozent. Bouma und Kollegen (in press) fanden bei Mädchen, die orale Kontrazeptiva einnahmen, geringfügig schwächere Cortisol-Aufwachreaktionen. Das Geschlecht, der Menstruationszyklus sowie die Einnahme oraler Kontrazeptiva beeinflussen demnach die morgendliche Cortisolausschüttung kaum (Fries et al., in press).

**Raucherstatus.** Das Rauchen nikotinhaltiger Zigaretten kann zu einer akuten Erhöhung der HPA-Achsen-Aktivität und der Cortisolausschüttung führen (Kirschbaum et al., 1992a; Mendelson et al., 2005; für eine ausführliche Darstellung siehe Kapoor & Jones, 2005; Rohleder & Kirschbaum, 2006 sowie Tziomalos & Charsoulis, 2004). Nicht geklärt ist, ob und inwieweit sich die basale HPA-Achsen-Aktivität bei Rauchern in Folge des regelmäßigen Nikotinkonsums verändert (siehe Rohleder & Kirschbaum, 2006; Tziomalos & Charsoulis, 2004). Badrick und Kollegen (2007) fanden in einer Stichprobe von 4.231 Arbeitnehmern bei Rauchern höhere durchschnittliche Cortisolkonzentrationen am Morgen nach dem Erwachen und über den Tag als bei Nichtrauchern oder ehemaligen Rauchern. Auch wiesen Raucher eine signifikant stärkere Zunahme des Cortisolspiegels in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen auf als Nichtraucher. Die Effektstärken lagen allerdings zwischen .15 und .28 und waren eher mäßig. Zwischen der Anzahl gerauchter Zigaretten und der Cortisolausschüttung zeigten sich keine linearen Zusammenhänge im Sinne einer Dosis-Wirkungs-Beziehung. Auch Steptoe und Ussher (2006) konnten bei Rauchern sowohl an einem Arbeitstag wie auch am Wochenende höhere Cortisolkonzentrationen am Morgen und über den Tag sowie eine stärkere Cortisol-Aufwachreaktion beobachten. Allerdings wurden in dieser Studie nur 15 Raucher gegenüber 152 Nichtrauchern untersucht. Eine sechswöchige Zigarettenabstinenz führte bereits am ersten Tag zu einer deutlichen Senkung der Cortisolkonzentration am Tag (Steptoe & Ussher, 2006). Hier wurde allerdings nicht die morgendliche Cortisolausschüttung erfasst. In anderen Studien konnten keine Unterschiede zwischen Rauchern und Nichtrauchern in der Cortisol-Aufwachreaktion (z.B. Edwards et al., 2001a; Prüssner et al., 1997) oder eine verminderte morgendliche Cortisolaktivität (Bernhardt, 2007; Wüst et al., 2000b) beobachtet werden.

**Übergewicht.** Ein erhöhter Body-Mass-Index (BMI) und/oder Taillen-Hüft-Umfang (auch Waist-to-Hip-Ratio genannt; WHR) gelten als Risikofaktoren für metabolische und kardiovaskuläre Erkrankungen (siehe z.B. Rosmond, 2005). Übergewicht und abdominale Fettleibigkeit wurden häufig mit Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität in Zusammenhang gebracht (Chrousos, 2000c). So sind bei Patienten mit Hypercortisolismus in Folge des Cushing-Syndroms oder durch übermäßige Cortisongabe häufig eine deutliche

Zunahme des Gewichts und eine abdominale Adipositas zu beobachten. Allerdings ist bisher unklar, ob Dysregulationen der basalen HPA-Achsen-Aktivität Ursache oder Folge von Fettleibigkeit sind und welche Bedeutung das Steroidhormon Cortisol dabei innehat (eine ausführliche Darstellung hierzu siehe Chrousos, 2000c; Nieuwenhuizen & Rutters, 2008 sowie Björntorp, 2001; Björntorp & Rosmond, 2000). Untersuchungen der morgendlichen Cortisolkonzentrationen und der Aufwachreaktion in Zusammenhang mit Fettleibigkeit erbrachten inkonsistente Ergebnisse. So konnten einige Studien bei Männern mittleren Alters einen moderat positiven Zusammenhang zwischen dem WHR und dem Cortisolanstieg nach dem Erwachen nachweisen (Step toe et al., 2004b; Therrien et al., 2007; Wallerius et al., 2003). Bei Frauen hing die Cortisol-Aufwachreaktion hingegen nicht mit dem Taillen-Hüft-Umfang zusammen (Step toe et al., 2004b; Therrien et al., 2007). In einer Untersuchung von Laedrach-Hofmann und Kollegen (2000) hingen WHR und die durchschnittliche morgendliche Cortisolkonzentration bei Männern und Frauen negativ zusammen. Zwischen dem BMI und der Cortisolausschüttung zeigte sich nicht immer ein signifikanter Zusammenhang (Laederach-Hofmann et al., 2000; Step toe et al., 2004b). Daniel und Kollegen (2006) sowie Ranjit und Kollegen (2005) konnten bei übergewichtigen Frauen, beurteilt nach ihrem BMI, einen weniger starken Abfall der Cortisolkonzentrationen vom Morgen hin zum Nachmittag beobachten. Andere Studien fanden keine statistisch bedeutsamen Beziehungen zwischen beiden anthropometrischen Maßen für Übergewicht und der morgendlichen Cortisolausschüttung sowie dem Cortisolanstieg nach dem Erwachen (Bernhardt, 2007; Patel et al., 2004).

***Chronische Belastung, Stresserleben und Erschöpfung.*** In vielen Studien wurde eine erhöhte Sensitivität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität auf länger andauernde Belastungsphasen oder empfundenen chronischen (Arbeits-)Stress nachgewiesen (eine ausführliche Darstellung siehe Miller et al., 2007). Ockenfels und Kollegen (1995) konnten bei arbeitslosen Personen höhere Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen feststellen als bei Angestellten. Personen, die einen demenzerkrankten Angehörigen pflegten, wiesen nach dem Erwachen ebenfalls einen höheren Cortisolspiegel auf als Kontrollpersonen. Die Cortisolzunahme in den ersten 30 Minuten war bei ihnen hingegen weniger stark ausgeprägt (de Vugt et al., 2005). In einer Längsschnittstudie von Step toe und Kollegen (2005b) wurde unter Kontrolle der Ausgangswerte bei Männern, die nach drei Jahren eine Verbesserung ihrer finanziellen Situation berichteten, eine geringere Cortisol-Aufwachreaktion beobachtet als bei männlichen Probanden, die keine oder eine Verschlechterung ihrer finanziellen Lage aufwiesen. Allerdings zeigten sich keine linearen Zusammenhänge zwischen Veränderungen der finanziellen Situation und der Cortisol-Aufwachreaktionen zwischen den zwei Messzeitpunkten. Bei hoher subjektiver Arbeitsbe-

lastung wurden in mehreren Studien erhöhte morgendliche Cortisolkonzentrationen sowie eine stärkere Cortisolzunahme nach dem Erwachen beobachtet (z.B. Eller et al., 2006; Kunz-Ebrecht et al., 2004a; Lundberg & Helström et al., 2002; Schlotz et al., 2004; Schulz et al., 1998; Steptoe et al., 2004a; Steptoe et al., 2000). Auch weisen Arbeitnehmer unter Konstanthaltung möglicher Einflussfaktoren, wie Aufwachzeit und Schlafdauer, an Werktagen stärkere Cortisol-Aufwachreaktionen und eine höhere durchschnittliche Cortisolausschüttung nach dem Erwachen auf als am Wochenende (Kunz-Ebrecht et al., 2004b; Schlotz et al., 2004; Thorn et al., 2006; Thorn et al., 2004).

Inwiefern die allgemeine Stresswahrnehmung und das Ausmaß an berichteter Erschöpfung mit der morgendlichen Cortisolausschüttung zusammenhängt, ist bisher noch nicht eindeutig geklärt (eine ausführliche Darstellung siehe Hjortskov et al., 2004 sowie Kudielka et al., 2006b). Prüssner, Hellhammer und Kirschbaum (1999) konnten bei Lehrern keinen Zusammenhang zwischen der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen und dem subjektiven Stresserleben finden. Allerdings hatten Personen, die hohe Burnout-Werte aufwiesen, signifikant niedrigere Cortisolkonzentrationen in der ersten Stunde nach dem Erwachen. Bellingrath, Weigl und Kudielka (2008) fanden bei Lehrern hingegen keine Zusammenhänge zwischen Burnout – ein Zustand, der sich unter anderem durch ein hohes Ausmaß an Erschöpfung auszeichnet – und der basalen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen und über den Tag. In anderen Studien wurden erhöhte morgendliche Cortisolkonzentrationen bei Personen mit hohen Burnout-Werten beobachtet (z.B. de Vente et al., 2003; Grossi et al., 2005). Ter Wolbeek und Kollegen (2007) fanden bei weiblichen Jugendlichen keine Unterschiede in der Cortisol-Aufwachreaktion in Abhängigkeit der berichteten Erschöpfung.

Neben messmethodischen Unterschieden in den Studien (Hjortskov et al., 2004; Kudielka et al., 2006b) können die Qualität und der Schweregrad des einwirkenden Stressors sowie individuelle Charakteristika der Person – wie Stresserleben, genetische Disposition oder bisherige Stresserfahrung – für die widersprüchlichen Ergebnisse verantwortlich sein (Heim et al., 2000a; Miller et al., 2007). Auch kann die Zeitdauer der Belastung eine Auswirkung auf Aktivität der HPA-Achse haben. So wird in der Literatur diskutiert, inwieweit eine über längere Zeit andauernde Überfunktion der HPA-Achse in Folge einer chronischen Belastung langfristig eine Verminderung der HPA-Achsen-Aktivität zur Folge hat und in einen sogenannten Hypocortisolismus mündet (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000a; Miller et al. 2007; eine genauere Erläuterung hierzu siehe Studie II, Abschnitt 3.1.1.3).

**Psychische Beschwerden und Störungen.** Viele Studien deuten darauf hin, dass bei circa 40 bis 60% der Patienten mit einer depressiven Störung veränderte Feedbackmecha-

nismen sowie Dysregulationen in der basalen HPA-Achsen-Aktivität vorliegen (umfassende Darstellungen siehe Bale, 2006; Holsboer, 2001; Ströhle & Holsboer, 2003; Varghese et al., 2001). In Zusammenhang mit einer majoren Depression wurde häufig eine gesteigerte Cortisol-Aufwachreaktion sowie ein erhöhter Cortisolspiegel über den Tag beobachtet (z.B. Bhagwagar et al. 2005; Posener et al., 2004). Dies könnte möglicherweise die Folge einer hyperaktiven Nebennierenrinde sein. So konnte in einigen Untersuchungen ein vergrößertes Volumen der Nebennierenrinde sowohl bei jugendlichen wie auch bei erwachsenen Patienten mit einer majoren Depression nachgewiesen werden (Krishnan et al., 1991; MacMaster et al., 2008; MacMaster & Kusumakar, 2004; Rubin et al., 1995). Die Befunde einer gesteigerten Cortisolproduktion in Zusammenhang mit einer depressiven Störung sind allerdings nicht eindeutig. Stetler und Miller (2006) fanden bei Frauen mit einer milden bis moderaten depressiven Störung geringere Cortisolzunahmen nach dem Erwachen im Vergleich zu gesunden Personen. Ebenso wiesen Patienten mit einer majoren Depression in einer Untersuchung von Huber und Kollegen (2006) eine geringere Aufwachreaktion auf als eine Patientengruppe mit anderen psychischen Störungen. Manche Studien konnten keine Veränderungen der basalen Cortisolausschüttung am Morgen und über den Tag bei depressiven Patienten im Vergleich zu einer Kontrollgruppe finden (z.B. Peeters et al., 2003; Peeters et al., 2004; Young et al., 2000). Nach Gold und Chrousos (2002) sind verschiedene Subtypen der depressiven Störung für die unterschiedlichen Befunde verantwortlich. So geht ihrer Meinung nach eine majore Depression vom melancholischen Typus, bei der Symptome wie Schlaflosigkeit, morgendliches Stimmungstief und verminderter Appetit vermehrt auftreten, mit einer gesteigerten Cortisolausschüttung einher. Patienten mit einer atypischen Depression, bei denen überwiegend Symptome wie Müdigkeit, Lethargie und abendliche Stimmungstiefs zu beobachten sind, weisen hingegen eine verminderte HPA-Achsen-Aktivität und geringere Cortisolspiegel auf. Einige Studien konnten innerhalb eines Tages bei Patienten mit majorer Depression stärkere Schwankungen in der Cortisolausschüttung nachweisen (Peeters et al., 2004; Posener et al., 2004). So waren die Autokorrelationen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Cortisolmessungen im Abstand von 90 Minuten bei Patienten wesentlich geringer als bei gesunden Kontrollpersonen; in den absoluten Cortisolkonzentrationen zeigten sich jedoch keine Unterschiede (Peeters et al., 2004). Dies deutet auf einen gestörten bzw. unterbrochenen Tagesrhythmus der Cortisolausschüttung bei Patienten mit einer depressiven Störung hin. Nicht geklärt ist, ob auftretende HPA-Achsen-Veränderungen bei depressiven Störungen ein Krankheitsmerkmal sind oder ob diese Dysregulationen bereits vor Ausbruch der Störung im Sinne eines Vulnerabilitätsfaktors vorliegen. Die Ergebnisse erster prospektiver Studien deuten darauf hin, dass eine erhöhte Cortisolausschüttung



nach dem Erwachen das Auftreten einer depressiven Störung bei Personen mit erhöhtem Risiko begünstigen (Goodyer et al., 2000; Harris et al., 2000; Mannie et al., 2007).

Mit Ausnahme der posttraumatischen Belastungsstörung scheinen Angststörungen nach bisheriger Kenntnis nicht mit einer veränderten basalen HPA-Achsen-Aktivität in Zusammenhang zu stehen. Zwar wurden bei Patienten mit einer Angststörung in einigen Studien deutliche Erhöhungen der Cortisolkonzentration in Folge einer Konfrontation mit phobischen Reizen beobachtet (siehe hierzu Studie II, Abschnitt 3.1.3.3); in der basalen Cortisolausschüttung zeigten sich jedoch in mehreren Untersuchungen keine Unterschiede im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden (Alpers et al., 2003; Condren et al., 2002; Gaab et al., 2005a).

Depressive Beschwerden und Angstsymptome bei gesunden Personen scheinen teilweise mit einer veränderten basalen Cortisolausschüttung am Morgen einherzugehen. So zeigte sich bei jungen gesunden Männern ein moderat positiver Zusammenhang zwischen dem Ausmaß an Depressivität und der Cortisol-Aufwachreaktion (Prüssner et al., 2003). Kurina und Kollegen (2004) sowie van Eck und Kollegen (1996b) konnten eine höhere Cortisolausschüttung über den Tag bei vermehrter depressiver Symptomatik und Trait-Ängstlichkeit feststellen. Adam (2006) fand hingegen bei Jugendlichen mit einer erhöhten depressiven Symptomatik geringere Cortisolkonzentrationen über den Tag. Die Trait-Ängstlichkeit zeigte keinen Zusammenhang mit der Cortisol-Aufwachreaktion oder der Cortisolausschüttung über den Tag. In anderen Studien korrelierten weder depressive Beschwerden noch die Trait-Ängstlichkeit mit der Cortisolausschüttung am Morgen oder über Tag (Bernhardt, 2007; Vedhara et al., 2003).

**Allergische Erkrankungen.** Bei vielen somatischen Erkrankungen (z.B. Stoffwechsel- oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen) konnten Veränderungen der basalen HPA-Achsen-Aktivität sowie der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion beobachtet werden (Chrousos & Gold, 2002; Kudielka & Kirschbaum, 2003; Tsigos & Chrousos, 2002, siehe hierzu auch Studie II, Abschnitt 3.1.3.3). Aufgrund der hohen Prävalenzraten allergischer Erkrankungen bei Bäckern und Konditoren (siehe z.B. Brant, 2007; Droste et al., 2003; Hornberger, 2002; Houba et al., 1998), aus denen sich die vorliegende Stichprobe zusammensetzt, wird hier auf die Bedeutung der basalen HPA-Achsen-Aktivität bei dieser Störungsgruppe näher eingegangen. Allergische Erkrankungen wie Neurodermitis, allergische Rhinitis oder allergisches Asthma sind durch chronische Entzündungsprozesse gekennzeichnet. Es wird angenommen, dass Cortisol aufgrund seiner antiinflammatorischen Wirkung ein wichtiger Mediator dieser Entzündungsreaktionen darstellt (Buske-Kirschbaum, 2006; Chrousos, 2000b; Schleimer, 2000). So kann eine geminderte HPA-Achsen-Aktivität die Anfälligkeit für entzündliche Erkrankungen und damit einhergehende

Symptome erhöhen (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000a). Es gibt Hinweise, dass die Variation der allergischen Symptomatik sowie allergierelevanter Immunparameter über den Tag in Beziehung mit der circadianen Rhythmik der Plasma-Cortisolausschüttung stehen (Chrousos, 2000b; Schleimer, 2000). In einigen Laborexperimenten konnte bei Allergikern eine gedämpfte Cortisolreaktion in Bezug auf einen Stressor in Zusammenhang mit einer Veränderung allergie-relevanter Immunparameter festgestellt werden, was die häufig beobachtete stressbedingte Verschlechterung der allergischen Symptomatik erklären könnte (siehe hierzu Studie II, Abschnitt 3.1.3.3). Die basale HPA-Achsen-Aktivität scheint bei Allergikern hingegen nicht verändert. So konnten in mehreren Untersuchungen keine Unterschiede bezüglich der Cortisol-Aufwachreaktion sowie der circadianen Cortisolausschüttung über den Tag zwischen Gesunden und Allergikern gefunden werden (Buske-Kirschbaum et al., 2002b; Buske-Kirschbaum et al., 2003b; Buske-Kirschbaum et al., 2006; Wamboldt et al., 2003).

***Genetische Disposition und frühkindliche Erfahrung.*** In moderatem Maße scheint die charakteristische morgendliche HPA-Achsen-Aktivität nach dem Erwachen durch genetische Disposition und frühkindliche Erfahrungen beeinflusst (Bartels et al., 2003a, b; Gonzalez et al., 2009; Gunnar & Vazquez, 2001; Wüst et al., 2004). In einer Zwillingsstudie von Wüst und Kollegen (2000a) wurde der Einfluss genetischer Faktoren auf die morgendliche Cortisolausschüttung auf 40 bis 48% geschätzt. Kupper und Kollegen (2005) wiesen einen genetischen Einfluss zwischen 32 und 34% auf die Cortisolkonzentrationen beim Erwachen und 30 Minuten später nach. Meindlschmidt und Heim (2005) konnten bei Studenten, die vor ihrem 14. Lebensjahr die Trennung der Eltern oder den Tod eines nahen Verwandten erleben mussten, eine signifikant geringe Cortisol-Morgenreaktion im Vergleich zu einer Kontrollgruppe beobachten.

In den vergangenen Jahren wurden mögliche Determinanten für die hohe interindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen untersucht. Während Personenfaktoren wie Alter, Geschlecht, der weibliche Menstruationszyklus oder der Raucherstatus einen eher geringen Einfluss auf die Cortisol-Aufwachreaktion haben und auch Aufwachzeit und Schlafdauer Unterschiede zwischen Personen nicht ausreichend erklären können, deuten Ergebnisse auf die Sensitivität der morgendlichen Cortisolausschüttung gegenüber chronischer Belastung sowie physiologischer Dysregulationen und manifesten Störungen hin (Kudielka & Wüst, 2008). Genetische Faktoren und frühkindliche Erfahrungen scheinen die morgendliche HPA-Achsen-Funktion in moderatem Maße zu bestimmen. Auch wenn die interindividuellen Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung bisher noch nicht zufriedenstellend geklärt wurden und entsprechende Normdaten abgeleitet werden konnten, gilt die Cortisol-Aufwach-

reaktion als reliabler Marker der HPA-Achsenreaktivität (Clow, 2004; Kudielka & Wüst, 2008; Pruessner et al., 1997; Schmidt-Reinwald et al., 1999).

### **2.1.5 Intraindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung**

Die intraindividuelle Stabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung und des Cortisolanstiegs in der ersten Stunde nach dem Erwachen variiert zwischen Studien von gering bis moderat. Zumeist wurden nur über kurze Zeiträume von zwei bis drei Tagen die Zusammenhänge der Cortisol-Einzelwerte sowie  $r$ -Parameter anhand Produkt-Moment-Korrelationen oder Spearman-Rang-Korrelationen bestimmt. Die eigentliche Cortisol-Aufwachreaktion weist dabei in der Regel eine geringere Stabilität auf als die durchschnittlichen oder absoluten Cortisolkonzentrationen in der ersten Stunde nach dem Erwachen. Wüst und Kollegen (2000b) berichten in einer Stichprobe von 509 gesunden Erwachsenen im Alter zwischen 18 und 71 Jahren zwischen zwei Messtagen bezüglich der Cortisol-Aufwachwerte sowie der Cortisolkonzentrationen 30, 45 und 60 Minuten nach dem Erwachen Korrelationen zwischen .37 und .66, wobei die Cortisolwerte zum Zeitpunkt des Erwachens am geringsten miteinander korrelierten. Die absolute Cortisolkonzentration in der ersten Stunde nach dem Erwachen, gemessen anhand der Fläche unter der Kurve, zeigte zwischen den zwei Tagen einen Zusammenhang von .63. Die mittleren Cortisolanstiege korrelierten nur mit .47 miteinander. Prüssner und Kollegen (1997) konnten in drei Studien für die absolute Cortisolausschüttung in der ersten Stunde nach dem Erwachen an drei Messtagen geringe bis moderate Zusammenhänge zwischen .39 und .67 finden. In einer Studie von Edwards und Kollegen (2001b) hingen bei 42 Personen zwischen 23 und 59 Jahren der mittlere Cortisolanstieg an zwei aufeinanderfolgenden Tagen zu .34 und die absolute Menge an ausgeschüttetem Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zu .50 zusammen. Hucklebridge, Hussain, Evans und Clow (2005) fanden in einer Stichprobe von 24 Personen zwischen 18 und 46 Jahren an zwei aufeinanderfolgenden Tagen Korrelationen der durchschnittlichen Cortisolausschüttung in Höhe von .76. Durch die Verwendung parametrischer und non-parametrischer Korrelationskoeffizienten als Maß für die Stabilität der Cortisolausschüttung kann in den berichteten Studien lediglich die Stärke des linearen Zusammenhangs der Cortisolwerte zwischen den einzelnen Tagen beurteilt werden. Zum Grad der Übereinstimmung der Cortisolraten über verschiedene Messtage kann jedoch keine Aussage gemacht werden (Altman & Bland, 1983; Bland & Altman, 1986). In neueren Studien werden daher die sogenannten Intra-Klassen-Koeffizienten (ICCs) zur Beurteilung der Stabilität herangezogen, mit deren Hilfe der Anteil der intraindividuellen Varianz zur Gesamtvarianz bestimmt werden kann (Hruschka et

al., 2005; Shrout & Fleiss, 1979). Bernhardt (2007) fand in zwei Studien von fast 500 Arbeitnehmern aus dem Dienstleistungssektor geringe bis moderate Stabilitäten der Cortisolwerte über zwei bis drei Tage zum Zeitpunkt des Erwachens (ICCs von .47 und .59), 30 Minuten später (ICCs von .37 und .69) und am Abend (ICCs von .32 und .33). Die Stabilität des absoluten Cortisolanstiegs war auch hier wesentlich geringer (ICC von .30 und .37) als die durchschnittliche Cortisolausschüttung in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen (ICCs von .50 und .78). Während in Abhängigkeit von Schichtarbeit und Raucherstatus keine Unterschiede in den Stabilitäten gefunden werden konnten, weisen Frauen in beiden Studien etwas stabilere Cortisol-Morgenwerte auf als Männer. Baus (2007) konnte in einer Stichprobe aus Schmerzpatienten und gesunden Kontrollpersonen in der Gesamtstichprobe ähnliche Stabilitätskoeffizienten über sieben Messtage ermitteln.

Die eher moderaten Stabilitäten der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität legen Schwankungen der täglichen Cortisolausschüttung innerhalb einer Person an aufeinanderfolgenden Tagen nahe. Bisher wurde allerdings in wenigen Studien Art, Ausmaß und Bedeutung der intraindividuellen Variabilität der täglichen Cortisolausschüttung zwischen verschiedenen Messtagen systematisch untersucht (Nicolson, 2007). Stalder und Kollegen (in press) konnten in einer aktuellen Einzelfallstudie bei einem 27-jährigen Mann an über 50 Messtagen deutliche Tagesschwankungen im Anstieg der Cortisolkonzentrationen in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zwischen 3.9 und 39.0nmol/l beobachten. In einer Studie von Carlsson und Kollegen (2006) wiesen 49.2% der 146 gesunden Probanden zwischen 22 und 57 Jahren an den vier Untersuchungstagen (drei Werkstage und ein Wochenendtag) sowohl zunehmende wie auch abnehmende Cortisolkonzentrationen in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen auf. Smyth und Kollegen (1997) fanden bei 31% einer Stichprobe aus 109 gesunden Männern und Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 36.7 Jahren zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messtagen unterschiedliche Cortisol-Tagesprofile, d.h. an einem Tag war eine Senkung der Cortisolausschüttung im Sinne eines circadianen Abfalls zu beobachten, am anderen Messtag war dieser Abfall nicht vorhanden oder stark verflacht. Die Cortisol-Aufwachreaktion wurde in dieser Studie nicht erfasst.

Hellhammer und Kollegen (2007) konnten an einer Stichprobe von 309 Personen zwischen 25 und 60 Jahren mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen nachweisen, dass die absolute Cortisolausschüttung in der ersten Stunde nach dem Erwachen an einem Messtag zwischen 36 und 60% durch stabile personenbezogene Merkmale bestimmt wird. Der Einfluss von Trait-Merkmalen am Cortisolanstieg beträgt an einem Messtag hingegen nur 15 bis 37%. Zwischen 61 und 82% der Varianz der Cortisol-Aufwachreaktion sind auf situative Faktoren zurückzuführen, wohingegen die absolute Cortisolausschüttung in der

ersten Stunde nach dem Erwachen zu 40 bis 63% durch situative Einflussfaktoren determiniert ist. Der Anteil unsystematischer Messfehler liegt unter 4% und ist vernachlässigbar. Die Ergebnisse sind von Geschlecht und Alter unabhängig. Nach Meinung der Autoren sind zur Erfassung eines reliablen intraindividuellen Cortisolanstiegs mindestens sechs Messtage erforderlich, für eine reliable Schätzung der Menge an ausgeschüttetem Cortisol in der ersten Stunde nach dem Erwachen sollten die morgendlichen Cortisolwerte an mindestens zwei Tagen erhoben werden. Ähnliche Ergebnisse fanden Kirschbaum und Kollegen (1990) für die Cortisolausschüttung um 8:00, 13:00, 15:00 und 20:00 Uhr.

Bisher wurde kaum untersucht, welche alltäglichen situativen Determinanten die Variabilität in der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion bei einer Person zwischen einzelnen Tagen erklären. Stalder und Kollegen (in press) konnten einen positiven Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Aufwachzeit und Veränderungen in den Cortisol-Aufwachwerten beobachten. Variationen in der Aufwachzeit konnten bis zu 38% der Variabilität der Cortisolwerte direkt nach dem Erwachen erklären. Auch scheint Alkoholkonsum am Vorabend negativ mit der Cortisol-Aufwachreaktion zusammenzuhängen. Keine Zusammenhänge wurden hinsichtlich der Schlafqualität, der Aktivität nach dem Erwachen und der Art des Erwachens (geweckt oder von selbst aufgewacht) gefunden. In einer Studie von Adam und Kollegen (2006) wurde die morgendliche Aufwachreaktion bei älteren Personen durch negative emotionale Zustände am Vortag beeinflusst. So führten Gefühle der Einsamkeit, Traurigkeit und Überforderung am Tag zuvor zu einem stärkeren Cortisolanstieg nach dem Erwachen am nächsten Morgen. Die Cortisol-Aufwachreaktion und die Gefühlszustände zeigten jedoch keine Zusammenhänge innerhalb desselben Tages. Eine Abnahme des subjektiven Erregungsniveaus 45 Minuten nach dem Erwachen im Vergleich zum Vortag steht in Zusammenhang mit einer Senkung des Cortisolanstiegs im Vergleich zum Morgen zuvor (Thorn et al., in press). Auch konnte in einigen Studien gezeigt werden, dass die Cortisolausschüttung über Tag bei höherem aktuellem negativem Affekt zunimmt (z.B. Adam, 2006; Jacobs et al., 2007). Andere Untersuchungen konnten dies jedoch nicht bestätigen (z.B. Bernhardt, 2007; Polk et al., 2005). Inwieweit ein akut stressiges Ereignis zu Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung führen kann, ist Untersuchungsgegenstand der zweiten Studie und wird hier nicht diskutiert.

Aufgrund der hohen Sensitivität der HPA-Achse auf interne und externe Stimuli (siehe hierzu Studie II, Abschnitt 3.1.2), ist die Gewinnung reliabler intraindividuellen Cortisolwerten anhand weniger Messtage erschwert (Hellhammer et al., 2007). Nicht geklärt ist bisher, inwieweit tägliche Schwankungen einen Anpassungsmechanismus der HPA-Achse an veränderte innerorganische Zustände, situative Umstände und/oder Um-

weltbedingungen darstellen oder Indikator physiologischer Dysregulationen sind. Hierzu existieren bis dato kaum Forschungsergebnisse. Hart und Kollegen (1995) konnten in einer Studie bei misshandelten Kindern geringere Tagesschwankungen als bei nicht misshandelten Kindern bei vergleichbarer mittlerer Cortisolausschüttung beobachten (siehe auch Gunnar und Vazquez, 2001). Die HPA-Achse scheint demnach in Folge erlebten Missbrauchs und Misshandlungen weniger adaptiv auf tägliche Anforderungen zu reagieren. Die Cortisol-Aufwachreaktion wurde in dieser Studie jedoch nicht explizit untersucht.

## **2.2 Zielsetzung und Fragestellung**

Studie I dient als Voruntersuchung zu Studie II. Während in Studie II überprüft wird, inwieweit die Antizipation einer persönlich relevanten Belastungssituation im weiteren Tagesverlauf Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität hervorruft, werden in der vorliegenden Studie an drei alltagstypischen Tagen ohne besondere Vorkommnisse mögliche Schwankungen der Cortisolausschüttung am Morgen und Abend in Abhängigkeit bestimmter situativer Merkmale, wie z.B. die Aufwachzeit, sowie stabiler Personenmerkmale, wie z.B. die empfundene chronische Stressbelastung, untersucht. Dabei wird zunächst überprüft, inwieweit bei auszubildenden Bäckern und Konditoren mit und ohne allergische Erkrankungen die HPA-Achsen-Aktivität durch situative und stabile Einflussfaktoren bestimmt wird. Es werden Stabilität der circadianen Cortisol-Rhythmik sowie Ausmaß der intraindividuellen Schwankungen in der Cortisolausschüttung am Morgen und Abend untersucht; darüber hinaus wird der Versuch der Identifikation von situativen sowie stabilen Determinanten der intraindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion unternommen.

Die HPA-Achse ist ein wichtiges Kontroll- und Regulationssystem, das das zentrale Nervensystem und das Hormonsystem miteinander verbindet (Sapolsky, 2004). Ihr Endprodukt, das Glukocorticoid Cortisol, ist an der Regulierung zahlreicher physiologischer Prozesse beteiligt und unterliegt in seiner Freisetzung einer bestimmten circadianen Rhythmik. Bei ca. 75% der Personen ist in den ersten 30 bis 40 Minuten nach dem Erwachen eine deutliche Erhöhung der Cortisolkonzentrationen zu beobachten (siehe Abschnitt 2.1.2). Diese so genannte Cortisol-Aufwachreaktion lässt sich von der circadianen Rhythmik abgrenzen und tritt in Folge des Übergangs von nächtlichem Schlaf hin zum Wachzustand auf (z.B. Wilhelm et al., 2007). Sie gilt als reliabes Maß der HPA-Achsen-Reaktivi-

tät (z.B. Clow et al., 2004), auch wenn ihre genaue Bedeutung noch nicht bekannt ist (z.B. Fries et al., in press). Bisher existieren noch keine allgemein gültigen und etablierten Normwerte für die Cortisol-Aufwachreaktion sowie die Cortisolausschüttung im Tagesverlauf. Sowohl innerhalb wie auch zwischen Studien wurden teilweise große interindividuelle Unterschiede in den morgendlichen Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen und über den Tag gefunden (siehe Abschnitt 2.1.3). In moderatem Maß wird die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität von genetischen Determinanten und frühkindlichen Erfahrungen geprägt (z.B. Wüst et al., 2004; Meindlschmidt & Heim, 2005). Sowohl Personenmerkmale, wie Alter, Geschlecht, der weibliche Menstruationszyklus oder der Raucherstatus, wie auch Aufwachzeit und Schlafdauer haben einen eher geringen Einfluss auf den morgendlichen Cortisolanstieg sowie die durchschnittlich ausgeschüttete Menge an Cortisol in der ersten Stunde nach dem Erwachen und können die Unterschiede zwischen Personen nicht erklären (siehe Abschnitt 2.1.4). Demgegenüber scheint die Cortisol-Aufwachreaktion unter chronischer Belastung sowie bei Vorliegen einer psychischen und/oder somatischen Störung, wie Depression oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen, verändert (z.B. Kudielka & Kirschbaum, 2003; Miller et al., 2007; Tsigos & Chrousos, 2002). In zahlreichen Studien wurde eine geringe bis moderate Stabilität der morgendlichen Cortisolzunahme sowie eine hohe Situationsabhängigkeit nachgewiesen, was die Gewinnung reliabler intraindividuelle Cortisoldaten erschwert (siehe Abschnitt 2.1.5). Art und Ausmaß täglicher Schwankungen wurden in der morgendlichen Cortisolausschüttung innerhalb einer Person kaum untersucht (Nicolson, 2007). Dass die Cortisol-Aufwachreaktion in ihrem Ausmaß deutlichen Tagesschwankungen unterliegen kann, wurde in einer aktuellen Einzelfallstudie über 50 Messtage nachgewiesen (Stalder et al., in press). Unsystematische Messfehler können die Variabilität in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität nicht zufrieden stellend erklären (Hellhammer et al., 2007). Durch welche alltäglichen situativen Determinanten die Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung bedingt werden und inwieweit Personenmerkmale die Stabilität der Cortisol-Aufwachreaktion beeinflussen, ist weitgehend unbekannt. Frauen wiesen in einer Untersuchung mit über 400 Arbeitnehmern aus dem Dienstleistungssektor etwas stabilere Cortisolwerte in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen auf als Männer (Bernhardt, 2007). In zwei Studien konnten Variationen in der Aufwachzeit, Alkoholkonsum am Vorabend sowie negative emotionale Zustände am Vortag als mögliche Ursache für tägliche Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität identifiziert werden (Adam et al., 2006; Stalder et al., in press). Inwieweit tägliche Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen eine Reaktion der HPA-Achse an veränderte innerorganische Zustände, situative Umstände und/oder Umweltbedingungen darstellen oder Indikator physiologischer Dysregulationen ist, ist bisher nicht geklärt und kaum un-

tersucht. In einer Untersuchung wurden bei misshandelten Kindern geringere Tageschwankungen in der morgendlichen Cortisolkonzentration gefunden (siehe Gunnar & Vazquez, 2001). Die HPA-Achse scheint bei diesen Kindern weniger adaptiv auf tägliche Anforderungen zu reagieren. Die Cortisol-Aufwachreaktion wurde in dieser Studie allerdings nicht analysiert. Art und Ausmaß der täglichen Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung können wichtige Informationen über die Funktionsweise des HPA-Achsen-Systems enthalten und ein Indikator für die allgemeine Dynamik und Reaktivität der HPA-Achse auf innere und äußere Anforderungen darstellen.

Ziel der vorliegenden Studie ist, bei jungen Auszubildenden des Back- und Konditoreigewerbes durch detaillierte explorative Analysen den Einfluss möglicher Personenmerkmale sowie situativer Faktoren auf die HPA-Achsen-Aktivität an drei aufeinanderfolgenden typischen Schultagen unter natürlichen Bedingungen zu untersuchen. Dabei werden die Stabilität sowie das Ausmaß der Schwankungen in der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen näher untersucht. Überprüft wird, inwieweit stabile Personenmerkmale und situativ bedingte Faktoren die tägliche Variabilität in den Cortisolkonzentrationen erklären können.

In bisherigen Studien wurde der Einfluss personenbezogener und situativer Faktoren auf die tägliche Cortisolausschüttung zumeist an Studenten oder älteren Arbeitnehmern aus verschiedenen Berufsbereichen untersucht. Schwankungen in der circadianen HPA-Achsen-Aktivität wurden dabei nicht analysiert. Inwieweit die bisherigen Befunde auf eine junge Stichprobe, die sich seit ein bis zwei Jahren in der Ausbildung befinden, übertragen werden können, ist fraglich. Der Beginn der Ausbildung stellt in der Regel im Leben eines jungen Menschen ein bedeutendes Ereignis dar und ist häufig mit der Umstellung bisheriger Lebensgewohnheiten, wie z.B. Umzug in eine andere Stadt oder weniger Freizeit, verbunden. Gerade bei Auszubildenden des Backgewerbes ändert sich aufgrund der frühen Arbeitszeiten am Tag in den Bäckereibetrieben der bisherige Lebensrhythmus entscheidend.

Aufgrund des explorativen Charakters der vorliegenden Untersuchung wird auf die Ableitung konkreter Hypothesen verzichtet und die Formulierung von Fragestellungen bevorzugt.

**Forschungsfrage 1:** *Welchen Einfluss haben soziodemographische Variablen, situativ bedingte Faktoren (wie Schlafdauer, Aufwachzeit, berichtete negative Ereignisse, aktuelles Befinden und sportliche Aktivität) und stabile Personenmerkmale (wie die empfundene chronische Stressbelastung, die somatische und psychische Beschwerdelast, das*



*Vorliegen einer allergischen Erkrankung, der Raucherstatus, Body Mass Index und Waist-to-Hip-Ratio) auf die Cortisolausschüttung nach dem Erwachen und am Abend bei Auszubildenden des Back- und Konditorgewerbes?*

Während der Einfluss soziodemographischer Variablen, der Aufwachzeit und Schlafdauer oder einer allergischen Erkrankung aufgrund der bisherigen Forschungslage als eher gering eingeschätzt wird (z.B. Prüssner et al., 1997, Kudielka & Kirschbaum, 2003; Wamboldt et al., 2003; Wüst et al., 2000), wird angenommen, dass sich in Zusammenhang mit der chronischen Stressbelastung, dem Ausmaß an Erschöpfung und Beschwerdedruck sowie dem Vorliegen einer Verdachtsdiagnose auf Depression Veränderungen in der Cortisolausschüttung zeigen (z.B. Bhagwagar et al., 2005; Kunz-Ebrecht et al., 2004a; Miller et al., 2007). Aufgrund der uneinheitlichen Befundlage werden jedoch keine näheren Hypothesen abgeleitet.

**Forschungsfrage 2.1:** *Wie stabil sind die Cortisol-Einzelwerte sowie der absolute Cortisol-Morgenanstieg und die durchschnittlich ausgeschüttete Menge an Cortisol in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen sowie am Abend in der Gesamtstichprobe?*

Gemäß bisheriger Befunde wird von einer moderaten Stabilität der Cortisolausschüttung am Abend und Morgen über die drei Tage ausgegangen. Dabei wird erwartet, dass der absolute Morgenanstieg aufgrund seiner hohen Situationsabhängigkeit geringere Stabilität aufweist als die mittlere Morgenausschüttung (z.B. Bernhardt, 2007; Hellhammer et al., 2007; Hruschka et al., 2005).

**Forschungsfrage 2.2:** *Sind in Abhängigkeit bestimmter dichotomer Personenmerkmale Unterschiede im Ausmaß der Stabilität zu beobachten?*

Untersucht wird die Stabilität in Abhängigkeit des Geschlechts, der Berufsausbildung und der Lehrjahrszugehörigkeit, der Einnahme oraler Kontrazeptiva, des Raucherstatus, der sportlichen Betätigung sowie in Bezug auf eine Verdachtsdiagnose Depression und das Vorhandensein einer allergischen Erkrankung. Bisher wurde die Stabilität der Cortisolkonzentrationen über mehrere Messtage in bestimmten Personengruppen nur sehr wenig untersucht, weshalb keine Annahmen formuliert werden.

**Forschungsfrage 3.1:** *Welche intraindividuellen Schwankungen in der Cortisolausschüttung am Morgen und Abend sind zu beobachten? Unterscheiden sich die Personen im Ausmaß der Tagesschwankungen?*

Das Ausmaß der durchschnittlichen Cortisolschwankungen über die drei Messtage sowie die absoluten Veränderungen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen werden bezüglich der Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter näher untersucht.

**Forschungsfrage 3.2:** *Inwieweit hängen die intraindividuellen Schwankungen in der Cortisolausschüttung und das mittlere Aktivitätsniveau der HPA-Achse zu den einzelnen Messzeitpunkten über die drei Tage zusammen? Inwieweit zeigen sich Zusammenhänge im Ausmaß der Cortisolschwankungen zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb einer Person?*

Näher überprüft wird, inwieweit die Schwankungen der Cortisolkonzentrationen von der mittleren Cortisolaktivität über die drei Messtage abhängen. Des Weiteren werden Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte und -parameter untereinander analysiert. Hierzu gibt es nach Wissen der Autorin bis dato keine Untersuchungsergebnisse.

**Forschungsfrage 3.3:** *Inwieweit werden die durchschnittlichen Schwankungen in der Cortisolausschüttung durch soziodemographische Variablen und stabile Personenmerkmale beeinflusst?*

Untersucht wird, inwieweit das Ausmaß der mittleren Cortisolschwankungen über die drei Tage bestimmt wird durch a) soziodemographische Merkmale, b) die Einnahme oraler Kontrazeptiva, Raucherstatus und Übergewicht, c) die chronische Stressbelastung sowie psychische und somatische Beschwerden, d) das Vorliegen einer Verdachtsdiagnose Depression sowie einer allergischen Erkrankung.

**Forschungsfrage 3.4:** *Inwieweit sind Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen durch Variationen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, durch das Befinden am Vorabend, durch aufgetretene negative Ereignisse sowie sportliche Betätigung am Vortag beeinflusst?*

Es gibt Hinweise, dass Veränderungen in der Aufwachzeit sowie negative emotionale Zustände am Vortag Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung hervorrufen können (Adam et al., 2006; Schlotz et al., 2004; Stalder et al., in press). Neben Variationen in der Aufwachzeit, Schlafdauer und dem Befinden am Vorabend wird der Einfluss erlebter negativer Ereignisse sowie sportliche Betätigung am Vortag auf Veränderungen

der morgendlichen Cortisolaktivität zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen untersucht.

## 2.3 Methoden

### 2.3.1 Stichprobe und Stichprobenselektion

In den Jahren 2004<sup>3</sup> und 2005 wurden insgesamt 74 Auszubildende des Bäckerei- und Konditoreigewerbes (49 Männer; 25 Frauen) an berufsbildenden Schulen des Rhein-Neckar-Gebietes untersucht. Ausschlusskriterien für eine Studienteilnahme waren das Vorliegen einer Stoffwechsel- oder endokrinen Erkrankung sowie Drogen- oder Alkoholmissbrauch. Die Einnahme von Kortikosteroiden wurde nur in Zusammenhang einer allergischen Erkrankung toleriert. Rekrutiert wurden insgesamt 41 Bäckerlehrlinge (55.4%) und 33 (44.6%) auszubildende Konditoren (siehe Tabelle 1). Dabei gibt es eine eindeutige Interaktion mit dem Geschlecht der Personen. So erlernen 39 Männer (79.6%), aber lediglich zwei Frauen (8.0%) den Bäcker-Beruf; 92.0% der Frauen lassen sich zur Konditorin ausbilden, hingegen erlernen nur 20.4% (N = 10) der Männer den Beruf des Konditors. Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich 35 Personen (47.3%) im ersten, 36 (48.7%) im zweiten und drei Auszubildende (4.1%) im dritten Lehrjahr ihrer insgesamt dreijährigen Ausbildung. Das durchschnittliche Alter der Untersuchungsteilnehmer beträgt  $18.5 \pm 2.33$  Jahre (MD = 18.0 Jahre; IQA = 2.0 Jahre) bei einer Altersspanne von 16 bis 35 Jahren. 66 Personen stammen aus Deutschland (89.2%); drei Türken (4.1%), eine Deutsch-Amerikanerin (1.4%), sowie jeweils ein Italiener (1.4%), ein Libanese (1.4%) und ein Thailänder (1.4%) erklärten sich zur Studienteilnahme bereit.

Alle Personen anderer Herkunft weisen einen deutschen Schulabschluss und gute deutsche Sprachkenntnisse auf. 55 Auszubildende (78.6%) besitzen einen Hauptschulabschluss, zwölf Personen (17.1%) absolvierten die mittlere Reife und drei Auszubildende (4.3%) haben die allgemeine Hochschulreife. Von vier Personen liegen keine Angaben zu ihrem Schulabschluss vor. Mehrheitlich sind die Studienteilnehmer ledig (97.3%), eine Person ist verheiratet (1.4%), eine weitere geschieden (1.4%). Die beiden Teilstichpro-

---

<sup>3</sup> Die Stichprobe von 2004 wurde bereits von Sprenger (2007) hinsichtlich chronischer Schmerzen bei Angehörigen des Backgewerbes näher untersucht.

ben von 2004 und 2005 unterscheiden sich bis auf das Lehrjahr, in dem sich die Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung befinden, in keinem weiteren der soziodemographischen Angaben signifikant voneinander (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1.** Allgemeine Stichprobenmerkmale.

	Gesamt	2004	2005	Teststatistik
<b>Anzahl</b>	74	44	30	
<b>Alter, MW <math>\pm</math> SD (MD; IQA)</b>	18.5 $\pm$ 2.3 (18.0; 2.0)	18.3 $\pm$ 2.7 (18.0; 2.0)	18.7 $\pm$ 1.7 (18.0; 2.0)	$t_{(72)} = -0.7$
<b>Geschlecht, N (%)</b>				$\chi^2_{(1)} = 0.3$
Männer	49 (66.2)	28 (57.1)	21 (42.9)	
Frauen	25 (33.9)	16 (64.0)	9 (36.0)	
<b>Berufsausbildung, N (%)</b>				$\chi^2_{(1)} = 1.3$
Bäcker	41 (55.4)	22 (53.7)	19 (46.3)	
Konditor	33 (44.6)	22 (66.7)	11 (33.3)	
<b>Lehrjahr, N (%)</b>				$\chi^2_{(2)} = 8.9^{**}$
1. Lehrjahr	35 (47.3)	26 (74.3)	9 (25.7)	
2. Lehrjahr	36 (48.7)	18 (50.0)	18 (50.0)	
3. Lehrjahr	3 (4.1)	0 (0.0)	3 (100.0)	
<b>Schulabschluss, N (%)</b>				$\chi^2_{(2)} = 1.1$
Hauptschule	55 (78.6)	33 (60.0)	22 (40.0)	
Realschule	12 (17.1)	8 (66.7)	4 (33.3)	
Gymnasium	3 (4.3)	1 (33.3)	2 (66.7)	
<b>Raucherstatus<sup>a</sup></b>	35 (48.6)	22 (62.9)	13 (37.1)	$\chi^2_{(1)} = 0.3$
<b>Orale Kontrazeptiva<sup>b</sup>, N (%)</b>	9 (39.1)	7 (77.8)	2 (22.2)	$\chi^2_{(1)} = 0.5$
<b>Allergiediagnose<sup>c</sup>, N (%)</b>	29 (39.7)	16 (55.2)	13 (44.8)	$\chi^2_{(1)} = 0.5$

Anmerkungen: a) Von einer Person fehlt die Angabe zum Raucherstatus; b) Von zwei Frauen fehlen die Angaben zur Einnahme oraler Kontrazeptiva; c) Von einer Person fehlt die Angabe zum Allergiestatus; <sup>†</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

In der Teilstichprobe von 2004 befinden sich signifikant mehr Personen im ersten Lehrjahr (74.3%) als in Teilstichprobe 2005 (25.7%); die drei Angehörigen des dritten Lehrjahres wurden ausschließlich im Jahr 2005 untersucht. Weitere Merkmale der Gesamt- sowie der beiden Teilstichproben können Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 2.** Cortisolwerte und -parameter der Gesamt-Stichprobe sowie der Teilstichproben aus den Jahren 2004 und 2005.

	N	MW $\pm$ SD	MD	IQA	Min	Max	Teststatistik
<i>Cortisol-Einzelwerte (nmol/l)<sup>a</sup></i>							
<b>Aufwachwert Cortisol</b>							
Gesamtstichprobe	64	13.1 $\pm$ 5.9	12.7	8.1	2.7	27.3	
2004	41	13.1 $\pm$ 6.4	12.1	7.5	2.7	27.3	
2005	23	13.0 $\pm$ 5.0	14.3	9.2	5.0	23.2	$t_{(62)} = -0.3$
<b>Cortisol zu T(30)</b>							
Gesamtstichprobe	58	25.3 $\pm$ 11.4	23.6	14.2	1.1	60.4	
2004	36	24.0 $\pm$ 11.3	22.6	12.6	1.1	60.4	
2005	22	27.4 $\pm$ 11.4	25.5	16.5	6.8	47.7	$t_{(56)} = -0.3$
<b>Cortisol zu T(20:00h)</b>							
Gesamtstichprobe	44	2.4 $\pm$ 1.7	2.2	1.8	0.1	6.9	
2004	32	2.4 $\pm$ 1.7	2.2	1.8	0.1	6.9	
2005	12	2.4 $\pm$ 1.7	2.0	2.2	0.3	6.3	$t_{(42)} = 0.1$
<i>Cortisolparameter (nmol/l)<sup>a</sup></i>							
<b>Absoluter Morgenanstieg</b>							
Gesamtstichprobe	56	12.0 $\pm$ 9.0	12.0	10.4	-13.3	35.4	
2004	35	11.1 $\pm$ 9.4	12.9	14.0	-13.3	35.4	
2005	21	13.6 $\pm$ 8.2	11.9	11.7	1.8	31.3	$t_{(54)} = -1.1$
<b>Mittlere Morgenausschüttung</b>							
Gesamtstichprobe	56	19.2 $\pm$ 7.9	18.4	10.6	3.5	42.7	
2004	35	18.5 $\pm$ 8.0	17.3	10.7	3.5	42.7	
2005	21	20.3 $\pm$ 7.9	19.6	13.8	5.9	32.1	$t_{(54)} = -0.8$

Anmerkungen: a) Cortisolwerte sind über drei Tage gemittelt und stammen von Personen, die mit dem Messprotokoll übereinstimmend die Speichelproben vorgenommen haben. Die Analysen wurden mit den logarithmierten Werten durchgeführt; <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$ .

Personen der Teilstichprobe 2004 unterscheiden sich zu keinem Messzeitpunkt bedeutend von Probanden der Teilstichprobe 2005 hinsichtlich der über die drei Messtage gemittelten Cortisolwerte und Parameter (siehe Tabelle 2). Detaillierte Abbildungen zur Verteilung der Messdaten sowie der statistischen Kennwerte zwischen den Gruppen können Anhang A-II entnommen werden (Abbildungen A1 bis A14).

Ebenso zeigen sich hinsichtlich der berichteten psychischen und somatischen Beschwerden oder dem Vorliegen einer möglichen Verdachtsdiagnose „depressive Störung“, „Ängstlichkeitsstörung“ oder „somatoforme Störung“ keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Teilstichproben der beiden Jahre (siehe Anhang A-I, Tabelle A1). In der

chronischen Stressbelastung und dem durchschnittlichen Befinden am Morgen und Abend unterscheiden sich die Probanden von 2004 und 2005 nicht (siehe Anhang A-I, Tabelle A2; sowie Anhang A-II, Abbildungen A11 bis A21). Hinsichtlich des Body-Mass-Indexes (BMI) sowie des Waist-to-Hip-Ratios (WHR) zeigen sich ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Teilstichproben (siehe Tabelle 3).

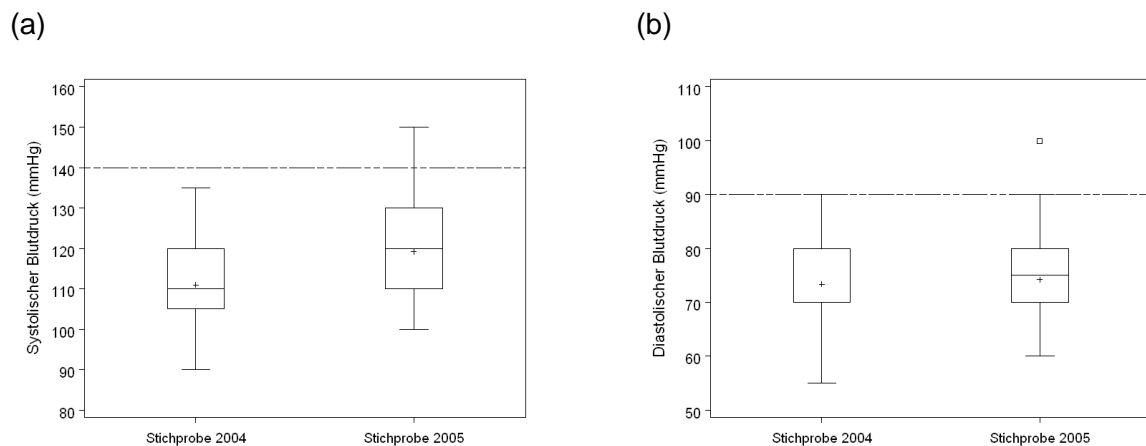
**Tabelle 3.** Body-Mass-Index, Waist-to-Hip-Ratio und Blutdruck der Gesamt-Stichprobe sowie der Teilstichproben aus den Jahren 2004 und 2005.

	N	MW $\pm$ SD	MD	IQA	Min	Max	Teststatistik
<b>Body-Mass-Index</b>							
Gesamtstichprobe	72	24.2 $\pm$ 5.6	22.7	6.2	16.7	43.2	
2004	43	23.5 $\pm$ 5.1	21.8	5.1	16.7	39.3	
2005	29	25.2 $\pm$ 6.3	23.2	7.2	17.6	43.2	$t_{(70)} = -1.2$
<b>Waist-to-Hip-Ratio</b>							
Gesamtstichprobe	72	0.80 $\pm$ 0.06	0.79	0.09	0.68	0.94	
2004	43	0.79 $\pm$ 0.06	0.78	0.1	0.68	0.94	
2005	29	0.80 $\pm$ 0.06	0.80	0.07	0.68	0.90	$t_{(70)} = -0.9$
<b>Blutdruck (mmHg)</b>							
<b>systolisch</b>							
Gesamtstichprobe	70	114 $\pm$ 12	114	11	90	150	
2004	41	111 $\pm$ 11	110	15	90	135	
2005	29	119 $\pm$ 13	120	20	100	150	$t_{(68)} = -2.8^{**}$
<b>diastolisch</b>							
Gesamtstichprobe	70	74 $\pm$ 8	71	10	55	100	
2004	41	73 $\pm$ 7	70	10	55	90	
2005	29	74 $\pm$ 9	75	10	60	100	$t_{(68)} = -0.4$

Anmerkungen:  $^+p \leq .1$ ;  $^*p \leq .05$ ;  $^{**}p \leq .01$ ;  $^{***}p \leq .001$ .

Nach Richtlinien der World Health Organisation (WHO, 2000) haben sieben Personen (9.7%) der Gesamtstichprobe einen BMI unter 18.59 und sind damit untergewichtig. 40 Probanden (55.6%) weisen einen BMI zwischen 18.59 und 25.0 auf, was laut WHO-Klassifikation (2000) als normalgewichtig gilt. 17 Personen (23.6%) sind als präadipös ( $25.0 < \text{BMI} < 30.0$ ) einzustufen. Acht Personen (11.1%) haben einen BMI über 30.0 und sind somit als adipös zu beurteilen. Nach Lean und Kollegen (1995) haben zwei Frauen (2.7%) ein erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen, da ihr WHR über 0.80 liegt.

Teilstichprobe 2004 hat mit  $111 \pm 11$  mmHg einen signifikant niedrigeren systolischen Blutdruck als Teilstichprobe 2005, die einen mittleren Wert von  $119 \pm 13$  mmHg aufweist ( $t_{(68)} = -2.8$ ;  $p = .01$ ; siehe Abbildung 1a). Bezüglich des diastolischen Blutdrucks zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Teilstichproben (siehe Abbildung 1b). Zwei Personen in Teilstichprobe 2005 weisen laut Definition der WHO (2003) einen kritischen Wert des systolischen Blutdrucks von  $\geq 140$  mmHg auf; diese Probanden haben auch einen kritischen diastolischen Blutdruck von  $\geq 90$  mmHg. Drei weitere Auszubildende aus dem Jahr 2004 zeigen einen diastolischen Blutdruck von  $\geq 90$  mmHg.



**Abbildung 1.** Systolischer (a) und diastolischer (b) Blutdruck in Teilstichprobe 2004 (N=41) und 2005 (N=29).

Da keine bedeutenden Unterschiede in den wesentlichen soziodemographischen sowie psychologischen, physiologischen und somatischen Merkmalen zwischen den Teilstichproben 2004 und 2005 bestehen, werden die Probanden im Folgenden zu einer Gesamtstichprobe zusammengefasst.

**Geschlechtsspezifische Unterschiede.** In Anhang A-I Tabelle A3 bis A6 sind die geschlechtsspezifischen statistischen Kennwerte im Hinblick auf allgemeine Stichprobenmerkmale, physiologische Kennwerte, Körpermaße, psychische und somatische Beschwerden sowie psychologische Merkmale dargestellt. Bezüglich der Berufsausbildung besteht eine eindeutige Interaktion mit dem Geschlecht. So machen 92.0% der Frauen eine Ausbildung zur Konditorin, hingegen aber nur 20.4% der Männer (siehe Anhang A-I, Tabelle A3). Die weiblichen Auszubildenden haben tendenziell einen höheren Schulabschluss als ihre männlichen Kollegen. Ebenso sind in der Stichprobe tendenziell mehr weibliche Raucher (62.5%); 60% der Allergiker sind ebenso Frauen. Frauen haben im

Durchschnitt tendenziell mehr depressive Beschwerden und eine signifikant höhere Trait-Ängstlichkeit (siehe Anhang A-I, Tabelle A5). Auch fühlen sich die weiblichen Auszubildenden chronisch mehr belastet und ihr durchschnittliches Befinden am Morgen ist über die drei Messtage signifikant schlechter als das der Männer (siehe Anhang A-I, Tabelle A6). Die männlichen Auszubildenden haben hingegen einen signifikant höheren systolischen und diastolischen Blutdruck als Frauen (siehe Tabelle A-I, Tabelle A4). Ihr WHR ist zwar signifikant höher als das der Frauen. Allerdings haben nach Definition von Lean und Kollegen (1995) zwei der Frauen ( $\text{WHR} \geq 0.80$ ), aber keiner der männlichen Auszubildenden ( $\text{WHR} \geq 0.95$ ) ein erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen.

**Berufsgruppenspezifische Unterschiede.** Die auszubildenden Konditoren haben im Durchschnitt einen höheren Schulabschluss als die Auszubildenden aus dem Backgewerbe (siehe Anhang A-I, Tabelle A7). Die Bäcker weisen ein signifikant höheres WHR auf als die Konditoren (siehe Anhang A-I, Tabelle A8). Gleichwohl sind die beiden Probandinnen mit einem nach Lean und Kollegen (1995) erhöhten Risiko für metabolische Komplikationen auszubildende Konditoren. Bis auf die durchschnittliche Wachheit am Morgen über die drei Messtage, die bei Konditoren signifikant geringer ist als bei den auszubildenden Bäckern, zeigen sich keine Unterschiede zwischen den zwei Berufsgruppen hinsichtlich somatischer oder psychischer Merkmale (siehe Anhang A-I, Tabellen A9 und A10).

**Lehrjahrsspezifische Unterschiede.** Aufgrund einer sehr geringen Anzahl von Auszubildenden im dritten Lehrjahr ( $N = 3$ ) in der vorliegenden Studie werden in die Analysen zu lehrjahrsspezifischen Unterschieden nur Personen aus dem ersten und zweiten Lehrjahr einbezogen. Die Auszubildenden des ersten und zweiten Lehrjahrs unterscheiden sich nicht bedeutsam hinsichtlich allgemeiner Stichprobenmerkmale (siehe Anhang A-I, Tabelle A11), hinsichtlich ihrer Körpermaße (siehe Anhang A-I, Tabelle A12) oder hinsichtlich somatischer oder psychischer Beschwerden (siehe Anhang A-I, Tabelle A13). Tendenziell ist die durchschnittliche Wachheit am Abend über die drei Messtage bei Auszubildenden des zweiten Lehrjahrs höher als bei ihren Kollegen aus dem ersten Lehrjahr (siehe Anhang A-I, Tabelle A14).

### **2.3.2 Untersuchungsablauf**

Die Studie erfolgte im Rahmen der Kooperation „*Psychische Fehlbeanspruchung, Komorbidität und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren*“ des Otto-Selz-Instituts, Mannheimer Zentrum für Arbeit und Gesundheit der Universität Mannheim, und der Berufsgenossenschaft Nah-



---

rungsmittel und Gaststätten (BGN) in Mannheim. Die Erhebungen fanden jeweils im Zeitraum von April bis Juli 2004 sowie 2005 an mehreren Berufsschulen des Rhein-Neckar-Gebietes statt. Die jeweilige Schulleitung der Berufsschulen sowie die zuständigen Lehrer wurden im Voraus über Inhalt und Ablauf der Studie in schriftlicher und mündlicher Form informiert und um Zustimmung für die Untersuchungsdurchführung in Räumen der jeweiligen Schule gebeten.

Die Untersuchungen fanden an vier aufeinanderfolgenden Werktagen statt. Am ersten Tag wurden an den jeweiligen Berufsschulen von geschulten Mitarbeitern des Otto-Selz-Instituts Einzelinterviews sowie eine Fragebogenbefragung zu allgemeinen Angaben der Person, zum subjektiven und objektiven Gesundheitsstatus, allergischen Erkrankungen sowie zu stressbedingten Beanspruchungsfolgen und arbeitsbedingten Belastungen durchgeführt. Anschließend wurde den Probanden die Durchführung der Verlaufsmessungen zur Bestimmung des Speichel-Cortisols und das Führen des Tagebuchs erklärt. In den darauffolgenden drei Werktagen gaben die Probanden direkt nach dem Aufwachen, 30 Minuten später sowie um 20:00 Uhr jeweils eine Speichelprobe ab und dokumentierten dies im Tagebuch. Des Weiteren protokollierten sie morgens und abends ihr aktuelles Befinden, eingenommene Mahlzeiten, Schlafdauer und -qualität, sportliche Aktivitäten sowie besondere Ereignisse. Am jeweils dritten oder vierten Tag erfolgte an der jeweiligen Schule während der Unterrichtszeit eine kurze allgemein-medizinische Untersuchung mit jedem einzelnen Probanden durch einen erfahrenen Arbeitsmediziner der BGN, in der Gewicht und Größe sowie weitere medizinische Kennwerte erhoben wurden. Zudem wurde eine ausführliche Anamnese zu bestehenden sowie vergangenen Erkrankungen und Beschwerden erstellt und die aktuelle Medikamenteneinnahme protokolliert. Am fünften Tag wurden die Untersuchungsmaterialien nach dem Unterricht von Mitarbeitern des Otto-Selz-Instituts eingesammelt.

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Die Studienteilnahme war freiwillig. Vor Studienbeginn erhielten die Studienteilnehmer eine ausführliche Aufklärung über Art, Umfang und Bedeutung der Studie sowie den datenschutzrechtlichen Bestimmungen in schriftlicher und mündlicher Form und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme. Die Probanden erhielten bei Vollständigkeit der abgelieferten Daten eine Vergütung von 20 Euro. Zusätzlich wurden unter allen Teilnehmern einer Klasse, die vollständige Daten abgeliefert haben, zwei Einkaufsgutscheine in Höhe von je 50 Euro bei einer großen Elektronikfachhandel-Kette verlost.

### 2.3.3 Diagnostik und Messgrößen

Eine detaillierte Darstellung zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt der einzelnen Messgrößen findet sich in Tabelle 4. Im Folgenden orientiert sich die Darstellungsweise an thematischen Gesichtspunkten.

**Tabelle 4.** Übersicht Erfassungsmethode der einzelnen Messgrößen.

Erfassungsmethode	Diagnostik/Messgrößen
<b>Interview</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soziodemographische Angaben</li> <li>• Trierer Inventar zum Chronischen Stress (TICS; Schulz, Schlotz &amp; Becker, 2004)</li> <li>• Allgemeine Depressionsskala (ADS; Hautzinger &amp; Bailer, 1993)</li> <li>• Wellbeing-Index (WHO-5; Collaborating Centre in Mental Health – WHO Psychiatric Research Unit, 1998)</li> <li>• State-Trait-Angst-Inventar (STAI-X2; Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger, 1981)</li> <li>• DIA-X-Screening für Angststörungen (ASQ; Wittchen &amp; Perkonigg, 1997)</li> <li>• Gießener Beschwerdebogen (GGB-24; Brähler &amp; Scheer, 1995)</li> <li>• Subjektiv berichtete Allergie-Diagnose</li> </ul>
<b>Fragebogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• „Screenings für Somatoforme Störungen“ (SOMS; Rief, Hiller &amp; Heuser 1997)</li> </ul>
<b>Allgemein-medizinische Untersuchung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raucherstatus, durchschnittliche Anzahl Zigaretten pro Tag</li> <li>• Einnahme oraler Kontrazeptiva oder anderer Medikamente</li> <li>• Body-Mass-Index [BMI = Gewicht (kg) / Körpergröße (m)<sup>2</sup>]</li> <li>• Waist-to-Hip-Ratio [WHR = Taillenumfang (cm) / Hüftumfang]</li> <li>• Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg)</li> </ul>
<b>Verlaufsmessungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortisol (nmol; Aufwachen, 15 min, 30 min später; 20:00 Uhr)</li> <li>• Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (MDBF; Steyer, Schwenkenmezger, Notz &amp; Eid, 1997; 30 min nach Aufwachen, um 20:00 Uhr)</li> <li>• Schlafprotokoll (Einschlafzeit, nächtliche Schlafunterbrechungen, Aufwachzeit)</li> <li>• Sportliche Aktivitäten am Tag</li> <li>• Kritische Ereignisse am Tag</li> </ul>

### 2.3.3.1 Soziodemographische Angaben

Zu Beginn des Interviews wurden allgemeine soziodemographische Angaben zu Alter, Geschlecht, Berufsausbildung, Schulabschluss, Wohnsituation und Herkunftsland der Person erfasst.

### 2.3.3.2 Körpermaße und physiologische Kennwerte

**Body-Mass-Index.** Während der allgemein-medizinischen Untersuchung wurden Gewicht (in kg) und Größe (in m) der Probanden zur Berechnung des Body-Mass-Indexes ( $BMI = \text{Gewicht}/\text{Größe}^2$ ) bestimmt. Nach aktueller Definition der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO, 2000) gelten Werte zwischen 18.59 und 25.0 als Normalgewicht; ein BMI zwischen 25.0 und 30.0 wird als präadipös, ein Wert über 30.0 als adipös gewertet.

**Waist-to-Hip-Ratio.** Zur Bestimmung der Körperfett-Verteilung wurde das Waist-to-Hip-Ratio (WHR) aus dem Verhältnis zwischen Taillen- und Hüftumfang bestimmt. Dabei stehen nach Lean und Kollegen (1995) WHR-Werte  $\geq 0.95$  bei Männern sowie WHR-Werte  $\geq 0.80$  bei Frauen für ein erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen.

**Blutdruck.** Der systolische und diastolische Blutdruck (mmHg) wurde in sitzender Position während der ärztlichen Untersuchung mit Hilfe eines Blutdruckmessgeräts (bosomedlife PC2; Bosch + Sohn, Deutschland) bestimmt. Systolische Werte über 140 mmHg sowie diastolische Werte über 90 mmHg gelten nach allgemeiner WHO-Definition (2003) als hypertensiv.

**Cortisol.** Die Speichelproben wurden mit Hilfe von Watteröllchen und Zentrifugationsröhrchen, sogenannter Salivetten (Sarstedt Inc., Rommelsdorf, Deutschland), gewonnen. Dabei muss bei jeder Messung ein Watteröllchen für ca. 30 Sekunden im Mund gekaut werden, bis es mit Speichel durchtränkt ist. Die Probanden wurden jeweils vor Beginn der Verlaufsmessungen sowohl mündlich wie auch schriftlich instruiert, die Proben am Morgen direkt nach dem Aufwachen (T(0)), 30 Minuten (T(30)) später sowie um 20:00 Uhr (T(20:00h)) vorzunehmen. Die erste Speichelprobe am Morgen sollte dabei vor dem Aufstehen abgegeben werden. Die zeitlich korrekte Entnahme der Proben wurde mit Hilfe elektronischer Compliance-Monitore (MEMS<sup>®</sup> V TrackCap, Aardex, Untermeuhli, Schweiz) überprüft, worüber die Probanden im Voraus informiert wurden. Die Probanden wurden gebeten, am Morgen erst nach der zweiten Messung 30 Minuten nach dem Erwachen ihre Zähne zu putzen und zu frühstücken. Auch Rauchen war ihnen am Morgen während der Messungen untersagt. Bei Nichteinhaltung wurden sie gebeten, dies

im Tagebuch zu dokumentieren sowie mindestens fünf Minuten vor einer Messung nichts mehr zu essen oder zu trinken und sich vor der Entnahme der Speichelprobe den Mund sorgfältig mit Wasser auszuspülen. Mindestens 30 Minuten vor Entnahme der abendlichen Probe (T(20:00h)) sollten die Probanden ebenfalls keine Nahrung oder säurehaltigen Getränke zu sich nehmen, rauchen oder ihre Zähne putzen, um eine Beeinflussung der Cortisolwerte zu vermeiden. Die entnommenen Proben sollten bis zur Zurücksendung an das Otto-Selz-Institut im Gefrierfach oder Kühlschrank aufbewahrt werden. Nach Ankunft der Proben im Institut wurden sie dort bis zur Analyse konstant bei  $-25^{\circ}\text{Celsius}$  gelagert.

Die Cortisolanalyse erfolgte mit Hilfe des Biotin-Streptavidin-Fluoreszenz-Immunoassays (detaillierte Beschreibung des Vorgehens siehe Dressendörfer et al. 1992). Die Intraassay und Interassay Varianzkoeffizienten liegen unter 10% bzw. 12%<sup>4</sup>.

Neben den Cortisol-Einzelwerten werden in der vorliegenden Studie zur Schätzung der allgemeinen morgendlichen Aktivität der HPA-Achse die mittlere Cortisol-Morgenaus-schüttung (MeanCortisolMorningRelease; MnCMR; z.B. Prüssner et al., 1997) als Levelmaß (vgl. Formel a) sowie der absolute Morgenanstieg (CortisolAwakeningRise; CAR; z.B. Bernhardt, 2007; Baus, 2007) als dynamisches Maß der morgendlichen Reaktivität der HPA-Achse (vgl. Formel b) aus den zwei Morgenwerten des jeweiligen Tages berechnet (siehe hierzu zusammenfassend Bernhardt, 2007).

$$(a) \quad \text{MnCMR} = \frac{\text{Cortisol T(0)} + \text{Cortisol T(30)}}{2}$$

$$(b) \quad \text{CAR} = \text{Cortisol T(30)} - \text{Cortisol T(0)}$$

### 2.3.3.3 Situative Einflussfaktoren: Schlaf, sportliche Aktivitäten, berichtete Ereignisse

Während der dreitägigen Verlaufsmessungen wurden folgende Faktoren, die die Cortisol-ausschüttung beeinflussen können, im Tagebuch zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst.

*Schlafprotokoll.* Am Morgen jedes Tages der Verlaufsmessungen wurde die Einschlafzeit am vorherigen Abend sowie die Aufwachzeit am Morgen abgefragt.

*Sportliche Aktivitäten.* Am Abend jedes Messtages wurden die Probanden nach sportlichen Aktivitäten während des Tages gefragt.

*Berichtete Ereignisse.* Zur Erfassung etwaig aufgetretener besonderer Ereignisse während der dreitägigen Verlaufsmessungen wurden die Probanden an jedem Abend ge-

---

<sup>4</sup> Die Analysen wurden am Dresden LabService GmbH Bioinnovationszentrum unter Leitung von Prof. Dr. Kirschbaum durchgeführt.

beten, besondere Ereignisse während des jeweiligen Tages im Tagebuch zu benennen und die Uhrzeit des Auftretens zu dokumentieren.

#### 2.3.3.4 Momentanes Befinden

**Befinden am Morgen und Abend.** Jeweils 30 Minuten nach dem Aufwachen sowie um 20:00 Uhr wurden die Probanden während der insgesamt dreitägigen Verlaufsmessungen mit Hilfe einer Adaption des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF; Steyer, Schwenkenmezger, Notz & Eid, 1997) nach ihrem momentanen Befinden auf den drei Dimensionen „Schlechte vs. Gute Stimmung“; „Müdigkeit vs. Wachheit“ „Unruhe vs. Ruhe“ gefragt. Dabei wird jede Dimension durch je ein bipolares, elf-stufiges Item abgebildet, das die beiden Markier-Items der jeweiligen Original-Skala des Instruments zusammenfasst („Im Moment fühle ich mich: 0 = „sehr schlecht“ ... 10 = „sehr gut“; 0 = „sehr müde“ ... 10 = „sehr wach“; 0 = „sehr unruhig“ ... 10 = „sehr ruhig“). Diese Adaption wurde bereits in mehreren Feld-Untersuchungen der Arbeitsgruppe des Otto-Selz-Instituts erfolgreich eingesetzt (siehe Bernhardt, 2007; Sprenger, 2007) und zeichnet sich durch hohe Zeitökonomie aus.

#### 2.3.3.5 Psychische Beschwerden

**Depressive Symptomatik.** Die depressive Symptomatik wurde durch die deutsche Version der „Center for Epidemiological Studies Depression Scale“ (CES-D; Radloff, 1977), der sogenannten „Allgemeinen Depressionsskala“ (ADS) von Hautzinger & Bailer (1993) erfasst. Mittels Selbstauskunft werden dabei anhand von 20 Items die Auftretenshäufigkeit depressiver Symptome in der vergangenen Woche auf einer vier-stufigen Likert-Skala eingestuft (0 = „selten/überhaupt nicht“; 1 = „manchmal“; 2 = „öfters“; 3 = „meistens“). Ein Summenwert von  $\geq 23$  weist auf das etwaige Vorliegen einer depressiven Störung hin. Für die vorliegenden Auswertungen werden die alters- und geschlechtsnormierten Prozentrangwerte in Bezug auf die Normstichprobe (Hautzinger & Bailer, 1993) verwendet. Für die Gesamtstichprobe ergab sich ein Cronbach-Alpha von .89.

**Diagnoseverdacht Depression.** Das Vorliegen einer möglichen depressiven Störung wurde mit Hilfe der deutschen Adaption des WHO Fünf-Item Well-Being Index (WHO-5, World Health Organization: Regional Office for Europe, 1998) überprüft. Auf einer sechs-stufigen Skala (0 = „zu keinem Zeitpunkt“; 1 = „ab und zu“; 2 = „etwas weniger als die Hälfte der Zeit“; 3 = „etwas mehr als die Hälfte der Zeit“; 4 = „meistens“; 5 = „die ganze Zeit“) soll die Auftretenshäufigkeit von Freude und guter Laune, des Gefühls der Entspannung und Ruhe, der Aktivität sowie des Ausgeruhtheits nach dem Erwachen und das Interesse an alltäglichen Dingen und Tätigkeiten in den letzten zwei Wochen ein-

geschätzt werden. Ein Cut-off-Wert von  $\leq 13$  legt das Vorliegen einer möglichen Majoren Depression nach ICD-10-Kriterien nahe. In der vorliegenden Studie korreliert der Summenwert des WHO-5 in der Gesamtstichprobe mit  $r = -.54$  signifikant ( $p \leq .0001$ ) mit dem Summenwert der „Allgemeinen Depressionsskala“. 20 der 45 Personen (45.5%) mit einem Verdacht auf eine depressive Störung laut WHO-5 weisen auf der AD-Skala einen kritischen Summenwert von  $\geq 23$  auf. Drei Personen (13.4%) mit einem kritischen AD-Wert von  $\geq 23$  wurden nach WHO-5 nicht als depressiv in Sinne einer Verdachtsdiagnose eingestuft.

**Ängstlichkeit.** Zur Messung der Trait- sowie die State-Ängstlichkeit wurde das „State-Trait-Angst-Inventar“ (STAI) von Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger (1981) herangezogen. Dies ist die deutsche Version des „State-Trait Anxiety Inventory“ von Spielberger, Gorsuch und Lushene (1970). Dabei wird die Angst als Persönlichkeitsdisposition (STAI-X2) mit Hilfe von 20 Items auf einer vier-stufigen Likert-Skala (1 = „fast nie“; 2 = „manchmal“; 3 = „oft“; 4 = „fast immer“) gemessen. Die alters- und geschlechtsnormierten Prozentrangwerte in Bezug auf die Normstichprobe (Laux et al., 1981) gehen in die vorliegenden Auswertungen ein. In der Gesamtstichprobe liegt Cronbachs Alpha bei .91.

**Diagnoseverdacht Angststörung.** Zur Abklärung einer möglichen generalisierten Angststörung wurde das DIA-X-Screening für Angststörungen (ASQ) von Wittchen und Perkonig (1997) eingesetzt. Mit Hilfe von 15 dichotomen Items („ja“; „nein“) wird das Vorliegen möglicher Diagnosekriterien sowie typische Symptome einer Angststörung in einem Bezugsrahmen der letzten vier Wochen abgefragt. Die Sensitivität des Screening-Instruments in Bezug auf die Einschätzung einer Verdachtsdiagnose generalisierte Angststörung liegt bei .82, die Spezifität bei über .90 (siehe Wittchen & Boyer, 1998). In der vorliegenden Untersuchung wird bei keiner der Personen eine Verdachtsdiagnose gestellt.

#### **2.3.3.6 Körperliche Beschwerden**

**Körperliche Symptomatik.** Der allgemeine körperliche Beschwerdedruck wurde mit Hilfe des Gesamt-Scores der aus 24 Items bestehenden Kurzform des Gießener Beschwerdebogens (GBB-24; Brähler & Scheer, 1995) erfasst. Auf einer fünf-stufigen Likert-Skala (0 = „nicht“, 1 = „kaum“, 2 = „einigermaßen“, 3 = „erheblich“, 4 = „stark“) wird das Ausmaß der Beeinträchtigung durch verschiedene körperliche Beschwerden bewertet. Für den Gesamt-Score weist die vorliegende Gesamtstichprobe ein Cronbach Alpha von .82 auf. Neben dem Gesamtbeswerdedruck wird zusätzlich die Subskala „Erschöpfung“ (bestehend aus sechs Items;  $\alpha = .81$ ) eingesetzt. Für die Auswertungen werden die an der

Allgemeinbevölkerung normierten alters- und geschlechtsspezifischen Prozentrangwerte (Brähler & Scheer, 1995) verwendet.

**Diagnoseverdacht Somatisierungsstörung.** Der Verdacht auf eine Somatisierungsstörung nach Kriterien des Diagnostischen und Statistischen Manuals Psychischer Störungen, Version IV (DSM-IV) wurde mit Hilfe des „Screenings für Somatoforme Störungen“ (SOMS) nach Rief, Hiller und Heuser (1997) überprüft. Demzufolge müssen mindestens vier Schmerz- und zwei gastrointestinale Symptome sowie eine sexualspezifische und eine pseudoneurologische Funktionsstörung länger als sechs Monate bestehen. In der vorliegenden Gesamtstichprobe erfüllt keine Person diese Kriterien.

### 2.3.3.7 Psychologische Merkmale

**Chronisches Stresserleben.** Die chronische Stressbelastung wurde mit Hilfe der Zwölf-Item-Screening-Skala (TICS-SSCS) des „Trierer Inventars zum Chronischen Stress“ (TICS; 57 Items, zehn Subskalen) von Schulz, Schlotz & Becker (2004) erfasst. Auf einer fünfstufigen Skala (0 = „nie“; 1 = „selten“; 2 = „manchmal“; 3 = „häufig“; 4 = „sehr häufig“) wird die Auftretenshäufigkeit alltagsnaher Erfahrungen, Belastungen und Situationen in den letzten drei Monaten beurteilt. Für die Screening-Skala ergibt sich für die Gesamtstichprobe ein Cronbach-Alpha von .86. In die Auswertungen gehen die altersnormierten T-Werte (Schulz et al., 2004) ein.

### 2.3.4 Behandlung von fehlenden Werten

In der vorliegenden Untersuchung werden fehlende Datenpunkte, sogenannte Missings, in Abhängigkeit des Datentypus auf unterschiedliche Weise behandelt.

Fehlende Einzelwerte in den Verlaufsmessungen (Cortisol, Befinden, Zigarettenanzahl etc.) werden aufgrund ihres State-Charakters nicht ersetzt. Ebenso werden Cortisol-Einzelwerte, bei denen eine zeitliche Zuordnung aufgrund fehlender technischer Aufzeichnung der Uhrzeit durch den Compliance-Monitor nicht möglich ist, ausgeschlossen (siehe hierzu Abschnitt 2.4.1.1). Die Berechnung des absoluten Morgenanstiegs (CAR, siehe Abschnitt 2.3.3.2) sowie der mittleren Cortisol-Morgenaussschüttung (MnCMR; siehe Abschnitt 2.3.3.2) wird bei fehlenden Cortisol-Einzelwerten zu T(0) oder T(30) nicht vorgenommen.

Ist bei einem standardisierten Messinstrument die Bildung eines Skalenwertes bestehend aus mehreren Items vorgesehen, wird eine Ersetzung der fehlenden Werte durch

den Mittelwert der Person über die vorhandenen Items derselben Skala vorgenommen, sofern die im Testmanual angegebenen Toleranzwerte zur Missinganzahl nicht überschritten werden (siehe z.B. TICS; Schulz, Schlotz & Becker, 2004). Werden von den jeweiligen Autoren keine solchen Grenzwerte angegeben, werden fehlende Werte ebenfalls durch den Mittelwert der Person auf den vorhandenen Items geschätzt, sofern mehr als 50% der Items der Skala beantwortet wurden. Fehlen bei einer Person mehr als die Hälfte der Items einer Skala, wird der jeweilige Skalenwert für diese Person nicht berechnet und von den Analysen ausgeschlossen.

### **2.3.5 Auswertungsstrategie und statistische Analysen**

Sämtliche Auswertungen werden mit Hilfe des Statistikprogramms „Statistical Analytical System“ (SAS), Version 9.1 für Windows berechnet. Neben Mittelwerten (MW) und Standardabweichung (SD) werden auch Median (MD) und Interquartilsabstand (IQA) berichtet. Um dem explorativen Charakter der Studie gerecht zu werden, werden Ergebnisse bei zweiseitiger Testung ab einem statistischen Signifikanzniveau von  $\alpha = .1$  berichtet. Trotz multipler Testung wird auf eine Alpha-Adjustierung verzichtet, um auch mögliche geringe Effekte sichtbar zu machen.

Bei nicht-verteilungsfreien Analyseverfahren gehen aufgrund der schiefen Verteilung der Cortisol-Rohdaten ausschließlich die logarithmierten Cortisolwerte (Logarithmus naturalis) in die Auswertungen ein. Die Cortisolparameter werden nach ihrer Berechnung aus den Rohwerten logarithmiert. Der besseren Vergleichbarkeit und Interpretation wegen sind in Abbildungen und Tabellen allerdings die natürlichen Cortisolwerte dargestellt.

**Güte der Cortisoldaten.** Zunächst werden die Cortisoldaten einer ausführlichen Analyse hinsichtlich der Anzahl und Verteilung fehlender Messwerte, Extremwerte und der Einhaltung des Messprotokolls (Compliance-Prüfung) unterzogen, um Schwankungen in den Cortisolkonzentrationen aufgrund zeitlich nicht korrekt durchgeführter Messungen auszuschließen. Zur Prüfung von Häufigkeitsverteilungen werden dabei  $\chi^2$ -Tests und der Fisher-Exact-Tests (bei 2 x 2-Felder-Tafeln) eingesetzt. Des Weiteren wird mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation der Zusammenhang zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und der Cortisolausschüttung zu den weiteren Messzeitpunkten eines Tages überprüft.

**Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativer Faktoren auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen.** In einem nächsten Auswertungsschritt wird mit Hilfe von hierarchischen Messwiederholungsanalysen (Mixed Models for repeated measures; compound symmetry structure) der Einfluss von dichotomen Per-



sonenmerkmalen (fixed effects), wie z.B. Geschlecht oder Lehrjahrszugehörigkeit, auf die Cortisolausschüttung über die drei Tage überprüft. Um den Zusammenhang zwischen kontinuierlichen Merkmalen, wie z.B. das Ausmaß psychischer Beschwerden, auf die Cortisolkonzentrationen zu überprüfen, werden Produkt-Moment-Korrelationen berechnet. Dabei werden sowohl mit den Cortisol-Einzelwerten und -parametern pro Tag wie auch jeweils gemittelt über die drei Messtage die Korrelationen bestimmt. Mögliche Gruppenunterschiede hinsichtlich querschnittlich erfasster Variablen werden mit Hilfe von t-Tests sowie bei extrem ungleichen Gruppengrößen mit dem Wilcoxon-Rangsummen-Test (Wilcoxon, 1947), ein Äquivalent zum Mann-Whitney-U-Test, überprüft.

***Intraindividuelle Stabilität und tägliche Schwankungen der HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen und mögliche Einflussfaktoren.*** Zur Bestimmung der Stabilität der Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter über die drei Messtage werden Intraklassen-Koeffizienten (Intraclass Correlation Coefficients, ICCs) des Typus ICC (1,1) nach Shrout und Fleiss (1979) sowohl für die Gesamtstichprobe wie auch hinsichtlich einiger dichotomer Personenmerkmale bestimmt (vgl. Baus, 2007; Bernhardt, 2007; Hruschka et al., 2005). Je größer der ICC, desto stabiler sind die Cortisolkonzentrationen innerhalb einer Person über die Zeit. Nach Bartko (1966) können die ICC-Werte gemäß der Korrelationskoeffizienten interpretiert werden. Demnach werden ICC-Werte  $\leq .20$  als nicht stabil, zwischen  $.20 - .40$  als wenig stabil, zwischen  $.40 - .70$  als moderat stabil und ab  $.70$  als sehr stabil bewertet (vgl. Guilford, 1954). Als Kennwert für das Ausmaß der intraindividuellen Schwankungen der Cortisolausschüttung werden die absoluten Differenzen der Cortisolwerte pro Messzeitpunkt und -parameter zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen berechnet. Die durchschnittlichen Cortisolchwankungen einer Person werden aus dem Mittelwert der Beträge der absoluten Differenzen zwischen allen Tagen gemäß der Formel

Mittl. Schwankung T(X)

$$= \frac{\left| \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 2}} - \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 1}} \right| + \left| \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 3}} - \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 2}} \right| + \left| \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 3}} - \text{Cort T(X)}_{\text{Tag 1}} \right|}{3}$$

ermittelt. Der Einfluss dichotomer Merkmale auf die mittleren Cortisolchwankungen wird mit Hilfe von Kovarianzanalysen unter Konstanthaltung der individuellen Cortisol-Mittelwerte analysiert. Bei sehr ungleicher Gruppen-Besetzung werden Wilcoxon-Rangsummen-Tests (Wilcoxon, 1947) berechnet. Zusammenhangsanalysen mit kontinuierlichen Merkmalen und den logarithmierten Kennwerten der mittleren und absoluten Cortisolchwankungen werden mit Hilfe von Produkt-Moment-Korrelationen unter Auspartialisierung des individuellen Mittelwertes bzw. des jeweiligen Ausgangswertes am Vortag vorgenommen.

## 2.4 Ergebnisse

### 2.4.1 Voranalyse: Güte der Cortisoldaten

In den folgenden Abschnitten werden die Cortisoldaten einer ausführlichen Analyse im Hinblick auf Anzahl und Verteilung von fehlenden Werten und Extremwerten unterzogen. Es wird weiterhin die zeitliche Einhaltung des Messprotokolls sowie der Einfluss der Probenentnahme auf die Cortisolwerte untersucht.

#### 2.4.1.1 Verteilung fehlender Cortisol- und Monitor-Werte

Es werde zwischen drei Arten fehlender Werte differenziert: a) ein fehlender Cortisol-Einzelwert; b) eine fehlende Monitoruhrzeit, die die zeitliche Entnahme der Probe identifiziert; c) das Fehlen eines Cortisol-Einzelwertes und/oder der dazugehörigen Monitorzeit. Die Missing-Analysen beziehen sich auf die Gesamtstichprobe von  $N = 74$  Personen.

Bei insgesamt 666 Cortisol-Messungen (74 Personen x drei Messzeitpunkte/Tag x drei Tage) treten 41 fehlende Cortisolwerte (6.2%) auf. In 46 Fällen (6.9%) gibt es keine elektronischen Aufzeichnungen der Probenentnahmezeit durch den Monitor. Bei 55 Datenpunkten (8.3%) fehlen entweder der Cortisolwert und/oder die dazugehörige Uhrzeit der Probenentnahme. Die drei verschiedenen Missing-Typen verteilen sich nicht unterschiedlich über die Messtage (siehe hierzu Anhang A-I, Tabelle A15). Über die Messzeitpunkte zeigen sich sowohl über alle Tage zusammengefasst als auch innerhalb der Messtage signifikant unterschiedliche Verteilungen der fehlenden Cortisolwerte ( $\chi^2_{(2)} = 43.9$ ;  $p < .0001$ ), der nicht vorhandenen Monitorzeiten ( $\chi^2_{(2)} = 37.2$ ;  $p < .0001$ ) sowie hinsichtlich des Fehlens eines Cortisol-Einzelwertes und/oder der dazugehörigen Monitorzeit ( $\chi^2_{(2)} = 35.2$ ;  $p < .0001$ ) (siehe Anhang A-I, Tabelle A16). So treten bei der Abendmessung um 20:00 Uhr bezüglich aller drei Arten fehlender Werte signifikant mehr Missings auf als an den beiden Messzeitpunkten am Morgen (siehe Anhang A-I, Tabelle A16).

Männer und Frauen unterscheiden sich während der Untersuchungsphase signifikant in der Verteilung fehlender Monitorzeiten ( $\chi^2_{(1)} = 7.6$ ;  $p = .006$ ) sowie hinsichtlich des Fehlens eines Cortisolwertes und/oder einer dazugehörigen Monitoruhrzeit ( $\chi^2_{(2)} = 8.1$ ;  $p = .004$ ) dahingehend, dass weibliche Auszubildende weniger Missings aufweisen als ihre männlichen Kollegen. Hinsichtlich einer geschlechtsspezifischen Verteilung fehlender Cortisolwerte über die Untersuchungsphase ist ein Trend in dieselbe Richtung zu beobachten ( $\chi^2_{(1)} = 2.7$ ;  $p = .10$ ). Die Unterschiede in den Verteilungen der fehlenden Werte zwischen Männern und Frauen zeigen sich auch an Tag 1 sowie Tag 3 bezüglich fehlender

Monitoruhrzeiten (Tag 1:  $\chi^2_{(1)} = 3.7$ ;  $p = .06$ ; Tag 3:  $\chi^2_{(1)} = 4.4$ ;  $p = .04$ ) wie im Hinblick auf das Fehlen eines Cortisol-Einzelwertes und/oder der dazugehörigen Uhrzeit (Tag 1:  $\chi^2_{(1)} = 4.2$ ;  $p = .04$ ; Tag 3:  $\chi^2_{(1)} = 4.9$ ;  $p = .03$ ), nicht jedoch an Tag 2 (siehe Anhang A-I, A17). An diesem Tag weisen Männer und Frauen gleich viele fehlende Werte auf den drei Missing-Typen auf.

Zwischen den Ausbildungsberufen zeigen sich über die drei Messtage signifikante Unterschiede in den Verteilungen fehlender Cortisolwerte ( $\chi^2_{(1)} = 4.2$ ;  $p = .04$ ), fehlender Monitoruhrzeiten ( $\chi^2_{(1)} = 10.4$ ;  $p = .001$ ) sowie hinsichtlich des Fehlens eines Cortisolwertes und/oder der dazugehörigen Monitorzeit ( $\chi^2_{(1)} = 12.6$ ;  $p = .0004$ ). So weisen auszubildende Konditoren über die gesamte Untersuchungsphase sowie an den Tagen 1 und 3 (siehe Anhang A-I, A18) signifikant weniger Missings auf als Bäckerlehrlinge. Diese Ungleichverteilung ist allerdings auf einen Geschlechtereffekt zurückzuführen. So gehören 79.6% ( $N = 39$ ) der Männer dem Ausbildungszweig Bäckereifachgewerbe und 92.0% ( $N = 23$ ) der Frauen dem Ausbildungszweig Konditor/in an ( $\chi^2_{(1)} = 34.3$ ;  $p < .0001$ ).

Die weiteren Analysen schließen nur diejenigen Messungen ein, bei denen sowohl der Cortisol-Einzelwert als auch die dazugehörigen elektronische Aufzeichnung der Probenzeitentnahme vorliegen. Diejenigen Cortisolwerte, bei denen keine Monitoruhrzeit vorliegt und bei denen somit eine zeitliche Zuordnung der Entnahme der Cortisolprobe nicht möglich ist, werden von weiteren Analysen ausgeschlossen.

#### **2.4.1.2 Zeitliche Abweichungen der Probenentnahme vom Messprotokoll**

Für den Messzeitpunkt 30 Minuten nach dem Erwachen (T(30)) erfolgt die Überprüfung der Einhaltung des Messprotokolls in Bezug auf die Probenentnahmezeit relativ zur Aufwachzeit. In Anlehnung an die Arbeiten von Broderick et al. (2004), Kudielka et al. (2003) und Kunz-Ebrecht et al. (2004b) wird eine Messung zu T(30) als compliant, d.h. mit dem Messprotokoll übereinstimmend gewertet, sofern sie in einem Zeitfenster von  $\pm$  zehn Minuten im vorgegebenen Zeitintervall bezogen auf die Aufwachzeit vorgenommen wurde. So gelten alle Proben, die laut Monitor zwischen 20 und 40 Minuten nach dem Aufwachen abgegeben wurden, als vorschriftgemäß; Messungen, die dieses Zeitintervall über- bzw. unterschreiten, werden als nicht-compliant eingestuft. Abendlichen Messungen zu T(20:00h), die in einem Zeitfenster von  $\pm$  60 Minuten in Bezug auf die vorgegebene Uhrzeit durchgeführt wurden, werden nach Broderick et al. (2004), Kudielka et al. (2003) und Kunz-Ebrecht et al. (2004b) als mit dem Messprotokoll übereinstimmend und somit compliant gewertet.

Über alle drei Messtage weisen 18 Probanden insgesamt 25 (6.3%) Messungen außerhalb der tolerierten Zeitfenster auf mit einer durchschnittlichen Abweichung von 1:02

$\pm 0:44$  Minuten (MD = 1:04h; IQA = 1:33h) zur vorgegebenen Entnahmezeit. Dabei ergeben sich keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der zeitlich nicht korrekt durchgeführten Messungen zwischen den drei Erhebungstagen ( $\chi^2_{(2)} = 0.5$ ;  $p = .76$ ; siehe Anhang A-I, Tabelle A19) oder den beiden Messzeitpunkten ( $\chi^2_{(2)} = 0.3$ ;  $p = .60$ ; siehe Anhang A-I, Tabelle A19).

Die Compliance-Rate von Männern mit 238 (92.6%) korrekt durchgeführten Messungen unterscheidet sich nicht signifikant von derjenigen der Frauen mit 137 (95.8%) zeitlich korrekt vorgenommenen Messungen ( $\chi^2_{(1)} = 1.6$ ;  $p = .21$ ). Die auszubildenden Konditoren weisen mit nur 2.1% Messungen außerhalb der zeitlichen Toleranzbereiche eine signifikant bessere Compliance auf als die Bäckerlehrlinge mit einer Rate von 90.1% ( $\chi^2_{(1)} = 10.3$ ;  $p = .001$ ).

#### 2.4.1.3 Zusammenhang der relativen und absoluten Entnahmezeit sowie der Einhaltung des Messprotokolls und der Cortisolausschüttung

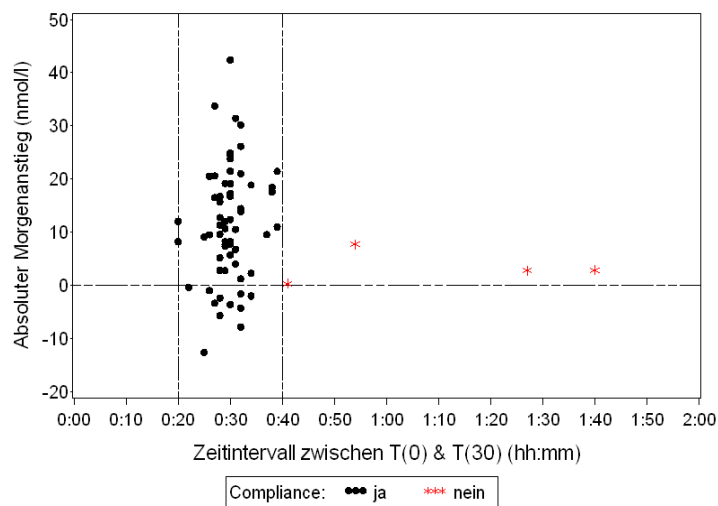
Tabelle 5 kann entnommen werden, inwieweit die individuellen Entnahmezeiten zu T(30) und T(20:00h) mit dem jeweiligen logarithmierten Cortisolwert des Messzeitpunktes zusammenhängen. Ebenso sind die Korrelationen zwischen dem mittleren Morgenanstieg sowie der mittleren Morgenausschüttung und der Gesamtdauer des Messintervalls am Morgen, d.h. der zeitliche Abstand zwischen T(0) und T(30) aufgeführt.

**Tabelle 5.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen relativen Entnahmezeiten und Cortisolwerten zu den drei Messtagen.

	Entnahmezeiten (hh:mm)					
	Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r
Cortisol zu T(30) <sup>a</sup>	71	.06	70	.06	68	-.20
Cortisol zu T(20:00h) <sup>b</sup>	63	-.08	61	.06	59	-.07
Cortisol zu T(20:00h) <sup>c</sup>	64	-.04	61	.08	59	-.12
Absoluter Morgenanstieg <sup>d</sup>	71	.16	70	.08	67	-.10
Mittlere Morgenausschüttung <sup>d</sup>	71	.04	70	-.01	67	-.18

Anmerkungen: a) Zusammenhang zwischen den Cortisol-Einzelwerten zu T(30) und der relativen Entnahmezeit bezogen auf den Aufwachzeitpunkt; b) Zusammenhang zwischen den Cortisol-Einzelwerten zu T(20:00h) und relativen Entnahmezeit bezogen auf den Aufwachzeitpunkt; c) Zusammenhang zwischen den Cortisol-Einzelwerten zu T(20:00h) und der absoluten Entnahmezeit; d) Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Cortisolparameter und der Gesamtdauer des morgendlichen Messintervalls T(0) – T(30); <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$

Insgesamt zeigen sich an den drei Messtagen weder hinsichtlich der Messzeitpunkte zu T(30) und T(20:00h) noch hinsichtlich der Cortisolparameter systematische Zusammenhänge zwischen der relativen Entnahmezeit bezogen zur Aufwachzeit und dem dazugehörigen Cortisolwert (siehe Abbildung 2 sowie Anhang A-II, A19 bis A23). Auch zwischen der absoluten elektronisch aufgezeichneten Entnahmezeit zu T(20:00h) und den Cortisol-Einzelwerten zu diesem Zeitpunkt ergeben sich keine systematischen Zusammenhänge.



**Abbildung 2.** Zusammenhang zwischen dem Messintervall T(0) und T(30) und dem absoluten Morgenanstieg nach Compliance an Tag 3 (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von  $\pm 10$  Minuten; waagrechte Referenzlinie unterscheidet zwischen positivem und negativem Morgenanstieg).

Ein statistischer Vergleich der Cortisol-Einzelwerte und -parameter zwischen Personen mit zeitlich korrekt durchgeführten Messungen und Personen mit Messungen außerhalb der zeitlichen Toleranzbereiche ist aufgrund zu geringer Fallzahlen nicht sinnvoll. In Anhang A-I, Tabelle A20 sind die statistischen Kennwerte pro Tag nach Compliance dargestellt.

#### 2.4.1.4 Datenbereinigung und Behandlung von Extremwerten

Aufgrund einer hohen Anzahl fehlender Messungen und/oder starker zeitlicher Abweichungen vom Messprotokoll über die Untersuchungsphase müssen sieben Personen vollständig aus den Analysen ausgeschlossen werden. Dadurch ergibt sich eine Stichprobengröße von 67 Auszubildenden (43 Männer; 24 Frauen / 35 Bäcker; 32 Konditoren). Des Weiteren liegen bei elf Personen nicht zu allen drei Messtagen vollständige Cortisolraten am Morgen vor.

**Identifikation von Extremwerten.** In der Literatur existiert keine einheitliche Definition von Ausreißerwerten in Bezug auf Cortisolwerten. In der vorliegenden Arbeit werden in Anlehnung an Broderick und Kollegen (Broderick, Arnold, Kudielka & Kirschbaum, 2004) Grenzwerte für Ausreißerwerte pro Messzeitpunkt und Tag über den jeweiligen Cortisol-Mittelwert und die dazugehörige Standardabweichung der Stichprobe bestimmt gemäß der Formel

$$MW_{\text{Cortisol T(x)}} + 4SD_{\text{Cortisol T(x)}}$$

Die messzeitpunkt- und tagesspezifischen Grenzwerte sowie Maxima sind in Anhang A-I, Tabelle A21 dargestellt. Um einer allzu starken Verzerrung der Stichprobenkennwerte durch einzelne Extremwerte zu vermeiden, werden Cortisolwerte, die den jeweiligen Grenzwert überschreiten und nicht mit dem Auftreten eines kritischen Ereignisses vor der Messung in Zusammenhang stehen, auf den nächst geringeren auftretenden Cortisolwert unterhalb des Grenzwertes gesetzt. Auf diese Weise wird an Messtag 1 bei einer Person der Cortisolwert zu T(20:00h) von 13.2nmol/l auf 8.4nmol/l korrigiert. An Tag 2 wird der Cortisol-Aufwachwert eines Probanden von 65.1nmol/l auf 39.1nmol/l gesetzt und bei einer weiteren Person der Cortisolwert zu T(20:00h) von 12.9nmol/l auf 10.5nmol/l. An Tag 3 wird die Abendmessung einer Person von 74.8nmol/l auf 41.1nmol/l korrigiert. Bei keiner der Personen musste mehr als ein Extremwert ersetzt werden. Es zeigen sich keine geschlechts- oder berufsspezifischen Abhängigkeiten.

#### 2.4.1.5 Einfluss des Cortisolaufwachwerts auf die tägliche Cortisolausschüttung

Die Höhe der Zusammenhänge zwischen Cortisol-Aufwachwert und den Cortisol-Einzelwerten zu T(30) und T(20:00h) sowie mit den beiden Cortisol-Parametern ist in Tabelle 6 dargestellt.

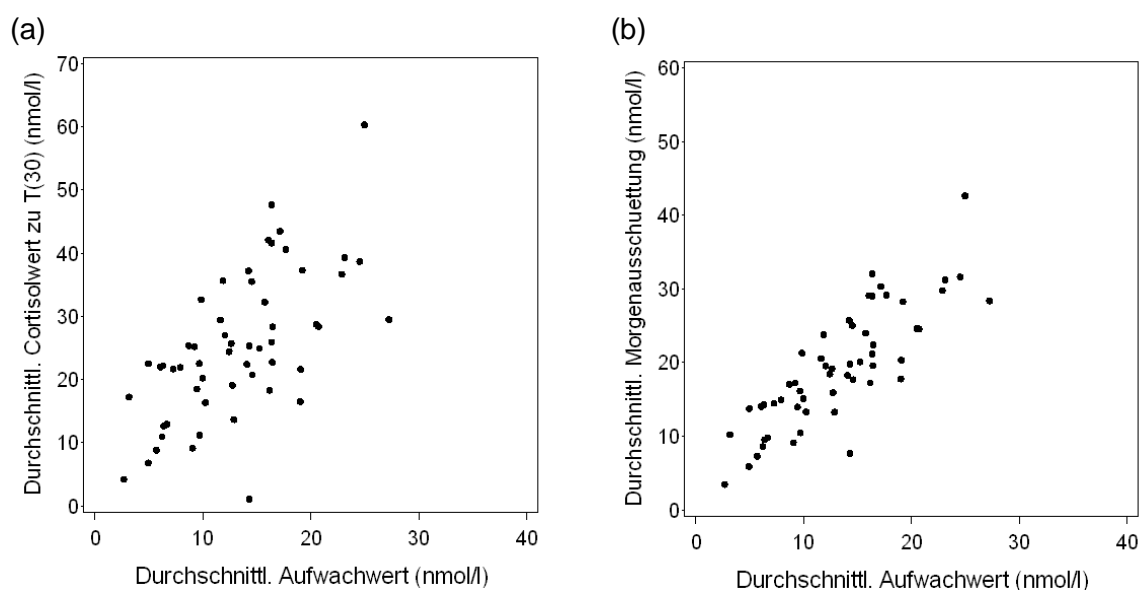
**Tabelle 6.** Produkt-Moment-Korrelationen Cortisol-Aufwachwert und Cortisolwerte der folgenden Messzeitpunkte sowie den Cortisolparametern über alle Messtage gemittelt und pro Messtag.

	Cortisol-Aufwachwert							
	Tag 1 - 3		Tag1		Tag2		Tag3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Cortisol zu T(30)	56	.55 <sup>***</sup>	63	.57 <sup>***</sup>	65	.41 <sup>***</sup>	62	.31 <sup>**</sup>
Cortisol zu T(20:00h)	43	.21	57	-.07	58	.23 <sup>+</sup>	52	-.03
Absoluter Morgenanstieg	56	.17	63	.15	65	-.11	62	-.25 <sup>+</sup>
Mittlere Morgenaussschüttung	56	.83 <sup>***</sup>	63	.78 <sup>***</sup>	65	.73 <sup>***</sup>	62	.74 <sup>***</sup>

Anmerkungen: <sup>+</sup>p ≤ .1; \*p ≤ .05; \*\*p ≤ .01; \*\*\*p ≤ .001.

Sowohl gemittelt über alle drei Messtage als auch an jedem einzelnen Messtag zeigen sich signifikant positive Korrelationen zwischen dem Aufwachwert und dem Cortisolwert 30 Minuten nach dem Erwachen. Je höher die Cortisolkonzentration direkt nach dem Erwachen im Speichel ist, desto höher ist sie 30 Minuten später (siehe auch Abbildung 3a sowie Anhang A-II, Abbildung A24).

Mit der durchschnittlichen Cortisolausschüttung am Morgen hängt der Aufwachwert ebenso signifikant zusammen. Hier zeigen sich hohe positive Korrelationen zwischen  $r = .73$  und  $r = .83$  (siehe auch Abbildung 3b sowie Anhang A-II, Abbildung A27).



**Abbildung 3.** Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Cortisol-Aufwachwert und dem durchschnittlichen Cortisolwert 30 Minuten später (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) gemittelt über die drei Messtage.

Zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und dem Abendwert um 20:00 Uhr sowie mit dem mittleren Morgenanstieg des Cortisols zeigen sich keine systematischen Zusammenhänge (siehe auch Anhang A-II, Abbildungen A25 und A26). Da weitere Analysen keine geschlechts- oder lehrjahrspezifischen Zusammenhänge ergaben, wird auf eine Darstellung dieser Ergebnisse verzichtet.

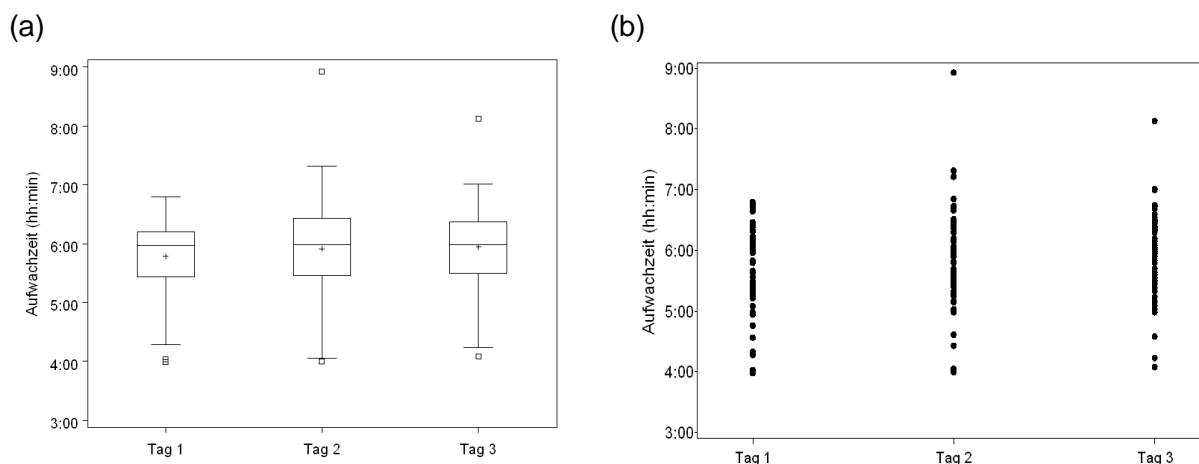
#### **2.4.2 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativer Faktoren auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen**

Im Folgenden wird der Einfluss situativ bedingter und personenbezogener Merkmale auf die tägliche Cortisolausschüttung über die drei Messtage näher überprüft. Hierzu werden

sowohl Produkt-Moment-Korrelationen wie auch hierarchische Messwiederholungsanalysen (Mixed models for repeated measures) eingesetzt. Da geschlechts- und lehrjahrspezifische Analysen im Sinne eines Moderatoreffekts keine signifikanten Ergebnisse erbrachten, wird auf eine Darstellung verzichtet.

#### 2.4.2.1 Aufwachzeiten und Schlafdauer

**Aufwachzeiten.** Die durchschnittlichen Aufwachzeiten an den drei Messtagen liegen zwischen 5:47 Uhr (SD = 39 Minuten) und 5:57 Uhr (SD = 40 Minuten). Hierarchische Analysen mit Messwiederholungsdesign ergeben in der Gesamtstichprobe keinen signifikanten Unterschied in den durchschnittlichen Aufwachzeiten der Probanden an den drei Messtagen ( $F_{(2, 129)} = 2.1$ ;  $p = .13$ ; siehe auch Abbildung 4). In weiteren Analysen zeigt sich weder ein signifikanter Haupteffekt der Ausbildungszugehörigkeit ( $F_{(1, 65)} = 0.2$ ;  $p = .66$ ) noch ein Interaktionseffekt zwischen Tag x Ausbildungszugehörigkeit ( $F_{(2, 127)} = 0.2$ ;  $p = .79$ ) in Bezug auf die Aufwachzeiten. Männer und Frauen unterscheiden sich ebenso nicht in den Aufwachzeiten an den drei Tagen ( $F_{(1, 65)} = 1.3$ ;  $p = .26$ ; Interaktionseffekt Geschlecht x Tag:  $F_{(2, 127)} = 1.7$ ;  $p = .19$ ). Zwischen den Auszubildenden des ersten und zweiten Lehrjahrs sind keine Unterschiede zu beobachten ( $F_{(1, 62)} = 1.1$ ;  $p = .30$ ; Interaktionseffekt Lehrjahr x Tag:  $F_{(2, 122)} = 0.7$ ;  $p = .50$ ). Deskriptive Kennwerte können Anhang A-I, Tabelle A22 entnommen werden.



**Abbildung 4.** Aufwachzeiten an den drei Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.

Signifikant positive Zusammenhänge im moderaten Bereich zeigen sich zwischen den Cortisolwerten zum Zeitpunkt des Erwachens und den Aufwachzeiten sowohl gemittelt über alle Tage wie auch an jedem einzelnen Tag (siehe Tabelle 7; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A28). Je später die Probanden erwachen, desto höher ist ihre Cortisolkon-



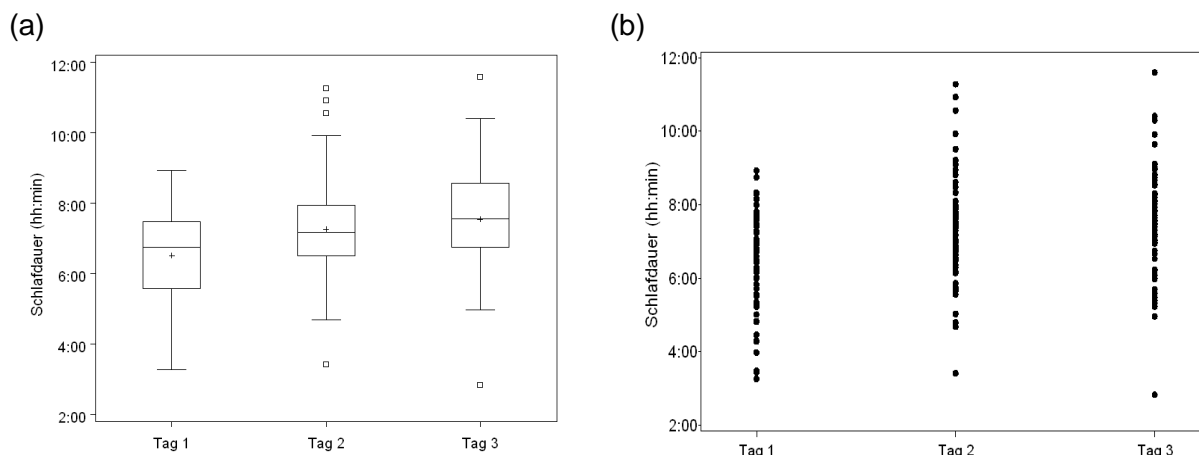
zentration im Speichel kurz danach. Zu anderen Messzeitpunkten korrelieren die Aufwachzeit und die Cortisolwerte nicht bedeutend miteinander (siehe auch Anhang A-II; Abbildungen A20 und A30). Auch die morgendlichen Cortisolparameter scheinen nicht systematisch mit der Aufwachzeit zusammenzuhängen (siehe auch Anhang A-II; Abbildungen A31 & A32). Allein der absolute Morgenanstieg an Tag 3 weist eine moderate, aber signifikant negative Korrelation mit der Aufwachzeit auf (siehe Tabelle 7 sowie Anhang A-II, Abbildung A31c). So scheint der Morgenanstieg der Cortisolkonzentration an diesem Tag umso geringer ausgeprägt, je später die Auszubildenden aufwachen.

**Tabelle 7.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Aufwachzeiten und Cortisolwerten und -parametern an den drei Messtagen.

	Aufwachzeit (hh:mm)							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	64	.34**	66	.40***	67	.24*	65	.38**
Cortisol zu T(30)	56	.04	63	.13	65	.03	62	-.05
Cortisol zu T(20:00h)	43	.17	57	.07	58	-.05	52	.13
Mittlerer Morgenanstieg	56	-.14	63	.03	65	-.08	62	-.30*
Mittlere Morgenausschüttung	56	.16	63	.21 <sup>+</sup>	65	.12	62	.14

Anmerkungen: <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

**Schlafdauer.** Schlafdauer und Aufwachzeiten korrelieren gemittelt über alle Tage zu  $r = .46$  ( $p = .002$ ) und an den einzelnen Tagen zwischen  $r = .26$  ( $p = .03$ ) bis  $r = .57$  ( $p < .0001$ ) signifikant positiv miteinander. Gemäß einer hierarchischen Analyse mit Messwiederholungsdesign variiert die Schlafdauer der Probanden signifikant zwischen den drei Nächten ( $F_{(2; 124)} = 10.8$ ;  $p < .0001$ ; deskriptive Kennwerte siehe Anhang A-I, Tabelle A23). Die Prüfung der Einzelkontraste zeigt, dass die Auszubildenden in der ersten Nacht mit durchschnittlich  $06:32 \pm 1:20h$  signifikant weniger schliefen als in der darauf folgenden Nacht mit durchschnittlich  $07:16 \pm 1:27h$  ( $F_{(1; 124)} = 11.5$ ;  $p = .0009$ ) sowie in der dritten Nacht der Erhebungsphase, in der die Probanden im Mittel  $07:33 \pm 1:31h$  schliefen ( $F_{(1; 124)} = 19.8$ ;  $p < .0001$ ; siehe auch Abbildung 5). In weiteren Analysen zeigen sich keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Geschlechtern ( $F_{(1; 65)} = 0.5$ ;  $p = .47$ ; Interaktionseffekt Geschlecht x Tag:  $F_{(2; 122)} = 2.0$ ;  $p = .14$ ), den Berufsgruppen ( $F_{(1; 65)} = 0.01$ ;  $p = .94$ ; Interaktionseffekt Berufsgruppe x Tag:  $F_{(2; 122)} = 0.3$ ;  $p = .76$ ) sowie zwischen Auszubildenden des ersten und zweiten Lehrjahrs ( $F_{(1; 62)} = 0.2$ ;  $p = .68$ ; Interaktionseffekt Lehrjahr x Tag:  $F_{(2; 117)} = 0.2$ ;  $p = .81$ ). Die gruppenspezifischen statistischen Kennwerte können Anhang A-I, Tabelle A23 entnommen werden.



**Abbildung 5.** Schlafdauer in den Nächten der drei Messtage; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.

Gemittelt über alle drei Messtage sowie an den einzelnen Tagen zeigen sich signifikant positive Zusammenhänge zwischen der Schlafdauer und den Cortisolwerten beim Erwachen (siehe Tabelle 8; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A33). Die Cortisolkonzentration nach dem Aufwachen scheint umso höher, je länger die Person in der Nacht zuvor geschlafen hat. Die Cortisolwerte 30 Minuten nach dem Erwachen sowie am Abend um 20:00 Uhr korrelieren hingegen nicht systematisch mit der Schlafdauer (siehe auch Anhang A-II, Abbildungen A34 und A35).

**Tabelle 8.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Schlafdauer in der Nacht und Cortisol-Einzelwerten und -parametern am nächsten Tag an den drei Messtagen.

	Schlafdauer (hh:mm)							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	60	.38**	65	.33**	67	.27*	61	.33**
Cortisol zu T(30)	54	.04	63	.19	65	.10	59	-.09
Cortisol zu T(20:00h)	41	-.20	56	-.32*	58	-.16	50	-.06
Absoluter Morgenanstieg	54	-.05	63	.14	65	-.08	59	-.17
Mittlere Morgenaussschüttung	54	.19	63	.27* <sup>a</sup>	65	.18	59	.06

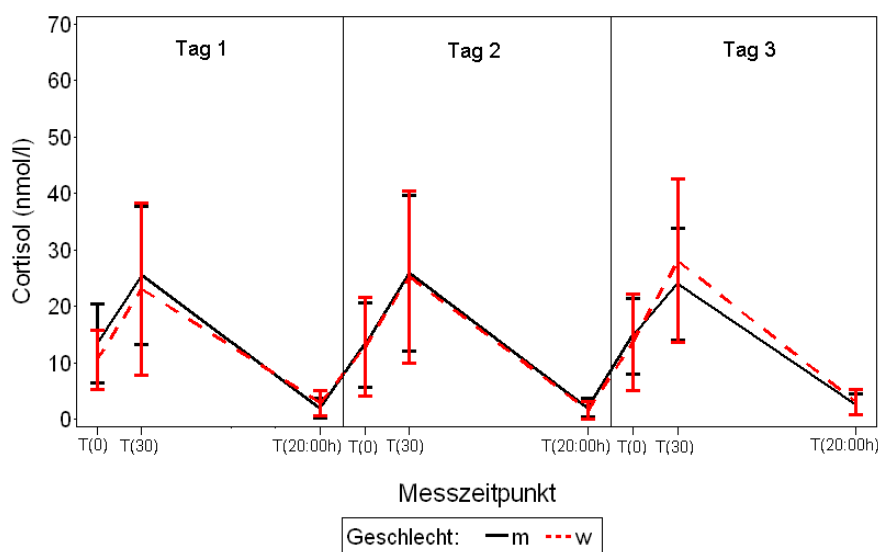
Anmerkungen: a) Unter Ausschluss von drei Personen mit einer MnCMR > 35.0nmol/l sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .20$  ( $P = .13$ ); <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$ .

Lediglich an Tag 1 existiert ein signifikant negativer Zusammenhang von  $r = -.32$  ( $p = .02$ ) zwischen den Cortisolwerten um 20:00 Uhr und der Schlafdauer in der Nacht zuvor, was jedoch nicht an den beiden anderen Messtagen zu beobachten ist. Die Cortisolpa-

parameter am Morgen scheinen ebenso nicht von der Schlafdauer in der Nacht zuvor beeinflusst (siehe auch Anhang A-II, Abbildungen A36 und A37). Lediglich an Tag 1 ist eine signifikant positive Korrelation zwischen der mittleren Morgenausschüttung und der nächtlichen Schlafdauer von  $r = .27$  ( $p = .03$ ) zu finden. Die Höhe des Korrelationskoeffizienten ist jedoch maßgeblich durch drei Beobachtungen mit einer mittleren Cortisolausschüttung von über 35 nmol/l an diesem Morgen beeinflusst (siehe Anhang A-II, Abbildung A37a). Unter Ausschluss dieser Probanden sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .20$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .13$ ).

#### 2.4.2.2 Soziodemographische Merkmale, Raucherstatus, Einnahme oraler Kontrazeptiva und sportliche Aktivitäten

**Geschlecht.** Die 24 Frauen (35.8%) und 43 Männer (64.2%) unterscheiden sich nicht signifikant in ihrer Cortisolausschüttung an den drei Messtagen (siehe Anhang A-I, Tabelle A25). Eine hierarchische Messwiederholungsanalyse ergibt weder einen signifikanten Haupteffekt des Geschlechts ( $F_{(1; 65)} = .04$ ;  $p = .55$ ) noch bedeutsame Interaktionseffekte zwischen Geschlecht x Tag ( $F_{(2; 129)} = 1.7$ ;  $p = .19$ ) oder Geschlecht x Messzeitpunkt ( $F_{(2; 127)} = 0.7$ ;  $p = .51$ ; siehe auch Abbildung 6).

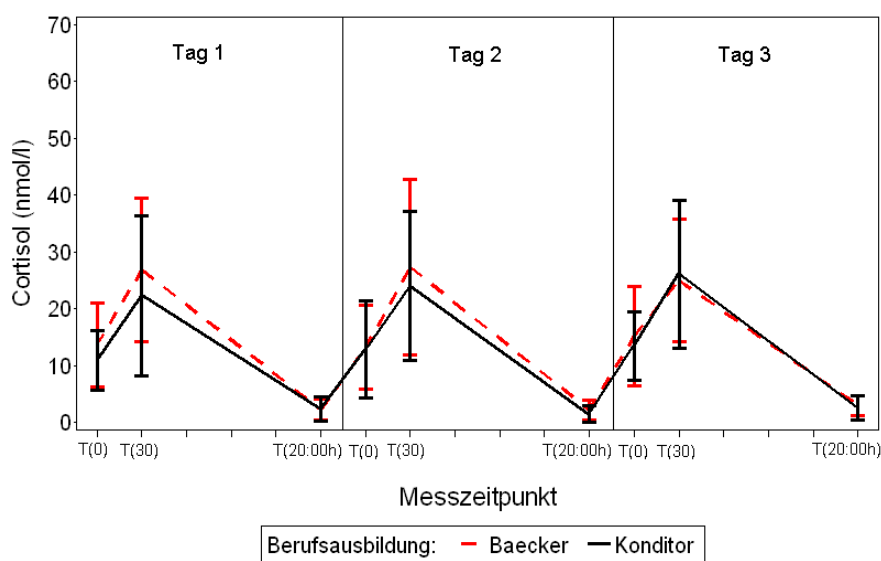


**Abbildung 6.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Geschlecht.

In Bezug auf den absoluten Cortisolanstieg am Morgen zeigen sich über die Tage ebenfalls keine signifikanten Geschlechtseffekte (siehe Anhang A-I, Tabelle A24 sowie Anhang A-II, Abbildung A38a). In der mittleren Morgenausschüttung unterscheiden sich Männer und Frauen über die Messtage ebenso nicht ( $F_{(1; 65)} = 1.1$ ;  $p = .30$ ), allerdings

zeigt sich ein auf dem 10%-Niveau signifikanter Interaktionseffekt zwischen Geschlecht x Tag ( $F_{(2; 119)} = 2.6$ ;  $p = .08$ ). Die Testung der Einzelkontraste ergibt einen tendenziellen Unterschied zwischen den Geschlechtern in der Morgenausschüttung an Tag 1 ( $F_{(1; 119)} = 3.4$ ;  $p = .07$ ). So scheinen Männer an diesem Tag eine tendenziell höhere durchschnittliche Cortisolausschüttung am Morgen aufzuweisen als Frauen. Allerdings überlappen sich die Streubereiche der beiden Gruppen stark (siehe Anhang A-I, Tabelle A25 sowie Anhang A-II, Abbildung A38b). Die statistischen Kennwerte der Cortisol-Einzelwerte und -parameter pro Messzeitpunkt und Tag nach Geschlecht finden sich in Anhang A-I, Tabellen A25 bis A27.

**Berufsausbildung.** Die Berufsausbildung hat keinen Einfluss auf die Cortisolausschüttung zu den drei Messzeitpunkten über die Tage (siehe Abbildung 7). So ergibt eine hierarchische Messwiederholungsanalyse keinen signifikanten Haupteffekt der Berufsausbildung ( $F_{(1; 65)} = 2.0$ ;  $p = .17$ ) und auch keine bedeutsamen Interaktionseffekte zwischen Berufsausbildung x Tag ( $F_{(2; 129)} = 1.4$ ;  $p = .25$ ) oder Berufsausbildung x Messzeitpunkt ( $F_{(2; 127)} = 0.3$ ;  $p = .78$ ). Die statistischen Prüf- und Kennwerte pro Messzeitpunkt und Tag können Anhang A-I, Tabellen A28 bis A31 entnommen werden.

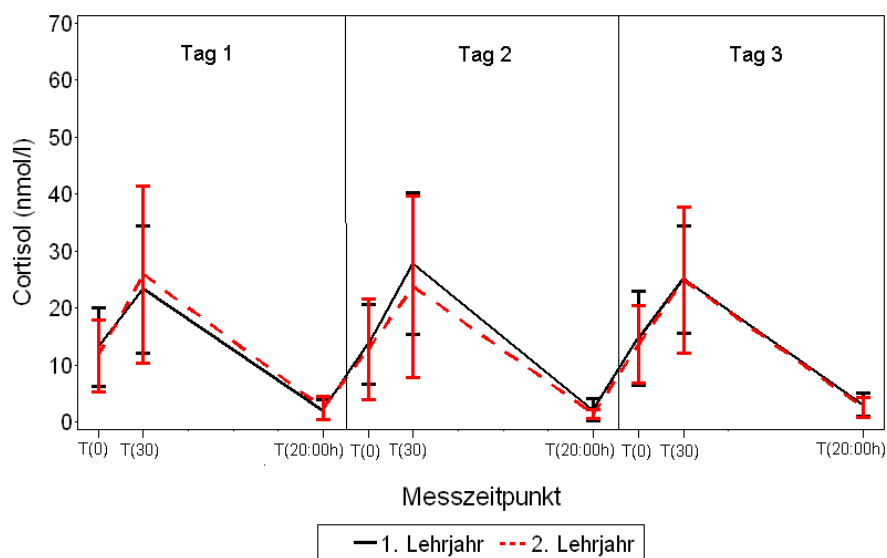


**Abbildung 7.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Berufsausbildung.

Bäcker und Konditoren scheinen sich nicht in der Höhe des absoluten Morgenanstiegs über die Messtage zu unterscheiden; so ergeben sich auch hier kein signifikanter Haupteffekt der Berufsausbildung noch bedeutsame Interaktionseffekte mit dem Tag (siehe Anhang A-I, Tabelle A28 sowie Anhang A-II, Abbildung A39a). Auch auf die mittleren Morgenausschüttung über die Messtage hat die Berufszugehörigkeit keinen Einfluss, aller-

dings zeigt sich hier ein tendenziell signifikanter Interaktionseffekt zwischen Berufsausbildung x Tag ( $F_{(2; 119)} = 2.7$ ;  $p = .07$ ). Auszubildenden Bäcker weisen am ersten Messtag eine signifikant höhere mittlere Cortisol-Morgenausschüttung auf als auszubildende Konditoren, wie eine Kontrastüberprüfung nahelegt ( $F_{(1; 119)} = 4.8$ ;  $p = .03$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung 39b). Allerdings überlappen sich auch hier die Streubereiche stark (siehe Anhang A-I, Tabelle A29). An den übrigen Tagen zeigen sich keine Unterschiede in der durchschnittlichen Morgenausschüttung zwischen den Ausbildungsberufen (Tag 2:  $F_{(1; 119)} = 0.9$ ;  $p = .33$ ; Tag 3:  $F_{(1; 119)} = 0.1$ ,  $p = .83$ ).

**Lehrjahr.** Auszubildende des ersten und zweiten Lehrjahrs<sup>5</sup> unterscheiden sich nicht in ihre Cortisolausschüttung an den drei Messtagen (siehe Abbildung 8). So kann in einer hierarchischen Messwiederholungsanalyse weder ein signifikanter Haupteffekt des Lehrjahrs ( $F_{(1; 62)} = 2.0$ ;  $p = .16$ ) noch statistisch bedeutsame Interaktionseffekte zwischen Lehrjahr x Tag ( $F_{(2; 124)} = 0.7$ ;  $p = .51$ ) noch Lehrjahr x Messzeitpunkt ( $F_{(1; 119)} = 0.4$ ;  $p = .65$ ; siehe auch Anhang A-I, Tabelle A32) nachgewiesen werden. Die genauen statistischen Kennwerte pro Messzeitpunkt und Tag finden sich in Anhang A-I, Tabellen A33 bis A35.



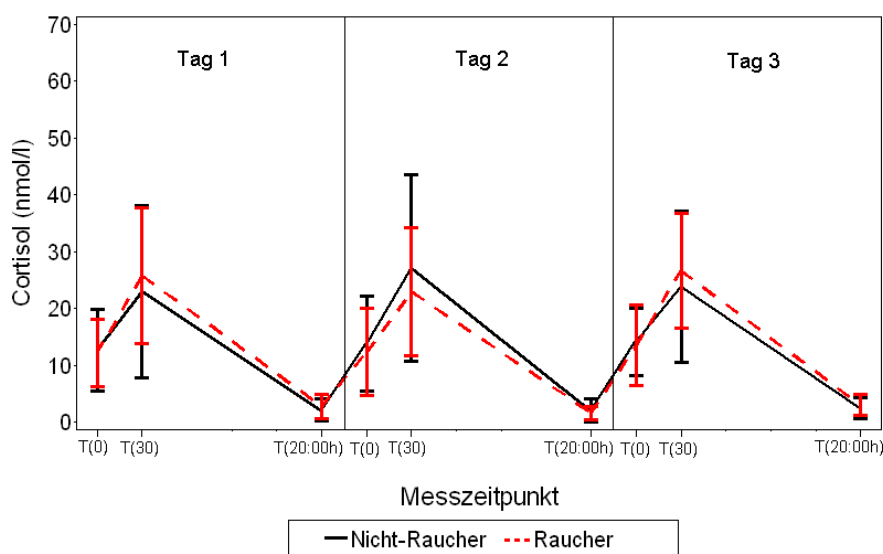
**Abbildung 8.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Lehrjahr.

Auf die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung an den drei Tagen hat die Lehrjahrszugehörigkeit ebenso keinen statistisch bedeutsamen Einfluss (siehe Anhang A-I, Tabelle A32 sowie Anhang A-II, Abbildung 40a). Es zeigen sich weder ein signifikanter Hauptef-

<sup>5</sup> Auszubildende des dritten Lehrjahrs werden aufgrund zu geringer Fallzahlen ( $N = 3$ ) in den Analysen nicht berücksichtigt.

fekt des Lehrjahrs ( $F_{(1; 62)} = 1.5$ ;  $p = .23$ ) noch ein bedeutsamer Interaktionseffekt zwischen Lehrjahr x Tag ( $F_{(2; 114)} = 0.7$ ;  $p = .52$ ). Auch bezüglich des absoluten Morgenanstiegs an den Messtagen kann kein Unterschied zwischen den Lehrjahren nachgewiesen werden ( $F_{(1; 62)} = 0.1$ ;  $p = .75$ ). Allerdings zeigt sich ein auf dem 10%-Niveau signifikanter Interaktionseffekt zwischen Lehrjahr x Tag ( $F_{(2; 114)} = 2.8$ ;  $p = .07$ ). Eine Einzelkontrastprüfung ergibt jedoch keine signifikanten Unterschiede des ersten und zweiten Lehrjahrs an einem der drei Messtage (Tag 1:  $F_{(1; 114)} = 2.0$ ;  $p = .16$ ; Tag 2:  $F_{(1; 114)} = 1.1$ ;  $p = .31$ ; Tag3:  $F_{(1; 114)} = 0.1$ ;  $p = .71$ ).

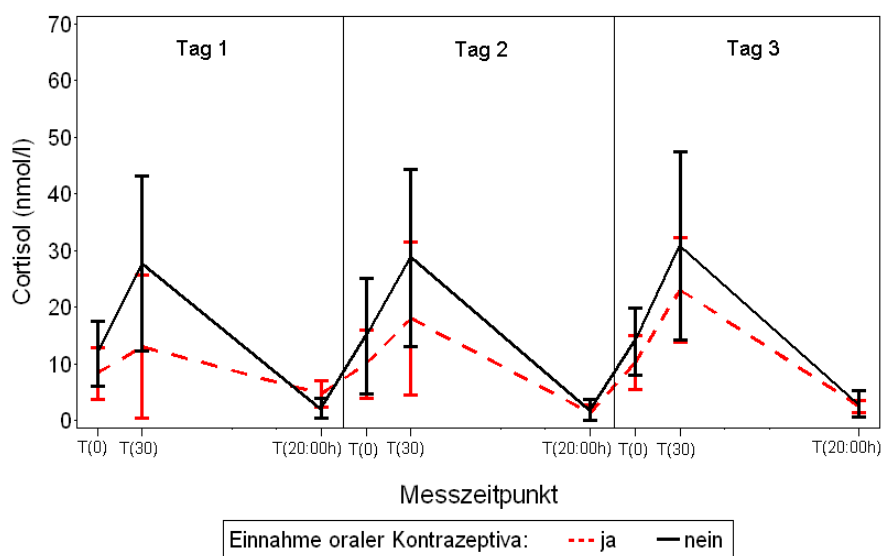
**Raucherstatus.** Zwischen den 34 Rauchern (52.3%) und den 31 Nichtrauchern (47.7%) zeigen sich laut hierarchischen Messwiederholungsanalysen weder in der Cortisolausschüttung über die drei Tage ( $F_{(1; 63)} = 0.3$ ;  $p = .56$ ) noch bezüglich der morgendlichen Cortisolparameter (CAR:  $F_{(1; 63)} = 0.8$ ;  $p = .38$ ; MnCMR:  $F_{(1; 63)} = 0.4$ ;  $p = .84$ ) signifikante Unterschiede (siehe Anhang A-I, Tabelle A36; siehe auch Abbildung 9 sowie Anhang A-II, Abbildung A41). Ebenso wurden keine statistisch bedeutsamen Interaktionseffekte zwischen Raucherstatus x Tag sowie Raucherstatus x Messzeitpunkt gefunden (siehe Anhang A-I, Tabelle A32). Die statistischen Kennwerte pro Tag sind in Anhang A-I, Tabelle A37 bis A39 dargestellt.



**Abbildung 9.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Raucherstatus.

**Einnahme oraler Kontrazeptiva.** Von 22 Frauen liegen Angaben über die Einnahme oraler Kontrazeptiva vor. Demnach nehmen acht (36.4%) der weiblichen Auszubildenden zum Untersuchungszeitpunkt ein orales Kontrazeptivum. Eine hierarchische Messwiederholungsanalyse ergibt keinen signifikanten Haupteffekt der Einnahme oraler

Kontrazeptiva auf die Cortisolausschüttung über die drei Messtage ( $F_{(1; 20)} = 2.3$ ;  $p = .15$ ; siehe auch Anhang A-I, Tabelle A40). Allerdings ist eine signifikante Interaktion zwischen der Einnahme oraler Kontrazeptiva und dem Messzeitpunkt zu beobachten ( $F_{(2; 40)} = 7.7$ ;  $p = .002$ ). So weisen Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einnehmen, 30 Minuten nach dem Erwachen eine signifikant höhere Cortisolkonzentration im Speichel auf als Frauen, die ein orales Kontrazeptivum zu sich nehmen, wie eine Einzelkontrastprüfung zeigt ( $F_{(1; 40)} = 10.2$ ;  $p = .003$  siehe auch Abbildung 10). Die Streubereiche überschneiden sich jedoch sehr. Zu den anderen Messzeitpunkten ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Frauen in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva (T(0):  $F_{(1; 40)} = 1.9$ ;  $p = .18$ ; T(20:00h):  $F_{(1; 40)} = 0.6$ ;  $p = .44$ ). Aufgrund der geringen Fallzahlen wird nochmals mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummen-Test der durchschnittliche Cortisolwert zu T(30) gemittelt über die drei Messtage in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva verglichen. Auch hier weisen Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, auf dem 10%-Niveau signifikant niedrigere Werte auf als Frauen, die dies nicht tun ( $MD_{\text{KeineOrale Kon.}} = 27.1\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{KeineOrale Kon.}} = 18.2\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Orale Kon.}} = 16.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Orale Kon.}} = 16.5\text{nmol/l}$ ;  $p = .10$ ).



**Abbildung 10.** Cortisolausschüttung der Frauen zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Einnahme oraler Kontrazeptiva.

Bezüglich der Cortisol-Parameter zeigt sich ein tendenziell signifikanter Haupteffekt der Einnahme oraler Kontrazeptiva auf den absoluten Morgenanstieg ( $F_{(1; 20)} = 3.2$ ;  $p = .09$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A43a). So weisen Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, einen geringen Anstieg der Cortisolkonzentration in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen auf als Frauen, die dies nicht tun. Interaktionseffekte mit dem Tag

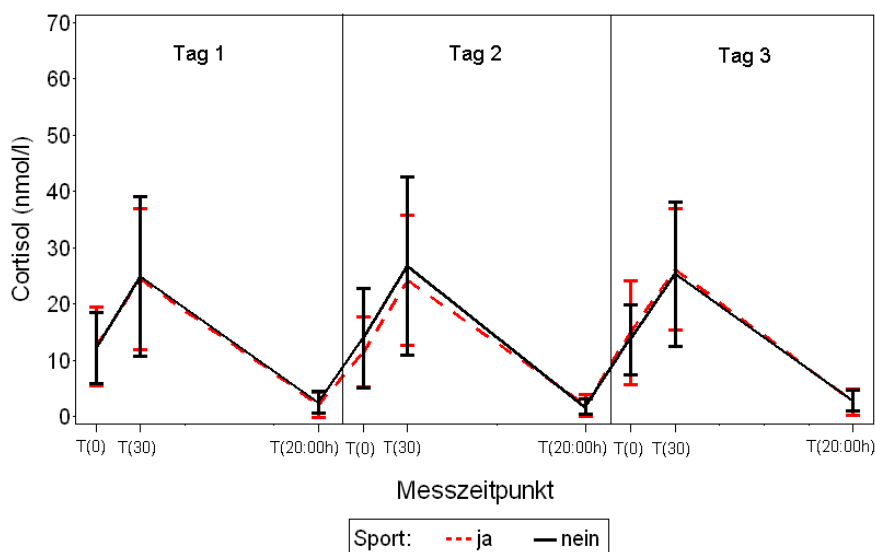
sind nicht zu beobachten (siehe Anhang A-I, Tabelle A40). Ein Vergleich des durchschnittlichen Cortisol-Morgenanstiegs gemittelt über die der Tage mit Hilfe eines Wilcoxon-Rangsummen-Tests ergibt keinen signifikanten Unterschied in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva ( $MD_{\text{KeineOrale Kon.}} = 14.1\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{KeineOrale Kon.}} = 12.8\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Orale Kon.}} = 6.3\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Orale Kon.}} = 14.5\text{nmol/l}$ ;  $p = .13$ ).

Die Einnahme oraler Kontrazeptiva scheint sich auch auf die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung auszuwirken. So besteht ein auf dem 10%-Niveau signifikanter Haupteffekt ( $F_{(1, 20)} = 3.8$ ;  $p = .07$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A43b) sowie eine signifikante Interaktion zwischen der Einnahme und dem Tag ( $F_{(1, 38)} = 3.0$ ;  $p = .06$ ). Gemäß einer Einzelkontrastprüfung weisen Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, am ersten Messtag eine signifikant geringere mittlere Morgenausschüttung auf als die übrigen Frauen ( $F_{(1, 38)} = 7.8$ ;  $p = .008$ ). An den beiden anderen Tagen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der Morgenausschüttung in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva (Tag 2:  $F_{(1, 38)} = 2.3$ ;  $p = .14$ ; Tag 3:  $F_{(1, 38)} = 0.8$ ;  $p = .37$ ). Ein Vergleich der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung gemittelt über die drei Tage mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummen-Test ergibt auf dem 10%-Niveau einen signifikanten Unterschied zwischen Frauen, die orale Kontrazeptiva zu sich nehmen, vs. Frauen, die dies nicht tun ( $MD_{\text{KeineOrale Kon.}} = 19.6\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{KeineOrale Kon.}} = 13.9\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Orale Kon.}} = 13.3\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Orale Kon.}} = 10.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .10$ ).

Die statistischen Kennwerte der Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter pro Tag können Anhang A-I, Tabellen A41 bis A43 entnommen werden.

**Sportliche Aktivitäten pro Tag.** Laut Selbstauskunft führten 15 Personen (23.1%) an einem der Messtage, drei Auszubildende (4.6%) an zwei und fünf (7.7%) an allen drei Messtagen sportliche Tätigkeiten durch. Aufgrund der geringen Fallzahlen werden bei den folgenden hierarchischen Messwiederholungsanalysen alle Personen, die mindestens an einem der Messtage sportliche Aktivitäten ausübten, zusammengefasst. Hinsichtlich der Cortisolausschüttung zu den drei Messzeitpunkten über die drei Tage zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Personen, die sich sportlich betätigten, und solchen, die dies nicht taten ( $F_{(1, 63)} = 0.3$ ;  $p = .58$ ; siehe auch Abbildung 1). Ebenso besteht keine signifikante Interaktion zwischen sportlicher Betätigung und Tag ( $F_{(2, 125)} = 0.1$ ;  $p = .88$ ) oder Messzeitpunkt ( $F_{(2, 123)} = 0.1$ ;  $p = .88$ ). Die statistischen Kennwerte können Anhang A-I, Tabellen A45-47 entnommen werden.





**Abbildung 11.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach sportlicher Betätigung.

Weder auf den absoluten Cortisol-Morgenanstieg ( $F_{(1; 63)} = 0.0$ ;  $p = .96$ ) noch auf die mittlere Morgenaussschüttung ( $F_{(1; 63)} = 0.0$ ;  $p = .95$ ) hat sportliche Aktivität einen signifikanten Haupteffekt (siehe auch Anhang A-II, Abbildung A48). Bedeutsame Interaktionseffekte zwischen den Tagen zeigen sich ebenso nicht (siehe Anhang A-I, Tabelle A44). Vergleicht man die Cortisol-Abendwerte innerhalb eines jeden Messtages zwischen Personen, die an diesem Tag Sport getrieben haben, vs. Personen, die sich nicht sportlich betätigt haben, zeigen sich weder an Tag 1 ( $t_{(53)} = 0.8$ ;  $p = .45$ ) noch zu Tag 2 ( $t_{(54)} = 0.1$ ;  $p = .96$ ) oder Tag 3 ( $t_{(44)} = 1.6$ ;  $p = .13$ ) bedeutende Unterschiede.

### 2.4.2.3 Körpermaße und Allergiediagnose

**Körpermaße.** In der vorliegenden Stichprobe sind nach Definition der WHO (2000) sechs Personen (9.2%) gemäß ihres BMIs als adipös einzustufen ( $BMI > 30.0$ ), 15 Personen (23.1%) sind präadipös ( $BMI > 25.0$ ), 37 Personen (57.0%) haben Normalgewicht und sieben Auszubildende (10.7%) sind untergewichtig. Zwischen Männern und Frauen sowie hinsichtlich der Berufsausbildung ergeben sich keine signifikanten Unterschiede (siehe Abschnitt 2.3.1).

Der BMI weist – wenn auch nur gering – moderate, aber auf dem 10%-Niveau signifikant negative Zusammenhänge mit dem durchschnittlichen Cortisol-Aufwachwert über die drei Tage sowie dem durchschnittlichen Cortisolwert 30 Minuten später auf (Tabelle 9). An den einzelnen Tagen zeigen sich nur an Tag 1 eine signifikant negative Korrelation zwischen dem BMI und dem Cortisolwert zu T(30) (Tabelle 9). Mit der mittleren Corti-

solausschüttung am Morgen zeigen sich gemittelt über die drei Messtage sowie an Tag 1 und Tag 3 auf dem 5%-Niveau signifikante Korrelationen. Schließt man jedoch die drei Personen mit einem BMI > 35 aus, sinken alle Korrelationskoeffizienten unter  $r = .15$  und keiner der Zusammenhänge ist mehr signifikant (siehe auch Anhang A-II, Abbildungen A45 und A49).

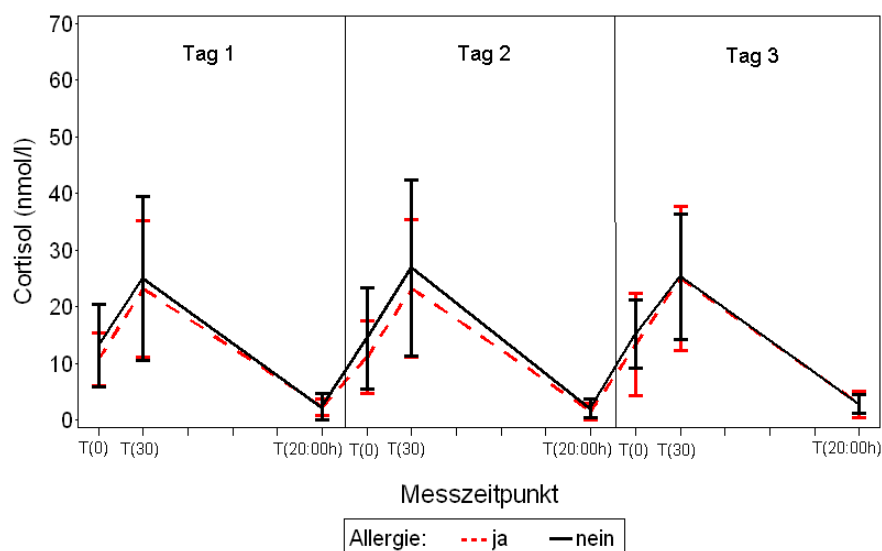
**Tabelle 9.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Body-Mass-Index und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen.

	Body-Mass-Index							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	62	-.23 <sup>+a</sup>	64	-.20	65	-.20	63	-.15
Cortisol zu T(30)	56	-.23 <sup>+a</sup>	62	-.24 <sup>+a</sup>	63	-.10	61	-.21
Cortisol zu T(20:00h)	43	-.11	56	-.07	56	-.08	52	-.03
Absoluter Morgenanstieg	54	-.11	61	-.13	63	.05	60	-.07
Mittlere Morgenausschüttung	54	-.29 <sup>*a</sup>	61	-.27 <sup>*a</sup>	63	-.19	60	-.29 <sup>*a</sup>

Anmerkungen: a) Unter Ausschluss von drei Probanden mit einem BMI > 35 sinken alle Korrelationen unter  $r = .15$  und sind nicht mehr signifikant; <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$ .

Mit dem Taillen-Hüft-Umfang (WHR) zeigen weder die Cortisol-Einzelwerte noch die Cortisolparameter bedeutsame Zusammenhänge (siehe Anhang A-I, Tabelle A48 sowie Anhang A-II, Abbildungen A50 bis A54).

**Allergie-Diagnose.** 28 der Auszubildenden (42.4%) haben nach eigener Auskunft vom Arzt eine allergische Erkrankung diagnostiziert bekommen. Im Ausmaß der psychischen Beschwerden, der subjektiv empfundenen chronischen Stressbelastung sowie des durchschnittlichen Befindens am Morgen und Abend zeigen sich keine Unterschiede zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern (siehe Anhang A-I, Tabelle A49 & A50). Auch hinsichtlich des BMI und WHR unterscheiden sich Allergiker und Nicht-Allergiker nicht voneinander (siehe Tabelle A49). Allergiker weisen allerdings einen signifikant höheren somatischen Beschwerdedruck ( $t_{(64)} = 2.1$ ;  $p = .04$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A55) sowie ein höheres Ausmaß an unspezifischer Erschöpfung auf als Nicht-Allergiker ( $t_{(64)} = 2.0$ ;  $p = .05$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A56).



**Abbildung 12.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Allergiediagnose.

Eine hierarchische Messwiederholungsanalyse ergibt keine signifikanten Unterschiede in der Cortisolausschüttung über die Messtage zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern ( $F_{(1; 64)} = 1.5$ ;  $p = .23$ ; siehe Abbildung 12). Es zeigen sich auch keine Interaktionseffekte mit dem Tag ( $F_{(2; 127)} = 0.2$ ;  $p = .83$ ; siehe Anhang A-I, Tabelle A51) oder dem Messzeitpunkt ( $F_{(2; 125)} = 1.0$ ;  $p = .36$ ). Auch auf den absoluten morgendlichen Cortisolanstieg ( $F_{(1; 64)} = 0.03$ ;  $p = .86$ ) sowie die mittlere Cortisol-Morgenaussschüttung ( $F_{(1; 64)} = 0.9$ ;  $p = .36$ ) über die drei Tage hat eine Allergiediagnose keinen Einfluss (siehe auch Anhang A-II, Abbildung A57). Signifikante Interaktionseffekte zwischen Allergiediagnose x Tag gibt es ebenso nicht (siehe Anhang A-I, Tabelle A51).

#### 2.4.2.4 Psychische und somatische Beschwerden

**Depressive Symptomatik.** Die Höhe der Zusammenhänge zwischen den psychischen und somatischen Beschwerden sowie der chronischen Stressbelastung finden sich in Anhang A-I, Tabelle A74. Mit dem Ausmaß depressiver Beschwerden (ADS, Hautzinger & Bailer, 1993) zeigen sich unsystematische, teils recht instabile Zusammenhänge mit der Cortisolausschüttung an den drei Messtagen (siehe Tabelle 10). So korreliert der Cortisolwert 30 Minuten nach dem Erwachen an Tag 2 und 3 sowie die durchschnittliche Cortisolkonzentration zu T(30) gemittelt über alle Tage moderat positiv mit der Depressivität ( $r = .30$  bis  $r = .41$ ). Allerdings sinken die Korrelationskoeffizienten an Tag 3 sowie gemittelt über alle Messtage unter  $r = .15$  bei Ausschluss einer bzw. zwei Personen mit einem jeweiligen Cortisolwert kleiner 5.0nmol/l (siehe Tabelle 10; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A59). Einzig der Zusammenhang der Depressivität mit dem Cortisolwert zu

T(30) an Tag 2 scheint auch unter Ausschluss von Extrembeobachtungen stabil. So sinkt der Korrelationskoeffizient unter Nicht-Berücksichtigung von drei Personen mit einem Cortisolwert  $< 3.0\text{nmol/l}$  zu T(30) an diesem Tag zwar auf  $r = .26$ , bleibt aber dennoch signifikant ( $p = .04$ ). Mit dem Cortisolwert um 20:00 Uhr zeigen sich nur zu Tag 3 ein signifikanter Zusammenhang mit der Depressivität von  $r = .32$  ( $p = .02$ ), der nicht durch einzelne Beobachtungen beeinflusst zu sein scheint (siehe Anhang A-II, Abbildung A60).

**Tabelle 10.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen Depressivität (gemessen anhand der ADS, Hautzinger & Bailer, 1993) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen.

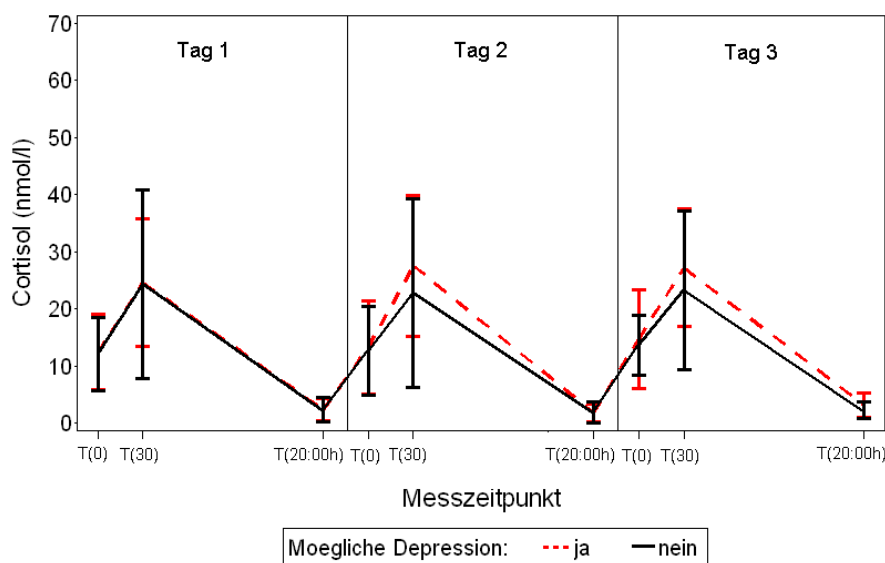
	Depressivität							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	64	.18	66	.04	67	.14	65	.13
Cortisol zu T(30)	58	<b>.30<sup>*a</sup></b>	64	.17	65	<b>.41<sup>***</sup></b>	63	<b>.23<sup>+b</sup></b>
Cortisol zu T(20:00h)	44	.24	58	.14	58	.06	53	<b>.32<sup>*</sup></b>
Absoluter Morgenanstieg	56	<b>.23<sup>+c</sup></b>	63	.10	65	<b>.35<sup>**d</sup></b>	62	.05
Mittlere Morgenausschüttung	56	<b>.29<sup>*e</sup></b>	63	.12	65	<b>.34<sup>**</sup></b>	62	<b>.27<sup>*f</sup></b>

Anmerkungen: a) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit durchschnittlichem  $\text{Cortisol}_{T(30)} < 5.0\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .12$  ( $p = .40$ ); b) Unter Ausschluss von einem Probanden mit  $\text{Cortisol}_{T(30)} < 5\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .11$  ( $p = .40$ ); c) Unter Ausschluss von einem Probanden mit durchschnittlichem  $\text{CAR} < -10.0\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .15$  ( $p = .29$ ); d) Unter Ausschluss von drei Probanden mit  $\text{CAR} < -10.0\text{nmol/l}$  und einem Probanden mit  $\text{CAR} > 40.0\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .24$  ( $p = .06$ ); e) Unter Ausschluss von einem Probanden mit durchschnittlichem  $\text{MnCMR} < 5.0\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .21$  ( $p = .13$ ); f) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit  $\text{MnCMR} < 8.0\text{nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .15$  ( $p = .26$ ); <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; <sup>\*</sup> $p \leq .05$ ; <sup>\*\*</sup> $p \leq .01$ ; <sup>\*\*\*</sup> $p \leq .001$

Mit dem durchschnittlichen Cortisolanstieg am Morgen sowie an Tag 2 korreliert die Depressivität moderat positiv (siehe Tabelle 10). Die signifikanten Zusammenhänge verschwinden jedoch bei Ausschluss eines Probanden mit einem durchschnittlichen Morgenanstieg von  $< -10\text{nmol/l}$  über die drei Messtage auf  $r = .15$  ( $p = .29$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A61d). An Tag 2 beträgt der Korrelationskoeffizient unter Ausschluss der beiden Probanden mit dem niedrigsten ( $\text{CAR} < -10.0\text{nmol/l}$ ) und höchsten ( $\text{CAR} > 40.0\text{nmol/l}$ ) Morgenanstieg an diesem Tag auf  $r = .26$  und bleibt auf dem 10%-Niveau signifikant ( $p = .06$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A61b). Die Zusammenhänge mit der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen und den depressiven Beschwerden bleiben unter Ausschluss von Extrembeobachtungen nur an Tag 2 bestehen (siehe Tabelle 10). Hier beträgt der Korrelationskoeffizient nach Ausschluss der zwei Personen

mit der niedrigsten ( $MnCMR < 3.0nmol/l$ ) und der höchsten ( $MnCMR > 50.0nmol/l$ ) Morgenausschüttung noch  $r = .29$  ( $p = .02$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung 62).

**Verdachtsdiagnose Depression.** Die 38 Auszubildenden, die nach dem Wellbeing-Index der WHO (1998) eine mögliche depressive Störungen haben, unterscheiden sich nicht signifikant in ihrer Cortisolausschüttung über die drei Messtage von gesunden Probanden, wie eine hierarchische Messwiederholungsanalyse ergibt (siehe Anhang A-I, Tabelle A55). So zeigt sich kein signifikanter Haupteffekt der Verdachtsdiagnose ( $F_{(1; 65)} = 1.2$ ;  $p = .28$ ). Es besteht jedoch ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen der Verdachtsdiagnose und dem Messzeitpunkt ( $F_{(2; 127)} = 3.2$ ;  $p = .05$ ). Nach einer Einzelkontrastprüfung haben Personen mit einer Verdachtsdiagnose 30 Minuten nach dem Erwachen einen signifikant höheren Cortisolwert als Personen ohne Verdachtsdiagnose ( $F_{(1; 127)} = 5.4$ ;  $p = .02$ ; siehe auch Abbildung 13). Allerdings überschneiden sich die Streubereiche sehr. Ein Vergleich der durchschnittlichen Cortisolkonzentration zu T(30) zwischen Personen mit und ohne einer Verdachtsdiagnose mit Hilfe eines Wilcoxon-Rangsummentest ergibt keinen signifikanten Unterschied ( $MD_{Keine Depression} = 22.4nmol/l$ ;  $IQA_{Keine Depression} = 17.6nmol/l$  vs.  $MD_{Mögliche Depression} = 25.2nmol/l$ ;  $IQA_{Mögliche Depression} = 12.4nmol/l$ ;  $p = .37$ ). Zu den anderen Messzeitpunkten zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit eines Diagnoseverdachts. Im absoluten Cortisol-Morgenanstieg ( $F_{(1; 65)} = 1.3$ ;  $p = .26$ ) sowie in der mittleren Morgenausschüttung ( $F_{(1; 65)} = 1.3$ ;  $p = .26$ ) unterscheiden sich Auszubildende mit einer möglichen depressiven Störung nicht von den übrigen Probanden (siehe Anhang A-I, Tabelle A55. sowie Anhang A-II, Abbildung A63). Es bestehen auch keine Interaktionseffekte zwischen Verdachtsdiagnose und Tag.



**Abbildung 13.** Cortisolausschüttung zu T(0), T(30) und T(20:00h) über die drei Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der WHO-5, WHO 1998).

**Ängstlichkeit.** Die dispositionelle Ängstlichkeit (STAI-X2, Laux et al., 1981) korreliert 30 Minuten nach dem Erwachen mit der Cortisolkonzentration gemittelt über alle drei Tage sowie an den einzelnen Messtagen signifikant positiv (siehe Tabelle 11). Allerdings erweist sich nach Ausschluss einzelner extremer Beobachtungen lediglich der Zusammenhang an Tag 2 als stabil (siehe Tabelle 11 sowie Anhang A-II, Abbildung A65). Werden fünf Probanden, deren Cortisolwert zu T(30) an Tag 2 geringer als 2.0nmol/l bzw. größer als 50.0nmol/l beträgt, aus den Analysen ausgeschlossen (siehe Anhang A-II, Abbildung A65b), so sinkt der Korrelationskoeffizient an diesem Tag auf  $r = .32$ , ist aber immer noch signifikant ( $p = .01$ ). Die dispositionelle Ängstlichkeit hängt signifikant positiv mit dem mittleren Morgenanstieg über die drei Messtage zusammen ( $r = .30$ ;  $p = .02$ ), was v.a. auf eine signifikante Korrelation des absoluten Morgenanstiegs und der Ängstlichkeit an Tag 2 zurückzuführen ist ( $r = .39$ ;  $p = .001$ ; siehe auch Anhang A-II, Abbildung A67). An Tag 1 und Tag 3 zeigen sich keine bedeutenden Zusammenhänge (siehe Tabelle 11). Mit der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung korreliert die dispositionelle Ängstlichkeit – auch unter Nicht-Berücksichtigung einzelner extremer Beobachtungen – sowohl gemittelt über alle drei Tage wie auch an jedem einzelnen Tag signifikant positiv. Je höher die dispositionelle Ängstlichkeit bei einer Person ausgeprägt ist, desto mehr Cortisol wird in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen im Durchschnitt ausgeschüttet (siehe auch Anhang A-II, Abbildung A68).

**Tabelle 11.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen.

	Ängstlichkeit							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	64	.16	66	.15	67	.15	65	.05
Cortisol zu T(30)	58	<b>.40**<sup>a</sup></b>	64	<b>.24<sup>+b</sup></b>	65	<b>.45***</b>	63	<b>.30<sup>+c</sup></b>
Cortisol zu T(20:00h)	44	.20	58	.06	58	-.01	53	<b>.23<sup>+</sup></b>
Absoluter Morgenanstieg	56	<b>.30*</b>	63	.13	65	<b>.39***</b>	62	.15
Mittlere Morgenausschüttung	56	<b>.35**</b>	63	<b>.22<sup>+</sup></b>	65	<b>.36**</b>	62	<b>.27*</b>

Anmerkungen: a) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit durchschnittlichem Cortisol<sub>T(30)</sub> < 5.0nmol/l sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .19$  ( $p = .16$ ); b) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit Cortisol<sub>T(30)</sub> < 3nmol/l und STAI\_PR < 30% sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .06$  ( $p = .62$ ); c) Unter Ausschluss von einem Probanden mit Cortisol<sub>T(30)</sub> < 2.0nmol/l sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .17$  ( $p = .18$ ); <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

**Somatische Beschwerden.** Hinsichtlich des allgemeinen somatischen Beschwerdedrucks (GBB-24, Brähler & Scheer, 1995) zeigen sich mit den Cortisolwerten zu T(0), T(30) sowie mit dem absoluten Cortisol-Morgenanstieg sowohl gemittelt über die drei Tage wie auch an den einzelnen Messtagen nur unsystematische Zusammenhänge, die alle verschwinden, sobald einzelne extreme Beobachtungen ausgeschlossen werden (siehe Tabelle 12 sowie Anhang A-II, Abbildungen A69 bis A73). Ebenso verhält es sich mit der unspezifischen Erschöpfung (GBB-24, Brähler & Scheer, 1995). Die Korrelationstabelle kann Anhang A-I, Tabelle A59, detaillierte Abbildungen Anhang A-II, Abbildungen A74 bis A78 entnommen werden.

**Tabelle 12.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen dem allgemeinen Beschwerdedruck (gemessen anhand des GBB-24, Brähler & Scheer, 1995) und den Cortisol-Einzelwerten und -parametern an den drei Messtagen.

	Beschwerdedruck							
	Tag 1-3		Tag 1		Tag 2		Tag 3	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	64	-.10	66	.09	67	-.20 <sup>+</sup> a	65	-.18
Cortisol zu T(30)	58	.23 <sup>+</sup> b	64	.11	65	.23 <sup>+</sup> b	63	.26 <sup>+</sup> b
Cortisol zu T(20:00h)	44	.06	58	.03	58	.06	53	.08
Absoluter Morgenanstieg	56	.27 <sup>+</sup> c	63	.10	65	.30 <sup>+</sup> c	62	.21 <sup>+</sup> c
Mittlere Morgenausschüttung	56	.07	63	.03	65	.01	62	.10

Anmerkungen: a) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit einem  $Cortisol_{T(0)} > 38.0 \text{ nmol/l}$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.13$   $p = .30$ ; b) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit  $GBBB\_PR < 20\%$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r < .05$  und wird nicht signifikant; c) Unter Ausschluss von zwei Probanden mit  $GBBB\_PR < 20\%$  sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r < .14$  und wird nicht signifikant; <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$ .

#### 2.4.2.5 Chronische Stressbelastung und tägliches Befinden

**Chronische Stressbelastung.** Die subjektiv empfundene chronische Stressbelastung zeigt keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge mit der Cortisolausschüttung weder gemittelt über alle Tage noch an den einzelnen Tagen (siehe hierzu Anhang A-I, Tabelle A60 sowie Anhang A-II, Abbildungen A79 bis A83).

**Befinden am Morgen und Abend.** Sowohl die Stimmung, die Wachheit wie auch die innere Ruhe 30 Minuten nach dem Erwachen und am Abend um 20:00 Uhr (gemessen MDBF; Steyer et al., 1997) unterscheiden sich gemäß hierarchischer Messwiederholungsanalysen nicht bedeutend zwischen den Tagen (siehe Anhang A-I, Tabelle A61). Allerdings

zeigt sich sowohl bei der Stimmung wie auch bei der Wachheit ein signifikanter Haupteffekt des Messzeitpunkts (Stimmung:  $F_{(1; 64)} = 43.3$ ;  $p = <.0001$ ; Wachheit:  $F_{(1; 64)} = 36.6$ ;  $p = <.0001$ ). Am Morgen ist demnach die Stimmung über die Tage schlechter als am Abend. Am Abend sind die Personen wiederum etwas wacher als am Morgen (statistische Kennwerte siehe Anhang A-I, Tabelle A62).

Mit der Cortisolausschüttung beim Erwachen sowie 30 Minuten später zeigen sich keine Zusammenhänge mit den drei Befindensdimensionen am Morgen weder gemittelt über die drei Messstage noch an den einzelnen Tagen. Auch mit den Cortisolparametern korreliert das Befinden am Morgen nicht (siehe Anhang A-I, Tabelle A63 bis A65 sowie Anhang A-II, Abbildungen A84 bis A98). Die Cortisolwerte am Abend weisen ebenso an keinem Tag Zusammenhänge mit der Stimmung, der Wachheit oder der inneren Ruhe am Abend auf (siehe Anhang A-I, Tabelle A66 sowie Anhang A-II, Abbildungen A84 bis A98).

Das Befinden am Abend weist an keinem Tag Zusammenhänge mit den Cortisol-Einzelwerten sowie den Cortisolparametern am nächsten Morgen auf (siehe Anhang A-I, Tabelle A67 sowie Anhang A-II, Abbildungen A99 bis A102).

**Berichtete negative Ereignisse.** Die Auszubildenden berichten an Tag 1 insgesamt 27<sup>6</sup> stressreiche Ereignisse<sup>7</sup> (11.2%), am zweiten Tag erlebten sie 22 (8.9%) sowie am dritten Tag 15 (6.2%) stresshafte Vorkommnisse während des Tages. Davon ereigneten sich am ersten Tag zehn Vorfälle zwischen 18:00 und 20:00 Uhr, an Tag 2 traten zwei und am dritten Tag vier Ereignisse in diesem Zeitraum auf. In der Gesamtzahl berichteter Ereignisse zeigen sich keine signifikanten Verteilungsunterschiede zwischen den Tagen ( $\chi^2_{(2)} = 3.7$ ;  $p = .15$ ). Frauen berichten mit 35 Vorfällen (13.2%) signifikant mehr Ereignisse als Männer (29; 6.3%) während der Untersuchungsphase ( $\chi^2_{(1)} = 10.1$ ;  $p = .002$ ). Zwischen den Lehrjahren zeigen sich keine Unterschiede in der Häufigkeit berichteter Ereignisse ( $\chi^2_{(2)} = 1.6$ ;  $p = .45$ ). Zumeist handelte es sich um Auseinandersetzungen mit einer dritten Person, wie der Freundin, einem Lehrer oder den Eltern, sowie Unpünktlichkeit.

Personen, die am ersten Tag ein oder mehrere kritische Ereignisse berichten, unterscheiden sich gemäß einer hierarchischen Messwiederholungsanalyse mit anschließender

---

<sup>6</sup> An Tag 1 berichten 16 Personen ein Ereignis, vier Personen zwei und eine Person drei Vorkommnisse während des Tages. An Tag 2 berichten zehn Personen ein und sechs Personen zwei Ereignisse. An Tag 3 berichten elf Personen ein und eine Person zwei Ereignisse. Aufgrund der geringen Fallzahlen wird zwischen diesen Personen in den Analysen jedoch nicht weiter unterschieden.

<sup>7</sup> Bei den Ereignissen handelt es sich um nicht antizipierbare Vorkommnisse, deren Eintreten im Voraus bekannt war. Über 90% der Fälle sind soziale Konflikte mit Eltern, Kollegen, Lehrern oder Freunden.



Einzelkontrastprüfung in der Cortisolausschüttung um 20:00 Uhr des gleichen Tages (Interaktionseffekt zwischen Messung x berichtetem Ereignis:  $F_{(2; 115)} = 3.3$ ;  $p = .04$ ; siehe auch Anhang A-I; Tabelle A68), jedoch nicht in den Cortisolkonzentrationen am nächsten Morgen (Einzelkontrastprüfung Cortisol zu T(20:00h):  $F_{(1; 115)} = 7.5$ ;  $p = .007$ ). So weisen Personen, die ein stressreiches Erlebnis an diesem Tag hatten, am Abend um 20:00 Uhr einen signifikant höheren Cortisolwert auf als Personen, die keine besonderen Vorkommnisse am Tag berichten (statistische Kennwerte siehe Anhang A-I, Tabelle A70). Auch eine konservative Testung mit Hilfe eines Wilcoxon-Rangsummen-Tests ergibt einen signifikanten Unterschied in der abendlichen Cortisolkonzentration zwischen Personen, die während des Tages ein stresshaftes Ereignis berichten, und solchen, die dies nicht tun ( $MD_{\text{krit. Ereignis}} = 3.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{krit. Ereignis}} = 2.1\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{kein Ereignis}} = 1.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{kein Ereignis}} = 1.5\text{nmol/l}$ ;  $p = .003$ ). Vergleicht man in einem weiteren Schritt die zehn Personen, die zwischen 18:00 und 20:00 Uhr ein kritisches Ereignis berichten, mit den übrigen Personen, bestätigen sich die Unterschiede sowohl mit Hilfe einer hierarchischen Messwiederholungsanalyse (siehe Anhang A-I, Tabelle, A68) als auch bei konservativer Testung mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummen-Test ( $MD_{\text{krit. Ereignis}} = 3.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{krit. Ereignis}} = 1.4\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{kein Ereignis}} = 1.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{kein Ereignis}} = 1.9\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ).

An Tag 2 zeigen sich diese Unterschiede in der Cortisolausschüttung um 20:00 Uhr jedoch nicht in Abhängigkeit berichteter Ereignisse an diesem Tag, wie eine weitere hierarchische Messwiederholungsanalyse ergibt (siehe Anhang A-I, Tabelle A68 sowie Tabelle A71). Dies könnte daran liegen, dass lediglich zwei Personen im Zeitraum zwischen 18:00 und 20:00 Uhr ein stressreiches Ereignis berichten, während alle anderen berichteten Ereignisse wesentlich früher im Tagesverlauf stattfanden.

Am dritten Tag unterscheiden sich nach dem Wilcoxon-Rangsummen-Test die zehn Personen, die über den Tag ein stressreiches Ereignis berichten, nicht signifikant von den übrigen Auszubildenden ( $MD_{\text{krit. Ereignis}} = 2.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{krit. Ereignis}} = 2.2\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{kein Ereignis}} = 1.9\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{kein Ereignis}} = 3.4\text{nmol/l}$ ;  $p = .89$ ). Auch die vier Personen, die zwischen 18:00 und 20:00 Uhr ein stresshaftes Vorkommnis erlebten, weisen keine Unterschiede in der zentralen Tendenz zu den anderen Probanden auf ( $MD_{\text{krit. Ereignis}} = 2.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{krit. Ereignis}} = 2.0\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{kein Ereignis}} = 2.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{kein Ereignis}} = 2.8\text{nmol/l}$ ;  $p = .70$ ). Geschlechtsspezifische Auswertungen hinsichtlich des Einflusses kritischer Ereignisse auf die abendlichen Cortisolkonzentration erbrachten zu keinem Tag einen Unterschied, weshalb auf eine Darstellung verzichtet wird.

#### **2.4.2.6 Zusammenfassung der Ergebnisse**

**Aufwachzeiten und Schlafdauer.** Sowohl die Aufwachzeit wie auch die Schlafdauer weisen an allen Messtagen einen signifikant positiven Zusammenhang im moderaten Bereich mit der Cortisolkonzentration nach dem Erwachen auf. Je später die Probanden aufwachen und je länger sie in der Nacht zuvor geschlafen haben, desto höher ist der Cortisolwert zu T(0). Auf die spätere Cortisolausschüttung sowie auf die morgendlichen Cortisolparameter hat die Aufwachzeit und Schlafdauer keinen Einfluss.

**Soziodemographische Merkmale.** Sowohl das Geschlecht wie auch die Berufsausbildung haben keinen Einfluss auf die tägliche Cortisolausschüttung an den drei Messtagen. Auch die Lehrjahrszugehörigkeit zeigt keinen Zusammenhang mit den Cortisolkonzentrationen am Morgen und Abend.

**Raucherstatus und Einnahme oraler Kontrazeptiva.** Raucher unterscheiden sich weder in ihrer täglichen Cortisolausschüttung am Morgen und Abend noch bezüglich des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs und der mittleren Morgenausschüttung über die Messtage bedeutend von Nichtrauchern. Ein signifikanter Haupteffekt bezüglich der Einnahme oraler Kontrazeptiva auf die tägliche Cortisolausschüttung über die drei Tage wurde nicht gefunden. Allerdings weisen Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, eine signifikant niedrigere Cortisolkonzentration 30 Minuten nach dem Erwachen auf als Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva zu sich nehmen. Die Streubereiche weisen jedoch starke Überschneidungen auf. Gemittelt über drei Tage unterscheidet sich die Cortisolkonzentration zu T(30) in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva auf dem 10%-Niveau auch bei nonparametrischer Testung. Hinsichtlich der morgendlichen Cortisolparameter zeigen sich auf dem 10%-Niveau signifikante Haupteffekte. Auch hier zeigen sich starke Überschneidungen der Streubereiche. Bei konservativer Testung durch nonparametrische Gruppenvergleiche zeigen sich allerdings nur Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung gemittelt über alle Tage auf dem 10%-Niveau. Im durchschnittlichen Morgenanstieg unterscheiden sich Frauen nicht in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva.

**Sportliche Aktivität.** Personen, die sich an einem oder mehreren Messtagen sportlich betätigt haben, unterscheiden sich in ihrer täglichen Cortisolausschüttung nicht von Personen, die keine sportlichen Aktivitäten durchführten. Sportliche Betätigung hat auch keinen signifikanten Haupteffekt auf den morgendlichen Cortisolanstieg oder die mittlere morgendliche Cortisolausschüttung. Auch der Cortisolwert zu T(20:00h) wird nicht durch sportliche Aktivitäten zu einem früheren Zeitpunkt des Tages beeinflusst.

**Körpermaße und Allergiediagnose.** Nach Ausschluss einzelner extremer Beobachtungen weisen weder der Body-Mass-Index noch das Waist-to-Hip-Ratio bedeutende Zusammenhänge mit der Cortisolausschüttung über die drei Messtage auf. Die tägliche Cortisolausschüttung unterscheidet sich auch nicht zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern.

**Psychische und somatische Beschwerden.** Nach Ausschluss einzelner extremer Beobachtungen zeigen zwischen der selbstberichteten Depressivität und der Cortisolausschüttung keine systematischen Zusammenhänge. Lediglich an Tag 2 hängen die mittlere Morgenausschüttung sowie die Cortisolkonzentration zu T(30) moderat positiv mit dem Ausmaß depressiver Beschwerden zusammen. Eine Verdachtsdiagnose Depression hat keinen Einfluss auf die tägliche Cortisolausschüttung. Allerdings besteht eine signifikante Interaktion zwischen einer Verdachtsdiagnose und dem Messzeitpunkt. So weisen Personen, bei denen der Verdacht auf eine mögliche Depression besteht, 30 Minuten nach dem Erwachen einen signifikant höheren Cortisolwert auf als Personen ohne Depressionsverdacht, wie eine Einzelkontrastprüfung zeigt. Bei konservativer Testung mit Hilfe eines Wilcoxon-Rangsummen-Tests können jedoch keine Unterschiede in der durchschnittlichen Cortisolkonzentration zu T(30) zwischen den Gruppen festgestellt werden. Die dispositionelle Ängstlichkeit weist nach Ausschluss einzelner extremer Beobachtungen lediglich mit der mittleren Cortisolausschüttung an den Tagen stabile positive Zusammenhänge auf. Je höher die Ängstlichkeit ausgeprägt ist, desto mehr Cortisol wird im Durchschnitt in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen ausgeschüttet. Weder der allgemeine somatische Beschwerdedruck noch das Ausmaß der unspezifischen Erschöpfung haben einen systematischen Einfluss auf die tägliche Cortisolausschüttung oder die morgendlichen Cortisolparameter.

**Chronische Stressbelastung und tägliches Befinden.** Die subjektiv empfundene chronische Stressbelastung zeigt keine Zusammenhänge mit der Cortisolausschüttung. Auch das momentane Befinden am Morgen und Abend korreliert nicht mit den korrespondierenden Cortisolwerten zum jeweiligen Zeitpunkt. Das abendliche Befinden beeinflusst auch nicht die Cortisolausschüttung am nächsten Morgen.

**Berichtete negative Ereignisse.** Insgesamt werden sehr wenige stressreiche Ereignisse von den Auszubildenden über die Untersuchungsphase berichtet. Die Anzahl berichteter Ereignisse unterscheidet sich statistisch nicht zwischen den Messtagen. Lediglich am ersten Tag weisen Personen, die während des Tages ein stresshaftes Vorkommnis erlebten, eine signifikant höhere Cortisolkonzentration um 20:00 Uhr auf als die übrigen Auszubildenden. An den anderen Tagen zeigt sich dieser Unterschied allerdings nicht. Auf die

Cortisolausschüttung am nächsten Tag wirken sich kritische Ereignisse des Vortages nicht aus.

### **2.4.3 Intraindividuelle Stabilität und tägliche Schwankungen der HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen und mögliche situative und personenbedingte Determinanten**

Im Folgenden soll durch eine explorative, differentialanalytische Herangehensweise das Ausmaß der Stabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung an den drei alltagstypischen Messtagen näher untersucht werden. Dabei soll überprüft werden, ob die morgendliche circadiane Rhythmik der Cortisolausschüttung innerhalb einer Person unter Alltagsbedingungen täglichen Schwankungen unterliegt und inwieweit sich Personen in Art und Umfang dieser kurzfristigen Veränderungen der Cortisolausschüttung unterscheiden. In einem ersten Schritt wird mit Hilfe von Intraklassenkoeffizienten sowie den mittleren Schwankungen der Cortisolausschüttung über die drei Messtage die intraindividuelle Variabilität abzubilden versucht. Anschließend wird der Einfluss möglicher stabiler Personenmerkmale sowie situativer Determinanten auf die Cortisolschwankungen näher untersucht.

#### **2.4.3.1 Stabilität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen**

Die Stabilität der Cortisol-Einzelwerte sowie der Cortisolparameter über die drei Messtage wurde mit Hilfe der Intraklassen-Koeffizienten (ICCs) sowohl für die Gesamtstichprobe wie auch nach verschiedenen stabilen Personenmerkmalen getrennt geschätzt.

In der Gesamtstichprobe ergeben sich sowohl für den Cortisol-Aufwachwert wie auch für die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen eine moderate Stabilität von  $ICC_{T(0)} = .54$  (CI = [.40, .67]; N = 64) und  $ICC_{T(30)} = .61$  (CI = [.47, .73]; N = 58). Die Cortisolwerte am Abend weisen über die drei Messtage eine geringere, aber moderate Stabilität von  $ICC_{T(20:00h)} = .47$  (CI = [.29, .64]) auf. Beim absoluten morgendlichen Cortisolanstieg ist die Stabilität mit einem  $ICC_{CAR} = .47$  (CI = [.31, .62]; N = 56) ebenfalls moderat ausgeprägt. Die mittlere Cortisolausschüttung in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen zeigt hingegen eine höhere Stabilität von  $ICC_{MnCMR} = .66$  (CI = [.53, .77]; N = 56) über die drei Messtage. Die teilweise relativ großen Konfidenzintervalle deuten auf große interindividuelle Unterschiede in der Stabilität über die drei Messtage hin.

Der abendliche Cortisolspiegel ist bei Frauen weniger stabil als bei Männern (siehe Tabelle 13). Bäckerlehrlinge weisen 30 Minuten nach dem Erwachen eine stabilere Corti-

solausschüttung auf als Konditoren. Die morgendlichen Cortisolwerte sowie  $\rho$ -parameter von Auszubildenden im zweiten Lehrjahr sind von moderater Stabilität und höher ausgeprägt als bei Personen im ersten Lehrjahr. Der Cortisol-Abendwert bei Probanden im zweiten Lehrjahr ist hingegen von einer geringeren Stabilität.

**Tabelle 13.** Intraklassenkoeffizienten der Cortisol-Einzelwerte sowie  $\rho$ -parameter mit Konfidenzintervall über die drei Messtage nach stabilen Personenmerkmalen.

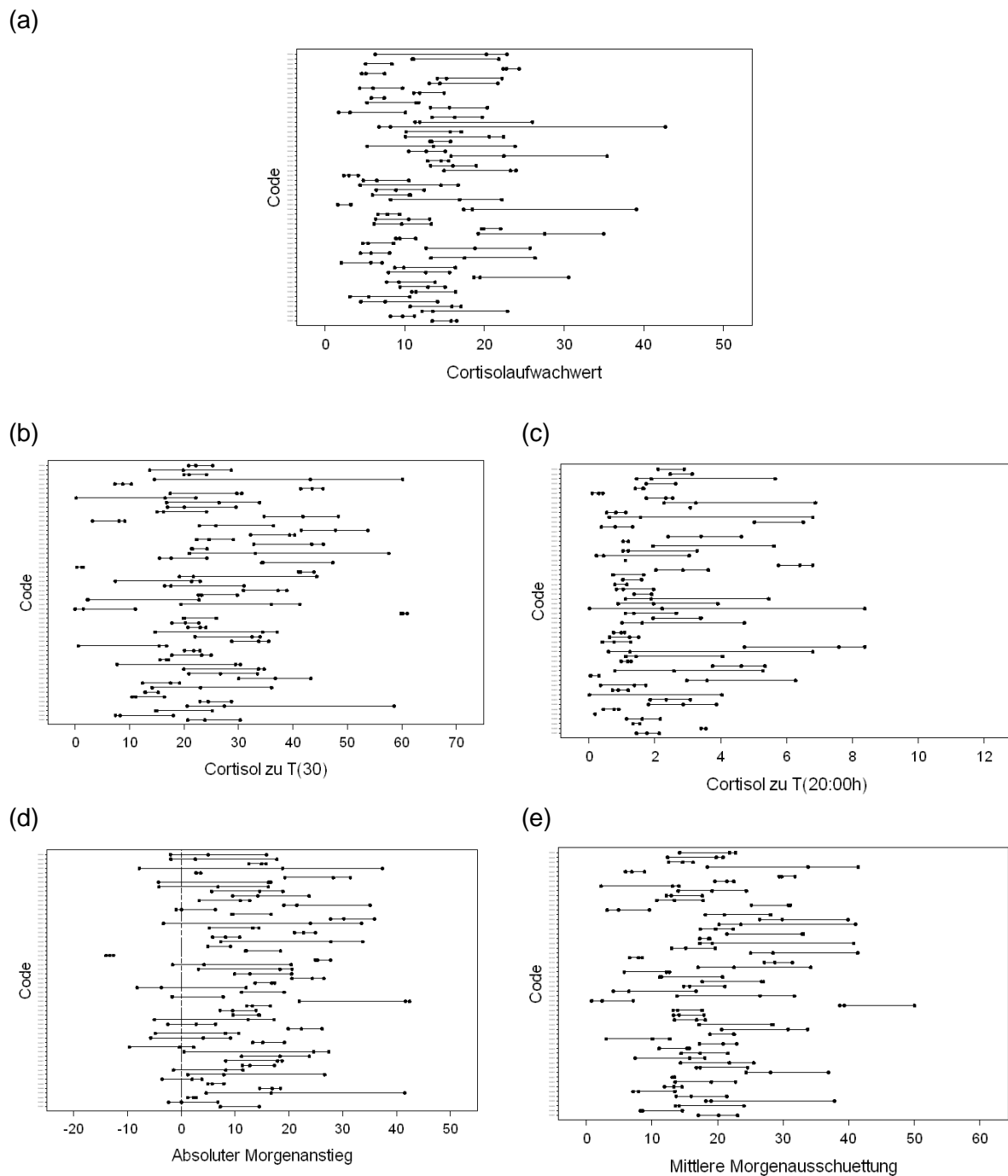
	Cortisol				
	T(0)	T(30)	T(20:00h)	CAR	MnCMR
<b>Geschlecht</b>					
Männer	.56 [.38, .71]	.67 [.51, .80]	.54 [.32, .74]	.50 [.30, .68]	.64 [.47, .79]
Frauen	.53 [.29, .74]	.56 [.31, .76]	.39 [.10, .67]	.44 [.18, .68]	.67 [.46, .83]
<b>Berufsausbildung</b>					
Bäcker	.52 [.32, .70]	.71 [.54, .84]	.44 [.16, .70]	.50 [.27, .70]	.66 [.47, .81]
Konditor	.58 [.38, .75]	.52 [.31, .72]	.48 [.24, .70]	.46 [.23, .67]	.65 [.47, .80]
<b>Lehrjahr</b>					
1. Lehrjahr	.47 [.23, .69]	.46 [.23, .69]	.46 [.21, .69]	.44 [.20, .67]	.57 [.34, .76]
2. Lehrjahr	.66 [.48, .81]	.66 [.47, .80]	.27 [.04, .52]	.51 [.30, .71]	.70 [.53, .83]
<b>Raucherstatus</b>					
Raucher	.53 [.29, .73]	.32 [.10, .58]	.15 [-.10, .43]	.31 [.10, .57]	.45 [.21, .68]
Nichtraucher	.67 [.49, .82]	.67 [.49, .82]	.65 [.45, .80]	.59 [.39, .76]	.76 [.61, .87]
<b>Orale Kontrazeptiva</b>					
Einnahme ja	.67 [.25, .92]	.37 [-.08, .82]	.16 [-.42, .35]	.34 [-.10, .81]	.53 [.08, .88]
Einnahme nein	.59 [.28, .82]	.73 [.49, .89]	.64 [.35, .85]	.55 [.24, .81]	.76 [.53, .91]
<b>Sport</b>					
ja	.66 [.41, .85]	.40 [.10, .69]	.35 [.05, .65]	.19 [-.08, .53]	.60 [.33, .81]
nein	.59 [.41, .74]	.69 [.53, .81]	.42 [.21, .62]	.60 [.42, .75]	.69 [.54, .81]
<b>Diagnoseverdacht Depression</b>					
ja	.48 [.28, .67]	.36 [.14, .57]	.43 [.22, .63]	.37 [.15, .58]	.49 [.28, .68]
nein	.71 [.51, .85]	.69 [.49, .84]	.37 [.10, .64]	.57 [.34, .77]	.75 [.58, .88]
<b>Allergiediagnose</b>					
ja	.47 [.23, .70]	.59 [.37, .78]	.32 [.07, .58]	.43 [.19, .67]	.68 [.48, .83]
nein	.62 [.43, .78]	.61 [.42, .77]	.42 [.19, .64]	.48 [.26, .68]	.62 [.43, .78]

Raucher weisen durchweg geringere Stabilitätskoeffizienten als Nichtraucher auf (siehe Tabelle 13). Während der Cortisol-Aufwachwert und die durchschnittlich am Morgen ausgeschüttete Cortisolmenge von moderater Stabilität sind, sind die ICCs zu T(30)

und des absoluten Morgenanstiegs als eher gering stabil einzustufen. Der Cortisolwert am Abend ist bei Rauchern über die drei Tage nicht stabil. Während die Cortisolausschüttung bei Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva einnehmen, durch moderate bis hohe Stabilität gekennzeichnet ist, sind bei Frauen, die orale Kontrazeptiva konsumieren, sowohl die Cortisolkonzentrationen zu T(30) sowie auch der mittlere Cortisol-Morgenanstieg über die drei Tage von eher geringer Stabilität. Der Abendwert ist bei diesen Frauen nicht stabil. Allerdings ist zu beachten, dass lediglich sieben Frauen angaben, orale Kontrazeptiva zu sich zu nehmen. Der Cortisolanstieg in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen ist bei Personen, die an einem der drei Tage Sport getrieben haben, von sehr geringer Stabilität. Personen, bei denen der Verdacht auf eine depressive Störung besteht, weisen durchweg nur geringe bis moderat stabile Cortisol-Einzelwerte und -parameter auf. Hingegen ist die Stabilität bei Auszubildenden ohne Diagnoseverdacht durchweg moderat bis hoch einzuschätzen. Der ICC der Cortisol-Aufwachwerte ist bei Allergikern geringer ausgeprägt als bei Nicht-Allergikern. Am Abend ist die Cortisolausschüttung bei Allergikern ebenso von geringer Stabilität.

#### **2.4.3.2 Ausmaß der täglichen Schwankungen in der HPA-Achsen-Aktivität**

Die ICCs deuten auf eine geringe bis moderate Stabilität der Cortisolausschüttung in der Gesamtstichprobe an den drei Messtagen hin. Innerhalb sowie zwischen den Personen treten deutliche Schwankungen der Cortisolaktivität über die drei Tage auf (siehe Abbildung 14). Als Kennwerte für die intraindividuellen Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte und -parameter wurden die individuellen Standardabweichungen als gängiges statistisches Maß für Variabilität (z.B. Nesselroade & Salthouse, 2004) sowie die mittleren Schwankungen (Mittelwert der Beträge der absoluten Differenzen zwischen den Tagen) berechnet (statistische Kennwerte siehe Anhang A-I, Tabelle A75). Da diese beiden Maße über alle Cortisolwerte naturgemäß sehr hoch miteinander korrelieren (alle Korrelationskoeffizienten liegen über .99), wird im Folgenden nur noch auf die mittleren Cortisolchwankungen Bezug genommen.



**Abbildung 14.** Absolute Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte zu T(0) (a), T(30) (b), T(20:00h) (c) sowie des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs (d) und der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (e) von Personen mit vollständigen Cortisolwerten zu allen Messzeitpunkten (N = 56).

Der Cortisol-Aufwachwert sowie die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen variieren über die drei Tage innerhalb der Personen um durchschnittlich  $5.5 \pm 4.0$  nmol/l bzw.  $8.0 \pm 6.0$  nmol/l. Dabei treten mittlere Schwankungen zwischen 0.8 und 30.4 nmol/l auf (siehe Anhang A-I, Tabelle A75). Beim Abendwert betragen die

mittleren Schwankungen  $1.5 \pm 1.5$  nmol/l bei einer Spanne zwischen 0.2 und 5.6 nmol/l. Der absolute Cortisol-Morgenanstieg in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen schwankt um durchschnittlich  $8.3 \pm 6.3$  nmol/l innerhalb einer Person (Min = 0.6; Max = 30.1 nmol/l), die mittlere Cortisolausschüttung am Morgen variiert um durchschnittlich  $5.9 \pm 3.6$  nmol/l (Min = 0.2 nmol/l, Max = 15.6 nmol/l).

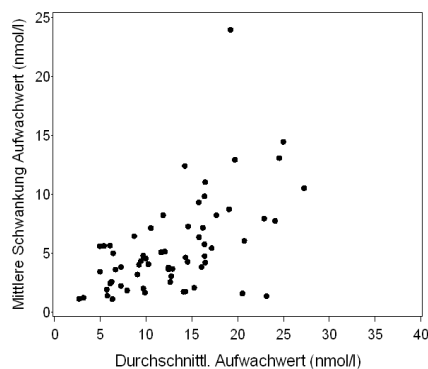
Im Durchschnitt verändern sich die Cortisol-Einzelwerte und -parameter zwischen Tag 1 und 2 sowie Tag 2 und 3 in der Gesamtstichprobe kaum (siehe Anhang A-I, Tabelle A76). Allerdings treten große intraindividuelle Schwankungen von teilweise über  $\pm 30$  nmol/l auf. Um zu untersuchen, wie viele Personen nur geringfügige Veränderungen in den Cortisolkonzentrationen über die Tage aufweisen, wurde in Anlehnung an die Arbeiten von Weitzman und Kollegen (1971) sowie Wüst und Kollegen (2000b) eine Veränderung um weniger als  $\pm 2.5$  nmol/l sowohl zwischen Tag 1 und 2 als auch zwischen Tag 2 und 3 als Stabilitätskriterium herangezogen. Bei elf Personen (17.2%) verändert sich der Cortisol-Aufwachwert sowohl zwischen erstem und zweitem Messtag wie auch zwischen zweitem und drittem Messtag weniger als  $\pm 2.5$  nmol/l. Sieben Auszubildenden (12.1%) zeigen nur sehr geringfügige Schwankungen in den Cortisolkonzentrationen zu T(30), wohingegen bei 29 Probanden (65.9%) am Abend die Cortisolwerte weniger als  $\pm 2.5$  nmol/l schwanken. Der Cortisol-Morgenanstieg in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen unterliegt lediglich bei fünf Personen (8.9%) geringen Veränderungen innerhalb des  $\pm 2.5$  nmol/l-Intervalls. Die mittlere Morgenausschüttung ist nach diesem Kriterium bei sechs Personen (10.7%) stabil.

Um zu überprüfen, inwieweit das Ausmaß der Cortisolschwankungen vom mittleren Aktivitätsniveau bzw. der durchschnittlich über die drei Tage freigesetzten Cortisolmenge abhängt, werden zwischen den individuellen Cortisolmittelwerten der Personen und dem mittleren Ausmaß an Schwankungen pro Cortisol-Einzelwert und -parameter Produkt-Moment-Korrelationen berechnet (siehe Abbildung 15). Zum Zeitpunkt des Erwachens korrelieren die mittleren Cortisolschwankungen mit  $r = .56$  ( $p < .0001$ ;  $N = 64$ ) signifikant positiv mit der durchschnittlichen Cortisolausschüttung zu diesem Zeitpunkt über die drei Messtage. Je höher die durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge der Personen ausgeprägt ist, desto stärker schwanken die Einzelwerte von Tag zu Tag (siehe Abbildung 15a). Der Korrelationskoeffizient zwischen den mittleren Cortisolkonzentrationen und Schwankungen zu T(30) beträgt  $r = .25$  ( $p = .06$ ;  $N = 58$ ). Schließt man drei Personen mit sehr hohen Schwankungen über 20 nmol/l aus (siehe Abbildung 15b), so sinkt die Korrelation auf  $r = .17$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .20$ ). Am Abend hängen die Cortisol-Mittelwerte der Personen und das Ausmaß der durchschnittlichen Schwankungen signifikant positiv zusammen ( $r = .72$ ;  $p < .0001$ ;  $N = 44$ ). Der Cor-

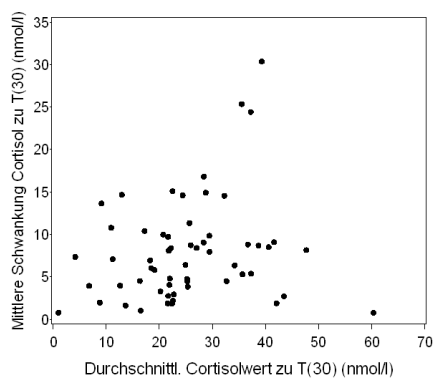


tisol-Morgenanstieg gemittelt über die drei Tage zeigt keinen signifikanten Zusammenhang mit den Schwankungen zwischen den Tagen ( $r = .20$ ;  $p = .13$ ;  $N = 56$ ). Unter Ausschluss einer Person mit einem durchschnittlichen Cortisolabfall um mehr  $-10\text{nmol/l}$  in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .10$  ( $p = .47$ ; siehe Abbildung 15d).

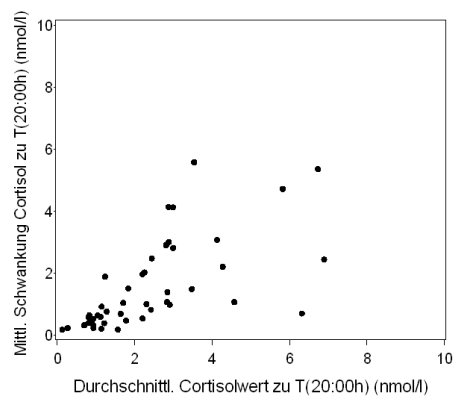
(a)



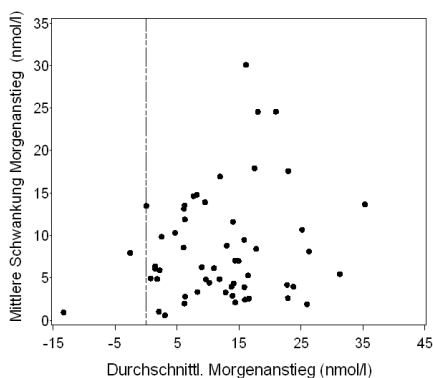
(b)



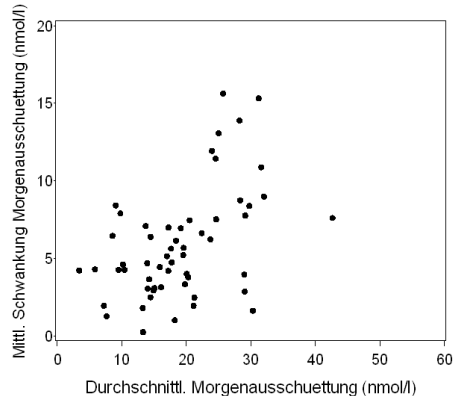
(c)



(d)



(e)



**Abbildung 15.** Zusammenhang der individuellen Mittelwerte und den mittleren Cortisol schwankungen zu T(0) (a), T(30) (b), T(20:00h) (c) sowie bezüglich des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs (d) und der mittleren Cortisol-Morgenausüttung (e).

Die über die drei Tage im Durchschnitt freigesetzte Cortisolmenge in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen korreliert mit  $r = .38$  ( $p = .004$ ) signifikant positiv mit den mittleren Schwankungen der Cortisol-Morgenausschüttung zwischen den Tagen (siehe Abbildung 15e). Mit Ausnahme des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs zeigen sich bei höherem durchschnittlichem Aktivitätsniveau höhere mittlere Schwankungen über die drei Tage.

Inwieweit die logarithmierten mittleren Schwankungen zu den einzelnen Messzeitpunkten und innerhalb der Cortisolparameter miteinander zusammenhängen, ist in Tabelle 14 dargestellt. Dabei korrelieren die mittleren Cortisolschwankungen zum Zeitpunkt des Erwachens signifikant positiv mit den Schwankungen der durchschnittlichen Cortisolausschüttung in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen (siehe Abbildung 16a).

**Tabelle 14.** Produkt-Moment-Korrelationen zwischen den mittleren Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte und -parameter.

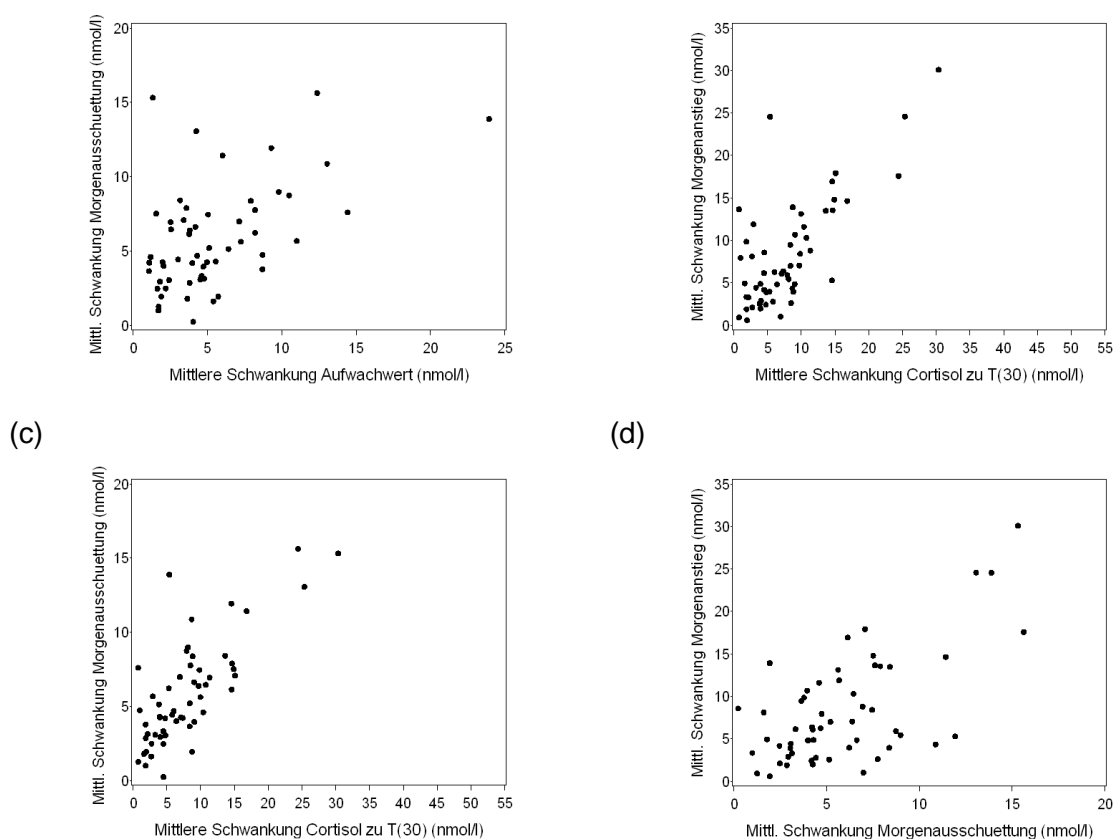
	1	2	3	4	5
(1) Mittl. Schwankung T(0)	1.00				
(2) Mittl. Schwankung T(30)	-.07	1.00			
(3) Mittl. Schwankung T(20:00h)	.23	.03	1.00		
(4) Mittl. Schwankung CAR	.16	<b>.58<sup>***</sup></b>	.10	1.00	
(5) Mittl. Schwankung MnCMR	<b>.44<sup>***</sup></b>	<b>.67<sup>***</sup></b>	.21	<b>.48<sup>***</sup></b>	1.00

Anmerkungen: <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

Das Ausmaß der mittleren Schwankungen zu T(30) zeigt sowohl zu den Schwankungen des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs wie auch zu denen der mittleren Cortisolausschüttung signifikant positive Zusammenhänge (siehe Abbildung 16b&c). Die mittleren Schwankungen innerhalb der beiden Cortisolparameter korrelieren ebenso signifikant positiv miteinander (siehe Abbildung 16d). Allerdings wird die Höhe dieses Zusammenhangs maßgeblich durch vier Personen bestimmt, deren durchschnittlich freigesetzte Cortisolmenge in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen über die drei Tage im Durchschnitt um mehr als 12nmol/l schwankt. Unter Ausschluss dieser Personen sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .31$ , ist aber immer noch signifikant ( $p = .02$ ).

(a)

(b)



**Abbildung 16.** Zusammenhang der mittleren Schwankungen im Cortisol zu T(0) (a), T(30) (c; b) und in der Morgenausschüttung (d) mit den mittleren Schwankungen im Cortisol-Morgenanstieg und der Cortisol-Morgenausschüttung.

### 2.4.3.3 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale auf tägliche Schwankungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität

Parallel zu den gruppenspezifischen ICCs wurden mögliche Unterschiede in den logarithmierten mittleren Schwankungen der Cortisol-Einzelwerte und -parameter in Abhängigkeit der dichotomen Personenmerkmale, wie Geschlecht Lehrjahrszugehörigkeit oder Allergiediagnose, überprüft. Unter Konstanthaltung der individuellen Mittelwerte und Ausschluss extremer Beobachtungen ergaben die Kovarianzanalysen einige wenige signifikante Gruppenunterschiede hinsichtlich des Raucherstatus. So weisen Raucher 30 Minuten nach dem Erwachen signifikant stärkere Cortisolschwankungen über die drei Tage auf als Nichtraucher ( $F_{(1, 53)} = 4.5$ ;  $p = .04$ ;  $\eta_p^2 = .06$ ). Bei Ausschluss dreier Extrembeobachtungen mit durchschnittlichen Schwankungen über 24nmol/l (zwei Nichtraucher, ein Raucher; siehe Anhang A-II, Abbildung A104) verstärkt sich dieser Unterschied (Raucher: MW = 8.7nmol/l; SD = 4.1nmol/l; Nichtraucher: 5.7nmol/l; SD = 3.9nmol/l;  $F_{(1, 50)} = 7.9$ ;  $p = .007$ ;  $\eta_p^2 = .14$ ). Werden zwei Nichtraucher mit mittleren Schwankungen

über 24.0nmol/l ausgeschlossen, so weisen Raucher hinsichtlich des mittleren Morgenanstiegs mit  $8.5 \pm 4.9$ nmol/l eine tendenziell größere Variabilität über die Tage auf als Nichtraucher, deren Cortisolanstieg in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen um  $6.2 \pm 4.3$ nmol/l schwankt ( $F_{(1, 49)} = 2.7$ ;  $p = .10$ ;  $\eta_p^2 = .05$ ; siehe Anhang A-II, Abbildung A105). Im Hinblick auf die anderen Personenmerkmale zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den mittleren Cortisolschwankungen, weshalb auf eine Darstellung der Ergebnisse an dieser Stelle verzichtet wird.

Zusammenhangsanalysen zwischen den mittleren Schwankungen und dem Ausmaß an Depressivität, dispositioneller Ängstlichkeit, somatischer Beschwerden, chronischer Stressbelastung, Body-Mass-Index sowie dem Waist-to-Hip-Ratio unter Auspartialisierung des individuellen Mittelwertes ergeben keine signifikanten Zusammenhänge (siehe Anhang A-I, Tabelle A77; sowie Anhang A-II, Abbildungen A106 bis A112). Lediglich die Schwankungen im Cortisol-Aufwachwert über die drei Tag hängen auch unter Ausschluss einer Extrembeobachtung mit einer mittleren Schwankung über 20nmol/l signifikant positiv mit dem Ausmaß der Depressivität zusammen ( $r = .30$ ;  $p = .02$ ;  $N = 63$ ; siehe Anhang A-II, Abbildung 106a).

Probanden mit einer sehr stabilen Cortisolausschüttung (Veränderungen  $< \pm 2.5$ nmol/l sowohl zwischen Tag 1 und 2 als auch zwischen Tag 2 und 3; siehe Abschnitt 2.4.3.2) über die drei Tage unterscheiden sich nicht in Bezug auf die stabilen Personenmerkmale von der restlichen Stichprobe, wie mit Hilfe non-parametrischer Tests und Häufigkeitsanalysen überprüft wurde. Auf eine ausführliche Darstellung wird daher an dieser Stelle verzichtet.

#### **2.4.3.4 Der Einfluss situativ bedingter Faktoren auf die täglichen Schwankungen in der morgendliche HPA-Achsen-Aktivität**

Inwieweit die täglichen Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung durch Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, durch das Befinden, kritische Ereignisse und sportliche Aktivität am Vortag bestimmt werden, wird im Folgenden anhand explorativer Analysen näher überprüft.

**Tabelle 15.** Produkt-Moment-Korrelationen der Cortisolschwankungen zwischen Tag 1 und 2 und Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, sowie mit dem Befinden am Vortag.

Absolute Cortisolschwankungen zwischen Tag 1 und 2				
	T(0)	T(30)	CAR	MnCMR
Veränderungen in der Aufwachzeit	.07	-.17	-.18	-.12
Veränderungen in der Schlafdauer	-.09	-.07	.01	-.11
Stimmung am Vorabend	-.21	-.16	-.04	-.25 <sup>+</sup> a
Wachheit am Vorabend	.16	-.05	-.15	.03
Innere Ruhe am Vorabend	.12	-.17	-.21	-.13

Anmerkungen: a) Nach Auspartialisierung der mittleren Morgenausschüttung an Tag 1 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.21$  ( $p = .15$ ); <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

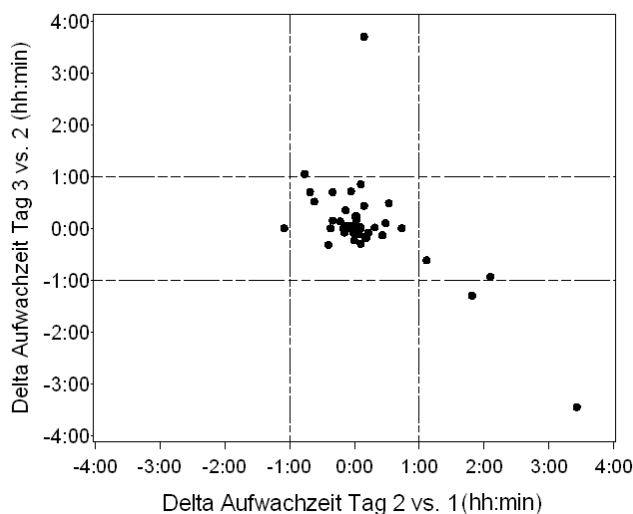
**Veränderungen in der Aufwachzeit.** Im Mittel veränderte sich die Aufwachzeit zwischen Tag 1 und 2 um durchschnittlich  $0:07 \pm 0:37$ h (MD = 0:00h; IQA = 0:09h), zwischen Tag 2 und 3 um  $0:02 \pm 0:43$ h (MD = 0:00h; IQA = 0:08h). Dabei treten Veränderungen zwischen  $\pm 4:00$ h zwischen den Tagen bei einzelnen Personen auf. Veränderungen in der Aufwachzeit haben keinen Einfluss auf Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen (siehe Tabelle 15 und Tabelle 16 sowie Anhang A-II, Abbildungen A113 und 114).

**Tabelle 16.** Produkt-Moment-Korrelationen der Cortisolschwankungen zwischen Tag 2 und 3 und Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, sowie mit dem Befinden am Vortag.

Absolute Cortisolschwankungen zwischen Tag 2 und 3				
	T(0)	T(30)	CAR	MnCMR
Veränderungen in der Aufwachzeit	.11	-.04	-.12	.02
Veränderungen in der Schlafdauer	.39 <sup>**a</sup>	.22 <sup>+</sup> b	-.05	.36 <sup>**c</sup>
Stimmung am Vorabend	.25 <sup>+</sup> d	.20	-.08	.29 <sup>*e</sup>
Wachheit am Vorabend	.08	.10	.05	.07
Innere Ruhe am Vorabend	.35 <sup>**f</sup>	.13	-.22	.31 <sup>*g</sup>

Anmerkungen: a) Nach Auspartialisierung des Cortisol-Aufwachwertes an Tag 2 beträgt der Korrelationskoeffizient  $r = .42$  ( $p = .002$ ); b) Nach Auspartialisierung des Cortisolwertes zu T(30) an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .15$  ( $p = .26$ ); c) Nach Auspartialisierung der mittleren Morgenausschüttung an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .29$  ( $p = .03$ ); d) Nach Auspartialisierung des Cortisol-Aufwachwertes an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .19$  ( $p = .19$ ); e) Nach Auspartialisierung der mittleren Morgenausschüttung an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .21$  ( $p = .19$ ); f) Nach Auspartialisierung des Cortisol-Aufwachwertes an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .27$  ( $p = .08$ ); g) Nach Auspartialisierung der mittleren Morgenausschüttung an Tag 2 sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .26$  ( $p = .10$ ); <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

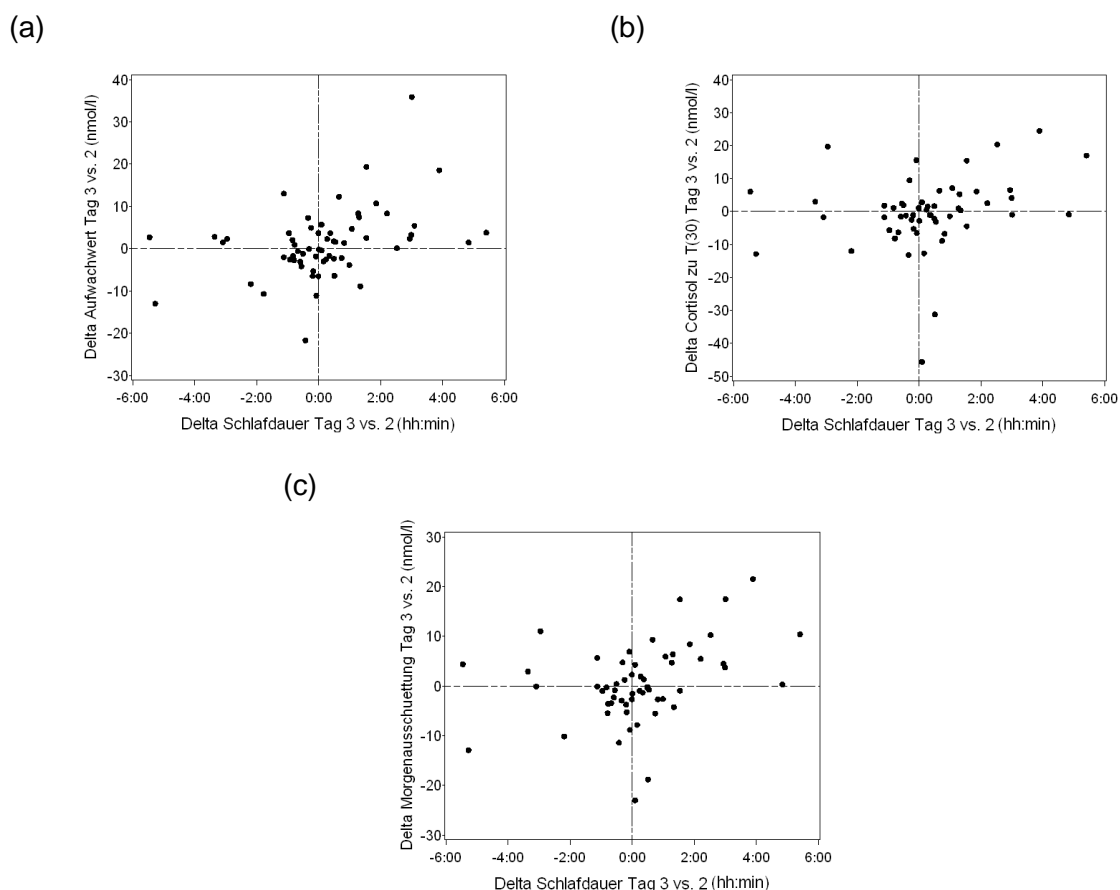
Lediglich bei zwei Personen variieren die Aufwachzeiten sowohl zwischen Tag 1 und 2 wie auch zwischen Tag 2 und 3 um mehr als eine Stunde (siehe Abbildung 17). Diese Auszubildenden wachen am zweiten Tag 1:49h bzw. 3:26h später auf als am Tag zuvor. Am dritten Tag stehen sie hingegen wieder 1:18h bzw. 3:27h früher auf als am zweiten Tag. Das Ausmaß der Cortisolchwankungen am Morgen bei diesen zwei Probanden ist in Tabelle A77 in Anhang A-I dargestellt. Bei der Person mit Schwankungen der Aufwachzeit um mehr als  $\pm 3:00h$  zwischen den Messtagen sind deutliche Veränderungen der Cortisolausschüttung am Morgen mit Ausnahme der Cortisolkonzentrationen zum Zeitpunkt des Erwachens zu beobachten. So sinkt der Cortisolspiegel zu T(30) sowie der absolute Morgenanstieg und die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung an Tag 2, an dem die Person über 3:00h später aufwacht, zwischen 10.0 und 23.0nmol/l im Vergleich zum Vortag. Am Folgetag, an dem die Person drei Stunden früher wach ist, steigt die morgendliche Cortisolausschüttung wieder um 10.0 bis 20.0nmol/l (siehe Anhang A-I, Tabelle A78). Der Proband, dessen Aufwachzeiten zwischen den Tagen um  $\pm 1:00h$  variiert, zeigt deutlich geringere Schwankungen in der morgendlichen Cortisolaktivität über die Messtage.



**Abbildung 17.** Zusammenhang zwischen Veränderungen in den Aufwachzeiten zwischen Tag 1 und 2 sowie Tag 2 und 3.

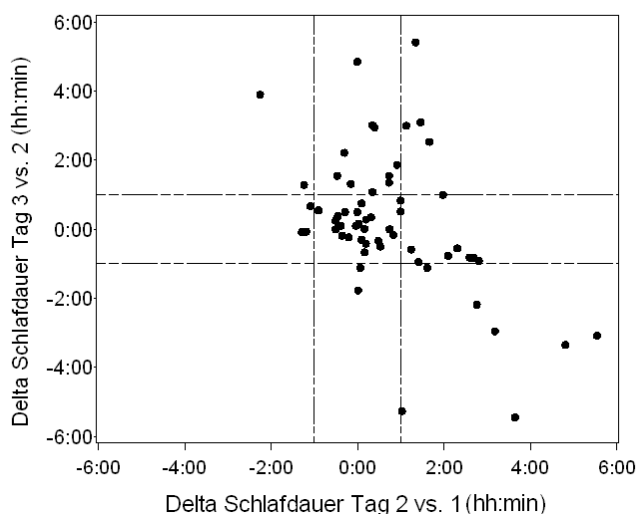
**Veränderungen in der Schlafdauer.** Die Schlafdauer zwischen Tag 1 und 2 variiert im Durchschnitt um  $0:45 \pm 1:29h$  (MD = 0:21; IQA = 1:30h). In der dritten Nacht schlafen die Probanden durchschnittlich  $0:12 \pm 1:59h$  (MD = 0:06; IQA = 1:45) länger als in der zweiten Nacht. Veränderungen in der Schlafdauer zwischen Nacht 1 und 2 erklären nicht die Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen diesen

Tagen (siehe Tabelle 15 sowie Anhang A-II, Abbildungen A115&116). Das Ausmaß an Veränderungen in Nacht 3 im Vergleich zur vorherigen Nacht korreliert allerdings signifikant positiv mit Schwankungen der Cortisolkonzentrationen beim Erwachen sowie 30 Minuten später und der Variation der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Tag 2 und 3 (siehe Tabelle 16). Wie Abbildung 18 zeigt, nimmt die Cortisolausschüttung zu diesen Zeitpunkten sowie im Mittel zwischen Tag 2 und 3 zu, je länger die Personen im Vergleich zur vorherigen Nacht schlafen. Nach Auspartialisierung der jeweiligen Ausgangswerte an Tag 2 korrelieren sowohl die Schwankungen des Cortisol-Aufwachwertes ( $r = .42$ ;  $p = .002$ ) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung ( $r = .29$ ;  $p = .03$ ) noch signifikant positiv mit dem Ausmaß der Veränderungen in der Schlafdauer. Schwankungen im Cortisolspiegel zu T(30) zeigen keinen statistisch bedeutsamen Zusammenhang mit Veränderungen in der Schlafdauer mehr ( $r = .15$ ;  $p = .26$ ).



**Abbildung 18.** Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Schlafdauer und Schwankungen im Cortisol zu T(0) (a), zu T(30) (b) sowie in der Cortisol-Morgenausschüttung (c) zwischen Tag 2 und 3.

Bei 13 Personen treten zwischen den Tagen Veränderungen in der Schlafdauer um jeweils mehr als  $\pm 1:00\text{h}$  auf (siehe Abbildung 19). Eine systematische statistische Analyse der Cortisolchwankungen bei diesen Personen war aufgrund der verschiedenen Veränderungsmuster in der Schlafdauer und der geringen Anzahl an Probanden nicht möglich. Das Ausmaß der morgendlichen Cortisolchwankungen sowie das Ausmaß der Veränderungen in der Schlafdauer über die Tage bei den 13 Probanden ist in Tabelle A79 in Anhang A-I dargestellt.



**Abbildung 19.** Zusammenhang der Veränderungen in der Schlafdauer zwischen Tag 1 und 2 sowie Tag 2 und 3.

**Befinden am Vorabend.** Weder die Stimmung noch die Wachheit oder innere Ruhe am Abend des ersten Tages beeinflussen das Ausmaß der Veränderungen der Cortisolausschüttung am nächsten Morgen (siehe Tabelle 15 sowie Anhang A-II, Abbildungen A117 bis A119). Die innere Ruhe am Vorabend des zweiten Tages korreliert hingegen signifikant positiv mit dem Ausmaß der Schwankungen des Cortisol-Aufwachwertes sowie der mittleren Cortisolausschüttung zwischen Tag 2 und 3 (siehe auch Anhang A-II, Abbildungen A122a und d). Nach Auspartialisierung des Cortisolwertes zu  $T(0)$  bzw. der mittleren Cortisolausschüttung an Tag 2 sinken diese Korrelationen auf  $r = .27$  ( $p = .08$ ) sowie  $r = .26$  ( $p = .10$ ). Mit den Ausprägungen auf den übrigen Befindensdimensionen am Abend des zweiten Tages zeigen sich keine statistisch bedeutsamen und stabilen Zusammenhänge mit Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen Tag 2 und 3 (siehe Tabelle 16 sowie Anhang A-II, Abbildungen A120 bis A122). Das Befinden am Abend hat demnach keinen besonderen Einfluss darauf, ob die Cortisolausschüttung am nächsten Morgen im Vergleich zum Vortag sinkt und steigt.



**Berichtete Ereignisse am Vortag.** Personen, die an Tag 1 ein negatives Ereignis berichten, weisen bei konservativer Testung mit Hilfe des Wilcoxon-Rangsummen-Test am Morgen des zweiten Tages tendenziell höhere Cortisol-Aufwachwerte als am Vortag auf im Vergleich zu Personen, die kein Ereignis am Vortag erlebt haben ( $MD_{\text{krit. Ereignis}} = 1.7\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{krit. Ereignis}} = 7.6\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{kein Ereignis}} = -1.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{kein Ereignis}} = 8.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .07$ ). Ansonsten zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den morgendlichen Cortisol-schwankungen und einem am Vortag erlebten Ereignis (siehe Anhang A-I, Tabelle A80). Auch Veränderungen in den Cortisol-Einzelwerten und -parametern zwischen Tag 2 und 3 unterscheiden sich nicht in Abhängigkeit eines an Tag 2 berichteten Ereignisses (siehe Anhang A-I, Tabelle A81). Ereignisse, die am Vortag erlebt werden, scheinen demnach die morgendliche Cortisolausschüttung am nächsten Tag nicht zu verändern.

**Sportliche Aktivität am Vortag.** Die 15 Personen, die sich nach eigene Angaben an Tag 1 sportlich betätigten, unterscheiden sich nicht in ihren morgendlichen Cortisol-schwankungen von Personen, die keinen Sport betrieben haben (siehe Anhang A-I, Tabelle 82). Eine tendenziell stärkeren Zunahme der Cortisol-Aufwachwerte an Tag 3 gegenüber dem Vortag weisen laut Wilcoxon-Rangsummen-Test Personen auf, die am zweiten Tag einer sportlichen Aktivität nachgingen ( $MD_{\text{Sport ja}} = 2.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Sport ja}} = 12.4\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Sport nein}} = 0.5\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Sport nein}} = 6.7\text{nmol/l}$ ;  $p = .09$ ). Weitere statistisch bedeutsame Unterschiede in den morgendlichen Cortisol-schwankungen zwischen Tag 2 und 3 in Abhängigkeit der sportlichen Betätigung an Tag 2 zeigen sich nicht (siehe Anhang A-I, Tabelle A83). Ob am Vortag Sport getrieben wird oder nicht, hat demnach keine Auswirkungen auf Veränderungen in den morgendlichen Cortisolkonzentrationen am nächsten Morgen.

#### 2.4.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Sowohl die Cortisol-Einzelwerte zu T(0), T(30) und T(20:00h) wie auch die Cortisolparameter weisen in der Gesamtstichprobe eine moderate Stabilität auf. Dabei sind bei Rauchern durchweg geringere Stabilitätskoeffizienten zu beobachten als bei Nichtrauchern. Bei Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, sind die Cortisolkonzentrationen zu T(30) und T(20:00h) sowie der absolute Cortisol-Morgenanstieg in der ersten Stunde nach dem Erwachen über die drei Tage von geringerer Stabilität als bei anderen Frauen. Auszubildende, bei denen der Verdacht auf eine depressive Störung vorliegt, weisen am Morgen geringe bis moderate Stabilität der Cortisolkonzentrationen über die drei Tage auf, wohingegen die morgendliche Cortisolausschüttung bei Personen ohne Diagnoseverdacht moderat bis sehr stabil einzuschätzen ist. Bei Allergikern ist lediglich die Stabilität

des Cortisol-Aufwachwertes etwas geringer als bei gesunden Personen. Sowohl zwischen wie auch innerhalb der Personen sind deutliche Schwankungen in den Cortisolwerten über die drei Tage zu beobachten. Über die Gesamtstichprobe gemittelt variieren die Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter am Morgen um durchschnittlich 5.0 bis 9.0nmol/l. Dabei liegen die individuellen mittleren Schwankungen der Personen zwischen 0.0 und 30.0nmol/l. Lediglich bei elf Personen variiert der Cortisol-Aufwachwert zwischen Tag 1 und Tag 2 sowie zwischen Tag 2 und Tag 3 weniger als  $\pm 2.5$ nmol/l. Die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen weisen bei sieben Auszubildenden Schwankungen kleiner als  $\pm 2.5$ nmol/l auf, wohingegen bei 29 Personen der Cortisolspiegel am Abend geringen Veränderungen unterliegt. Hinsichtlich des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs sind bei nur fünf Probanden geringfügige Veränderungen innerhalb des  $\pm 2.5$ nmol/l-Intervalls zu beobachten. Die mittlere Cortisolausschüttung ist bei sechs Personen stabil. Die Auszubildenden mit stabilen Cortisol-Einzelwerten und/oder -parametern unterscheiden sich nicht bedeutend von den übrigen Probanden hinsichtlich stabiler Personenmerkmale.

Das Ausmaß der mittleren Schwankungen korreliert zu T(0) sowie T(20:00h) sowie hinsichtlich der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung signifikant positiv mit der durchschnittlich über die drei Tage freigesetzten Cortisolmenge zu diesen Zeitpunkten. Mit höherem durchschnittlichem Aktivitätsniveau sind die Schwankungen zwischen den Tagen demnach größer. Die durchschnittlichen Schwankungen zum Zeitpunkt des Erwachens sowie 30 Minuten später korrelieren signifikant positiv mit dem Ausmaß der durchschnittlichen Schwankungen der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung. Je mehr die Cortisolwerte zu T(30) im Durchschnitt über die Tage variieren, desto mehr schwankt auch der absolute Morgenanstieg zwischen den Tagen. Das Ausmaß der Schwankungen in den beiden Cortisolparametern hängt ebenso positiv zusammen.

Hinsichtlich stabiler Personenmerkmale konnten nur bei Rauchern zu T(30) sowie hinsichtlich des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs größere mittlere Schwankungen beobachtet werden als bei Nichtrauchern. Die anderen Personenmerkmale haben keinen Einfluss auf das Ausmaß der durchschnittlichen Schwankungen in der Cortisolausschüttung über die drei Tage.

Die absoluten Schwankungen zwischen zwei Messtagen werden nur bedingt durch situative Faktoren bestimmt. Veränderungen in der Aufwachzeit haben keinen Einfluss auf die Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen zwei Tagen. Zwischen Veränderungen der Schlafdauer und Schwankungen der Cortisolkonzentrationen beim Erwachen sowie der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge am Morgen zeigen sich zwischen Tag 2 und 3 signifikant positive Zusammenhänge. Je länger die Personen im

Vergleich zur vorherigen Nacht schlafen, desto stärker nimmt ihre Cortisolaktivität in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen im Vergleich zum Vortag zu. Die innere Ruhe am Abend des zweiten Tages beeinflusst in geringem Maße signifikant positiv die Veränderungen des Cortisol-Aufwachwertes sowie der mittleren Cortisolausschüttung an Tag 3 im Vergleich zu Tag 2. Je ruhiger eine Person demnach am Vorabend ist, desto mehr steigt ihr Cortisolspiegel am nächsten Tag im Vergleich zum Vortag. Ereignisse, die am Vortag erlebt werden, verändern nach den vorliegenden Ergebnissen kaum die morgendliche Cortisolausschüttung am nächsten Tag. Bei Personen, die am ersten Tag ein negatives Ereignis berichten, nimmt der Cortisol-Aufwachwert an Tag 2 im Vergleich zum Vortag tendenziell stärker zu als bei Personen, die an Tag 1 kein Ereignis erlebt haben. Ob am Vortag Sport getrieben wird oder nicht, wirkt sich ebenso kaum auf Veränderungen in morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen aus. So haben an Tag 3 Personen, die am zweiten Tag einer sportlichen Aktivität nachgingen, zwar einen tendenziell stärkeren Anstieg der Cortisolkonzentrationen zu  $T(0)$  gegenüber dem Vortag als Personen, die keinen Sport an Tag 2 getrieben haben. Andere Unterschiede zeigen sich jedoch nicht in Abhängigkeit der sportlichen Betätigung.

## 2.5 Diskussion

Untersucht wird in der vorliegenden Studie, inwieweit die circadiane HPA-Achsen-Aktivität bei jungen Auszubildenden des Back- und Konditorwesens unter natürlichen Bedingungen an drei aufeinanderfolgenden typischen Schultagen ohne im Voraus bekannte Belastungssituation durch stabile Personenmerkmale sowie situative Faktoren beeinflusst wird. Anhand explorativer Analysen wurden des Weiteren die Stabilität der Cortisolausschüttung sowie das Ausmaß auftretender Schwankungen zwischen den Tagen näher analysiert. Überprüft wurde dabei, ob diese täglichen Schwankungen in den Cortisolkonzentrationen durch bestimmte Personencharakteristika bestimmt werden oder Folge von situativen Determinanten des Erlebens und Verhaltens sind.

Zunächst werden in den Abschnitten 2.5.1 und 2.5.2 die Ergebnisse vor dem Hintergrund bisheriger Forschungsarbeiten diskutiert. Abschließend werden in Abschnitt 2.5.3 wichtige Erkenntnisse der Studie zusammengefasst und mögliche Einschränkungen erörtert.

### **2.5.1 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativer Faktoren auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen**

Zunächst wurde der Einfluss verschiedener situativ bedingter und personenbezogener Merkmale auf die tägliche Cortisolausschüttung im Alltag bei Auszubildenden des Back- und Konditoreigewerbes untersucht. Aufgrund der uneinheitlichen Befundlage wurden keine expliziten Hypothesen aufgestellt.

***Aufwachzeit und Schlafdauer.*** Inwieweit sich die Aufwachzeit am Morgen auf die Cortisolausschüttung nach dem Erwachen auswirkt, ist bis dato nicht eindeutig geklärt. In mehreren Feldstudien wurde in verschiedenen Stichproben kein systematischer Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des morgendlichen Erwachens und dem Cortisolanstieg sowie der durchschnittlich ausgeschütteten Cortisolmenge in den ersten 45 bis 60 Minuten nach dem Erwachen gefunden (z.B. Baus, 2007; Bernhardt, 2007; Hucklebridge et al., 1999; Kunz-Ebrecht et al., 2004b, Prüssner et al., 1997; Schlotz et al., 2004). Ergebnisse aus anderen Untersuchungen legen einen negativen Zusammenhang zwischen der Aufwachzeit sowohl auf die Cortisol-Aufwachreaktion wie auch auf die durchschnittliche Cortisolproduktion am Morgen nahe (z.B. Edwards et al., 2001b; Kudielka & Kirschbaum, 2003; Thorn et al., 2006). Je früher die Personen aufwachen, desto höher waren die Cortisolzunahme und die durchschnittlich ausgeschüttete Menge an Cortisol in der ersten Stunde nach dem Erwachen. In der vorliegenden Untersuchung hängen gemittelt über alle drei Messtage weder der absolute Cortisol-Morgenanstieg noch die durchschnittliche Cortisolproduktion in den ersten 30 Minuten signifikant mit den Aufwachzeiten der Auszubildenden gemittelt über alle drei Messtage zusammen. Lediglich am dritten Tag zeigt sich ein geringer, aber signifikant negativer Einfluss der Aufwachzeit auf die Cortisolzunahme nach dem Erwachen. Je später die Probanden an diesem Tag erwachten, desto geringer war ihr absoluter Cortisolanstieg in den ersten 30 Minuten ausgeprägt. Im Vergleich zu den vorherigen Tagen weist die Aufwachzeit innerhalb der Personen an diesem Tag keine Veränderungen auf, wodurch der Zusammenhang erklärt werden könnte. Die Cortisolkonzentrationen direkt nach dem Erwachen werden in der vorliegenden Studie signifikant positiv von der Aufwachzeit beeinflusst. Dies entspricht einem Befund von Myllymäki und Kollegen (2007), die bei 26 gesunden Frauen einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Cortisol-Aufwachwerten, nicht aber mit der Cortisol-Aufwachreaktion und dem Zeitpunkt des Erwachens beobachteten. Die Personen standen in dieser Studie zwischen 3:30 und 6:58 Uhr auf. Die Aufwachzeit beeinflusst nach diesen Befunden zwar den Cortisolspiegel direkt nach dem Erwachen, nicht aber das Ausmaß der Cortisolzunahme oder die durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge in der nächsten Stunde. Die Hypothese

von Wüst und Kollegen (2000b), dass sehr frühe (< 5:00 Uhr) und sehr späte (> 11:30 Uhr) Aufwachzeiten die morgendliche Cortisolausschüttung beeinflussen, konnte anhand der vorliegenden Stichprobe nicht untersucht werden. So stehen die Auszubildenden im Durchschnitt zwischen 4:00 und 7:30 Uhr auf. Lediglich an Tag zwei erwachte eine Person erst gegen 9:00 Uhr.

Gemäß den Befunden von Bernhardt (2007) sowie Schlotz und Kollegen (2004) hängt in der vorliegenden Studie die Schlafdauer schwach, aber signifikant positiv mit dem Aufwachwert zusammen. Probanden, die länger schlafen, weisen am Morgen einen höheren Cortisolspiegel direkt nach dem Erwachen auf. Auf die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen oder auf den Morgenanstieg wirkt sich die Schlafdauer hingegen nicht aus. Auch Prüssner und Kollegen (1997) konnten keinen Zusammenhang zwischen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität in der ersten Stunde nach dem Erwachen und der Schlafdauer feststellen. In einer Untersuchung von Wüst und Kollegen (2000b) war der mittlere Cortisolanstieg in den ersten 60 Minuten nach dem Erwachen umso geringer ausgeprägt, je länger die Personen in der vorherigen Nacht schliefen. Jedoch erklärte dieser Effekt lediglich nur ein Prozent der Variabilität in der Cortisol-Aufwachreaktion. In der vorliegenden Untersuchung zeigen sich am ersten Tag ein geringer, aber signifikant negativer Zusammenhang zwischen der Schlafdauer und dem Cortisolwert um 20:00 Uhr. Des Weiteren ist die mittlere Cortisol-Morgenaussschüttung an diesem Tag umso höher, je länger die Personen geschlafen haben. An anderen Tagen zeigen sich jedoch keine signifikanten Korrelationen zwischen der Schlafdauer und den Cortisol-Einzelwerten bzw. den Cortisolparametern. Eventuell können diese Ergebnisse auf die absolute Länge der Schlafdauer zurückgeführt werden. So schliefen die Auszubildenden in der ersten Nacht um durchschnittlich eine Stunde signifikant weniger als in den beiden Folgenächten. In weiteren Studien sollte gemäß der Hypothese von Wüst und Kollegen (2000b) überprüft werden, ob sehr lange oder sehr kurze nächtliche Bettruhe einen Einfluss auf die Cortisolausschüttung am nächsten Tag hat. Zu beachten ist, dass die Schlafdauer über subjektive Angaben der Probanden gemessen wurde. Schlaftiefe sowie mögliche Wachphasen werden dabei nicht berücksichtigt.

***Soziodemographische Merkmale, Raucherstatus, Einnahme oraler Kontrazeptiva und sportliche Aktivität.*** Ähnlich wie in anderen Studien unterscheiden sich männliche und weibliche Auszubildende nicht in ihrer täglichen Cortisolausschüttung. Auch hinsichtlich des absoluten Cortisolanstiegs und der durchschnittlichen Cortisolausschüttung zeigen sich über die Tage keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (z.B. Kudielka & Kirschbaum, 2003, Kirschbaum et al., 1999; Bouma et al., in press). Auch die Be-

rufsausbildung oder die Lehrjahrszugehörigkeit hat keinen systematischen Einfluss auf die tägliche Cortisolausschüttung oder die Cortisolparameter.

Entgegen einiger Studien, die bei Rauchern höhere durchschnittliche Cortisolkonzentrationen in der ersten Stunde nach dem Erwachen nachweisen konnten (z.B. Bradrick et al., 2007; Steptoe & Ussher, 2006), unterscheiden sich die Raucher in der vorliegenden Stichprobe nicht von den Nichtrauchern. Auch in anderen Studien konnte kein Zusammenhang zwischen dem Raucherstatus und der Cortisolausschüttung einer Person beobachtet werden (z.B. Prüssner et al., 1997, Edwards et al., 2001a). In weiteren Forschungsarbeiten sollte untersucht werden, inwieweit das Alter sowie die seit Beginn des Rauchens vergangene Zeit einen Einfluss auf die HPA-Achsen-Aktivität haben. Eventuell treten Veränderungen in der Cortisolausschüttung erst ab einem bestimmten Alter oder bei langjährigen Rauchern auf.

Bei Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, wurden in bisherigen Studien keine Veränderungen in der Cortisolausschüttung oder eine verminderte Cortisolaktivität am Morgen gefunden (z.B. Bernhardt, 2007; Kirschbaum et al., 1999; Wüst et al., 2000b). Zumeist waren die Effekte jedoch sehr gering (Prüssner et al., 1999; Prüssner et al., 1999). In der vorliegenden Studie weisen die acht Auszubildenden, die orale Kontrazeptiva nach eigenen Angaben einnehmen, 30 Minuten nach dem Erwachen signifikant niedrigere Cortisolspiegel auf als die 14 übrigen Frauen. Der Unterschied wird nach konservativer Testung noch auf dem 10%-Niveau signifikant. Gemäß der hierarchischen Messwiederholungsanalyse steigt bei Frauen, die orale Kontrazeptiva konsumieren, der Cortisolspiegel in den ersten 30 Minuten weniger als bei den übrigen weiblichen Probanden ( $p = .09$ ). Im durchschnittlichen Cortisol-Morgenanstieg über die drei Messtage zeigen sich jedoch bei konservativer Testung keine signifikanten Unterschiede. Allerdings ist die über die Tage gemittelte durchschnittliche Cortisolausschüttung auch bei konservativer Testung in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen bei den acht weiblichen Auszubildenden auf den 10%-Niveau signifikant erniedrigt. Diese Befunde bestätigen die Ergebnisse einer aktuellen Studie mit über 640 Jugendlichen zwischen 15 und 17 Jahren (Bouma et al., in press). Auch hier waren bei Mädchen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, geringfügig schwächere Cortisol-Aufwachreaktionen zu beobachten.

Auszubildende, die sich an einem der Messtage sportlich betätigten, unterscheiden sich nicht in ihrer Cortisolausschüttung über die Tage von Probanden, die keinen Sport machten. Im Amateurbereich wurden hierzu bisher kaum Untersuchungen gemacht. Zumeist wurde – wenn überhaupt – die sportliche Aktivität nur als Kontrollvariable aufgenommen. In zukünftigen Studien sollte die HPA-Achsen-Aktivität bei Personen, die re-

gelmäßig in ihrer Freizeit ihre Kondition und Ausdauer trainieren, mit der von Personen, die selten oder keiner sportlichen Betätigung nachgehen, systematisch verglichen werden.

**Körpermaße.** Die bisherige Befundlage zu Dysregulationen der circadianen HPA-Achsen-Aktivität bei Übergewicht und abdominaler Fettleibigkeit ist uneinheitlich (Nieuwenhuizen & Rutters, 2008, Björntorp & Rosmond, 2000). Teilweise konnte in Studien bei Männern mittleren Alters ein moderat positiver Zusammenhang mit dem WHR gefunden werden (Steptoe et al., 2004; Therrien et al., 2007, Wallerius et al., 2003). In anderen Untersuchungen hing die durchschnittliche Cortisol-Morgenkonzentration sowohl bei Männern wie auch bei Frauen negativ mit dem WHR zusammen (Laederach-Hofmann et al., 2000) oder es wurden keine Korrelationen nachgewiesen (Bernhardt, 2007; Patel et al., 2004). Zwischen BMI und der circadianen Cortisolausschüttung zeigte sich zumeist kein Zusammenhang (z.B. Steptoe et al., 2004; Laederach-Hofmann et al., 2000). In der vorliegenden Studie sind keine bedeutenden Korrelationen zwischen beiden anthropometrischen Maßen und der Cortisolausschüttung über die Tage zu beobachten. Zwar zeigen sich teilweise geringe, aber signifikante Korrelationen zwischen der morgendlichen Cortisolkonzentration und dem BMI, bei Ausschluss dreier adipöser Personen mit einem BMI über 35 verschwinden diese Zusammenhänge jedoch. In zukünftigen Studien sollten mögliche Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität bei übergewichtigen Jugendlichen im Vergleich zu normalgewichtigen systematisch untersucht werden. Interessant wäre dabei ein Vergleich der circadianen Cortisolausschüttung unter Alltagsbedingungen und in Phasen länger andauernder chronischer Belastung in Abhängigkeit des Gewichts und den abdominalen Fettablagerungen.

**Allergie-Diagnose.** Bei Bäckern und Konditoren treten aufgrund der hohen Allergenexposition im Beruf gehäuft allergische Erkrankungen auf (Brant, 2007; Droste et al., 2003, Houba et al., 1998; Hornberger, 2003). In der vorliegenden Studie berichten 42.4% der Auszubildenden, laut Diagnose des Arztes an einer Allergie zu leiden. Im Vergleich zu Nicht-Allergikern weisen Probanden mit einer Allergie einen höheren allgemeinen Beschwerdedruck und ein höheres Maß an unspezifischer Erschöpfung auf. Häufig werden in Zusammenhang mit einer allergischen Symptomatik erhöhte somatische Beschwerden und unspezifische Erschöpfung berichtet (Hornberger, 2002). Hinsichtlich der psychischen Beschwerden, der chronischen Stressbelastung, des subjektiven Befindens am Morgen und Abend oder der anthropometrischen Maße zeigen sich keine Unterschiede. Die Cortisolausschüttung am Morgen und Abend weist bei Allergikern keine Veränderungen im Vergleich zu Gesunden auf. Dies entspricht den bisherigen Befunden in der Literatur, die ebenfalls keine Unterschiede in der circadianen HPA-Achsen-Aktivität bei Personen mit einer allergischen Erkrankung nachweisen konnten (Buske-Kirschbaum et al.,

2006; Buske-Kirschbaum et al., 2003b; Wamboldt et al., 2003). Inwieweit sich eine ständige Allergenexposition im beruflichen Alltag dauerhaft auf die HPA-Achsen-Aktivität sowohl bei bereits an einer Allergie erkrankten wie auch bei gesunden Personen auswirkt und welche Moderatoren und Mediatoren dabei eine Rollen spielen, sollte in weiteren Untersuchungen systematisch überprüft werden.

***Psychische und somatische Beschwerden.*** In vielen Studien konnten bei 40 bis 60% der Patienten mit einer majoren Depression eine gesteigerte Cortisol-Aufwachreaktion, eine gestörte Tagesrhythmik und veränderte Feedbackmechanismen der HPA-Achse nachgewiesen werden (Bale, 2006; Bhagwagar et al., 2005; Holsboer, 2001; Peeters et al., 2004; Posener et al., 2004). Nicht geklärt ist bisher, ob Dysregulationen in der HPA-Achse bei depressiven Störungen ein Krankheitsmerkmal sind oder im Sinne eines Vulnerabilitätsfaktors bereits vor Ausbruch der Störung vorliegen (Harris et al., 2000; Goodyer et al., 2000; Ising et al., 2005; Mannie et al., 2007). In der vorliegenden Untersuchung weisen Auszubildende, bei denen der Verdacht einer depressiven Störung vorliegt, 30 Minuten nach dem Erwachen höhere Cortisolkonzentrationen auf als die übrigen Probanden. Gemittelt über alle drei Messtage unterscheiden sich die Cortisolwerte zu diesem Messzeitpunkt bei konservativer Testung jedoch nicht. Hinsichtlich der Cortisol-Aufwachreaktion und der durchschnittlich am Morgen nach dem Erwachen ausgeschütteten Cortisolmenge zeigen sich keine Unterschiede in Abhängigkeit einer Verdachtsdiagnose. Zu beachten ist, dass in der vorliegenden Studie keine depressive Störung nach klinischen Kriterien diagnostiziert wurde. Der Verdacht auf eine Depression wurde anhand eines Fünf-Item-Screeninginstrument (WHO, 1998) überprüft. Ob die Auszubildenden tatsächlich an einer Störung nach klinischen Maßstäben leiden, kann nicht geklärt werden. Auffallend ist, dass bei mehr als der Hälfte der Stichprobe laut Screeninginstrument (WHO, 1998) der Verdacht auf eine depressive Störung besteht. Dies wird durch das Ausmaß an berichteten depressiven Beschwerden nur teilweise bestätigt. So weisen etwas weniger als die Hälfte der Auszubildenden mit einer möglichen depressiven Störung auf der „Allgemeinen Depressivitätsskala“ (Hautzinger & Bailer, 1993) einen kritischen Wert über 23 auf.

Die selbst berichtete Depressivität weist nach Ausschluss einzelner extremer Beobachtungen keine systematischen Zusammenhänge mit der Cortisolaktivität am Morgen und Abend auf. Lediglich zu Tag 2 zeigt sich ein moderat positiver Zusammenhang mit dem Cortisolspiegel 30 Minuten nach dem Erwachen. Auch ist an diesem Tag die durchschnittlich freigesetzte Cortisolmenge in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen umso höher, je stärker die Depressivität ausgeprägt ist. Allerdings ist dieser Zusammenhang mit  $r = .34$  eher gering. In anderen Studien wurden zwischen dem Ausmaß der be-



richteten depressiven Symptomatik und der circadianen HPA-Achsen-Aktivität bei gesunden Probanden keine oder nur schwache Zusammenhänge gefunden (Bernhardt, 2007; Prüssner et al., 2003; van Eck et al., 1996b; Vedhara et al., 2003). Bei Jugendlichen mit einer erhöhten depressiven Symptomatik konnte Adam (2006) geringe Cortisolkonzentrationen über den Tag beobachten. Prüssner und Kollegen (2003) fand hingegen bei jungen Männern einen moderaten positiven Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Depressivität und der Cortisol-Aufwachreaktion. In weiteren Studien sollte der Zusammenhang psychischer Beschwerden und der circadianen HPA-Achsen-Aktivität unter Berücksichtigung der aktuellen Lebenssituation und dem Ausmaß an Belastungen näher untersucht werden, um die teilweise widersprüchliche Befundlage zu klären.

Während die Trait-Ängstlichkeit in einigen Studien sowohl bei Jugendlichen wie auch bei Erwachsenen keinen Zusammenhang mit der circadianen Cortisolausschüttung zeigt (Adam, 2006; Bernhardt, 2007; Vedhara et al., 2003), korrelieren in der vorliegenden Untersuchung das Ausmaß an berichteter dispositioneller Ängstlichkeit gering, aber signifikant positiv mit der durchschnittlichen Cortisol-Morgenaussschüttung in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen. Sowohl gemittelt über alle Tage wie auch an jedem einzelnen Messtag ist die im Durchschnitt freigesetzte Cortisolmenge nach dem Erwachen um so höher, je stärker die dispositionelle Ängstlichkeit ausgeprägt ist. Eventuell ist dies darauf zurückzuführen, dass die Trait-Ängstlichkeit der Auszubildenden in der vorliegenden Studie im Durchschnitt höher liegt als in der Normstichprobe (Laux et al., 1981). Möglicherweise wirkt sich die dispositionelle Ängstlichkeit erst ab einem gewissen Ausmaß auf die morgendliche Cortisolproduktion aus. Dies sollte allerdings in weiteren Studien systematisch untersucht werden. Zwischen den Cortisolkonzentrationen zu den einzelnen Messzeitpunkten und dem absoluten Cortisol-Morgenanstieg zeigen sich nach Ausschluss einzelner Extremerbeobachtungen keine systematischen Zusammenhänge. Der Verdacht auf eine Angststörung ist bei keinem Probanden gegeben.

Der allgemeine Beschwerdedruck sowie das Ausmaß an unspezifischer Erschöpfung zeigen nur unsystematische Zusammenhänge mit der Cortisolausschüttung, die jedoch nach Ausschluss einzelner Extremerbeobachtungen verschwinden. Diese Befunde stehen in Einklang mit einer Studie von Wolbeek und Kollegen (2007), die bei weiblichen Jugendlichen keinen Einfluss der berichteten Erschöpfung auf die Cortisol-Aufwachreaktionen finden konnten.

***Chronische Stressbelastung und aktuelles Befinden am Morgen und Abend.*** In einigen Studien wurde eine erhöhte Sensitivität der morgendliche HPA-Achsen-Aktivität auf länger andauernde Belastungsphasen nachgewiesen (Miller et al., 2007). So konnten z.B. bei arbeitslosen Personen oder bei Probanden, die einen demenzkranken Angehöri-

gen pflegten, erhöhte Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen beobachtet werden (de Vugt et al., 2005; Ockenfels et al., 1995). Auch eine hohe subjektive Arbeitsbelastung ging mit einer erhöhten morgendlichen Cortisolaktivität einher (z.B. Eller et al., 2006; Kunz-Ebrecht et al., 2004a; Schlotz et al., 2004). Zwischen dem aktuellen Befinden und der momentanen Cortisolausschüttung konnten bei Erwachsenen keine oder nur sehr schwache positive Zusammenhänge nachgewiesen werden (Bernhardt, 2007; Symth et al., 1998; van Eck et al., 1996b).

In der vorliegenden Studie hat die chronisch empfundene Stressbelastung der Auszubildenden keinen Einfluss auf die Cortisolproduktion am Morgen und Abend. Auch zeigen sich keine Zusammenhänge mit der Cortisol-Aufwachreaktion. Das aktuelle Befinden der Auszubildenden hängt ebenso nicht mit den korrespondierenden Cortisolwerten zusammen. Auch beeinflusst das Befinden am Abend nicht die Cortisolaktivität am nächsten Morgen. In einer Studie von Adam und Kollegen (2006) wurde die Cortisol-Aufwachreaktion bei Senioren hingegen durch negative emotionale Zustände am Vortag beeinflusst. So führten Gefühle der Einsamkeit, Traurigkeit und Überforderung am Tag zuvor zu einem stärkeren Cortisolanstieg nach dem Erwachen am nächsten Morgen. Eine mögliche Erklärung für die nicht gefundenen Zusammenhänge in der vorliegenden Stichprobe könnte darin zu finden sein, dass sich die Auszubildenden zum Untersuchungszeitpunkt in keiner chronisch andauernden Belastungssituation befinden. So liegt bei keinem Probanden eine erhöhte subjektive Stressbelastung im Vergleich zur Normstichprobe vor (Schulz et al., 2004). Die Streuung in der Gesamtstichprobe ist eher gering. Das momentane Befinden variiert nicht signifikant über die drei Messtage. Allerdings ist die Stimmung sowie die Wachheit am Morgen signifikant geringer ausgeprägt als am Abend. In zukünftigen Studien sollte die Auswirkung chronischer Belastungsphasen, wie z.B. die Trennung der Eltern, auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität und der Zusammenhang mit dem aktuellen Befinden weiter untersucht werden.

**Berichtete negative Ereignisse.** Insgesamt werden nur sehr wenige negative Ereignisse über die drei Messtage berichtet. Zwischen den Tagen unterscheidet sich die Anzahl berichteter Ereignisse nicht voneinander. Bei den Ereignissen handelt es sich zumeist um Auseinandersetzungen mit Lehrern, Freunden und Eltern oder um verspätetes Eintreffen zum Schulunterricht. Lediglich am ersten Tag finden sich bei Auszubildenden, die während des Tages ein stressreiches Ereignis erlebten, erhöhte Cortisolwerte um 20:00 Uhr. An den übrigen Tagen zeigen sich keine Unterschiede in der Cortisolausschüttung in Abhängigkeit eines erlebten negativen Ereignisses. Dies könnte daran liegen, dass am ersten Tag zehn der berichteten Ereignisse zwischen 18:00 und 20:00 Uhr stattfanden, wohingegen am zweiten und dritten Tage in diesem Zeitraum jeweils nur zwei bzw. vier Er-

eignisse berichtet wurden. Ob eine Person am Vortag ein negatives Ereignis erlebt hat oder nicht, wirkt sich nicht auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität am nächsten Morgen aus. Bisher wurde nach Wissen der Autorin die Wirkung eines stressreichen Ereignisses während des Tages auf die abendlichen Cortisolkonzentrationen oder auf die HPA-Achsen-Aktivität am nächsten Morgen nicht untersucht. In der vorliegenden Untersuchung werden nur sehr wenige Ereignisse berichtet, bei denen es sich zumeist um alltägliche Vorkommnisse handelt. Eine qualitative Unterscheidung der Erlebnisse war aufgrund der geringen Fallzahlen nicht sinnvoll. In Studie II werden daher systematisch die Auswirkungen einer persönlich relevanten und antizipierten Belastungssituation auf die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen und Abend untersucht.

### **2.5.2 Intraindividuelle Stabilität und tägliche Schwankungen der HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen und mögliche situative und personenbezogene Determinanten**

In explorativen Analysen wurden die Stabilität und das Ausmaß täglicher Schwankungen in der HPA-Achsen-Aktivität näher untersucht und der Einfluss personenspezifischer sowie situativ bedingter Einflussfaktoren darauf näher beleuchtet.

#### **2.5.2.1 Stabilität der morgendliche HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen**

Gemäß der Hypothese weisen in der Gesamtstichprobe sowohl die Cortisol-Einzelwerte am Morgen und Abend sowie die beiden Cortisolparameter eine moderate Stabilität über die drei Messtage auf. Erwartungsgemäß ist der absolute Cortisol-Morgenanstieg weniger stabil als die mittlere Cortisolausschüttung am Morgen. Dies bestätigt Befunde, denen zufolge der rapide Cortisolanstieg am Morgen sehr stark durch situative Faktoren bestimmt sein kann (Hellhammer et al., 2007). Die ermittelten Stabilitätsmaße sind mit Ergebnissen aus einer Studie mit älteren Arbeitnehmern aus dem Dienstleistungssektor vergleichbar (Bernhardt, 2007). Untersuchungen, die als Stabilitätsmaß Produkt-Moment-Korrelationen zwischen zwei Tagen berechneten, fanden ebenfalls vergleichbare Stabilitäten (Edwards et al., 2001b; Prüssner et al., 1997; Wüst et al., 2000b). In Abhängigkeit verschiedener Personenmerkmale sind in der vorliegenden Studie Schwankungen in den Stabilitäten zu beobachten. So weisen Raucher durchweg geringere Stabilitätskoeffizienten auf als Nichtraucher. Die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen sowie die morgendliche Cortisolzunahme sind bei Rauchern wenig, der Cortisolspiegel am Abend nicht stabil. Dies widerspricht den Befunden von Bernhardt (2007), die keine Unterschiede hinsichtlich des Raucherstatus in der Stabilität der Cortisolausschüttung bei

Arbeitnehmern fand. Die Stichprobe der vorliegenden Studie ist allerdings wesentlich jünger als die bei Bernhardt. Eventuell unterscheiden sich die Probanden der beiden Studien auch in der Menge ihres Zigarettenkonsums, was Auswirkungen auf die Cortisolaktivität haben könnte. Leider wurde in der vorliegenden Studie nicht erfasst, wie viele Zigaretten an den Messtagen geraucht wurden. Der Cortisolspiegel zu T(30) sowie der absolute Cortisolanstieg sind bei Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, von geringer Stabilität. Der Abendwert bei diesen Frauen ist nicht stabil. Dies könnte jedoch auch an den geringen Fallzahlen liegen, die in die Analysen eingegangen sind, und sollte daher in weiteren Studien überprüft werden. Interessanterweise ist der morgendliche Cortisolanstieg bei Personen, die an einem der Tage Sport getrieben haben, von sehr geringer Stabilität. Hierzu existieren nach Wissen der Autorin bis dato noch keine Untersuchungen. In zukünftigen Forschungsvorhaben ist dieses Ergebnis zu replizieren. Während die Cortisolausschüttung bei Auszubildenden ohne Verdacht auf eine depressive Störung durchweg moderate bis hohe Stabilität aufweist, sind die Cortisol-Einzelwerte sowie -parameter bei Probanden mit einer möglichen depressiven Störung durchweg gering bis moderat. Dies könnte auf eine instabile HPA-Achsen-Aktivität in Zusammenhang mit einer depressiven Störung hindeuten. Peeters und Kollegen (2004) sowie Posener und Kollegen (2004) konnten bei Patienten mit einer majoren Depression größere Schwankungen in den Cortisolkonzentrationen innerhalb eines Tages nachweisen, was auf eine gestörte Tagesrhythmik hindeutet. Inwieweit die circadiane HPA-Achsen-Aktivität bei depressiven Patienten zwischen aufeinanderfolgenden Tagen Schwankungen unterliegt und dies mit pathologischen Mechanismen in Verbindung steht, muss zukünftig näher untersucht werden. Bei Allergikern sind lediglich die Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen und am Abend von etwas geringerer Stabilität als bei Nicht-Allergikern, bewegen sich aber noch im moderaten Bereich.

### **2.5.2.2 Ausmaß der täglichen Schwankungen in der HPA-Achsen-Aktivität**

Bis dato wurde das Ausmaß der täglichen Schwankungen der HPA-Achsen-Aktivität nur sehr selten untersucht. In der vorliegenden Stichprobe sind sowohl zwischen wie auch innerhalb der Personen teilweise große Schwankungen in der Cortisolaktivität zwischen den Tagen zu beobachten. So variieren die Cortisol-Einzelwerte und -parameter innerhalb der Personen im Durchschnitt um 5.0 bis 8.0nmol/l. Dabei treten bei einzelnen Personen Schwankungen zwischen 0.8 und 30.4nmol/l über alle Tage auf. Die Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen sowie der mittlere Cortisolanstieg weisen mit durchschnittlich ca. 8.0nmol/l größere Schwankungen über die Tage auf als die mittlere Cortisolausschüttung und der Cortisol-Aufwachwert. In einer Einzelfallstudie konnten

Stalder und Kollegen (in press) bei einem 27-jährigen Mann an über 50 Messtagen im morgendlichen Cortisolanstieg Schwankungen zwischen 3.9 und 39.0nmol/l beobachten.

Am Abend treten in der vorliegenden Untersuchung geringfügigere mittlere Schwankungen um 1.5nmol/l auf. Dies ist durch den ohnehin geringen Cortisolspiegel um diese Zeit des Tages erklärbar. Lediglich bei elf Personen variiert der Cortisol-Aufwachwert sowohl zwischen Tag 1 und 2 wie auch zwischen Tag 2 und 3 weniger als  $\pm 2.5$ nmol/l. Sieben Auszubildende weisen 30 Minuten später geringfügige Veränderungen des Cortisolspiegels um weniger als  $\pm 2.5$ nmol/l zwischen zwei aufeinanderfolgenden Tagen auf. Der absolute Cortisolanstieg schwankt bei fünf, die mittlere Cortisolausschüttung bei sechs Personen weniger als  $\pm 2.5$ nmol/l. Am Abend sind bei 29 Auszubildenden Schwankungen innerhalb von  $\pm 2.5$ nmol/l zu beobachten. Diese Personen unterscheiden sich jedoch nicht bedeutend hinsichtlich soziodemographischer, psychologischer oder physiologischer Merkmale von den übrigen Auszubildenden.

Mit Ausnahme des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs und der Cortisolkonzentrationen 30 Minuten nach dem Erwachen zeigen sich bei höherem durchschnittlichem Aktivitätsniveau über die drei Tage größere mittlere Schwankungen. Je mehr Cortisol eine Person im Durchschnitt freisetzt, desto größere Schwankungen treten in der Cortisolausschüttung demnach auf. Das Ausmaß der Variationen des absoluten Cortisolanstiegs ist hingegen nicht von der mittleren Cortisolzunahme in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen beeinflusst. Dies könnte mit der hohen Situationsabhängigkeit der morgendlichen Cortisolreaktion erklärbar sein (Hellhammer et al., 2007). Das Ausmaß der Schwankungen in den morgendlichen Cortisolkonzentrationen und -parametern korreliert signifikant positiv miteinander. Während Schwankungen im Aufwachwert nur mit Schwankungen in der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge zusammenhängen, weist das Ausmaß der Schwankungen im Cortisolspiegel 30 Minuten nach dem Erwachen, im absoluten Cortisol-Morgenanstieg sowie in der mittleren Cortisolausschüttung statistisch bedeutsame Zusammenhänge im moderaten Bereich auf.

In weiteren Studien sollten die Beziehungen und zugrundeliegenden Mechanismen zwischen dem Aktivitätsniveau und den auftretenden täglichen Schwankungen eingehender untersucht werden. Dies könnte unter Umständen auch zu einem besseren Verständnis der zugrundeliegenden pathologischen Prozesse einer dysregulierten HPA-Achsen-Aktivität, wie sie bei psychischen und somatischen Störungen vorliegen kann (z.B. depressive Störung, Herz-Kreislauf-Erkrankungen etc.), beitragen.

### **2.5.2.3 Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren auf tägliche Schwankungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität**

**Stabile Personenmerkmale.** Die mittleren Schwankungen der Cortisolausschüttung hängen nicht mit dem Ausmaß berichteter somatischer und psychischer Beschwerden, den Körpermaßen BMI und WHR oder der chronischen Stressbelastung zusammen. Lediglich zwischen dem Ausmaß der mittleren Schwankung im Cortisol-Aufwachwert über die drei Tage und der Depressivität ist ein signifikant positiver, aber geringer Zusammenhang zu beobachten. In Abhängigkeit einer Verdachtsdiagnose Depression oder bei Vorliegen einer allergischen Erkrankung sind keine Unterschiede in den mittleren Schwankungen der HPA-Achsen-Aktivität über die Tage zu beobachten. Soziodemographische Merkmale haben ebenso keinen Einfluss auf die täglichen Variationen in der Cortisolausschüttung. Allerdings weisen Raucher signifikant stärkere durchschnittliche Cortisolschwankungen 30 Minuten nach dem Erwachen auf. Auch variiert der absolute Cortisolanstieg in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen bei Rauchern im Durchschnitt stärker als bei Nichtrauchern. Inwieweit die Schwankungen in der morgendlichen Cortisolaktivität in Zusammenhang mit der Höhe des täglichen Zigarettenkonsums und speziell mit der Anzahl gerauchter Zigaretten am Vortag in Zusammenhang stehen, sollte in zukünftigen Forschungsvorhaben näher untersucht werden. Auch sollte das Ausmaß der täglichen Schwankungen in der Cortisolausschüttung bei älteren Personen sowie bei Patienten mit einer depressiven Störung näher erforscht werden, um einen Einblick in die tägliche Adaptivität und Flexibilität der HPA-Achsen-Aktivität zu bekommen.

**Situativ bedingte Faktoren.** Verändert sich die Aufwachzeit im Vergleich zum Vortag, hat dies keinen Einfluss auf Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen diesen zwei Tagen. Allerdings sind in der vorliegenden Stichprobe sowohl zwischen Tag 1 und 2 wie auch zwischen Tag 2 und 3 keine großen Variationen in den Aufwachzeiten zu beobachten. So variieren lediglich bei zwei Personen die Aufwachzeiten zwischen den drei Tagen um mehr als eine Stunde. Interessanterweise sinkt an Tag 2 bei dem Probanden, der an diesem Tag um über drei Stunden später als am ersten und dritten Tag erwacht, der Cortisolspiegel zu T(30) sowie der absolute Cortisolanstieg und die mittlere Morgenausschüttung um 10.0 bis 23.0nmol/l im Vergleich zum Vortag. Am Folgetag, an dem der Proband wieder drei Stunden früher aufwacht, steigt die morgendliche Cortisolausschüttung wieder um 10.0 bis 20.0nmol/l. Dies könnte darauf hindeuten, dass die morgendliche Cortisolaktivität sensitiv auf starke Veränderungen in der Aufwachzeit reagiert, und sollte in weiteren Studien systematisch untersucht werden. Schlotz und Kollegen (2004) konnten bei Personen, die zwischen einem Werktag und einem Tag am Wochenende starke Differenzen in den Aufwachzeiten aufwiesen, signifikant niedrigere

morgendliche Cortisolkonzentrationen am Wochenende im Vergleich zu unter der Woche beobachten. Bei einem 27-jährigen Mann konnten Veränderungen in der Aufwachzeit bis zu 38% der Variabilität der Cortisolwerte nach dem Erwachen erklären (Stalder et al., in press).

Zwischen dem zweiten und dritten Tag zeigen sich signifikant positive Zusammenhänge zwischen Veränderungen in der Schlafdauer und der morgendlichen Cortisolaktivität. Je länger die Personen im Vergleich zur vorherigen Nacht schlafen, umso höher ist der Cortisolspiegel zu T(0) und T(30). Auch setzen sie im Durchschnitt mehr Cortisol in der ersten halben Stunde frei. Mit Ausnahme des Cortisolwertes zu T(30) bleiben die Zusammenhänge nach Auspartialisierung des jeweiligen Ausgangswertes am Vortag bestehen. Zwischen erstem und zweitem Tag zeigen sich keine systematischen Zusammenhänge zwischen Veränderungen in der Schlafdauer und der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass einige Probanden in der dritten Nacht um zwei bis sechs Stunden weniger schlafen als die Nacht zuvor. In der zweiten Nacht ist hingegen die Schlafdauer bei keiner Person weniger als zwei Stunde im Vergleich zur ersten Nacht verkürzt. Möglicherweise führen erst deutliche Veränderungen in der Schlafdauer zu Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität. So veränderte sich bei Schlotz und Kollegen (2004) in einer Stichprobe aus Erwachsenen die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität umso stärker, je stärker die Schlafdauer variierte.

Die Stimmung und Wachheit am Abend zuvor hat keinen Einfluss auf das Ausmaß der Veränderungen in der Cortisolausschüttung am nächsten Morgen. Hingegen korreliert die innere Ruhe am zweiten Abend – wenn auch nach Auspartialisierung der Cortisol-Ausgangswerte zu Tag 2 in geringem Maße – signifikant positiv mit den Veränderungen des Cortisol-Aufwachwertes sowie der mittlere Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Tag 2 und 3. Je ruhiger eine Person sich am Vorabend fühlt, desto mehr steigt ihr Cortisolspiegel am nächsten Tag im Vergleich zum Vortag. Thorn und Kollegen (in press) fanden einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen Veränderungen im subjektiven Erregungsniveau am Morgen und in der Cortisol-Aufwachreaktion zwischen zwei Tagen. War das Erregungsniveau in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen geringer als am Vortag ausgeprägt, so war auch der Cortisolanstieg im Vergleich zum Vortag schwächer. Demnach könnten sich Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität direkt auf das Befinden auswirken. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass auch umgekehrt das innere Erregungsniveau am Vorabend die Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung beeinflussen kann. Dies sollte allerdings in weiteren Studien näher untersucht werden.

Negative Ereignisse, die am Vortag erlebt wurden, verändern die Cortisolaktivität am nächsten Morgen nach den vorliegenden Ergebnissen kaum. Lediglich in Abhängigkeit eines tags zuvor berichteten negativen Ereignisses ist der Cortisol-Aufwachwert an Tag 2 im Vergleich zum Vortag tendenziell erhöht. In der vorliegenden Studie wurden von den Auszubildenden wenige negative Ereignisse berichtet. Zumeist handelt es sich dabei um alltägliche Vorkommnisse, wie z.B. zu Spätkommen. Inwieweit die Ereignisse in ihrer persönlichen Relevanz für die einzelnen Personen vergleichbar sind und/oder negative Konsequenzen nach sich ziehen, kann mit den vorliegenden Daten nicht geklärt werden. An dieser Stelle sei auf Studie II verwiesen, in der der Einfluss einer biographisch relevanten Belastungssituation auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität systematisch untersucht wird. Sportliche Betätigung am Vortag bewirkt keine systematischen Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung am nächsten Tag. So steigt nur an Tag 3 bei Auszubildenden, die am Vortag Sport getrieben haben, der Cortisol-Aufwachwert stärker im Vergleich zu Tag 2 als bei Personen, die keiner sportlichen Betätigung nachgingen. In zukünftigen Studien sollte unter Berücksichtigung der Tageszeit, zu der sich sportlich betätigt wird, sowie der Dauer der sportlichen Aktivität der Einfluss von Sport am Vortag auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität näher untersucht werden.

### **2.5.3 Erkenntnisgewinn der Studie**

Die HPA-Achsen-Aktivität bei Auszubildenden an drei aufeinanderfolgenden typischen Schultagen wird nicht systematisch von soziodemographischen, situativ bedingten oder stabilen Personenmerkmalen beeinflusst. Lediglich die Aufwachzeit und Schlafdauer sowie die Einnahme oraler Kontrazeptiva und die dispositionelle Trait-Ängstlichkeit beeinflussen verschiedene Aspekte der morgendlichen Cortisolausschüttung, wenn auch in geringem Maße. Je länger die Probanden in der Nacht zuvor geschlafen haben und je später sie aufwachen, desto höher ist der morgendliche Cortisolspiegel nach dem Erwachen. Auf die Cortisol-Aufwachreaktion oder die durchschnittliche Cortisolproduktion am Morgen hat dies jedoch keinen Einfluss. Weibliche Probanden, die orale Kontrazeptiva einnehmen, weisen 30 Minuten nach dem Erwachen signifikant niedrigere Cortisolkonzentrationen auf als andere weibliche Auszubildende. Auch ist die im Durchschnitt in der ersten halben Stunde freigesetzte Cortisolmenge bei diesen Frauen niedriger. Je höher die dispositionelle Ängstlichkeit ausgeprägt ist, desto mehr Cortisol wird im Durchschnitt am Morgen ausgeschüttet.



Die Cortisolausschüttung der Auszubildenden ist moderat stabil. Dabei ist die Stabilität des absoluten Cortisol-Morgenanstiegs erwartungsgemäß niedriger als die der mittleren Morgenausschüttung. Bei Rauchern, Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, und Personen, bei denen der Verdacht auf eine depressive Störung vorliegt, sind die Cortisol-Einzelwerte und -parameter weniger stabil. Sowohl zwischen wie auch innerhalb der Personen treten teilweise große Schwankungen in der morgendlichen Cortisolaktivität auf. Nur wenige Auszubildende haben über die Tage Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung um weniger als  $\pm 2.5 \text{ nmol/l}$ . Je mehr Cortisol eine Person im Durchschnitt über die drei Messtage freisetzt, desto stärkere mittlere Schwankungen sind zu beobachten. Das Ausmaß der Variationen des absoluten Cortisolanstiegs ist hingegen nicht von der mittleren Cortisolzunahme in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen über die Tage beeinflusst, was durch die starke Situationsabhängigkeit der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion erklärt werden könnte (Hellhammer et al., 2007). Das Ausmaß der Schwankungen verschiedener Aspekte der morgendlichen Cortisolaktivität korreliert positiv miteinander. In zukünftigen Studien sollten die genauen Mechanismen der Beziehungen zwischen dem allgemeinem Aktivitätsniveau der HPA-Achse und den auftretenden täglichen Cortisolchwankungen eingehender untersucht werden. Dies könnte weitere Erkenntnisse über die genaue Funktionsweise und Adaptionsmechanismen der HPA-Achse an sich verändernde Anforderungen liefern.

Das Ausmaß der mittleren Schwankungen über die drei Messtage wird – ausgenommen bei Rauchern – in der vorliegenden Studie nicht durch bestimmte Personenmerkmale bestimmt. Situative Faktoren, wie Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer oder erlebte negative Ereignisse am Vortag, beeinflussen nur bedingt die absoluten Schwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen zwei Tagen. Allerdings ist innerhalb der situativ bedingten Merkmale über die Tage wenig Variation zu beobachten. So variieren die Aufwachzeiten mit Ausnahme zweier Probanden um weniger als eine Stunde innerhalb der Personen. Es gibt jedoch Hinweise dass die Cortisolaktivität erst auf starke Differenzen in der Aufwachzeit und Schlafdauer sensitiv reagiert (Schlotz et al., 2004; Stalder et al., in press).

Am Vortag erlebte Ereignisse haben kaum Auswirkungen auf Veränderungen in der Cortisolaktivität am nächsten Morgen. Allerdings wurden in der vorliegenden Studie nur sehr wenige Ereignisse berichtet. Die subjektive Bewertung der Ereignisse wurde nicht erfasst, weshalb keine Aussage darüber getroffen werden kann, wie nachhaltig die Erlebnisse das Wohlbefinden der Personen beeinträchtigt haben oder ob sie mit nachhaltigen negativen Konsequenzen verbunden waren. Auch kann nicht geklärt werden, inwieweit

die Ereignisse hinsichtlich ihrer persönlichen Relevanz zwischen Personen vergleichbar sind. Dies soll in Studie II näher untersucht werden.

Nicht auszuschließen ist, dass die beobachtete Variabilität in der täglichen Cortisolausschüttung in einem gewissen Maß durch Messfehler und Zufallsschwankungen bedingt ist. Zur Minimierung von Cortisolschwankungen aufgrund von Messungenauigkeiten wurde die zeitlich korrekte Entnahme der Speichelproben mit Hilfe elektronischer Compliance-Monitore kontrolliert. In ausführlichen Voranalysen wurden zeitlich vom Messprotokoll abweichende Messungen aus den Analysen ausgeschlossen. Allerdings kann mit dieser Methode nicht überprüft werden, ob die erste Speichelprobe am Tag direkt nach dem Aufwachen durchgeführt wurde. Intraindividuelle Veränderungen der Cortisol-Morgenswerte zwischen den Tagen könnten möglicherweise auf eine verspätet durchgeführte erste Messung zurückzuführen sein. Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass der Cortisol-Aufwachwert nicht beeinflusst wird, wenn die erste Messung innerhalb von 15 Minuten nach dem Erwachen vorgenommen wird (Dockray et al., 2008). Auch führt das Wissen um die elektronische Kontrolle der zeitlich korrekten Probenentnahme zu einer höheren Compliance der Probanden (Kudielka et al., 2003). Der Anteil unsystematischer Messfehler und Zufallsschwankungen an der Varianz der morgendlichen Cortisolaktivität wird in der Literatur auf unter 4% geschätzt (Hellhammer et al., 2007; Kirschbaum et al., 1992).

In weiteren Studien sollte eingehend untersucht werden, inwieweit tägliche Schwankungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen eine Reaktion der HPA-Achse an veränderte innerorganische Zustände, situative Umstände und/oder Umweltbedingungen darstellt oder Indikator physiologischer Dysregulationen ist. Auch sollte überprüft werden, zu welchem Anteil die Tagesschwankungen in der HPA-Achsen-Aktivität durch genetische Disposition oder durch frühkindliche Erfahrungen determiniert sind (Gunnar & Vazquez, 2001). Die Erforschung der Adaptivität und Flexibilität der täglichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen ist unumgänglich für das Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen und Prozesse dauerhafter Veränderungen der Cortisolausschüttung im Sinne einer Cortisolüber- oder unterproduktion, wie sie in Folge einer chronischen Belastung oder pathologischen Störungen zu beobachten sind (siehe hierzu Studie II, Abschnitt 3.1.1.3).

### **3. Studie II: Veränderungen der circadianen Cortisolaktivität während einer Belastungsphase**

---

In Studie I konnte an einer Stichprobe von Bäcker- und Konditorlehrlingen im ersten und zweiten Lehrjahr ihrer Ausbildung gezeigt werden, dass die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen und Abend an drei aufeinanderfolgenden Schultagen über die gesamte Stichprobe kaum durch situativ bedingte Faktoren wie Aufwachzeiten, Schlafdauer oder sportliche Aktivität bzw. durch relativ stabile Personenmerkmale, wie der somatischen und psychischen Beschwerdelast, beeinflusst wird. Weiter wurde eine lediglich moderate Stabilität verschiedener Aspekte der Cortisolausschüttung am Morgen und Abend an den drei Tagen nachgewiesen. Teilweise konnten starke Schwankungen zwischen den Tagen beobachtet werden, die nicht zufrieden stellend durch Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer, dem Befinden am Vorabend, nicht antizipierten negativen Ereignissen oder sportlicher Betätigung am Vortag erklärt werden konnten. Auch stabile Personenmerkmale, wie Geschlecht, das Vorliegen einer allergischen Erkrankung, die chronische Stressbelastung oder die psychische und somatische Beschwerdelast haben kaum Auswirkungen auf die intraindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisolaktivität einer Person.

Inwieweit kurzfristige intraindividuelle Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität durch bevorstehende, antizipierte Ereignisse beeinflusst werden und Ausdruck adaptiver Prozesse auf interne und externe Anforderungen darstellen, soll in einer zweiten Studie an einer Stichprobe von Auszubildenden aus dem Back- und Gastronomiegewerbe kurz vor und während der praktischen Abschlussprüfung näher untersucht werden. Überprüft wird, inwieweit die morgendliche Cortisolausschüttung durch einen psychosozialen, biographisch relevanten und antizipierten Arbeitsstressor unter natürlichen Bedingungen beeinflusst wird. Individuelle Unterschiede in der Reaktionsweise der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen Personen an den Tagen um die Belas-

tungssituation werden analysiert und der Einfluss stabiler Personenmerkmale sowie situativer Faktoren des Erlebens und Verhaltens näher untersucht.

### **3.1 Stand der Forschung**

Zunächst wird in Abschnitt 3.1.1 auf die Bedeutung der HPA-Achse als neuroendokrines Stresssystem näher eingegangen und die Beteiligung des Glukocorticoids Cortisol an der Regulation physiologischer Stressreaktionen dargestellt. In Abschnitt 3.1.2 werden verschiedene Stressortypen und situative Charakteristika psychosozialer Stimuli, die besonders aktivierend auf die HPA-Achsen-Funktion wirken, erläutert. Des Weiteren werden in Abschnitt 3.1.3 interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsenreaktivität auf einen akuten Stressor und mögliche Ursachen diskutiert. Abschließend wird in Abschnitt 3.1.4 die Wirkung eines Stressors auf die morgendliche Cortisolausschüttung erläutert und Befunde erster Studien hierzu berichtet. An die Darstellung des theoretischen Hintergrunds schließt sich die Herleitung der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit an (siehe Abschnitt 3.2).

#### **3.1.1 Die Bedeutung der HPA-Achse als neuroendokrines Stresssystem**

Die HPA-Achsen-Aktivität unterliegt einer circadianen Rhythmik (siehe hierzu Studie I, Abschnitt 2.1.2), kann aber auch als hormonelle Antwort auf äußere oder innere Stressoren aktiviert werden und darauf mit einer erhöhten Cortisolausschüttung reagieren (Chrousos & Gold, 1998; Sapolsky, 2000). Neben der Sympathikus-Nebennierenmark-Achse, auf deren Funktionsweise an dieser Stelle nicht näher eingegangen wird (siehe z.B. Chrousos, 2002), ist die HPA-Achse das zentrale neuroendokrine Stresssystem des Körpers und wird bei Konfrontation mit einem Stressor aktiviert. Im folgenden Abschnitt wird zunächst auf die Bedeutung der HPA-Achse und speziell des Glukocorticoids Cortisol für die akute Reaktion und Adaption des Organismus auf eine Belastungs- oder Gefahrensituation und die dabei ablaufenden physiologischen Prozesse eingegangen (siehe Abschnitt 3.1.1.1 sowie 3.1.1.2). Mögliche Dysregulationen des endokrinen Stresssystems und der Cortisolausschüttung in Folge chronischer Aktivierung werden in Abschnitt 3.1.1.3 dargestellt und mögliche gesundheitliche Folgen erörtert. Abschließend werden

verschiedene Untersuchungsansätze zur Erforschung der HPA-Achsenreaktivität unter Labor- und Feldbedingungen diskutiert (siehe Abschnitt 3.1.1.4).

#### **3.1.1.1 Akute Aktivierung der HPA-Achse als endokrine Stressantwort**

Im Folgenden handelt es sich um eine vereinfachte und zusammenfassende Darstellung der Funktionsweise der unter Einwirkungen eines Stressors stimulierten HPA-Achse und der komplexen zugrundeliegenden biologischen Schaltkreise und Mechanismen (eine ausführliche Darstellung findet sich z.B. bei Herman et al., 2003 & 2005; Chrousos, 2002).

In zahlreichen Labor- und Feldstudien konnte die Sensitivität der HPA-Achsen-Aktivität gegenüber Stressoren verschiedener Art nachgewiesen werden. Zusammen mit der Aktivierung des sympathischen Nervensystems befähigt der kurzfristige Anstieg der Cortisolausschüttung den Organismus auf eine Gefahrensituation oder Anforderung in adäquater Weise zu reagieren, kurzfristig Energiereserven zu mobilisieren und die Langzeit-Energie-Speicherung zu hemmen (Sapolsky, 2004). Dabei hat Cortisol auf eine Vielzahl physiologischer Prozesse einen Einfluss und wirkt sowohl auf das metabolische, das kardiovaskuläre wie auch das Immunsystem (einen detaillierten Überblick siehe bei Kirschbaum, 1991; Sapolsky et al., 2000; Sapolsky, 2004). Zur Bereitstellung von Energiereserven und Unterstützung der Kampf-Flucht-Reaktion wird durch Cortisol die Glukoneogenese in der Leber gefördert, die Speicherung von Glukose in den Zellen verhindert und schnell verfügbare Kohlehydratreserven durch die Freisetzung von Glycerin und Fettsäuren aus den Fettvorräten erhöht. Gleichzeitig wird die Aktivität des Verdauungs- und Reproduktionssystems, die bei der Bewältigung der akuten Stresssituation eine eher ungeordnete Rolle innehaben, heruntergefahren. Der Blutdruck, die Blutzirkulation und Blutgerinnung werden sowohl direkt als auch indirekt über den Einfluss des Cortisols auf die Aktivität des sympathischen Nervensystems erhöht. Entzündungs- und Schmerzreaktionen werden zunächst unterdrückt und spezifische Immunfunktionen gehemmt, um einer stressbedingten Überreaktion der Immunaktivität entgegenzuwirken. Ein erhöhter Cortisolspiegel moduliert ebenso eine Vielzahl kognitiver und emotionaler Funktionen, wie Wahrnehmungs- und Aufmerksamkeitsprozesse, Emotionsverarbeitung sowie Gedächtnisfunktionen (eine ausführliche Darstellung hierzu siehe Erickson et al., 2003 sowie Wolf, 2008).

Die HPA-Achsen-Aktivität kann sowohl in Antizipation (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Gaab et al., 2003; Salvador, et al., 2003) als auch in Folge eines bereits eingetretenen, nicht antizipierten Stressors stimuliert werden (eine Übersicht siehe in Kirschbaum, 1991). Zwischen 15 und 30 Minuten nach Beginn einer Stimulation ist das Maximum der Cortisolproduktion in den Nebennierenrinden erreicht (Clow, 2004; Kirschbaum & Hell-

hammer, 1989 & 1994; Kirschbaum, 1991; Sapolsky et al., 2000). Über negative Feedbackschleifen zur Hypophyse, dem Hypothalamus und Hippocampus wird die Cortisolsekretion reguliert und entsprechend kontrolliert, um eine Überreaktion der HPA-Achse in Folge einer Stressreaktion zu vermeiden und die körpereigene Homöostase wiederherzustellen (de Kloet et al., 1998; Kirschbaum, 1991; Kirschbaum & Hellhammer, 1999; Sapolsky, 2004). Besonders Glukocorticoid-Rezeptoren reagieren aufgrund ihrer geringeren Affinität für Glukocortikoide sensitiv auf hohe Cortisolkonzentrationen, wie sie in Folge einer Provokation auftreten, und hemmen daraufhin eine weitere Aktivierung der HPA-Achse und Cortisolproduktion (eine ausführliche Darstellung siehe bei de Kloet et al., 1998). Je nach Art und Qualität des Stressors sinkt die Cortisolkonzentration nach Beendigung der Provokation innerhalb der nächsten ein bis zwei Stunden auf das Ausgangsniveau (Dickerson & Kemeny, 2004; Kirschbaum et al., 1993a). Allerdings können sowohl in den Latenzzeiten sowie in Art und Ausmaß der Cortisolreaktion auf einen akuten Stressor große individuelle Unterschiede in Abhängigkeit bestimmter Situations- und Personenmerkmale beobachtet werden (siehe hierzu Abschnitt 3.1.2 und 3.1.3).

#### **3.1.1.2 Der Einfluss der Cortisolreaktionen auf die Bewältigung akuter Belastungssituationen**

Neben den direkten Auswirkungen auf physiologische Anpassungsprozesse innerhalb des Organismus auf einen Stressor wurde in einigen psychoendokrinen Feld- und Laborstudien der Einfluss einer akuten Cortisolreaktion auf die Bewältigung einer Belastungssituation untersucht. Je nach Art des Stressors wurden hierfür verschiedene Indikatoren für einen erfolgreichen Umgang mit der Belastung gewählt, wie z.B. die emotionale Verarbeitung, das objektive Abschneiden in sportlichen Wettbewerben oder die Bewertung einer akademischen Prüfung.

Het und Wolf (2007) konnten in einer experimentellen Doppelblind-Studie zeigen, dass die vorherige Gabe von synthetischem Cortisol (Hydrocortison) sich modulierend auf die affektiven Reaktionen nach der Konfrontation mit einem psychosozialen Laborstressor auswirkt. So berichteten die Probandinnen der Experimentalgruppe direkt nach der Konfrontation ein geringeres Ausmaß an negativem Affekt und bessere Stimmung als die Frauen der Placebogruppe. Vor der Provokation waren keine Unterschiede in den Emotionen in Abhängigkeit der Cortisolgabe zu beobachten. Nach Meinung der Autoren spricht dieses Ergebnis für die adaptive Wirkung erhöhter Cortisolkonzentrationen vor und während einer Belastungssituation auf die emotionale Verarbeitung und Bewältigung eines Stressors.

Inwieweit endokrine Stressreaktionen sportliche Leistungen in Anforderungssituationen beeinflussen, ist umstritten. So schnitten Judokämpfer, die vor einem Wettbewerbs-

kampf höhere Cortisolkonzentrationen aufwiesen, in der Regel besser ab (Salavdor et al., 2003). Bei Verlierern eines Tennisturniers wurden hingegen im Vorfeld höhere Cortisolspiegel beobachtet als bei Gewinnern. Allerdings wiesen Gewinner einen stärkeren Cortisolanstieg in Folge eines Tennismatches auf als Verlierer (Filaire et al., 2009). In einer Studie mit Tänzern konnte kein Zusammenhang mit der Cortisolausschüttung nach einem Wettbewerb und den Wettkampfergebnissen sowie der subjektiven Zufriedenheit nachgewiesen werden (Rohleder et al., 2007).

Hinsichtlich akademischer Leistungen sind die Ergebnisse ebenfalls uneinheitlich. So wurde in einer Studie ein negativer Zusammenhang zwischen der Cortisolkonzentration vor einer schriftlichen Prüfung und der Note nachgewiesen (Ng et al., 2003), in anderen Studien korrelierten die objektive Prüfungsleistung und die endokrinen Reaktionen nicht miteinander (z.B. Schoofs et al., 2008). Als eine mögliche Erklärung wird angenommen, dass sich sowohl eine zu starke wie auch zu schwache Aktivierung der Cortisolausschüttung während eines Stressors negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit und Gedächtnisfunktionen auswirken kann (eine ausführliche Darstellung hierzu siehe Eriksen et al., 2003).

Nach wie vor sind die Beziehungen zwischen akuten Cortisolreaktionen und der Bewältigung eines Stressors sowie die zugrundeliegenden Mechanismen unklar (Filaire et al., 2009). Angenommen werden kann, dass sich die Zusammenhänge in Abhängigkeit der gewählten Kriterien einer erfolgreichen Bewältigung unterschiedlich gestalten. Auch könnten der Anforderungscharakter, ein sozial-evaluativer Kontext sowie der Verlauf einer Belastungssituation in Kombination mit den geforderten kognitiven und körperlichen Leistungen und parallel ablaufenden psychologischen Prozessen eine wichtige medierende Rolle spielen.

### **3.1.1.3 Negative gesundheitliche Folgen chronischer Aktivierung des HPA-Achsen-Systems**

Die Aktivierung der HPA-Achse und des sympathischen Nervensystems bei Konfrontation mit einem Stressor und die dadurch ausgelösten physiologischen Prozesse sind lebensnotwendige Adaptionsmechanismen und gewährleisten die Anpassung des Organismus an sich verändernde innere und äußere Anforderungen. Allerdings kann eine chronische Überstimulation der physiologischen Stresssysteme in Folge ständig wiederkehrender oder andauernder Stressoren und/oder mangelnder Erholung langfristig den Organismus schädigen und die Gesundheit nachhaltig beeinträchtigen (Chrousos & Gold, 1992; Chrousos & Gold 1998; Miller & O'Callaghan, 2002; Raison & Miller, 2003; Schulkin, 2003, 2004, 2005). Die aufgrund chronischer Belastung und Überbeanspruchung verursachten Dysregulationen der an den Stressreaktionen beteiligten physiologischen Systeme fassen McEwen und

Stellar (1993) in den Begriffen „Allostatic Load“ und „Allostatic Overload“ zusammen. Nach dem Konzept der Allostase (Sterling & Eyer, 1988, siehe auch Schulkin, 2004) wird durch systematische Veränderungen interagierender Mediatoren des HPA-Achsen-Systems, des autonomen Nervensystems, des Immunsystems und des metabolischen Systems in Anforderungssituationen die lebensnotwendige Stabilität wenig reaktiver physiologischer Parameter, die in engen Grenzen gehalten werden müssen, wie z.B. der Körpertemperatur oder des pH-Wertes gewährleistet. Auf diese Weise wird nach dem Prinzip „Stabilität durch Veränderung“ („Stability through Change“; Sterling & Eyer, 1988) die Adaption an einen Stressor sowie die Homöostase lebensnotwendiger Körperfunktionen zu erhalten versucht. Die allostatiche Last stellt die kumulierten Kosten der ständigen Anpassungsprozesse dar, nämlich wenn (1) der Organismus über längere Zeit vielen Stressoren oder einem überdauernden, chronischen Stressor ausgesetzt ist und in Folge die Stresssysteme dauerhaft aktiviert sind, (2) keine Habituation der Stressreaktionen an einen sich wiederholenden Stressor stattfindet, (3) die Stresssysteme auch nach Verschwinden des Stressors weiter aktiviert bleiben oder wenn (4) in Folge einer inadäquaten Stressreaktion einige allostatiche Systeme nicht, andere zur Kompensation übermäßig auf einen Stressor reagieren (McEwen & Stellar, 1993; McEwen 1998). Kumuliert allostatiche Last über einen längeren Zeitraum und übersteigen die Anforderungen die Copingmechanismen und Regelkapazitäten der an der Allostase beteiligten Körpersysteme im Sinne eines Allostatic Overload, kann dies zu pathologischen Veränderungen führen und in Folge die Anfälligkeit für manifeste Erkrankungen erhöhen (McEwen & Norton Lasley, 2002; McEwen & Wigfield, 2003; McEwen, 2004; Stewart, 2006; Schulkin, 2004).

In zahlreichen Studien konnte eine Dysfunktion der HPA-Achsen-Aktivität mit körperlichen Erkrankungen, wie z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, und psychischen Störungen, wie z.B. depressive Störung, in Zusammenhang gebracht werden (Heim et al., 2000a; Miller & O’Callaghan, 2002; Sapolsky, 2004; Cohen, 2000). Dabei können pathologische Zustände, die mit einer übermäßigen HPA-Achsen-Aktivität (Hypercortisolismus) in Folge einer chronischen Belastung in Zusammenhang stehen, von solchen unterschieden werden, bei denen eine verminderte oder unterbrochene HPA-Achsen-Funktion (Hypocortisolismus) zu beobachten ist (Chrousos & Gold 1998; Tsigos & Chrousos, 2002; Raison & Miller, 2003). In der Literatur finden sich einige Erklärungsansätze, inwieweit eine aufgrund einer chronischen Belastung bestehende Überaktivierung der HPA-Achse langfristig in einer verminderten HPA-Achsen-Funktion und sogenanntem Hypocortisolismus münden kann (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000a; Hellhammer & Wade, 1993; Miller et al., 2002). Dabei wird angenommen, dass im Sinne einer protektiven Maßnahme eine bestehende Überproduktion an Cortisol (Hypercortisolismus) aufgrund einer gesteig-



gerten HPA-Achsen-Aktivität langfristig eine Desensibilisierung spezifischer Rezeptoren auf verschiedenen Ebenen der HPA-Achse im Sinne einer Down-Regulation zur Folge hat und die Biosynthese von CRH, ACTH und Cortisol verringert wird (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000a). Des Weiteren wird die Sensitivität der negativen Feedbackschleifen für Glukocorticoide erhöht. Auf diese Weise soll den schädlichen Wirkungen einer übermäßigen Cortisolproduktion entgegengewirkt werden (Fries et al., 2005; Heim et al., 2000a; Miller et al., 2002). Negative Folgen dieser Adaptionsmechanismen sind unter anderem eine gesteigerte Stresssensitivität sowie Symptome, wie Schmerzen und Erschöpfung (Fries et al., 2005). Gestützt werden diese Annahmen auf Ergebnisse von Tiermodellen sowie Querschnittuntersuchungen von chronisch gestressten Menschen und Personen, die bereits eine Dysregulation des endokrinen Systems aufweisen. Eine Prüfung der Hypothese anhand einer Längsschnittstudie, in der über einen längeren Zeitraum systematisch mögliche Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität in Folge chronischer Belastung untersucht werden, steht noch aus (Miller et al., 2007). Auch können Faktoren, wie genetische Disposition, frühere Stresserfahrungen sowie Personenmerkmale die Entwicklung endokriner Dysregulationen, wie Hyper- und Hypocortisolimus beeinflussen und sollten daher in Untersuchungen entsprechend Beachtung finden (Heim et al., 2000a; Gunnar & Vazquez, 2001; Miller et al., 2007). In einer Metaanalyse von 119 Studien zum Einfluss chronischer Stressoren auf die HPA-Achsen-Funktion fanden Miller und Kollegen (2007) Belege dafür, dass die Zeit seit Beginn einer länger andauernden Belastungssituation negativ mit der HPA-Achsen-Aktivität in Zusammenhang steht. Ebenso waren bei Personen der Cortisolspiegel am Morgen und über den Tag erhöht, solange sie dem Stressor ausgesetzt waren, wie z.B. bei Arbeitslosigkeit oder Pflegebedürftigkeit eines Angehörigen. War der chronische Stressor hingegen nicht mehr vorhanden (z.B. nach einem Kampfeinsatz im Krieg), war die HPA-Achsen-Aktivität signifikant erniedrigt. Diese Ergebnisse sprechen für eine differentielle zeitabhängige Wirkung chronischer Stressoren auf die HPA-Achsen-Funktion und eine kontinuierliche Veränderung der Cortisolausschüttung von Hypercortisolismus hin zu Hypocortisolismus bei langfristiger Konfrontation mit einem Stressor. Die Autoren diskutieren die Bedeutung dieser Befunde im Zusammenhang mit einer gesteigerten Vulnerabilität für verschiedene Störungen und Erkrankungen. So können sich die Dauer einer Belastungssituation und die damit einhergehenden Dysregulationen der HPA-Achsen-Aktivität auf die Anfälligkeit für verschiedene manifeste Erkrankungen und Störungen auswirken. Personen, die sich in einem früheren Stadium der chronischen Stressbelastung befinden, sollten demnach besonders für Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen sowie psychische Störungen, wie Depressionen und Schizophrenie anfällig sein, die mit einer pathologisch erhöhten Cortisolausschüttung einhergehen. Sinkt die Cortisolausschüttung über die Zeit immer weiter, steigt die Vulnerabilität für Erkrankun-

gen wie Fibromyalgie, rheumatische Erkrankungen oder Allergien, die häufig mit einem Hypocortisolismus verbunden sind (Miller et al., 2007).

#### **3.1.1.4 Untersuchungsansätze zur Erforschung der Stressreaktivität der HPA-Achse**

Bei der Erforschung der HPA-Achsenreaktivität werden je nach Forschungsabsicht und -schwerpunkt drei verschiedene Untersuchungsansätze angewandt: Experimentelle Laboruntersuchungen, Feldstudien sowie quasiexperimentelle Felduntersuchungen.

In zahlreichen Studien wird die Aktivierung der Cortisolproduktion durch einen standardisierten Stressor im Labor unter kontrollierten Bedingungen untersucht. Dabei werden sowohl pharmakologische Stimuli (z.B. Gabe von Hydrocortison, Dexamethason oder synthetischem CRH; Het & Wolf, 2007; Deinzer et al., 1997; Kudielka et al., 1999), physikalische Reize (z.B. körperliche Aktivität oder Cold-Pressure-Test; Berger et al., 1987; Kirschbaum et al., 1993b; Schwabe et al., 2008) oder psychologische Stressoren (z.B. kognitive Aufgaben; Vorführen von emotional belastendem Filmmaterial; freie Rede vor einem Publikum; al'Absi et al., 1997; Gerra et al., 2001; Kirschbaum et al., 1993a; Netjek, 2002) zur Provokation einer akuten HPA-Achsen-Reaktion eingesetzt. Der Trierer Social-Stress-Test (TSST; Kirschbaum et al., 1993a) gilt als der wohl bekannteste Belastungstest zur Untersuchung von Cortisolreaktionen auf einen akuten psychosozialen Stressor unter Laborbedingungen (Kudielka, 2007). Das standardisierte Verlaufsprotokoll beinhaltet nach einer kurzen Vorbereitungs- und Antizipationszeit das freie Halten einer fünfminütigen Rede sowie das Lösen von Kopfrechenaufgaben vor einem Komitee aus drei Wissenschaftlern. Bei mehr als 70% der Probanden führt dieses Prozedere zu einer zwei- bis vierfachen Erhöhung der Cortisolausschüttung (Kirschbaum et al., 1993a, Kudielka, 2007).

In teils sehr aufwendigen Feldstudien wird mit Hilfe sogenannter Experience-Sampling-Methoden die Wirkung alltäglicher akuter und chronischer Stressoren auf die circadiane Cortisolausschüttung untersucht. Je nach Messprotokoll geben die Probanden in einem bestimmten Zeitrhythmus über den Tag Speichelproben zur Erfassung der aktuellen Cortisolkonzentration ab und berichten über mögliche eingetretene Ereignisse seit der letzten Messung (z.B. Peeters et al., 2003; Smyth et al., 1998; Jacobs et al., 2007; Vedhara et al., 1999 & 2002). Zusätzlich können immer zehn bis 20 Minuten nach dem Eintreten eines Stressors Speichelproben entnommen werden. Zur Untersuchung der Auswirkung chronischer, d.h. länger andauernder Stressoren werden häufig Cortisol-tagesprofile von Personen unter chronischer Belastung und Kontrollpersonen miteinander verglichen (z.B. Lundberg & Hellström, 2002; van Eck et al., 1996a, b; Schlotz et al., 2004; Schulz et al., 1998). Ein Nachteil dieser Methode ist die fehlende Standardisierung

und große Vielfalt der berichteten Stressoren. Eine differenzierte Erfassung von endokrinologischen Reaktionen vor, während und nach einem Stressor ist erschwert, da das Eintreten eines Stressors in der Regel im Voraus nicht bekannt ist und in Abhängigkeit der Tagesgestaltung des Probanden eher zufällig auftritt. Auch ist die Vergleichbarkeit von Feldstudien aufgrund teils sehr unterschiedlicher Studiendesigns und Messprotokolle erschwert (Hjortskov et al., 2004; Miller et al., 2007).

Die Wirkung eines natürlichen, im Alltag auftretenden, zeitlich begrenzten Stressors auf die HPA-Achsen-Aktivität ist Untersuchungsgegenstand quasiexperimenteller Feldstudien. Zumeist dienen hier sportliche Ereignisse und Wettbewerbe (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Chatterton et al., 1997; Deinzer et al., 1997; Filaire et al., 2009; Rohleder et al., 2007; Salvador, et al., 2003) sowie akademische Prüfungen (Houtman et al., 1991a, b; Spangler et al., 1997; Spangler et al., 2002; Stowell, 2003) als potentielle Stressoren. Bei gleichzeitig hoher ökologischer Validität ist hierbei eine hohe Standardisierung der Situation gewährleistet und die Qualität des Stressors ist für alle Probanden vergleichbar und über einen längeren Zeitraum antizipierbar. Weiterhin ist die Dauer des Stressors in der Regel klar umrissen, was für die reliable Messung akuter endokrinologischer Stressreaktion unumgänglich ist.

Inwieweit im Labor provozierte physiologische Stressreaktionen in Art, Stärke und Dauer die HPA-Achsenreaktivität unter natürlichen Bedingungen widerspiegeln und repräsentativ für natürliche Belastungssituationen sind, ist umstritten (Cohen & Hammick, 2003). Bisher existieren nur sehr wenige Vergleichstudien. Lundberg, Melin, Fredrikson, Tuomisto und Frankenhaeuser (1990) fanden sehr geringe Korrelationen zwischen der Cortisolreaktivität im Labor und unter natürlichen Bedingungen bei der Arbeit. Auch van Eck, Nicolson, Berkhof und Sulon (1996a) konnten keinen solchen Zusammenhang nachweisen. In einer aktuellen Studie von Rohleder, Beulen, Chen, Wolf und Kirschbaum (2007) wiesen Turniertänzer in Folge eines Wettbewerbs um bis zu zweimal höhere Cortisolwerte auf als unter Provokation mit dem TSST. Diese Befunde entsprechen den Ergebnissen aus Vergleichsstudien bezüglich kardiovaskulärer Funktionsparameter, wie z.B. dem Blutdruck oder der Herzrate; hier korrespondiert die unter natürlichen Bedingungen gemessene Reaktivität weder in Art noch Ausmaß mit Reaktionswerten während einer Provokation im Labor (z.B. van Doornen et al., 1994). Die starke Heterogenität von Laborstressoren und realen Belastungssituationen hinsichtlich der Bedrohlichkeit oder der persönlichen Relevanz können Gründe für die mangelnde Übereinstimmung sein (Rohleder et al., 2007). Ebenso könnten Unterschiede in der zeitlichen Dauer der Antizipationsphase sowie der Stressoren selbst verantwortlich sein (van Doornen et al., 1994). So umfasst die Antizipationsphase bei einer Laborprovokation häufig nur wenige Minuten (vgl.

Kirschbaum et al., 1993a), wohingegen reale Belastungssituationen, wie sie in Feldstudien häufig zum Einsatz kommen (Prüfungen oder Wettbewerbe), bereits Wochen vorher bekannt sind und antizipiert werden können. Provokationen unter Laborbedingungen sind zudem zeitlich oft wesentlich kürzer als reale Stressoren im Feld (vgl. z.B. Rohleder et al., 2007). Diese Faktoren könnten zusammengenommen zu unterschiedlichen physiologischen Reaktionen führen (van Doornen et al., 1994). Zur endgültigen Klärung der Frage nach der Generalisierbarkeit der im Labor gemessenen HPA-Achsenreaktivität sind weitere Studien notwendig, die von ihrer Beschaffenheit und zeitlichen Dauer vergleichbare Feld- und Laborstressoren verwenden.

### **3.1.2 Beschaffenheit von Stressoren: Die Wirkung psychosozialer Stressoren auf die HPA-Achsen-Aktivität**

Als Stress kann jegliche Art von Herausforderung betrachtet werden, die das Gleichgewicht des Organismus gefährdet und eine Anpassungsreaktion erforderlich macht (Steckler, 2005). Dabei können sowohl exterozeptive, d.h. von außen auf den Organismus einwirkende Stimuli (z.B. Kälte, Lärm, sozial-evaluative Situationen) als auch interozeptive, d.h. innerhalb des Organismus auftretende Reize (z.B. Schmerz, Verletzung) als Stressoren auf den Organismus wirken. Der Zeitraum, in dem der Organismus einem Stressor ausgesetzt ist, kann stark variieren und unterschiedliche Auswirkungen auf die physiologischen Stress- und Körpersysteme haben. Hier sind kurzfristige, zeitlich in ihrer Dauer begrenzte, häufig als akut bezeichnete Stresssituationen (z.B. ein Vorstellungsgespräch) von mittel- und längerfristigen, sogenannten chronischen Stressoren (z.B. Arbeitslosigkeit oder chronische Schmerzzustände) zu trennen (Steckler, 2005). In der weiteren Darstellung wird aus thematischen Gründen der Schwerpunkt auf die Darstellung der Wirkung kurzfristiger, zeitlich klar umrissener Stressoren auf die HPA-Achsen-Aktivität gelegt (zu negativen gesundheitlichen Folgen einer chronischen Aktivierung der HPA-Achsen-Funktion aufgrund einer andauernden Belastungssituation siehe Abschnitt 3.1.1.3). Neben dem Zeitkriterium wird in der Literatur aus inhaltlicher Sicht zwischen psychologischen und physikalischen bzw. physischen Stressoren unterschieden (Dayas et al., 2001; Miller et al., 2007; Steckler, 2005). Physische Stressoren, wie z.B. Hitze, Hunger oder Lärm, bedrohen direkt die körpereigene Homöostase und können ohne Evaluation und Beteiligung höherer kognitiver Prozesse physiologische Stressreaktionen als eine Art Reflex-Reaktion auslösen. Bei psychologischen Stressoren, wie z.B. Zeitdruck oder interpersonellen Konflikten, wird hingegen die Beteiligung kognitiver und emotionaler Bewertungsprozesse vorausgesetzt. Erst eine Evaluation der Situation als stressreich, aver-

siv und/oder bedrohlich aktiviert die physiologischen Stressreaktionen (Mason, 1968; Ursin, 1998; Ursin & Eriksen, 2001). Es gibt Hinweise, dass bei der Verarbeitung beider Stressortypen unterschiedliche Hirnregionen beteiligt sind, die je nach Anforderung der Situation zu einer unterschiedlichen Aktivierung der HPA-Achse und anderen an der Stressreaktion beteiligten peripheren Systemen führen. Bei physischen Stressoren scheint der paraventriculäre Kern des Hypothalamus durch Strukturen des Hirnstamms, bei psychologischen Stimuli durch das corticolimbische System, wie der Amygdala und dem Hippocampus, aktiviert zu werden (Dayas et al., 2001; Herman et al., 2003; Miller et al., 2007). Demnach können je nach Dauer, Art und Beschaffenheit des Stressors spezifische physiologische Stressreaktionen ausgelöst werden (Miller et al., 2007).

Zu Beginn der Stressforschung wurde zunächst von einer unspezifischen, stereotyp ablaufenden Reaktion des Organismus auf jegliche Art externer und interner Anforderung ausgegangen, was Seyle (1946) unter dem Begriff des „allgemeinen Adaptionssyndroms“ zusammenfasste. Demnach wird unabhängig von Art und Ausmaß des einwirkenden Stressors ein immer gleich aussehendes hormonelles Reaktionsmuster im Organismus ausgelöst (eine umfassende Darstellung siehe Seyle, 1936, 1946, 1956). Dass physiologische Stressreaktionen nicht unmittelbar durch jegliche Art von Reizen aktiviert werden, sondern die Wirkung eines Stressors auf den menschlichen Organismus vielmehr über kognitive und emotionale Bewertungsprozesse vermittelt wird, wurde zum ersten Mal von Mason (1968, 1971) betont. Auf Grundlage der bis dato vorliegenden Forschungsergebnisse argumentierte er, dass besonders psychosoziale Stimuli die HPA-Achse und Cortisolausschüttung aktivieren. Dabei sind neben objektiven Eigenschaften der Situation ebenso Merkmale der Person für die Bewertung und Verarbeitung einer potentiell stresshaften Situation von Bedeutung. Gerade Ereignisse, die als neu, unkontrollierbar sowie unvorhersehbar erlebt werden, wirken als besonders stresserzeugend (Mason, 1968). Auch im transaktionalen Stressmodell von Lazarus (1966) werden kognitive Bewertungsprozesse („Appraisal“) als mediierender Faktor zwischen Reiz und Stressreaktion gesehen. Das Auslösen einer Stressreaktion hängt nach Lazarus vor allem von der Bewertung der Bedrohlichkeit der Situation für das eigene Selbst („Primary Appraisal“) sowie der Einschätzung der eigenen Bewältigungsmöglichkeiten („Secondary Appraisal“) und der anschließenden Neubewertung der Situation („Reappraisal“) ab.

Stress ist demnach nicht als reines Reiz-Reaktions-Schema zu verstehen, sondern stellt eine komplexe Wechselwirkung zwischen Anforderungen der Situation und der agierenden Person dar (Lazarus & Folkman, 1984). Ausgehend von Masons Arbeiten (1968, 1971) rückte in den folgenden Jahren aufgrund des hohen Stresspotentials sowie der alltäglichen Relevanz die Erforschung psychologischer Stressoren und ihrer differen-

tiellen Wirkung auf die HPA-Achsen-Funktion zunehmend in den Mittelpunkt psychoneuroendokriner Untersuchungen. Dabei wurde und wird der zentralen Frage nachgegangen, welche Charakteristika einer Situation oder eines Ereignisses im Allgemeinen als Stressor wahrgenommen werden und eine endokrine Stressreaktion provozieren können.

In einer Metaanalyse von 208 Laborstudien konnten Dickerson und Kemeny (2004) zeigen, dass gerade soziale Bewertungssituationen, die sich gleichzeitig durch ein gewisses Maß an Unkontrollierbarkeit auszeichnen und eine potentielle Bedrohung des Selbst darstellen, eine besonders starke Aktivierung der HPA-Achse und Cortisolausschüttung hervorrufen (Effekt von  $d = .67$ ). In einer aktuellen Studie von Schwabe, Haddah und Schachinger (2008) wurden bei 70 jungen, gesunden Männern eine stärkere Cortisolreaktion unter Darbietung eines physikalischen Stressors, dem Cold-Pressure-Test, in einer sozial-evaluativen Situation gemessen als unter Darbietung des Stressors allein. Ebenso rief der TSST (ein sozial-evaluativer Laborstressor; siehe Kirschbaum et al., 1993a) in einer Studie von McRae et al. (2006) eine stärkere Cortisolausschüttung hervor als der Cold-Pressure-Test. Gemäß einer Studie von Gruenewald, Kemeny, Aziz und Fahey (2004) scheint gerade die sozial-evaluative Komponente des TSST, d.h. die Durchführung der Aufgaben vor einem Komitee, die Cortisolreaktionen zu provozieren. So führte die Erledigung der TSST-Aufgaben in einer nicht-evaluativen Situation zu keiner Cortisolerhöhung. Auch al'Absi und Kollegen (1997) beobachteten größere Cortisolreaktionen auf eine sozial-evaluative Situation als beim Lösen arithmetischer Aufgaben. Rohleder et al. (2007) konnten bei Tänzern während eines Tanzturniers weit stärkere Cortisolreaktionen beobachten als während einer Trainingseinheit an einem Kontrolltag.

Auch kann die emotionale Intensität eines Stressors Einfluss auf die physiologischen Stressreaktionen haben. So erzeugte in einer Studie von Netjek (2002) das Ansehen eines hoch emotional belastenden Films (schwere Unfallsituation bei einem Autorennen) bei den Probanden starke Cortisolreaktionen, wohingegen das Präsentieren eines wenig emotionalen Films (Autorennen mit einigen Zusammenstößen ohne Verletzte) zu keiner Erhöhung der Cortisolausschüttung führte. Ebenso kann ein Feedback über den aktuellen emotionalen und physiologischen Erregungszustand in Erwartung eines sozialen Stressors die endokrine Stressantwort verstärken (Rohrman et al., 1999).

Die Vertrautheit mit einer Situation kann das Ausmaß endokriner Stressreaktionen ebenso beeinflussen. Martinek und Kollegen (2003) konnten an einer Stichprobe von 19 Schülern zeigen, dass bei allen Schülern eine Erhöhung der Cortisolkonzentration vor der mündlichen Abiturprüfung, einer neuen und ungewohnten Stresssituation, zu beobachten war, wohingegen die Cortisolreaktionen vor gewöhnlichen Klassenarbeiten unterschied-

lich ausfielen und nur bei einem Teil der Schüler ein erhöhter Cortisolspiegel zu beobachten war (Martinek et al., 2003). Ebenso sprechen mehrere Labor-Studien für eine Habituation, d.h. Abschwächung der Cortisolreaktion bei wiederholter Konfrontation mit demselben Stressor bei einer Großzahl der Probanden (Deinzer et al., 1997; Gerra et al., 2001; Kirschbaum et al., 1995b; Kudielka et al., 2006a; Pruessner, 1997; Schommer et al., 2003; Wüst et al., 2005). Inwieweit die Ergebnisse dieser Studien auf alltägliche Situationen übertragen werden können, ist allerdings umstritten. So konnten in mehreren Felduntersuchungen keine Habituationseffekte der Cortisolausschüttung auf einen mehrmals dargebotenen realen Stressor nachgewiesen werden (Rohleder et al., 2007; Schoofs et al., 2008). Des Weiteren scheinen Faktoren, wie Intensität und Auftretenshäufigkeit des Stressors (Gerra et al., 2001), Persönlichkeitsfaktoren (Kirschbaum et al., 1995b) sowie Übung und Lernerfahrung, Habituationsprozesse zu mediieren. Houtman et al., (1991b) konnten zeigen, dass Personen, die zwischen dem Auftreten zweier Stressoren (Abhalten einer Lehrveranstaltung) ein Lehr-Training erfahren, bei der zweiten Stressexposition signifikant geringere Cortisolreaktionen aufweisen als bei der ersten Exposition. Auch war ihre Cortisolausschüttung bei der zweiten Provokation signifikant niedriger als bei Personen, die keine Lehr-Übungen in der Zeit zwischen den Stressoren dargeboten bekamen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass eine besonders starke Aktivierung der HPA-Achse hervorgerufen wird durch Situationen, (1) die neu und nicht-vertraut sind, (2) die einen sozial-evaluativen Charakter haben, (3) die von persönlicher Relevanz sind und/oder eine motivationale und emotionale Involviertheit erzeugen, (4) deren Verlauf nicht oder nur zu einem gewissen Maß vom Individuum kontrolliert werden kann und (5) deren Ausgang ungewiss ist.

### **3.1.3 Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsenreaktivität**

Inwieweit eine Situation oder Ereignis als bedrohlich und belastend bewertet wird und eine physiologische Stressreaktion auslöst, hängt nicht nur von Charakteristika ab, sondern ebenso von Eigenschaften der Person. So konnten unabhängig von der Beschaffenheit und Dauer eines Stressors in zahlreichen Studien große individuelle Unterschiede in Art und Ausmaß endokrinologischer Stressreaktionen zwischen Personen beobachtet werden. Bereits Mason (1968) wies auf die hohe interindividuelle Variabilität der HPA-Achsenreaktivität auf einen psychosozialen Stimulus hin. Worin die Ursachen dieser Unterschiede liegen und welche individuellen Faktoren die endokrinologischen Stressreaktionen auf

einen Stimulus determinieren, ist Gegenstand des folgenden Abschnitts. Die in zahlreichen Untersuchungen gefundenen Unterschiede in den Cortisolreaktionen auf einen Stressor werden zunächst kurz beschrieben und anschließend mögliche Determinanten und Ursachen für die verschiedenen Reaktionsmuster bzw. -typen diskutiert.

### **3.1.3.1 Cortisolresponsivität: Responder vs. Non-Responder**

In zahlreichen Studien konnten bei den untersuchten Personen verschiedene endokrinologische Reaktionsmuster auf den Stressor beobachtet werden (z.B. Berger et al., 1987). So lassen sich sowohl in Bezug auf eine Stressprovokation unter Labor- wie auch unter Feldbedingungen sogenannte Responder, die mit einer deutlichen Erhöhung der Cortisolausschüttung auf den Stressor reagieren, von Non-Respondern, die nur geringe oder gar keine Veränderung der Cortisolkonzentration aufweisen, unterscheiden. Teilweise konnten auch Personen identifiziert werden, die mit einem Cortisolabfall auf die Provokation reagierten (z.B. Martinek et al., 2003; Newman et al., 2007). Bereits bei Kindern und Jugendlichen scheinen große interindividuelle Unterschiede in ihrer HPA-Achsenreaktivität auf eine Stimulation aufzutreten (Stephoe et al., in press; Susman et al., 1997).

Im Labor reagieren in der Regel ca. 70% der Stichprobe mit einer Erhöhung der Cortisolausschüttung auf eine Provokation mit dem TSST, wohingegen bei den übrigen 30% der Personen kein Cortisolanstieg auftritt (Kirschbaum et al., 1993a). Schommer und Kollegen (2003) wiesen bei 73.9% einer Stichprobe aus gesunden Frauen und Männern zwischen 19 und 45 Jahren einen Anstieg des Cortisols nach dem TSST um mindestens 2.5nmol/l im Vergleich zur Baseline-Messung auf. In einer Studie von Newman, O'Connor und Conner (2007) zeigte eine Stichprobe jüngerer Frauen im Durchschnitt eine Cortisolzunahme in Folge einer modifizierten Version des TSST von 1.4nmol/l bei einer Standardabweichung von 3.8nmol/l. 26 der 55 untersuchten Frauen zeigten eine durchschnittliche Cortisolreaktion von 3.7nmol/l. Bei 23 Frauen trat ein mittlerer Abfall der Cortisolwerte um -1.2nmol/l auf. Kunz-Ebrecht und Kollegen (2003) beobachteten nach der Applikation zweier mentaler Stressoren in der Responder-Gruppe einen durchschnittlichen Anstieg um  $3.5 \pm 2.7$ nmol/l, in der Gruppe der Non-Responder einen Abfall um durchschnittlich  $-2.5 \pm 2.7$ nmol/l. In einer Studie von Schwabe, Haddad und Schachinger (2008) reagierten 70% der männlichen Probanden auf den Cold Pressure Test unter Beobachtung einer Versuchsleiterin mit einer Cortisolerhöhung um mindestens 2.0nmol/l. Wurde der Cold Pressure Test ohne sozial-evaluative Komponente durchgeführt, reagierten 40% der studentischen Stichprobe mit einem Cortisolanstieg um 2.0nmol/l.



Auch in Feldstudien konnten große interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsenreaktivität auf einen Stressor nachgewiesen werden. Smyth und Kollegen (1998) konnten mit Hilfe der Experience-Sampling-Methode (siehe Abschnitt 3.1.1.4) an einer Stichprobe von 120 Frauen und Männern mittleren Alters zeigen, dass ca. 25% der Probanden geringe oder keine Cortisolreaktionen ( $<0.1\text{nmol/l}$ ) während oder in Antizipation eines Stressors im Alltag aufwiesen, wohingegen bei 15% der Personen ein deutlicher Anstieg um mehr als 50%, d.h.  $3.5\text{nmol/l}$  oder mehr zu finden war. Auch scheint die aktuelle Arbeitsbelastung differentielle Cortisolreaktionen zwischen Personen hervorzurufen, wie Rose und Fogg (1993) bei einer Untersuchung von männlichen Beschäftigten der Flugüberwachung herausfanden. Auf eine wachsende Anzahl gleichzeitig zu kontrollierender Flugzeuge reagierte nur ein Teil der Beschäftigten mit einer erhöhten endokrinen Aktivität, während andere keine oder eine Abnahme der Cortisolkonzentration zeigten. Mit der Beschäftigungsdauer stand dies nicht in Zusammenhang. In einer Untersuchung von Schülern im letzten Schuljahr des Gymnasiums hatten vor Klassenarbeiten zwischen 47 und 64% der Stichprobe einen erhöhten Cortisolspiegel, der während der Prüfung allmählich sank. 18 bis 29% der Stichprobe wiesen vor der Prüfung niedrigere Cortisolwerte auf als nach der Prüfung und 18 bis 24% der Schüler zeigten weder vor noch nach der Prüfung erhöhte Cortisolkonzentrationen (Martinek et al., 2003).

Auch hinsichtlich der Erholungsfähigkeit nach Abklingen eines Stressors und der Habituationfähigkeit bei einem sich wiederholenden Stressor wurden individuelle Unterschiede in den Cortisolreaktionen zwischen Personen gefunden. Wurde ein Stressor wiederholt dargeboten, zeigte sich bei einigen Personen eine Verringerung der Cortisolreaktion in Folge der Provokationen, wohingegen sich bei anderen Personen ein solcher Habituationseffekt nicht einstellte und teilweise sogar eine Zunahme der Cortisolreaktionen von Konfrontation zu Konfrontation zu beobachten war (z.B. Deinzer et al., 1997; Gerra et al., 2001; Kirschbaum et al., 1995b; Kudielka et al., 2006a; Schommer et al., 2003; van Eck et al., 1996b). So identifizierten Wüst, Federenko, van Rossum, Koper und Hellhammer (2005) bei mehrmaliger Darbietung des TSST nur 52% sogenannte Habituierte, bei denen die Cortisolreaktion von Provokation zu Provokation abnahm. Bei 16% der männlichen Probanden war eine Zunahme der Cortisolreaktionen im Sinne einer Sensibilisierung zu beobachten. Auch scheinen die endokrinologischen Reaktionen nach Abklingen eines Stressors unterschiedlich schnell auf ihr Ausgangsniveau zurückzukehren. Roy, Kirschbaum und Steptoe (2001) konnten an einer Stichprobe junger Feuerwehrmänner nachweisen, dass Personen, bei denen die Cortisolkonzentration nach Darbieten eines Laborstressors schnell wieder sank, während der Provokation eine größere Cortisolauss-

chüttung aufwiesen als Personen, deren Cortisolspiegel nach dem Stressor nur langsam wieder abnahm.

Bisher gibt es in der Literatur keine allgemeingültigen Normwerte für Cortisol. So existieren keine absoluten Richtwerte, ab wann ein Cortisolanstieg in Folge eines Stressors als bedeutend zu werten ist. Erschwerend kommt hinzu, dass die HPA-Achsenreaktivität aufgrund der circadianen Rhythmik der Cortisolausschüttung in Abhängigkeit der Tageszeit schwanken kann (van Eekelen et al., 2003). Häufig wurde daher zur Analyse individueller Unterschiede in den physiologischen Stressreaktionen die absolute Abweichung der Cortisolausschüttung zwischen der maximalen Cortisolkonzentration in Folge eines Stressors und dem Ausgangswert unter Ruhebedingungen vor der Konfrontation als Kriterium für eine positive, negative oder keine Reaktion gewählt (Newman et al., 2007; Schwabe et al., 2008; Roy et al., 2001). Nach Arbeiten von Weitzman et al. (1971) sowie Wüst et al. (2000b) kann aus physiologischer Sicht eine Veränderung der Cortisolkonzentration um 2.5nmol/l als eine bedeutende Cortisolreaktion gewertet werden. Auch statistische Klassifikationsverfahren, wie z.B. Clusteranalysen, wurden in einigen Untersuchungen eingesetzt, um verschiedene Reaktionsmuster zu identifizieren (z.B. Gerra et al., 2001; Kirschbaum et al., 1995b; Schommer et al., 2003).

### **3.1.3.2 Mediation der Cortisolresponsivität durch psychologische Stressreaktionen**

Die Konfrontation mit einem Stressor kann zahlreiche psychologische Reaktionen im menschlichen Organismus auslösen. So können gerade psychologische Stimuli Emotionen, wie z.B. Angst, oder Kognitionen, wie z.B. die Beurteilung der situativen Bedrohlichkeit und der eigenen Bewältigungsmöglichkeiten, hervorrufen (Lazarus & Folkman, 1984). Viel Aufmerksamkeit wurde in der psychoendokrिनologischen Forschung den emotionalen und kognitiven Prozessen als potentielle Mediatoren zwischen Stressor und physiologischen Stressreaktionen gewidmet. Gerade bei der Verarbeitung eines psychologischen Stressors sind vielfältige kognitive und emotionale Bewertungsprozesse notwendig, um den Stimulus als potentiell aversiv, anstrengend oder bedrohlich einzuschätzen und adäquat darauf zu reagieren (Ursin & Eriksen, 2001; siehe auch Abschnitt 3.1.2). Eine starke Kovarianz aktueller psychologischer und physiologischer Stressreaktionen als verschiedene Indikatoren einer multidimensionalen Anpassungsleistung des Organismus wurde postuliert. Demnach sollte die Stärke der HPA-Achsen-Reaktion auf eine Anforderungssituation durch die emotionale Erregung sowie die subjektive Bewertung der Bedrohung und Stresshaftigkeit vermittelt werden. Die empirische Befundlage hierzu ist allerdings widersprüchlich (Kudielka et al., 2009; Schlotz et al., 2008). So konnten nur manche Feld- und Laborstudien einen Zusammenhang zwischen endokrinen Parametern und dem aktuellen

Stresserleben sowie der Zustandsängstlichkeit oder dem Affekt in Stresssituationen nachweisen (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Armario et al., 1996; Buchanan et al., 1999; Gaab et al., 2003 & 2005b; Hammerfald et al., 2006; Kunz-Ebrecht et al., 2003; Smyth et al., 1998; Spangler et al., 2002; Ng et al., 2003; Peeters et al., 2003; Rohleder et al., 2007). In anderen Untersuchungen fanden sich keine Hinweise auf eine mediierende Rolle affektiver und kognitiver Prozesse auf die HPA-Achsen-Reaktivität (z.B. Berger et al., 1987; Chatterton et al., 1997; Cohen et al., 2000; Glaser et al., 1994; Houtman et al., 1991b; Huwe et al., 1998; Jacobs et al., 2007; Lewis et al., 2007; Ng et al., 2003; Netjek, 2002; Salvador et al., 2003; Schoofs et al., 2008; Schommer et al., 2003; Steptoe et al., in press; van Eck et al., 1996a, b; Weekes et al., 2006). Die inkonsistenten Ergebnisse sind sicherlich zu einem bestimmten Teil auf unterschiedliche Studiendesigns und Erfassungsmethoden psychologischer Stressreaktionen zurückzuführen. Auch der Einsatz unterschiedlicher Stressortypen könnte eine Rolle spielen. So fanden al'Absi und Kollegen (1997) in einer Laborstudie nur bei einer psychosozialen Provokation (Halten einer freien Rede) signifikante Zusammenhänge zwischen den endokrinen Reaktionen und dem negativen Affekt; bei der Darbietung einer arithmetischen Aufgabe korrelierten Affekt und Cortisol nicht miteinander.

Gaab und Kollegen (2005b) argumentieren, dass retrospektiv erfasste Bewertungen eines zuvor erfahrenen Stressors, wie sie zumeist in Laborstudien zur Anwendung kommen (z.B. Kudielka et al., 2004b), kein valider Indikator für die antizipatorische und akute Stresswahrnehmung darstellen und folglich in keinem hohen Zusammenhang mit der HPA-Achsenreaktivität stehen können. Die Autoren konnten in ihrer Studie zeigen, dass antizipatorische Bewertungen der Situation vor einer Laborprovokation mit Hilfe des TSSTs bis zu 35% der Varianz der Cortisolreaktionen erklären. Retrospektive Beurteilungen der Stresshaftigkeit standen hingegen in keinem Zusammenhang mit den endokrinen Reaktionen. Es gibt jedoch auch Studien, in denen die aktuell erlebten Emotionen sowie die Stresswahrnehmung vor und während der Konfrontation und die HPA-Achsen-Aktivität in Folge des Stressors nicht miteinander in Beziehung stehen (z.B. Martinek et al., 2003). In einer Feldstudie von Gaab und Kollegen (2006) konnte kein Zusammenhang zwischen der antizipatorischen Bewertung einer Prüfungssituation und den parallel erfassten Cortisolreaktionen gefunden werden.

Nach Schlotz und Kollegen (Schlotz et al., 2008) sind die widersprüchlichen Ergebnisse zumindest teilweise durch die zeitlich unterschiedliche ablaufenden Reaktionsprozesse akuter psychologischer und physiologischer Stressreaktionen zu erklären. Den Autoren zufolge werden bei zeitgleicher Erfassung unterschiedliche Reaktionsphasen der beiden Systeme abgebildet und miteinander in Beziehung gesetzt. Während psychologische

Stressreaktionen innerhalb von Sekunden auftreten und je nach Dauer des Stressors variieren können, erreicht die Cortisolproduktion erst 15 bis 25 Minuten nach Aktivierung ihr Maximum und ist innerhalb kurzer Zeiträume weitaus weniger variabel und dynamisch. Anhand von Kreuzkorrelationen konnten die Autoren in einem Laborexperiment mit psychosozialen und pharmakologischen Provokationmethoden erste Belege für ihre Hypothese finden. Auch Huwe, Hennig und Netter (1998) konnten in einer Studie zeigen, dass emotionale und physiologische Reaktionen auf einen Prüfungsstressor zu verschiedenen Zeitpunkten der Provokation ihre maximale Ausprägung erreichen. Während die aktuelle Zustandsangst direkt vor der Prüfung in der Antizipationsphase am größten war, erreichte die Cortisolausschüttung am Ende der Prüfung ihr Maximum. Die Autoren betonen aufgrund dieser Ergebnisse ebenfalls die Bedeutung der Erfassungszeitpunkte psychologischer und physiologischer Stressreaktionen. Ein weiterer Grund für die fehlende Kovariation psychologischer Stressreaktionen und der HPA-Achsenreaktivität könnte in der bisweilen mangelnden Zuverlässigkeit subjektiver Berichte, z.B. aufgrund sozialer Erwünschtheit oder aufgrund mangelnder Bewusstheit innerer emotionaler und kognitiver Prozesse liegen (Nisbett & DeCamp Wilson, 1977).

### **3.1.3.3 Mögliche Einflussfaktoren und Determinanten der Cortisolresponsivität**

Neben psychologischen Stressreaktionen wurde in vielen psychoendokrinologischen Forschungsarbeiten versucht, weitere mögliche Ursachen für die große interindividuelle Variation in der HPA-Achsenreaktivität zu identifizieren. Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Einflussfaktoren genannt und die empirischen Befunde zusammengefasst. Dabei wird besonders auf diejenigen Determinanten eingegangen, die für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sind. An gegebener Stelle wird auf umfassende Überblicksarbeiten verwiesen (z.B. Kirschbaum et al., 1998; Kudielka et al., 2009; Kudielka, 2007).

**Geschlecht und Alter.** Das Geschlecht wird als eine wichtige Einflussgröße auf die endokrinen Stressreaktionen diskutiert (eine zusammenfassende Darstellung siehe Kajantie & Phillips, 2006; Kudielka et al., 2009; Kudielka et al., 2000 sowie Kudielka & Kirschbaum, 2005). Allerdings sind die Befunde bisher uneinheitlich. In einigen Laborstudien mit psychosozialer Provokation, wie dem TSST, wiesen Männer teilweise bis zu zweifach höhere Cortisolreaktionen als Frauen auf (z.B. Kirschbaum et al., 1992b). Dickerson und Kemeny (2004) konnten hingegen in ihrer Metaanalyse von 208 Laborstudien im Durchschnitt keinen geschlechtsspezifischen Einfluss auf die Cortisolreaktionen nachweisen. Auch in Feldstudien sind die Ergebnisse widersprüchlich. Während Lacey und Kollegen (2000) in der Antizipationsphase vor einer Prüfung bei Frauen höherer Cortisolwerte beobachteten, reagierten in einer Studie von Spangler (1997) die Männer vor einer Prüfung

mit einer höheren Cortisolausschüttung als Frauen. Schoofs, Hartmann und Wolf (2008) konnten keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Cortisolkonzentrationen vor und nach einer mündlichen Prüfung finden. Teilweise können die widersprüchlichen Ergebnisse auf die Studiendesigns, die Qualität des untersuchten Stressors sowie die Stichprobenzusammensetzung zurückgeführt werden. So konnten Stroud, Salovey und Epel (2002) Interaktionen zwischen dem Stressortyp und den endokrinen Reaktionen bei Männern und Frauen beobachten. Männer zeigten auf Leistungstests stärkere Cortisolreaktionen, Frauen reagierten hingegen auf einen sozialen Stressor mit einer höheren Cortisolausschüttung. Auch konnte in einigen Laborstudien ein Einfluss der Zyklusphase sowie oraler Kontrazeptiva auf die endokrinen Stressreaktionen nachgewiesen werden. So scheinen Frauen in der zweiten Phase ihres Menstruationszykluses, der Lutealphase, mit einer stärkeren Cortisolausschüttung auf den TSSST zu reagieren, die in ihrem Ausmaß mit den Cortisolreaktionen von Männern vergleichbar ist (Kirschbaum et al., 1999). Frauen in der Follikularphase sowie Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen, zeigen hingegen geringere Anstiege in den Cortisolkonzentrationen auf eine Laborprovokation als männliche Probanden (Kirschbaum et al., 1999; Kirschbaum et al., 1995a; Rohleder et al., 2003). Auch konnten teilweise altersspezifische Geschlechtsunterschiede in Cortisolreaktionen auf einen Stressor beobachtet werden (eine umfassende Darstellung siehe Otte et al., 2005). Der Vergleich verschiedener Alterskohorten in einer Studie von Kudielka und Kollegen (2004a) legt nahe, dass die Geschlechtsunterschiede in den Cortisolreaktionen auf den TSSST mit zunehmendem Alter abnehmen. Die Autoren argumentieren, dass das Ausmaß endokriner Reaktionen auf einen Stressor bei Männern mit dem Alter sinkt.

***Raucherstatus, Übergewicht und sportliche Aktivitäten.*** Der regelmäßige Zigarettenkonsum kann die HPA-Achsenreaktivität besonders in Bezug auf psychosoziale Stressoren verändern (Kirschbaum et al., 1993b; Kirschbaum et al., 1994). So weisen Raucher in Laborstudien mit psychosozialer Provokation geringere Cortisolreaktionen auf als Nichtraucher (eine ausführliche Darstellung siehe al'Absi et al., 2006; Rohleder & Kirschbaum, 2006). Eine kurzfristige Nikotin-Abstinenz hat darauf keinen vermittelnden Einfluss. Raucher, die ab der Nacht vor einer psychosozialen Provokation im Labor keine Zigarette mehr konsumierten, unterschieden sich nicht von nicht-abstinenten Rauchern (al'Absi et al., 2003). Die Ergebnisse einer aktuellen Laborstudie von Back und Kollegen (2008) deuten auf geschlechtsspezifische Effekte von Zigarettenkonsum auf die HPA-Achsenreaktivität hin. So wiesen weibliche Raucher geringere Cortisolreaktionen in Folge des TSSSTs auf als weibliche Nichtraucher. Bei Männern hingegen wurden die endokrinen Stressreaktionen nicht durch den Raucherstatus beeinflusst.

Nicht eindeutig geklärt ist, wie sich Übergewicht und endokrine Reaktionen in Folge psychologischer Stressoren aufeinander auswirken (eine ausführliche Darstellung siehe Björntorp, 2001). Benson und Kollegen (2009) konnten bei übergewichtigen Frauen (BMI > 30) eine stärkere Cortisolzunahme auf das freie Halten einer Rede beobachten als bei normalgewichtigen Geschlechtsgenossinnen. Kunz-Ebrecht und Kollegen (2003) fanden bei Frauen hingegen keine Unterschiede in den Cortisolreaktionen auf denselben Stressor in Abhängigkeit ihres BMIs oder Waist-to-Hip-Ratios. Allerdings wiesen übergewichtige Männer keine oder nur geringe Cortisolzunahmen in Folge des Laborstressors auf.

Ob und inwiefern physiologische Stressreaktionen auf psychologische Belastungen durch sportliche Aktivität und körperliche Fitness beeinflusst werden, ist bisher wenig bekannt. Rimmele und Kollegen (2007; 2009) konnten in zwei Studien zeigen, dass Leistungssportler signifikant niedrigere Cortisolreaktionen auf den TSST zeigen als untrainierte Personen. Amateursportler und untrainierte Männer unterschieden sich allerdings nicht in ihren endokrinen Reaktionen (Rimmele et al., 2009).

***Psychische Beschwerden und Störungen.*** Bei mehr als der Hälfte depressiver Patienten konnten Veränderungen in der basalen HPA-Achsen-Aktivität sowie gestörte Feedbackmechanismen beobachtet werden (umfassende Darstellung siehe Bale, 2006; Ehlert et al., 2001; Gold & Chrousos, 2002; Holsboer, 2000 & 2001; Ströhle & Hellhammer, 2003; siehe hierzu auch Studie I; Abschnitt 2.1.4). Weniger Studien haben sich mit physiologischen Stressreaktionen auf eine akute psychologische Belastung bei depressiven Patienten beschäftigt. Burke, Davis, Otte und Mohr (2005) konnten in einer Metaanalyse von sieben Laborstudien keine Unterschiede zwischen Patienten mit einer majoren Depression und gesunden Kontrollpersonen in den Cortisolreaktionen auf einen psychologischen Stressor feststellen. Jedoch ließen sich tageszeitabhängige Unterschiede in der Cortisolaktivität zwischen Patienten mit majorer Depression und gesunden Kontrollpersonen identifizieren. Wurde in einer Studie am Morgen bei Patienten geringere Basalwerte und geringere Cortisolreaktionen auf einen Stressor beobachtet, zeigten Patienten in Studien am Nachmittag höhere Cortisolwerte vor, während und nach Konfrontation mit dem Stressor als gesunde Personen. Bei Kontrolle der Ausgangswerte wiesen die Patienten allerdings eine geringe Zunahme der Cortisolproduktion auf den Stressor auf als die Kontrollgruppe. Bei älteren Patienten und/oder Patienten mit einer schwereren Form der Depression waren die Reaktionen prinzipiell schwächer ausgeprägt. Nach Meinung der Autoren sprechen diese Ergebnisse für eine weniger dynamische und responsive Cortisolaktivität in Zusammenhang mit einer depressiven Störung. Allerdings besteht eine hohe Heterogenität bezüglich des Effekts einer depressiven Störung auf die physiologischen

Stressreaktionen zwischen den Studien, wie die Autoren einräumen. In einer Feldstudie konnten Peeters, Nicholson und Berkhof (2003) zeigen, dass sich in Folge negativer Ereignisse im Alltag die Cortisolkonzentration bei Patienten mit einer majoren Depression geringer oder gar nicht erhöhen im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen. In basalen Cortisolwerten unterschieden sich Patienten- und Kontrollgruppe nicht voneinander.

Nach wie vor umstritten ist, inwieweit bei Angststörungen Veränderungen in der HPA-Achsenaktivität unter Provokation auftreten können. Zwar wurden in einigen Studien teilweise deutliche Erhöhungen der Cortisolwerte in Folge einer Konfrontation mit phobischen Reize bei Angstpatienten beobachtet (z.B. Alpers et al., 2003; Alpers et al., 2005; Condren et al., 2002; Gaab et al., 2005a); inwieweit diese Ergebnisse auf belastbare und stressreiche Situationen allgemein übertragbar sind, ist fraglich. So konnten Young, Abelson und Cameron (2004) keine Unterschiede in den Cortisolreaktionen sowie in der momentanen Ängstlichkeit bei einer Provokation mit dem TSST zwischen Angstpatienten und gesunden Kontrollen nachweisen. Auch bei jugendlichen Angstpatienten konnten keine Unterschiede in den Cortisolreaktionen auf den TSST im Vergleich zu gesunden Kontrollpersonen beobachtet werden (Gerra et al., 2000; Martel et al., 1999). Die Übertragbarkeit dieser Befunde auf reale Belastungssituationen muss noch überprüft werden.

Inwiefern depressive Beschwerden und Angstsymptome bei gesunden und nach klinischen Maßstäben nicht gestörten Personen physiologische Stressreaktionen beeinflussen, ist noch nicht eindeutig geklärt. In einigen Feldstudien konnten signifikant positiven Zusammenhänge zwischen der Trait-Ängstlichkeit und den Cortisolreaktionen auf eine Belastungssituation, wie ein Fallschirmsprung oder eine akademische Prüfung, gefunden werden (Chatterton et al., 1997; Spangler et al., 2002). In vielen Labor- und Feldstudien zeigten Personen mit hoher Trait-Ängstlichkeit und/oder Depressivität jedoch keine erhöhten (z.B. Bohnen et al., 1991; Schommer et al., 2003; Schoof et al., 2008; Takahashi et al., 2005; van Eck et al., 1996a, b) oder gar verminderte (Jezova et al., 2004) Cortisolreaktionen auf einen psychologischen Laborstressor. Young und Kollegen (2004) konnten trotz teilweise klinischer Stichproben keinen Zusammenhang zwischen den Cortisolreaktionen auf den TSST und dem Ausmaß an Depressivität und Trait-Ängstlichkeit finden. Allerdings gibt es Hinweise, dass bei mehrmaliger Darbietung eines Stressors physiologischen Stressreaktionen bei depressiven und ängstlichen Personen weniger habituierten (Kirschbaum et al., 1995b; van Eck et al., 1996b).

**Allergische Erkrankungen.** Bei mehreren körperlichen Erkrankungen wurde eine veränderte HPA-Achsenaktivität beobachtet (z.B. Tsigos & Chrousos, 2002; siehe hierzu auch Abschnitt 3.1.1.3). Aufgrund der hohen Prävalenzraten allergischer Erkrankungen bei Bäckern und Köchen (siehe z.B. Houba et al., 1998), die einen Teil der Untersu-

chungsstichprobe bilden, werden hier Veränderungen der HPA-Achsen-Reaktivität bei dieser Krankheitskategorie erläutert. Aus thematischen Gründen wird auf die Darstellung weiterer Erkrankungen, die mit veränderten endokrinen Stressreaktionen in Zusammenhang stehen, verzichtet. In Zusammenhang mit allergischen Erkrankungen, wie Neurodermitis, allergische Rhinitis oder allergisches Asthma, konnten häufig keine Dysregulationen in der basalen Cortisolausschüttung beobachtet werden (z.B. Wamboldt et al., 2003; siehe hierzu auch Studie I, Abschnitt 2.1.4). Allerdings zeigen sowohl junge wie auch ältere Allergiker in Laborexperimenten häufig eine gedämpfte Cortisolreaktion auf einen psychologischen Stressor im Vergleich zu Gesunden bei gleicher subjektiver Belastungseinschätzung (Buske-Kirschbaum et al., 1997; Buske-Kirschbaum et al., 2002b; Buske-Kirschbaum et al., 2003a; Buske-Kirschbaum et al., 2003b; Buske-Kirschbaum et al., 2006; Wamboldt et al., 2003). Da Entzündungsprozesse durch Cortisol vermittelt werden können, ist die Erforschung der HPA-Achsen-Aktivität bei allergischen Erkrankungen von besonderem Interesse. Cortisol wird dabei als ein wichtiger Mediator allergischer Entzündungsreaktionen angesehen (Buske-Kirschbaum, 2006; Chrousos, 2000b; Schleimer 2000). Es wird angenommen, dass eine abgeschwächte Cortisolreaktion auf einen Stressor Entzündungen, z.B. durch Verschiebung des Th1-Th2-Gleichgewichts, begünstigen und die allergische Symptomatik verstärken kann (eine ausführliche Darstellung siehe z.B. Buske-Kirschbaum, 2006; Chrousos, 2000a; Elenkov & Chrousos, 2006; Schleimer, 2000). So konnten Buske-Kirschbaum und Kollegen (2002a) in einer Laborstudie zeigen, dass eine abgeschwächte Stressreaktion der HPA-Achse bei gleichzeitig erhöhter Aktivität der Sympathikus-Nebennierenmark-Achse mit Veränderungen allergie-relevanter Immunparameter, wie z.B. einer Erhöhung der IgE-Werte, in Zusammenhang steht, was die Autoren als mögliche Erklärung für eine stressbedingte Verschlechterung der Allergie-Symptomatik anführen.

***Chronische Belastung, Stresserleben & Erschöpfung.*** Inwieweit chronisch erschöpfte und/oder gestresste Personen eine veränderte HPA-Achsenreaktivität auf akute Stressoren zeigen, ist noch nicht geklärt (Kudielka et al., 2009). In einigen Studien wurden in Abhängigkeit des Erschöpfungsausmaßes oder einer chronisch bestehenden und/oder empfundenen Belastung eine abgeschwächte Cortisolreaktion im Vergleich zu Kontrollpersonen beobachtet (z.B. Kristenson et al., 1998; Mathews et al., 2001); andere Untersuchungen ergaben keine Unterschiede in den endokrinen Stressreaktionen auf einen akuten Stressor (z.B. Nicholson und van Diest; 2000; Pike et al., 1997; Roy et al., 1998; van Eck et al., 1996b; eine ausführliche Darstellung siehe Kudielka et al., 2006b). In einer Studie von Roy und Kollegen (2003) erlebten Personen, die eine stärkere Zu- und Abnahmen der Cortisolausschüttung auf eine Laborprovokation zeigten, an den Tagen vor



dem Experiment signifikant mehr Stressoren. Weiterhin gibt es Hinweise, dass das Ausmaß an Erschöpfung einen Einfluss auf die Habituationfähigkeit der HPA-Achsenreaktivität haben könnte. So zeigten stärker erschöpfte Personen bei mehrmaliger Darbietung des TSSTs keine Habituation der Cortisolreaktionen im Vergleich zu weniger erschöpften Personen (Kudielka et al., 2006a). Mögliche Gründe für die uneinheitliche Befundlage sind in den unterschiedlichen Erfassungsmethoden von chronischer Belastung und Beanspruchung zu finden. So reichen die Methoden von globalen subjektiven Einschätzungen der unspezifischen Erschöpfung oder des Gestresstseins bis hin zur Abfrage erlebter alltäglicher oder kritischer Ereignisse in der letzten Zeit. Eine weitere Erklärung könnte in einer dynamischen Veränderung der HPA-Achsenreaktivität hin zu einer Hypofunktion in Folge einer länger andauernden Belastungsphase sein, sobald die Regelkapazitäten der physiologischen Stresssysteme erreicht bzw. überschritten sind (siehe hierzu Abschnitt 3.1.1.3 sowie Kudielka et al., 2006b).

**Genetische Disposition und frühkindliche Erfahrung.** Trotz teilweiser Varianzaufklärung der interindividuellen Variabilität durch die dargestellten Merkmale gibt es Hinweise auf eine dispositionelle Stressreaktivität als stabiles Personenmerkmal der Reaktionsweise der HPA-Achse auf Stressoren (Cacioppo et al., 1998; Cohen & Harmick, 2003; Hawkley et al., 2001; Kirschbaum et al., 1992c). Interindividuelle Unterschiede in der Cortisolresponsivität auf Stressoren scheinen zumindest zu einem gewissen Grad von genetischen Faktoren mitbestimmt zu werden (für eine umfassende Darstellung siehe z.B. Wüst et al., 2004). So konnten Federenko und Kollegen (2004b) zeigen, dass die Cortisolreaktionen auf den TSST nach Mittelung über drei Laborprovokationen zur Reduktion situativer Einflüsse bei eineiigen Zwillingen stärker miteinander korrelierten (Intrapair-Korrelation zwischen .67 und .72) als bei zweieiigen Zwillingspaaren (Intrapair-Korrelation zwischen .10 und .29). Ähnliche Ergebnisse fanden Steptoe und Kollegen (2008) in einer Zwillingsstudie bezüglich der Cortisolreaktivität bei Kindern. In einigen jüngeren Untersuchungen konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Polymorphismen des Glucocorticoid-Rezeptors und endokrinen Stressreaktionen auf einen psychologischen Stressor nachgewiesen werden (DeRijk et al., 2006; Kumsta et al., 2007; Wüst et al., 2004). Die Habituationfähigkeit der HPA-Achse an einen mehrmals dargebotenen Stressor scheint hingegen nicht durch genetische Faktoren bestimmt zu werden (Wüst et al., 2005).

Frühkindliche Erfahrungen, wie z.B. Vernachlässigung oder Misshandlung, und die individuellen Lerngeschichte können die HPA-Achsenreaktivität ebenso beeinflussen und eine mögliche Erklärung für die hohe Variabilität in den Cortisolreaktionen auf einen Stressor zwischen Personen sein (eine umfassende Darstellung siehe Fries, 2008; Levine,

2005; Meany 2001). So wiesen z.B. Frauen, die in ihrer Kindheit körperlich oder sexuell missbraucht wurden, höherer endokrine Stressreaktionen auf eine psychosoziale Provokation im Labor auf als eine Kontrollgruppe (Heim et al., 2000b).

Trotz zahlreicher Forschungsbemühungen konnte die hohe interindividuelle Variabilität in endokrinen Stressreaktionen bisher noch nicht zufriedenstellend geklärt werden. Zwar scheinen sowohl psychologische wie auch körperliche und gesundheitsrelevante Merkmale sowie genetische Determinanten und frühkindliche Erfahrungen die HPA-Achsenreaktivität teilweise zu modulieren, die Befundlage ist allerdings über verschiedene Stichproben, Studiendesigns und Provokationsmethoden bis dato sehr heterogen.

#### **3.1.4 Der Einfluss psychosozialer Stressoren auf die circadiane Cortisol-Aufwachreaktion**

Der typische Anstieg der Cortisolkonzentration in den ersten 30 bis 45 Minuten nach dem Erwachen gilt als reliabler Indikator der HPA-Achsenreaktivität (Clow, 2004; Pruessner et al., 1997; Schmidt-Reinwald et al., 1999; siehe hierzu Studie I, Abschnitt 2.1.2). In zahlreichen Studien wurden mögliche situative oder stabile personenbezogene Einflussfaktoren auf diese sogenannte Cortisol-Aufwachreaktion untersucht; auch in Zusammenhang mit verschiedenen psychopathologischen Prozessen sowie manifesten Erkrankungen und Störungen wurde die Bedeutung des morgendlichen Cortisolanstiegs diskutiert (Fries et al., in press; Kudielka & Kirschbaum, 2003 sowie Studie I, Abschnitt 2.1.4). Trotzdem konnte bisher die genaue Funktion der sprunghaften Zunahme der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen und die dabei zu beobachtende hohe individuelle Variabilität sowohl innerhalb wie auch zwischen Personen nicht zufriedenstellend geklärt werden (eine umfassende Darstellung siehe Fries et al., in press).

Die rapide Zunahme der Cortisolausschüttung tritt in Folge des Übergangs vom nächtlichen Schlaf zum Wachzustand auf und stellt eine direkte Reaktion auf das morgendliche Erwachen dar (Born et al., 1999; Späth-Schwalbe et al., 1992; Wilhelm et al., 2007). Wilhelm und Kollegen (2007) postulieren, dass die morgendliche Cortisolreaktion durch die Reaktivierung von sowohl fest verankerten als auch jüngsten Gedächtnisinhalten beeinflusst wird. Demnach werden beim Aufwachen wichtige Informationen bzgl. des eigenen Selbst und der Persönlichkeit sowie über die aktuellen Lebensumstände ins Bewusstsein gerufen, was eine Stimulation der HPA-Achsen-Aktivität hervorruft. Die Autoren stützen ihre These auf Befunde aus der Gedächtnisforschung, denen zufolge bei Patienten mit globaler Amnesie und Gedächtnisstörungen der typische Morgenanstieg in der ersten Stunde nach dem Erwachen ausbleibt, die Tagesrhythmik der Cortisolausschüttung

allerdings nach wie vor besteht (Buchanan et al., 2004, Wolf et al., 2005). Pruessner und Kollegen konnten zudem zeigen (2007), dass das Volumen des Hippocampus in positivem Zusammenhang mit dem Ausmaß der morgendlichen Zunahme der Cortisolproduktion nach dem Erwachen steht. Nach Meinung einiger Autoren wird der Organismus durch den morgendlichen Cortisolanstieg auf die Anforderungen des Tages vorbereitet (Adam et al., 2006; Fries et al., in press, Schlotz et al., 2004; Schulz et al., 1998). Demnach wird das Ausmaß der Morgenreaktion zu einem bedeutenden Anteil durch die Antizipation kommender Ereignisse und Anforderungen des Tages mitbestimmt und kann je nach Grad der antizipierten Belastung variieren (Fries et al., in press). Dies könnte auch eine Erklärung der hohen Situationsabhängigkeit und der intraindividuellen Schwankungen der Cortisolaktivität am Morgen (Hellhammer et al., 2007) sein. In einigen Querschnittstudien konnte die Sensitivität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität gegenüber länger andauernden Belastungsphasen sowie chronisch empfundenem (Arbeits-)Stress nachgewiesen werden. Sowohl Personen mit hoher empfundener oder objektiver Arbeitsbelastung (Kunz-Ebrecht et al., 2004a; Lundberg & Hellström, 2002; Steptoe et al., 2000; Schulz et al., 1998) als auch Personen, die über längere Zeit einem Stressor, wie Arbeitslosigkeit, ausgesetzt waren (Ockenfels et al., 1995), wiesen eine höhere morgendliche Cortisolausschüttung auf als Kontrollprobanden. Wilhelm und Kollegen (2005) fanden einen positiven Zusammenhang zwischen erhöhtem Stresserleben in der ersten Stunde nach dem Erwachen und der Cortisol-Aufwachreaktion bei Schichtarbeitern. Auch wurden an Werktagen unter Konstanthaltung möglicher Einflussfaktoren, wie Schlafdauer und Aufwachzeit, stärkere Cortisol-Aufwachreaktionen bei Arbeitnehmern beobachtet als am Wochenende (Kunz-Ebrecht et al., 2004b; Liberzon et al., 2008; Maina et al., 2007; Schlotz et al., 2004; Thorn et al., 2004). Adam und Kollegen (2006) konnten an einer Stichprobe aus 156 älteren Personen zeigen, dass geringe Cortisol-Aufwachwerte am Morgen mit einem höheren Ausmaß an Erschöpfung und somatischen Beschwerden während des Tages einhergingen; diese Beschwerden sagten allerdings nicht die Cortisol-Aufwachwerte am nächsten Tag vorher. Ebenso beeinflussten emotionale Zustände des Vortages, wie Einsamkeit, Traurigkeit oder Überforderung, die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität und standen mit einer größeren Cortisol-Aufwachreaktion in Zusammenhang. Zusammengekommen sprechen diese Befunde für eine erhöhte Sensitivität der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen gegenüber antizipierten und bestehenden Anforderungen.

Einige wenige Studien haben im Längsschnitt intraindividuelle Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität sowie der circadianen Tagesrhythmik der Cortisolausschüttung während einer Belastungsphase untersucht. Die Ergebnisse bestätigen aller-

dings nur zum Teil die Befunde der Querschnittsuntersuchungen und legen keine linear verlaufende Beziehung zwischen andauernder Belastung und HPA-Achsen-Aktivität nahe. So konnten in einer Felduntersuchung von Clow und Kollegen (2006) bei zwölf gesunden Army-Rekruten während eines elfwöchigen Militärtrainings in der dritten und sechsten Woche nach Beginn eine signifikant erniedrigte Cortisolausschüttung in der ersten halben Stunde nach dem Erwachen beobachtet werden. Die subjektive Stresswahrnehmung oder das Ausmaß an Erschöpfung hingen damit nicht zusammen und veränderten sich über die elf Wochen nicht bedeutend. In einigen Studien traten gerade in sehr belastenden Phasen, wie z.B. in einer Prüfungswoche, niedrigere Cortisol-Morgen- und Tageswerte auf als in weniger stressreichen Phasen (z.B. Roy et al., 2003; Steptoe et al., 1998; Vedhara et al., 2000). Hewig und Kollegen (2008) konnten in einer Stichprobe aus Studenten weder im mittleren Cortisol-Morgenanstieg noch in der mittleren Cortisolausschüttung in der ersten Stunde nach dem Erwachen Unterschiede vor, während und nach einer Prüfungsphase feststellen. Allerdings war eine große interindividuelle Variabilität in der morgendlichen Cortisolausschüttung über die Messzeitpunkte zu beobachten, die teilweise durch die vorherrschende links- oder rechtsseitige centro-parietale Aktivierung im EEG moderiert wurde. Einige Personen zeigten in der Vorbereitungsphase signifikant höhere Cortisol-Aufwachreaktionen als zu Beginn und am Ende der sechswöchigen Prüfungsphase. Bei anderen Personen verhielt es sich umgekehrt. Hier traten gegen Ende der Prüfungen deutlich stärkere morgendliche Cortisolanstiege als bei den Messzeitpunkten zuvor auf. Mögliche Ursachen hierfür könnten in einer erhöhten Ängstlichkeit in Antizipation der Prüfungen oder in Art, Umfang und Qualität der Prüfungsvorbereitungen sowie der Bewältigung der Prüfungen zu finden sein. In einer Studie von Dahlgren und Kollegen (2004) wiesen Büroangestellte mit einem hohen Ausmaß an Erschöpfung und empfundener Arbeitsbelastung an einem Tag in einer arbeitsintensiven Woche signifikant geringere Cortisolkonzentrationen 15 Minuten nach dem Erwachen auf als an einem Morgen in einer weniger arbeitsreichen Woche. Bei weniger erschöpften und belasteten Personen verhielt es sich umgekehrt. Die Cortisol-Aufwachreaktion wurde in dieser Studie nicht untersucht.

Die bis dato vorgestellten Quer- wie auch Längsschnitt-Studien erlauben keine eindeutige Schlussfolgerung darüber, ob die Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung eine Reaktion auf bevorstehende Anforderungen oder eher Folge einer länger andauernden Belastung sind. Inwieweit die morgendliche Cortisolproduktion nach dem Erwachen durch die Antizipation eines unmittelbar am gleichen Tag auftretenden, singulären Stressors stimuliert wird und den Organismus dadurch auf die bevorstehenden Anforderung vorbereitet, wurde bisher kaum untersucht (Fries et al., in press). In wenigen Feldstudien wurde die Cortisol-Aufwachreaktion an einem Tag, in dessen Verlauf ein

klar definierter und vorher antizipierter Stressor auftritt, erfasst und analysiert. Gaab und Kollegen (2006) fanden in einer Interventionsstudie in der Kontrollgruppe keine Unterschiede in der durchschnittlichen Cortisolausschüttung oder im Cortisolanstieg am Morgen vor einer wichtigen akademischen Prüfung im Vergleich zu einem Kontrolltag. In der Experimentalgruppe hingegen, die zuvor ein Stressbewältigungstraining absolvierte, zeigte sich am Prüfungstag nach dem Aufwachen ein kontinuierlicher Anstieg der Cortisolkonzentration, der sowohl signifikant höher war als am Kontrolltag als auch im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dies könnte als Anpassung des Organismus an die bevorstehende Anforderung gedeutet werden. Sowohl bei weiblichen wie auch bei männlichen Tennisspielern konnten acht Stunden vor einem wichtigen Wettbewerb um 8:00 Uhr morgens signifikant höhere Cortisolwerte beobachtet werden als an einem Kontrolltag (Filaire et al., 2009). Bei Studenten war die Cortisolkonzentration um 8:00 Uhr am Tag der mündlichen Abschlussprüfung um durchschnittlich 2.5nmol/l höher als an einem Kontrolltag (Spangler et al., 2002). Allerdings wurde in diesen Studien nicht explizit die Cortisol-Aufwachreaktion erfasst. In einer Untersuchung von Rohleder und Kollegen (2007) wurde morgens etliche Stunden vor Beginn eines Turniers bei Tänzern eine deutlich erhöhte Cortisolproduktion gemessen, was für eine Veränderung der circadianen Cortisolausschüttung bereits in Antizipation eines wichtigen Ereignisses spricht. Leider wurden in dieser Studie keine detaillierten Analysen der Cortisolwerte beim Erwachen und 30 Minuten später durchgeführt. Im Gegensatz zu diesen Befunden wiesen Anfänger am Morgen vor dem ersten Fallschirmsprung niedrigere Cortisolwerte und keine erhöhten Angstwerte als an einem Kontrolltag auf (Chatterton et al., 1997). Da die Probanden allerdings zusammen mit einem erfahrenen Trainer den Sprung ausführten und somit keine Verantwortung für Sicherheit und Gelingen trugen, ist nach Meinung der Autoren die Aufregung und Ängstlichkeit im Vorfeld nicht sehr stark ausgeprägt und nimmt erst unmittelbar vor dem Sprung zu.

Obwohl es einige Hinweise gibt, dass das Ausmaß der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen durch die Antizipation kommender Ereignisse und Anforderungen des Tages mitbestimmt wird und dem Organismus dadurch benötigte Energiereserven bereitgestellt werden, wurde dies bisher nicht eindeutig durch entsprechende Studien belegt. Des Weiteren ist unklar, inwieweit sich eine Erhöhung oder Senkung der morgendlichen Cortisolausschüttung auf die Bewältigung von Belastungen auswirkt.

## 3.2 Zielsetzung und Fragestellung

In der vorliegenden Studie soll die Wirkung einer antizipierten, biographisch relevanten Belastungssituation auf die morgendliche Cortisolaktivität unter natürlichen Bedingungen untersucht werden. Dabei sollen mögliche interindividuelle Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität überprüft und der Einfluss von Situationsfaktoren sowie stabiler Personenmerkmale identifiziert werden.

Die HPA-Achse kann in Folge äußerer und innerer Stressoren aktiviert werden und befähigt den Organismus durch eine kurzfristige Erhöhung der Cortisolausschüttung Energiereserven bereitzustellen und in adäquater Weise auf eine Belastung zu reagieren (siehe Abschnitt 3.1.1.1). Dabei wirken besonders nicht vertraute, in ihrem Verlauf unvorhersehbare und schwer kontrollierbare Ereignisse in einem sozial-evaluativen Kontext, die von hoher persönlicher Relevanz sind, stimulierend auf die HPA-Achsen-Aktivität, wie in zahlreichen Studien belegt wurde (z.B. Dickerson und Kemeny, 2004; siehe auch Abschnitt 3.1.2). Neben der Qualität und dem Anforderungscharakter des Stressors sowie situativen Charakteristika bestimmen auch Personenmerkmale darüber, inwieweit ein Ereignis als stressig erlebt und eine physiologische Stressreaktion ausgelöst wird (siehe Abschnitt 3.1.3). In zahlreichen Studien wurden große interindividuelle Unterschiede in den endokrinologischen Reaktionsmustern auf einen bestimmten Stressor beobachtet. Häufig konnten sogenannte Responder, die mit einer deutlichen Erhöhung der Cortisolausschüttung auf einen Stressor reagieren, von Non-Respondern, die keine oder abnehmende Cortisolkonzentrationen zeigen, unterschieden werden (siehe Abschnitt 3.1.3.1). Auch in der Erholungsfähigkeit der HPA-Achse nach Abklingen des Stressors sowie der Habituationfähigkeit bei sich wiederholendem Stressor wurden große Unterschiede zwischen Personen beobachtet (z.B. Deiner et al., 1997; Gerra et al., 2001; Kirschbaum et al., 1995b). Diese interindividuelle Variabilität in den physiologischen Stressreaktionen können teilweise durch genetische Disposition, frühkindliche Erfahrungen, gesundheitsrelevante Verhaltensweisen, vorliegende psychische oder körperliche Beschwerden und Störungen, wie z.B. einer majoren Depression oder allergische Erkrankung, erklärt werden (siehe Abschnitt 3.1.3.3).

Befunde zur Kovariation akuter physiologischer und psychologischer Stressreaktionen sind sehr heterogen (siehe Abschnitt 3.1.3.2). Nur bedingt werden akute Cortisolreaktionen in einer Belastungssituation durch momentane emotionale und kognitive Prozesse, wie der aktuellen Zustandsangst oder der Bewertung der Bedrohlichkeit, vermittelt (Kudielka et al., 2009; Schlotz et al., 2008).

Inwieweit sich die gezeigten Cortisolreaktionen auf die Bewältigung eines Stressors auswirken, ist noch unklar und wurde bisher wenig erforscht (siehe Abschnitt 3.1.1.2). Je nach Art der geforderten Leistung (kognitiv oder körperlich), Qualität und Verlauf der Belastungssituation sowie gewähltem Kriterium einer erfolgreichen Bewältigung können sich die Zusammenhänge unterschiedlich gestalten. So kann z.B. eine zu starke oder zu schwache Aktivierung der Cortisolausschüttung während eines mentalen Tests oder einer akademischen Prüfung die kognitive Leistungsfähigkeit negativ beeinflussen (z.B. Erickson et al., 2003).

In vielen Studien wurde die Wirkung eines standardisierten pharmakologischen, physikalischen oder psychologischen Stressors auf die HPA-Achsen-Aktivität im Labor unter kontrollierten Bedingungen untersucht (siehe hierzu Abschnitt 3.1.1.4). Umstritten ist dabei, inwieweit solche im Labor applizierten Stressoren mit realen Belastungssituationen vergleichbar sind und inwieweit die dabei provozierten physiologischen Stressreaktionen in Art, Stärke und Dauer die HPA-Achsen-Reaktivität unter natürlichen Bedingungen widerspiegeln (Cohen & Hammick, 2003). Laborstressoren unterscheiden sich sowohl in ihrer Qualität und persönlichen Relevanz wie auch hinsichtlich ihrer zeitlichen Dauer von realen Belastungen. Auch dauert die Antizipationsphase bei Laborprovokationen häufig nur wenige Minuten, wohingegen reale Belastungssituationen teilweise bereits Wochen vorher bekannt sind und antizipiert werden können. In quasiexperimentellen Felduntersuchungen wird daher versucht, die Wirkung eines natürlichen, im Alltag auftretenden, zeitlich begrenzten und vorher antizipierten Stressors, wie z.B. einer akademischen Prüfung oder eines sportlichen Ereignisses, auf die Cortisolausschüttung zu überprüfen (z.B. Salvador et al., 2003; Spangler et al., 2002). Der Einfluss alltäglicher Stressoren auf die circadiane Cortisolausschüttung wird in aufwendigen Feldstudien mit Hilfe so genannter Experience-Sampling-Methoden untersucht (z.B. Peeters et al., 2003; van Eck et al., 1996a, b). Dabei wird überprüft, wie sich aktuelle, zuvor nicht antizipierte Ereignisse auf die Cortisolkonzentrationen während des Tages auswirken und inwieweit bestimmte Aspekte der circadianen Cortisolausschüttung, wie z.B. die Cortisol-Aufwachreaktionen oder der Tagesverlauf, durch länger andauernde, chronische Belastung verändert werden. Inwieweit die Antizipation eines biographisch relevanten Ereignisses zu Veränderungen in der circadianen HPA-Achsen-Aktivität führt, wurde bisher kaum untersucht.

Der rapide morgendliche Cortisolanstieg gilt als reliabler Marker der HPA-Achsenreaktivität (z.B. Clow et al., 2004) und stellt eine direkte Reaktion auf das morgendliche Erwachen dar (Wilhelm et al., 2007). Die genaue Funktion der starken Zunahme der Cortisolausschüttung in den ersten 30 bis 45 Minuten nach dem Erwachen ist jedoch noch nicht vollständig geklärt (Fries et al., in press). Teilweise wurden große inter- und

intraindividuelle Schwankungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen Tagen beobachtet und eine hohe Situationsabhängigkeit der morgendlichen Cortisolausschüttung nachgewiesen (Hellhammer et al., 2007; Kirschbaum et al., 1990). Es wird vermutet, dass die Cortisol-Aufwachreaktion durch die Reaktivierung fest verankerter sowie jüngster Gedächtnisinhalte stimuliert (Buchanan et al., 2004; Prüssner et al., 2007; Wilhelm et al., 2007; Wolf et al., 2005) und durch die Antizipation bevorstehender Belastungen mitbestimmt wird, um so den Organismus auf die Anforderungen des Tages vorzubereiten (Fries et al., in press). Untersuchungen, die bei Arbeitnehmern an Werktagen stärkere Cortisol-Aufwachreaktionen als am Wochenende nachweisen konnten, sprechen für diese Hypothese (Kunz-Ebrecht et al., 2004b; Liberzon et al., 2008; Maina et al., 2007; Schlotz et al. 2004; Thorn et al., 2004). Auch konnte eine erhöhte Sensitivität der morgendlichen Cortisolaktivität gegenüber länger andauernden Belastungsphasen nachgewiesen werden (z.B. Clow et al., 2006). Inwieweit die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität durch die Antizipation eines unmittelbar am gleichen Tag auftretenden Stressors stimuliert und der Organismus auf die Belastung vorbereitet wird, wurde bisher kaum untersucht. In einigen wenigen Studien konnten teilweise am Morgen vor einem wichtigen Wettkampf oder einer akademischen Prüfung höhere Cortisolkonzentrationen beobachtet werden als an einem Kontrolltag (Filaire et al., 2009; Rohleder et al., 2007; Spangler et al., 2002). Dabei wurden jedoch die Cortisol-Aufwachreaktionen nicht systematisch analysiert. Lediglich in einer Interventionsstudie konnte bei Studenten, die zuvor ein Stressbewältigungstraining absolvierten, in der ersten Stunde nach dem Erwachen am Tag einer schriftlichen akademischen Abschlussprüfung eine höhere durchschnittliche Cortisolausschüttung sowie ein steilerer Cortisolanstieg als an einem Kontrolltag sowie im Vergleich zu einer Kontrollgruppe beobachtet werden (Gaab et al., 2006). In der Experimentalgruppe sank der Cortisolspiegel nach 45 Minuten nicht wie am Kontrolltag, sondern stieg weiter an. Dies könnte als eine Anpassungsleistung des Organismus an die bevorstehende Herausforderung gedeutet werden.

In der vorliegenden Studie wird anhand einer Modellstichprobe aus Auszubildenden des Back- und Gastronomiegewerbes untersucht, inwieweit die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen und Abend durch einen antizipierten realen Arbeitsstressor unter natürlichen Bedingungen beeinflusst wird. Dabei soll anhand der praktischen Abschlussprüfung am Ende der Ausbildung eine reale, sozial-evaluative Belastungssituation im beruflichen Alltag abgebildet werden, die hohe persönliche und biographische Relevanz besitzt und einige Zeit im Voraus antizipiert wird. Untersucht wird, inwieweit sich verschiedene Kennwerte der morgendlichen Cortisolausschüttung, wie die Cortisol-Aufwachreaktion an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung verändern und ob in Abhängigkeit verschiedener sta-



biler Personenmerkmale oder situativer Faktoren des Erlebens und Verhaltens interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität zu finden sind. Inwiefern die morgendliche Cortisolaktivität am Tag der Prüfung den Organismus auf die bevorstehende Anforderung vorbereitet und eine erfolgreiche Bewältigung der Abschlussprüfung ermöglicht, wird abschließend analysiert.

Da die Untersuchung einen explorativen Charakter hat und nicht immer eindeutige Forschungsergebnisse vorliegen, wird teilweise auf die Ableitung konkreter Hypothesen verzichtet und die Formulierung von Fragestellungen bevorzugt.

**Forschungsfrage 1:** *Inwiefern wirkt sich ein antizipierter, biographisch relevanter Stressor unter natürlichen Bedingungen auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität sowie die abendlichen Cortisolkonzentrationen am Vortag, am Tag sowie am Tag nach der Belastung im Vergleich zu einem Kontrolltag aus? Wie verändert sich die interne Struktur der Cortisolausschüttung an den Tagen vor, während und nach der Belastung?*

Gemäß der Hypothese, die morgendliche Cortisol-Aufwachreaktion bereite den Organismus auf bevorstehende Anforderungen während des Tages vor (Fries et al., in press; Rohleder et al., 2007; Schlotz et al., 2004; Schulz et al., 1998), wird angenommen, dass am Morgen des Prüfungstages höhere Cortisol-Einzelwerte in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen sowie ein steilerer mittlerer Cortisol-Morgenanstieg und eine höhere durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge im Vergleich zum Vor- und Referenztag zu beobachten sind. In Anlehnung an die Ergebnisse von Gaab und Kollegen (2006) wird davon ausgegangen, dass am Tag der Prüfung die Cortisolkonzentrationen 30 bis 45 Minuten nach dem Erwachen nicht wieder sinken, sondern als Reaktion auf die bevorstehende Prüfung weiter ansteigen. Bezüglich möglicher Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung am Tag vor und nach der Prüfung werden in Ermangelung bisheriger Forschungsergebnisse keine expliziten Hypothesen formuliert.

Zur Veränderungen der abendlichen Cortisolkonzentrationen an den Tagen um die Prüfung können ebenfalls keine eindeutigen Hypothesen formuliert werden, da hierzu vergleichbare Forschungsarbeiten fehlen. Es wird vermutet, dass am Abend vor der Prüfung die Cortisolwerte in Antizipation der bevorstehenden Belastungssituation im Vergleich zum Referenztag erhöht sind. Auch am Abend nach der Prüfung könnten in Folge der vorherigen Belastung höhere Cortisolkonzentrationen zu beobachten sein. So wurden in einigen Studien zu Beginn einer längeren Belastungsphase, wie einem mehrwöchigen Militärtraining oder einem sechstägigen Wettkampf, erhöhte abendlichen Cortisolwerte

beobachtet, die sich allerdings mit der Dauer der Belastung wieder normalisierten (Fellmann et al., 1992; Hellhammer et al., 1997; Schurmeyer et al., 1984).

Um Beziehungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen der Prüfungsphase aufzudecken, werden die Zusammenhänge der Cortisolparameter sowie der Cortisol-Einzelwerte zu korrespondierenden Messzeitpunkten zwischen dem Vortag, dem Tag der Prüfung sowie dem Tag danach überprüft. Des Weiteren werden sowohl zwischen Vortag und Prüfungstag wie auch zwischen Abend der Prüfung und Tag danach die Zusammenhänge der Cortisol-Abendwerte und der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen am nächsten Morgen untersucht. Abschließend wird überprüft, inwieweit verschiedene Aspekte der morgendlichen Cortisolausschüttung an den Tagen um die Abschlussprüfung miteinander in Beziehung stehen. Untersucht wird, inwieweit der mittlere Cortisol-Morgenanstieg und die durchschnittlich ausgeschüttete Menge an Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen an den einzelnen Tagen miteinander zusammenhängen und inwieweit signifikante Zusammenhänge zwischen den Veränderungen der Parameter in der Prüfungsphase bestehen. Da bisher in keiner Studie die Cortisolkonzentrationen an einem Tag vor, während und nach einer realen Belastungssituation untersucht wurden, werden über Art und Ausmaß der Beziehungen keine Hypothesen gebildet.

**Forschungsfrage 2:** *Unterscheiden sich Personen in Art und Ausmaß der Reaktivität der morgendlichen Cortisolausschüttung in Folge der Antizipation einer bevorstehenden, biographisch relevanten Belastungssituation? Zeigen sich in Abhängigkeit der Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität am Tag der Belastung im Vergleich zu einem Kontrolltag Unterschiede in der Cortisolausschüttung an den Tagen vor und nach der Belastungssituation?*

Überprüft wird, inwieweit sich die Auszubildenden hinsichtlich der Veränderungen des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs und der durchschnittlich ausgeschütteten morgendlichen Cortisolmenge zwischen Kontroll- und Prüfungstag voneinander unterscheiden. Angesichts der hohen interindividuellen Variabilität in den physiologischen Reaktionen auf einen psychosozialen Stressor wird angenommen, dass bei einigen Personen keine Erhöhung oder gar eine Absenkung der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität am Tag der Prüfung im Vergleich zum Referenztag zu finden ist. In zahlreichen Labor- und Feldstudien wurden Personen identifiziert, die bei Konfrontation mit einem psychologischen Stressor keine akute Erhöhung des Cortisolspiegels zeigten (z.B. Schommer et al., 2003; Smyth et al., 1998; Rose et al., 1993). In Bezug auf die Cortisol-Aufwachreaktion fanden Hewig und Kollegen (2008) bei einem Teil der Studenten in der Vorbereitungsphase höhere

durchschnittliche Cortisolzunahmen in der ersten Stunde nach dem Erwachen als zu Beginn und am Ende einer sechswöchigen Prüfungsperiode. Bei anderen Personen verhielt es sich umgekehrt.

Untersucht wird des Weiteren, ob am Tag vor und nach der praktischen Abschlussprüfung in Abhängigkeit der Veränderung der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen Prüfungs- und Kontrolltag Unterschiede in der Cortisolausschüttung nach dem Erwachen zu beobachten sind. In Ermangelung bisheriger Forschungsergebnisse werden hierzu keine Hypothesen formuliert.

**Forschungsfrage 3.1:** *Inwieweit werden die Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität in Bezug auf eine biographisch relevante Belastungssituation durch stabile Personenmerkmale, wie der Depressivität, der Trait-Ängstlichkeit, der somatischen Beschwerdelast, der empfundenen chronischen Stressbelastung oder einer allergischen Erkrankung bestimmt?*

Die Befunde hinsichtlich physiologischer Stressreaktionen in Zusammenhang einer depressiven Störung sind sehr heterogen und vielfältig. Es gibt Hinweise, dass bei Patienten mit einer majoren Depression die HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf einen akuten Stressor in Abhängigkeit des Schweregrades sowie des Alters weniger dynamisch ist (Burke et al., 2006). Im Vergleich zu Gesunden setzen Personen mit einer depressiven Störung in Folge negativer Ereignisse weniger Cortisol frei (Peeters et al., 2003). In der vorliegenden Studie wird daher postuliert, dass Personen mit Verdacht auf eine depressive Störung geringere Veränderungen in ihrer morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen als andere Auszubildende. Auch sollte bei diesen Personen die morgendliche Cortisolausschüttung am Prüfungstag geringer ausgeprägt sein als bei Gesunden. Personen mit einer Angststörung scheinen nach jetziger Befundlage im Labor keine veränderten akuten Cortisolreaktionen auf einen nicht-phobischen Stressor vorzuweisen (Gerra et al., 2000, Martel et al., 1999; Young et al., 2004). Daher werden keine Annahmen über mögliche Unterschiede der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen Personen mit und ohne einer Verdachtsdiagnose Angststörung gemacht. Inwieweit depressive Beschwerden und Angstsymptome bei gesunden Personen die physiologischen Stressreaktionen beeinflussen, ist bisher nicht geklärt. So wurden signifikant positive, negative oder keine Zusammenhänge zwischen psychischen Beschwerden und den Cortisolreaktionen auf einen akuten Stressor in verschiedenen Studien gefunden (z.B. Chatterton et al., 1997; Jezova et al., 2004; Schommer et al., 2003; van Eck et al., 1996a, b).

Nach wie vor ist umstritten, inwiefern sich eine chronisch bestehende oder empfundene Belastung sowie das unspezifische Erschöpfungsmaß auf die Cortisolreaktionen in einer akuten Belastungssituation auswirken (z.B. Kudielka et al., 2006b; Matthews et al., 2001). In Anlehnung an Dahlgren und Kollegen (2004), die bei Personen mit einer hohen empfundenen Arbeitsbelastung sowie einem großen Ausmaß an Erschöpfung an einem Morgen in einer arbeitsintensiven Woche signifikant geringere Cortisolkonzentrationen 15 Minuten nach dem Erwachen als an einem Tag in einer weniger stressreichen Woche beobachteten, werden negative Zusammenhänge zwischen der morgendlichen Cortisolausschüttung am Vortag und Tag der Prüfung und dem Ausmaß an Erschöpfung, der somatischen Beschwerdelast und der empfundenen chronischen Stressbelastung angenommen. Hinsichtlich des Ausmaßes der Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität werden in Bezug auf diese Faktoren aufgrund fehlender Forschungsarbeiten keine Annahmen formuliert.

Ob übergewichtige Personen veränderte physiologische Stressreaktionen zeigen, ist bisher noch nicht geklärt (Björntorp, 2001). In der vorliegenden Untersuchung wird überprüft, ob sich systematische Zusammenhänge zwischen der morgendlichen und abendlichen HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung mit dem BMI und WHR der Personen zeigen.

Sowohl junge wie auch ältere Allergiker haben in Laboruntersuchungen häufig abgeschwächte Cortisolreaktionen auf einen psychosozialen Stressor im Vergleich zu gesunden Personen gezeigt, wohingegen in der basalen HPA-Achsen-Aktivität keine Unterschiede zu beobachten waren (z.B. Buske-Kirschbaum et al., 2002b; Wamboldt et al., 2003). In Anlehnung an diese Befunde wird angenommen, dass bei Allergikern am Tag der Prüfung niedrigere Cortisolkonzentrationen am Morgen zu beobachten sind und dass sich die Cortisolaktivität zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung in geringerem Maße verändert als bei gesunden Auszubildenden.

**Forschungsfrage 3.2:** *Inwieweit hängen aktuelle kognitive und emotionale Bewertungen der Belastungssituation, wie die Zustandsangst oder die Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung, sowie das momentane Raucherverhalten mit den Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zusammen?*

Hinsichtlich der Kovariation psychologischer und physiologischer Stressreaktionen ist die Befundlage uneinheitlich. Nur in manchen Feld- und Laborstudien konnten signifikante Zusammenhänge zwischen den Cortisolreaktionen und dem aktuellen Stresserleben

sowie der Zustandsängstlichkeit bei Konfrontation mit einem Stressor nachgewiesen werden (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Buchanan et al., 1999; Gaab et al., 2003; Smyth et al., 1998). Gaab und Kollegen (2005b) betonen, dass weniger die retrospektive als vielmehr die antizipatorische Bewertung der Bedrohlichkeit und Stresshaftigkeit eines Ereignisses die akuten Cortisolreaktionen vorhersagen können. Allerdings konnten in einigen Studien keine Zusammenhänge zwischen den Emotionen und der Stresswahrnehmung vor und während einer Konfrontation und der HPA-Achsen-Aktivität gefunden werden (Martinek et al., 2003; Gaab et al., 2006). In der vorliegenden Studie wird überprüft, inwiefern die aktuelle Zustandsangst am Vorabend sowie am Morgen der Prüfung und die antizipatorische sowie retrospektive Bewertung der Stresshaftigkeit am Abend vor und nach der Prüfung die morgendliche und abendliche Cortisolausschüttung an den drei Tagen modulieren.

Es wird angenommen, dass Raucher am Tag der praktischen Abschlussprüfung in Antizipation des Ereignisses mehr Zigaretten rauchen als an den anderen Tagen. Inwieweit sich ein erhöhter Zigarettenkonsum auf die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität auswirkt, wird überprüft. Hierzu existieren bisher keine Forschungsarbeiten. Der regelmäßige Zigarettenkonsum bei Rauchern kann zu abgeschwächten Cortisolreaktionen auf einen akuten Stressor im Vergleich zu Nichtrauchern führen (z.B. al'Absi et al., 2006; Rohleder und Kirschbaum, 2006). Eine kurzfristige Nikotin-Abstinenz ab der Nacht vor der Konfrontation mit einem Stressor hat bei Rauchern keinen Einfluss auf die HPA-Achsen-Reaktivität (al'Absi et al., 2003).

**Forschungsfrage 4:** *Wie wirkt sich die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen der Prüfung auf die subjektive und objektive Bewältigung der Belastungssituation aus? Inwiefern beeinflusst das Ausmaß der Veränderung der HPA-Achsen-Aktivität am Morgen der Prüfung im Vergleich zum Vor- und Kontrolltag die subjektive und objektive Bewältigung der Belastung? Inwieweit wirkt sich die Bewältigung der Prüfung auf die abendliche Cortisolausschüttung sowie auf die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen nach der Prüfung aus?*

Überprüft wird, inwieweit sich die Cortisolaktivität am Morgen der Prüfung sowie Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung im Vergleich zum Referenz- und Vortag auf das Abschneiden in der Prüfung und die subjektive Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung auswirken. Des Weiteren wird der Einfluss der objektiven und subjektiven Bewältigung der Prüfung auf die Cortisolausschüttung am Abend sowie am nächsten Morgen nach der Prüfung näher untersucht.

Bisher ist nicht geklärt, welchen Einfluss Art und Ausmaß akuter Cortisolreaktionen auf die Bewältigung eines Stressors haben (siehe auch Abschnitt 3.1.1.2). Je nach Art der geforderten Leistung sowie Qualität und Verlauf der Belastungssituation kann die HPA-Achsen-Reaktivität die emotionale und objektive Bewältigung der Situation unterschiedlich beeinflussen. So konnten Het und Wolf (2007) zeigen, dass die vorherige Gabe von Hydrocortison bei Frauen nach Konfrontation mit einem psychosozialen Laborstressor zu geringerem negativem Affekt und besserer Stimmung führte. In einer Studie von Filaire und Kollegen (2009) wurden bei Verlierern eines Tennisturniers im Vorfeld höhere Cortisolkonzentrationen gemessen als bei Gewinnern. Die Gewinner zeigten hingegen einen steileren Anstieg des Cortisolspiegels in Folge des Tennismatches. Judokämpfer mit einem hohen Cortisolspiegel vor einem Wettkampf schnitten hingegen besser ab (Salavdor et al., 2003). Hinsichtlich der Leistungen in akademischen Studien wurden sowohl negative wie auch keine Zusammenhänge zwischen der Note und der Cortisolausschüttung gefunden (Ng et al., 2003; Schoofs et al., 2008). Es wird angenommen, dass sich sowohl eine zu starke wie auch eine zu schwache Aktivierung der Cortisolproduktion während eines Stressors negativ auf die kognitive Leistungsfähigkeit und auf Gedächtnisfunktionen auswirken (Erickson et al., 2003). Inwieweit sich Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung am Tag einer bevorstehenden Belastung auf die Bewältigung dieser auswirken, wurde bisher noch nicht explizit untersucht. Auch existieren nach Wissen der Autorin keine Studien darüber, inwieweit die erfolgreiche Bewältigung einer Belastungssituation die nachfolgende Cortisolausschüttung am Abend oder am nächsten Morgen beeinflusst. In einer Untersuchung von Turniertänzern hingen die Cortisolwerte zwei bis acht Stunden nach einem Wettbewerb nicht mit dem Abschneiden sowie der subjektiven Zufriedenheit zusammen (Rohleder et al., 2007). Auf die Ableitung konkreter Hypothesen wird verzichtet.

### **3.3 Methoden**

#### **3.3.1 Stichprobe und Stichprobenselektion**

Insgesamt wurden 38 Auszubildende (24 Männer; 14 Frauen) im dritten Lehrjahr aus vier verschiedenen Berufszweigen des Gastronomie- und Bäckereigewerbes untersucht. Für eine Studienteilnahme wurde vorausgesetzt, dass sich die Probanden im dritten Lehrjahr

kurz vor ihrer Abschlussprüfung befanden und bei ihnen keine Stoffwechsel- oder endokrine Erkrankung vorliegt. Ebenso waren Schwangerschaft, Drogen- und/oder Alkoholmissbrauch sowie die Einnahme von Kortikosteroiden, die die Aktivität der HPA-Achse beeinflussen können, weitere Ausschlusskriterien. Rekrutiert wurden die Probanden an drei Berufsschulen des Rhein-Neckar-Gebietes. 13 Bäckerlehrlinge (34.2%), sechs Bäckereifachverkäuferinnen (15.8%), elf auszubildende Köche (28.9%) sowie acht Hotelfachleute (21.1%) stimmten einer Studienteilnahme zu (siehe Tabelle 17).

**Tabelle 17.** Allgemeine Stichprobenmerkmale.

	Gesamt	Non-Dropouts	Dropouts	Teststatistik
<b>Anzahl</b>	38	19	19	
<b>Alter, MW <math>\pm</math> SD (MD; IQA)</b>	20.4 $\pm$ 2.6 (20.0; 2.0)	20.4 $\pm$ 2.8 (20.0; 2.0)	20.4 $\pm$ 2.5 (20.0; 2.0)	$z = 0.1$
<b>Geschlecht, N (%)</b>				$\chi^2_{(1)} = 0.0$
Männer	24 (63.2)	12 (50.0)	12 (50.0)	
Frauen	14 (36.8)	7 (50.0)	7 (50.0)	
<b>Berufsausbildung, N (%)</b>				$\chi^2_{(3)} = 1.9$
Bäcker	13 (34.2)	8 (61.5)	5 (38.5)	
Bäckereifachverkäufer	6 (15.8)	2 (33.3)	4 (66.7)	
Hotelfach	8 (21.1)	3 (37.5)	5 (62.5)	
Koch	11 (28.9)	6 (54.5)	5 (45.5)	
<b>Schulabschluss, N (%)</b>				$\chi^2_{(2)} = 2.3$
Hauptschule	22 (57.9)	11 (50.0)	11 (50.0)	
Realschule	14 (36.8)	6 (42.9)	8 (57.1)	
Gymnasium	2 (5.3)	2	0	
<b>Raucherstatus</b>	19 (50.0)	9 (47.4)	10 (52.6)	$\chi^2_{(1)} = 0.1$
<b>Orale Kontrazeptiva, N (%)</b>	6 (42.9)	3 (50.0)	3 (50.0)	$\chi^2_{(1)} = 0.0$
<b>Allergiediagnose, N (%)</b>	12 (32.4)	5 (41.7)	7 (58.3)	

Anmerkungen: <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

Das durchschnittliche Alter der Teilnehmer betrug zum Untersuchungszeitpunkt 20.4  $\pm$  2.6 Jahre bei einer Altersspanne von 18 bis 29 Jahren. 36 Probanden (94.7%) gaben Deutsch als ihre Muttersprache an; ein Teilnehmer stammt aus Albanien, ein weiterer aus der Türkei. Beide Probanden besitzen jedoch einen deutschen Hauptschulabschluss und wiesen sehr gute deutsche Sprachkenntnisse auf. Die Mehrheit der Stichprobe (57.9%) absolvierte die Hauptschule, 14 Probanden (36.8%) besitzen einen Realschulabschluss; zwei Probanden (5.3%) gaben Abitur als höchsten Schulabschluss an. Alle Probanden waren ledig; 60.5% der Teilnehmer lebten noch bei ihren Eltern, 13.2% wohnten

zusammen mit einem Partner, 23.7% gaben an, allein zu wohnen. Weitere Merkmale der Gesamtstichprobe können Tabelle 17 und Tabelle 19 entnommen werden.

Im Lauf der Untersuchungen schieden 19 Personen (zwölf Männer; sieben Frauen) zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus der Studie aus (siehe Tabelle 18). Um etwaige Selektionseffekte zu überprüfen, werden diese Personen (im Folgenden als Dropouts bezeichnet) auf den vorhandenen Daten mit den in der Stichprobe verbliebenen Personen (im Folgenden als Non-Dropouts bezeichnet) verglichen.

**Tabelle 18.** Übersicht Ausscheiden der Studienteilnehmer.

	Dropouts	Gesamt
<b>Phase I</b>		
Interview	0	38
Fragebogenerhebung	2	36
Verlaufsmessungen	5	31
<b>Phase II</b>		
Screening-Fragebogen	7	24
Verlaufsmessungen	5	19
<b>Phase III</b>		
Telefon-Interview	4	15

Weder im Hinblick auf allgemeine soziodemographische Merkmale (siehe Tabelle 17) noch hinsichtlich auf berichtete psychische und körperliche Beschwerden sowie die subjektiv empfundene chronische Stressbelastung zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Personengruppen (siehe Tabelle 19). Hinsichtlich der Prüfungsleistung schnitten die Studienabbrecher tendenziell schlechter ab als die Non-Dropouts (Dropouts:  $MD_{\text{Note}} = 3.0$ ;  $IQA_{\text{Note}} = 0.9$  vs. Non-Dropouts:  $MD_{\text{Note}} = 2.4$ ;  $IQA_{\text{Note}} = 1.0$ ,  $p = .07$ ). Abbildungen hierzu finden sich in Anhang B-II (Abbildung B7 bis B12).

**Tabelle 19.** Psychische und somatische Merkmale der Stichprobe.



	N	MW $\pm$ SD	MD	IQA	Min	Max	Teststatistik
<i>Psychische Beschwerden</i>							
<b>Depressivität, %</b>							
Gesamtstichprobe	35	61.8 $\pm$ 32.2	68.0	43.0	4.0	99.8	
Non-Dropouts	19	56.1 $\pm$ 30.8	59.0	33.0	4.0	99.8	
Dropouts	16	68.6 $\pm$ 33.4	81.0	49.0	11.0	99.8	z = 1.5
<b>Verdachtsdiagnose Depression, N (%)</b>							
Gesamtstichprobe	35	13 (37.1)	--	--	--	--	
Non-Dropouts	19	7 (53.9)	--	--	--	--	
Dropouts	16	6 (46.2)	--	--	--	--	$\chi^2_{(1)} = 0.0$
<b>Trait-Ängstlichkeit, %</b>							
Gesamtstichprobe	35	68.8 $\pm$ 33.1	82.0	51.0	5.0	100.0	
Non-Dropouts	19	67.6 $\pm$ 29.2	82.0	46.0	5.0	98.0	
Dropouts	16	70.3 $\pm$ 38.2	92.0	53.5	5.0	100.0	z = 1.1
<b>Verdachtsdiagnose Angststörung, N (%)</b>							
Gesamtstichprobe	35	6 (17.1)	--	--	--	--	
Non-Dropouts	19	2 (33.3)	--	--	--	--	
Dropouts	16	4 (66.7)	--	--	--	--	$\chi^2_{(1)} = 1.3$
<i>Somatische Beschwerden</i>							
<b>Allgemeiner Beschwerdedruck, %</b>							
Gesamtstichprobe	34	66.9 $\pm$ 27.9	64.5	54.0	15.0	100.0	
Non-Dropouts	19	67.4 $\pm$ 27.1	64.0	54.0	15.0	100.0	
Dropouts	15	66.4 $\pm$ 29.9	65.0	60.0	23.0	100.0	z = 0.1
<b>Erschöpfung, %</b>							
Gesamtstichprobe	34	68.7 $\pm$ 24.9	67.0	51.0	25.0	100.0	
Non-Dropouts	19	72.1 $\pm$ 23.5	79.0	39.0	25.0	100.0	
Dropouts	15	64.5 $\pm$ 26.8	60.0	52.0	31.0	100.0	z = - 0.8
<b>Verdachtsdiagnose somatoforme Störung, N (%)</b>							
Gesamtstichprobe	34	0 (0.0)	--	--	--	--	
Non-Dropouts	17	0 (0.0)	--	--	--	--	
Dropouts	18	0 (0.0)	--	--	--	--	$\chi^2_{(1)} = 0.0$
<i>Psychologische Merkmale</i>							
<b>Chronische Stressbelastung, T-Werte</b>							
Gesamtstichprobe	35	53.1 $\pm$ 11.4	57.0	14.0	29.0	68.0	
Non-Dropouts	19	51.7 $\pm$ 11.6	56.0	13.0	32.0	66.0	
Dropouts	16	54.8 $\pm$ 11.2	57.5	17.0	29.0	68.0	
<b>Prüfungsleistung, Note</b>							
Gesamtstichprobe	23	2.8 $\pm$ 1.0	2.6	0.9	1.0	5.0	
Non-Dropouts	15	2.6 $\pm$ 1.0	2.4	1.0	1.0	5.0	
Dropouts	8	3.2 $\pm$ 1.0	3.0	0.9	1.8	5.0	z = 1.8 <sup>+</sup>

Anmerkungen: <sup>+</sup>p  $\leq$  .1; \*p  $\leq$  .05; \*\*p  $\leq$  .01; \*\*\*p  $\leq$  .001.

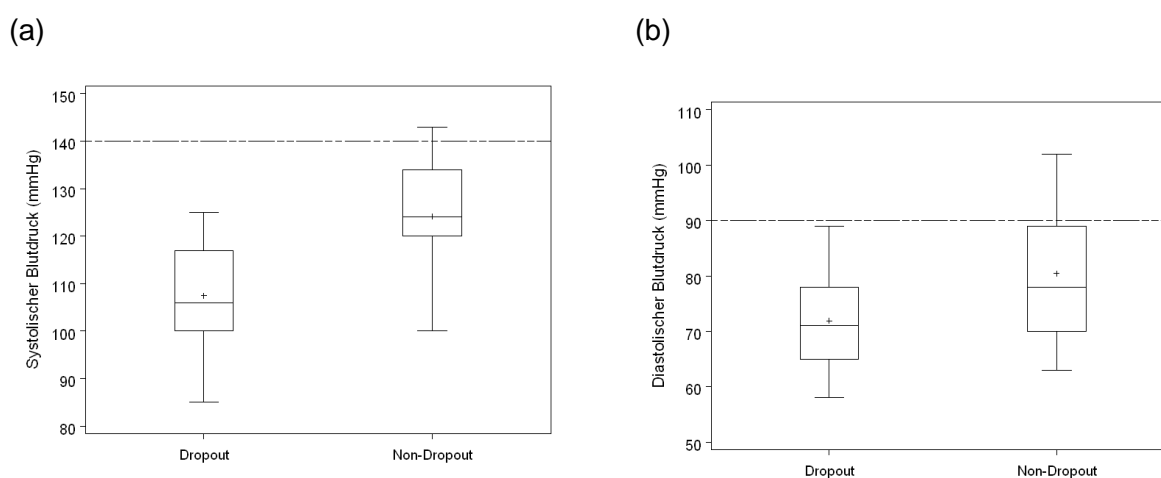
**Tabelle 20.** Physiologische Kennwerte und Körpermaße der Stichprobe.

	N	MW ± SD	MD	IQA	Min	Max	Teststatistik
<i>Cortisol (nmol/l)<sup>a</sup></i>							
<b>Aufwachwert</b>							
Gesamtstichprobe	27	12.9 ± 5.1	12.5	7.1	5.3	23.7	
Non-Dropouts	17	12.2 ± 5.6	12.2	8.4	5.3	23.7	
Dropouts	10	13.9 ± 4.3	14.5	5.7	7.1	21.2	z = 1.0
<b>Abendwert</b>							
Gesamtstichprobe	27	5.0 ± 6.3	2.1	6.6	0.1	26.8	
Non-Dropouts	17	5.0 ± 6.6	2.3	6.1	0.1	26.8	
Dropouts	10	5.2 ± 5.9	1.9	9.2	0.7	17.3	z = 0.1
<b>Mittl. Morgenanstieg</b>							
Gesamtstichprobe	26	5.5 ± 7.2	5.9	14.5	-6.3	17.6	
Non-Dropouts	16	7.2 ± 6.5	8.3	11.1	-4.9	14.1	
Dropouts	10	2.7 ± 7.7	0.6	12.6	-6.3	17.6	z = -1.5
<b>Mittl. Morgenausschüttung</b>							
Gesamtstichprobe	27	17.1 ± 6.1	16.0	8.4	8.3	31.4	
Non-Dropouts	17	17.7 ± 5.3	16.1	8.4	8.9	28.9	
Dropouts	10	16.0 ± 6.8	13.9	7.6	8.3	31.4	z = -0.8
<i>Körpermaße und physiologische Kennwerte</i>							
<b>Body Mass Index</b>							
Gesamtstichprobe	37	24.5 ± 4.9	23.1	6.4	17.2	34.6	
Non-Dropouts	19	25.7 ± 5.3	24.3	9.1	17.2	34.6	
Dropouts	18	23.3 ± 4.2	22.3	5.5	17.8	34.6	z = -1.4
<b>Waist-to-Hip-Ratio</b>							
Gesamtstichprobe	37	0.84 ± 0.07	0.83	0.01	0.71	1.02	
Non-Dropouts	19	0.86 ± 0.08	0.85	0.12	0.72	1.02	
Dropouts	18	0.82 ± 0.06	0.83	0.10	0.71	0.91	z = -1.4
<b>Blutdruck (mmHg)</b>							
<b>systolisch</b>							
Gesamtstichprobe	38	116 ± 14	118	21	85	143	
Non-Dropouts	19	124 ± 12	124	14	100	143	
Dropouts	19	107 ± 11	106	17	85	125	z = -3.8***
<b>diastolisch</b>							
Gesamtstichprobe	38	76 ± 11	75	14	58	102	
Non-Dropouts	19	80 ± 12	78	19	63	102	
Dropouts	19	72 ± 8	71	13	58	89	z = -2.2*

Anmerkungen: a) Cortisolwerte beziehen sich auf den ausgewählten Referenztag der Phase I; <sup>+</sup>p ≤ .1; \*p ≤ .05; \*\*p ≤ .01; \*\*\*p ≤ .001.

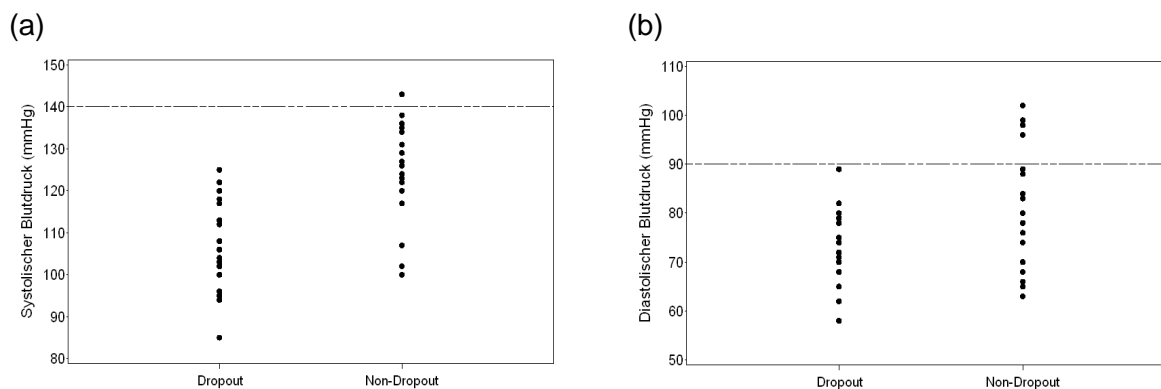
In der Ausprägung der Cortisolwerte am Morgen und Abend unterscheiden sich Studienabbrecher nicht von den Probanden der Studie (siehe Tabelle 20). Detaillierte Abbildungen zur Verteilung der Messdaten sowie der statistischen Kennwerte zwischen den Gruppen können Anhang B-II entnommen werden (Abbildungen B1 bis B6).

Im Vergleich zu Non-Dropouts weisen Studienabbrecher einen signifikant niedrigeren systolischen wie auch diastolischen Blutdruck auf (Dropouts:  $MD_{\text{systol.}} = 106$ ;  $IQA_{\text{systol.}} = 17$  vs. Non-Dropouts:  $MD_{\text{systol.}} = 124$ ;  $IQA_{\text{systol.}} = 14$ ,  $p = .0002$ ; Dropout:  $MD_{\text{diastol.}} = 71$ ;  $IQA_{\text{diastol.}} = 13$  vs. Non-Dropout:  $MD_{\text{diastol.}} = 78$ ;  $IQA_{\text{diastol.}} = 19$ ;  $p = .03$ ), wie Abbildung 20 zeigt.



**Abbildung 20.** Systolischer (a) und diastolischer Blutdruck bei Dropouts (N=19) und Non-Dropouts (N=19).

Bei einer Person der Non-Dropouts liegt der systolische Blutdruck mit 143 mmHg leicht über dem von der World Health Organisation (WHO, 2003) definierten kritischen Wert von 140 mmHg (siehe Abbildung 21a). Der diastolische Blutdruck dieser Person ist mit 76 jedoch im Normbereich. Vier Non-Dropouts haben einen über dem kritischen Wert von 90 mmHg liegenden diastolischen Blutdruck (siehe Abbildung 21b)



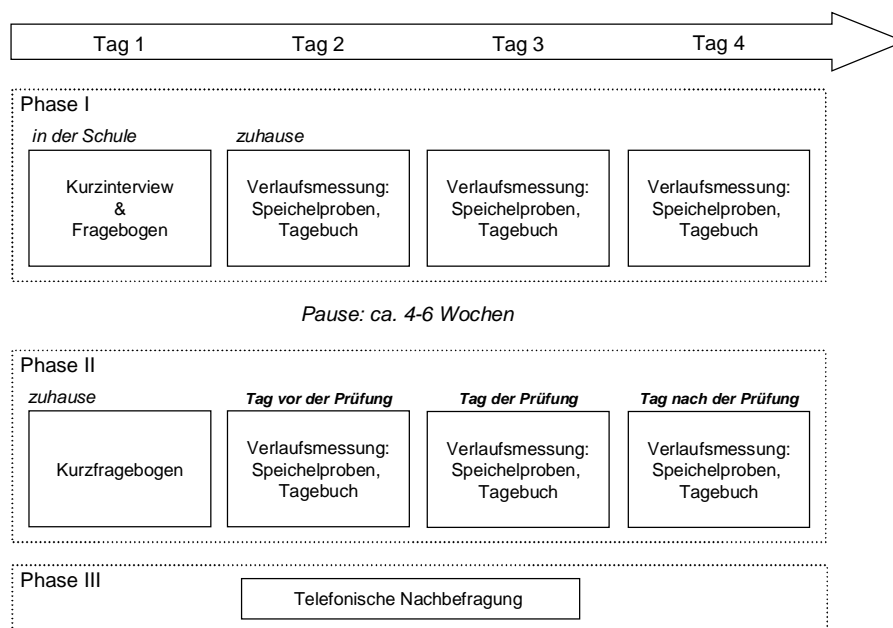
**Abbildung 21.** Verteilung systolischer (a) und diastolischer Blutdruck (b) bei Dropouts vs. Non-Dropouts.

### 3.3.2 Untersuchungsablauf

Die Studie erfolgte im Rahmen der Kooperation „*Psychische Fehlbeanspruchung, Komorbidität und arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren*“ des Otto-Selz-Instituts der Universität Mannheim, und der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN) in Mannheim. Die Erhebungen fanden im Zeitraum von April bis Juli 2007 an drei Berufsschulen des Rhein-Neckar-Gebietes statt. Die jeweilige Schulleitung der Berufsschulen sowie die zuständigen Lehrer wurden im Voraus über Inhalt und Ablauf der Studie in schriftlicher und mündlicher Form informiert und um Zustimmung für die Untersuchungsdurchführung in Räumen der jeweiligen Schule gebeten.

Die Datenerfassung fand in drei Untersuchungsphasen statt (siehe Abbildung 22). Die Baseline (Phase I) umfasste vier Tage. Am ersten Tag wurden an den jeweiligen Berufsschulen von geschulten Mitarbeitern des Otto-Selz-Instituts Einzelinterviews sowie eine Fragebogenbefragung zu allgemeinen Angaben der Person, zum subjektiven und objektiven Gesundheitsstatus, allergischen Erkrankungen sowie zu stressbedingten Beanspruchungsfolgen und arbeitsbedingten Belastungen durchgeführt. Anschließend wurde den Probanden die Durchführung der Verlaufsmessungen zur Bestimmung des Speichel-Cortisols und das Führen des Tagebuchs erklärt. In den darauffolgenden drei Werktagen gaben die Probanden direkt nach dem Aufwachen, 15 Minuten, 30 Minuten und 45 Minuten später sowie am Abend vor dem Zubettgehen jeweils eine Speichelprobe ab und dokumentierten dies im Tagebuch. Des Weiteren protokollierten sie morgens und abends ihr aktuelles Befinden, eingenommene Mahlzeiten, Schlafdauer und -qualität, sportliche Aktivitäten, den Zigaretten- und Alkoholkonsum sowie besondere Ereignisse. Nach den drei

Tagen sandten die Probanden die Untersuchungsmaterialien in einem vorfrankierten Briefumschlag an das Otto-Selz-Institut zurück.



**Abbildung 22.** Untersuchungsphasen.

Nach einer Pause von mindestens vier Wochen wurde den Untersuchungsteilnehmern einige Tage vor ihrer praktischen Abschlussprüfung ein kurzer Fragebogen sowie die Untersuchungsmaterialien für erneute Verlaufsmessungen zugesandt (Phase II). Die Probanden wurden zwei Tage vor ihrer praktischen Abschlussprüfung telefonisch kontaktiert, um sie über das genaue Vorgehen und die Durchführung der Messungen zu informieren und etwaige Fragen zu klären. An den folgenden drei Tagen – dem Tag vor der Prüfung, dem Tag der Prüfung sowie dem Tag nach der Prüfung – führten die Probanden analog zu Phase I morgens und abends die Cortisolmessungen sowie die Tagebucheintragen durch und schickten anschließend die Untersuchungsmaterialien in einem vorfrankierten Umschlag an das Otto-Selz-Institut zurück. In einer telefonischen Nachbefragung ca. zwei Monate nach der praktischen Abschlussprüfung wurden die Probanden nach dem Verlauf und der Note der Prüfung sowie ihrer Zufriedenheit mit der eigenen Leistung befragt.

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Die Studienteilnahme war freiwillig. Vor Studienbeginn erhielten die Studienteilnehmer eine ausführliche Aufklärung über Art, Umfang und Bedeutung der Studie sowie den datenschutzrechtlichen Bestimmungen in schriftlicher und mündlicher Form und gaben ihr schriftliches Einverständnis zur Studienteilnahme. Die Probanden erhielten nach jeder Untersuchungsphase bei Vollständigkeit der abgelieferten Daten eine Vergütung von je 20 Euro. Zusätzlich wurden unter allen Teilnehmern, die vollständige Daten zu beiden

Untersuchungsphasen abgeliefert hatten, sechs Einkaufsgutscheine in Höhe von je 50 Euro bei einer großen Elektronikfachhandel-Kette verlost.

### **3.3.3 Praktische Abschlussprüfung**

Zur Provokation antizipierter und retrospektiver Stressreaktionen im Feld wurde die praktische Abschlussprüfung von Ausbildungszweigen aus dem Gastronomie- und Backgewerbe (Bäcker, Bäckereifachverkäufer, Hotelfach & Koch) als eine standardisierte, berufsspezifische Belastungssituation unter natürlichen Bedingungen ausgewählt.

Die praktische Abschlussprüfung findet zu Ende der dreijährigen Berufsausbildung einige Wochen nach den theoretischen Examina statt. Es werden berufstypische Routineaufgaben und Anforderungen in einem umrissenen Zeitfenster (je nach Ausbildungszweig ca. drei bis vier Stunden) an den Prüfling gestellt (z.B. das Kochen eines Vier-Gänge Menüs mit zuvor vorgegebenen Zutaten für vier von der Schule geladene Gäste). Sowohl die Ausführung als auch das Ergebnis werden von mehreren unabhängigen Prüfern bewertet. Es wird angenommen, dass sich die praktische Abschlussprüfung als akuter Stressor besonders eignet, da eine sozial-evaluative Situation vorliegt, deren Verlauf und Ausgang nur zu einem bestimmten Grad vom Prüfling selbst kontrollierbar ist; sie besitzt eine hohe biographische und persönliche Relevanz für den Prüfling und sollte somit eine hohe Involviertheit und Motivation hervorrufen; die Prüfung ist zeitlich begrenzt und im Voraus über längere Zeit antizipierbar. Anders als die theoretischen Tests bildet die praktische Abschlussprüfung berufseigene Tätigkeiten ab und ist somit mit Belastungen und Anforderungen des späteren Berufslebens vergleichbar. Zudem ist bei dieser Art von Stressor eine hohe Standardisierung und Vergleichbarkeit zwischen den Versuchspersonen gewährleistet.

### **3.3.4 Diagnostik und Messgrößen**

Eine detaillierte Darstellung zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt der einzelnen Messgrößen findet sich in Tabelle 21. Im Folgenden orientiert sich die Darstellungsweise an thematischen Gesichtspunkten.

**Tabelle 21.** Übersicht Erfassungsmethode der einzelnen Messgrößen.

Erfassungsmethode	Diagnostik/Messgrößen
<i>Phase I</i>	
<b>Interview</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soziodemographische Angaben</li> <li>• Subjektiv berichtete Allergie-Diagnose</li> <li>• Raucherstatus, durchschnittliche Anzahl Zigaretten pro Tag</li> <li>• Einnahme oraler Kontrazeptiva; anderer Medikamente</li> <li>• Body-Mass-Index [BMI = Gewicht (kg) / Körpergröße (m)<sup>2</sup>]</li> <li>• Waist-to-Hip-Ratio [WHR = Taillenumfang (cm) / Hüftumfang (cm)]</li> <li>• Systolischer und diastolischer Blutdruck (mmHg)</li> </ul>
<b>Fragebogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allgemeine Depressionsskala (ADS; Hautzinger &amp; Bailer, 1993)</li> <li>• Patient Health Questionnaires (PHQ-2; Löwe, Kroenke &amp; Gräfe, 2005)</li> <li>• State-Trait-Angst-Inventar (STAI-X2; Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger, 1981)</li> <li>• Generalized Anxiety Disorder Scale (GAD-29; Kroenke, Spitzer, Williams, Monahan &amp; Löwe, 2007)</li> <li>• Gießener Beschwerdebogens (GBB-24; Brähler &amp; Scheer, 1995)</li> <li>• Screenings für Somatoforme Störungen (SOMS; Rief, Hiller &amp; Heuser 1997)</li> <li>• Trierer Inventar zum Chronischen Stress (TICS; Schulz, Schlotz &amp; Becker, 2004)</li> </ul>
<b>Verlaufsmessungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortisol (nmol; Aufwachen, 15 min, 30 min, 45 min später; vor Zubettgehen)</li> <li>• Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF; Steyer, Schwenkenmezger, Notz &amp; Eid, 1997; 45 min nach Aufwachen, vor Zubettgehen)</li> <li>• Schlafprotokoll (Einschlafzeit, nächtliche Schlafunterbrechungen, Aufwachzeit)</li> <li>• Anzahl tatsächlich gerauchter Zigaretten am Tag</li> <li>• Sportliche Aktivitäten am Tag</li> <li>• Kritische Ereignisse am Tag</li> </ul>

(Tabelle wird fortgesetzt.)

(Fortsetzung der Tabelle.)

Erfassungsmethode	Diagnostik/Messgrößen
<i>Phase II</i>	
<b>Fragebogen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trierer Inventar zum Chronischen Stress (TICS; Schulz, Schlotz &amp; Becker, 2004)</li> </ul>
<b>Verlaufsmessungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cortisol (nmol; Aufwachen, 15 min, 30 min, 45 min später; vor Zubettgehen)</li> <li>• Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogen (MDBF; Steyer, Schwenkmezger, Notz &amp; Eid, 1997; 45 min nach Aufwachen, vor Zubettgehen)</li> <li>• Schlafprotokoll (Einschlafzeit, nächtliche Schlafunterbrechungen, Aufwachzeit)</li> <li>• Anzahl tatsächlich gerauchter Zigaretten am Tag</li> <li>• Sportliche Aktivitäten am Tag</li> <li>• Kritische Ereignisse am Tag</li> <li>• State-Ängstlichkeit State-Trait-Angst-Inventar (STAI-X1; Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger, 1981)</li> <li>• Kognitive Belastung durch Prüfung</li> </ul>
<i>Phase III</i>	
<b>Telefon-Interview</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfungsleistung (Note), Zufriedenheit mit Leistung</li> </ul>

### 3.3.4.1 Angaben zur Soziodemographie und dem Gesundheitsverhalten

Zu Beginn des Interviews wurden allgemeine soziodemographische Angaben zu Alter, Geschlecht, Berufsausbildung, Schulabschluss, Wohnsituation und Herkunftsland/Muttersprache der Person erfasst. Des Weiteren wurden die Einnahme von Medikamenten und oraler Kontrazeptiva, der Raucherstatus (inklusive der durchschnittlichen Anzahl Zigaretten pro Tag) sowie subjektiv berichtete Allergie-Diagnosen protokolliert.

### 3.3.4.2 Körpermaße und physiologische Kennwerte

**Body-Mass-Index und Waist-to-Hip-Ratio.** Vor Beginn des Interviews zu Phase I wurden der BMI sowie das WHR der Probanden bestimmt (nähere Beschreibung siehe Studie I, Abschnitt 2.3.3.2).

**Blutdruck.** Der systolische und diastolische Blutdruck (mmHg) wurde in sitzender Position nach Ende des Interviews zu 3 Messzeitpunkten im Abstand von ca. 1 Minute mit Hilfe eines Blutdruckmessgeräts (boso-medlife PC2; Bosch + Sohn, Deutschland) bestimmt. Systolische Werte über 140 mmHg sowie diastolische Werte über 90 mmHg gel-



ten nach allgemeiner WHO-Definition (2003) als hypertensiv. In die Auswertungen gehen dabei die Messung mit den niedrigsten Werten ein.

**Cortisol.** Die Speichelproben wurden mit Hilfe von Salivetten (Sarstedt Inc., Rommelsdorf, Deutschland), gewonnen (siehe hierzu Abschnitt 2.3.3.2). Die Probanden wurden jeweils vor Beginn der Verlaufsmessungen zu Phase I und Phase II (siehe Abbildung 22) sowohl mündlich wie auch schriftlich instruiert, die Proben am Morgen direkt nach dem Aufwachen (T(0)), 15 Minuten (T(15)), 30 Minuten (T(30)) und 45 Minuten (T(45)) später sowie am Abend vor dem Zubettgehen (T(abend)) vorzunehmen. Die erste Speichelprobe am Morgen sollte dabei vor dem Aufstehen abgegeben werden. Die zeitlich korrekte Entnahme der Proben wurde mit Hilfe elektronischer Compliance-Monitore (MEMS<sup>®</sup> V TrackCap, Aardex, Untermuehli, Schweiz) überprüft, worüber die Probanden im Voraus informiert wurden. Die Probanden wurden gebeten, am Morgen erst nach der letzten Messung (T(45)) ihre Zähne zu putzen und zu frühstücken. Auch Rauchen war ihnen am Morgen während der Messungen untersagt. Bei Nichteinhaltung wurden sie gebeten, dies im Tagebuch zu dokumentieren sowie mindestens 5 Minuten vor einer Messung nichts mehr zu essen oder zu trinken und sich vor der Entnahme der Speichelprobe den Mund sorgfältig mit Wasser auszuspülen. Mindestens 30 Minuten vor Entnahme der abendlichen Probe (T(abend)) sollten die Probanden ebenfalls weder Nahrung oder säurehaltigen Getränke zu sich nehmen, noch rauchen oder ihre Zähne putzen, um eine Beeinflussung der Cortisolwerte zu vermeiden. Die entnommenen Proben sollten bis zur Rücksendung an das Otto-Selz-Institut im Gefrierfach oder Kühlschrank aufbewahrt werden. Nach Ankunft der Proben im Institut wurden sie dort bis zur Analyse konstant bei  $-25^{\circ}\text{Celsius}$  gelagert.

Die Cortisolanalyse erfolgte mit Hilfe des Biotin-Streptavidin-Fluoreszenz-Immunoassays (detaillierte Beschreibung des Vorgehens siehe Dressendörfer et al. 1992). Die Intraassay- und Interassay-Varianzkoeffizienten liegen unter 10% bzw. 12%<sup>8</sup>.

Neben den Cortisol-Einzelwerten werden in der vorliegenden Studie zur Schätzung der allgemeinen morgendlichen Aktivität der HPA-Achse die mittlere Cortisol-Morgenaussschüttung (Mean Cortisol Morning Release; MnCMR; z.B. Prüssner et al., 1997) als Levelmaß (vgl. Formel a) sowie der mittlere Morgenanstieg (Mean Increase; MnInc; z.B. Wüst et al., 2000b) als dynamisches Maß der morgendlichen Reaktivität der HPA-Achse (vgl. Formel b) aus den vier Morgenwerten des jeweiligen Tages berechnet (siehe hierzu zusammenfassend Bernhardt, 2007).

---

<sup>8</sup> Die Analysen wurden am Dresden LabService GmbH Bioinnovationszentrum unter Leitung von Prof. Dr. Kirschbaum durchgeführt.

$$(a) \text{ MnCMR} = \frac{\text{Cortisol } T(0) + \text{Cortisol } T(15) + \text{Cortisol } T(30) + \text{Cortisol } T(45)}{4}$$

$$(b) \text{ MnInc} = \frac{\text{Cortisol } T(15) + \text{Cortisol } T(30) + \text{Cortisol } T(45)}{3} - \text{Cortisol } T(0)$$

Zur Bestimmung situativ stabiler, durchschnittlicher Cortisol-Morgenreaktionen sollten ursprünglich die Cortisol-Parameter über die drei Tage der Baseline-Erhebung (Phase I) gemittelt werden. Aufgrund starker Unterschiede in den Entnahmezeiten der morgendlichen Speichelproben innerhalb der Personen an diesen Tagen war dies aus biologischen Gesichtspunkten jedoch nicht sinnvoll, da die Cortisolausschüttung über den Tag starken circadianen Schwankungen unterliegt (Kirschbaum, 1991). Aus diesem Grund geht bei jeder Person derjenige Tag der Baseline-Phase (im Folgenden als Baseline- oder Referenztag bezeichnet) in die Analysen ein, der von den Aufwachzeiten und Messzeiten her dem Tag der Prüfung vergleichbar ist und an dem keine kritischen Ereignisse vom Proband berichtet wurden.

#### **3.3.4.3 Situative Einflussfaktoren: Schlaf, Zigaretten, sportliche Aktivitäten, berichtete Ereignisse**

Während der sechstägigen Verlaufsmessungen wurden folgende Faktoren, die die Cortisolausschüttung beeinflussen können, im Tagebuch zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst.

**Schlafprotokoll.** Am Morgen jedes Tages der Verlaufsmessungen wurde die Einschlafzeit am vorherigen Abend, nächtliche Schlafunterbrechungen sowie die Aufwachzeit am Morgen abgefragt.

**Anzahl gerauchter Zigaretten.** Am Abend sollte die Anzahl der gerauchten Zigaretten über den Tag angegeben werden.

**Sportliche Aktivitäten.** Am Abend jedes Messtages wurden die Probanden zu sportlichen Aktivitäten während des Tages befragt.

**Kritische Ereignisse.** Zur Erfassung etwaig aufgetretener kritischer Ereignisse während der sechstägigen Verlaufsmessungen wurden die Probanden an jedem Abend gebeten, besondere Ereignisse während des jeweiligen Tages im Tagebuch zu benennen und die Uhrzeit des Auftretens zu dokumentieren. An den Tagen um die praktische Abschlussprüfung wurden keine zusätzlichen kritischen Ereignisse berichtet.

#### 3.3.4.4 Psychische Beschwerden

**Depressive Symptomatik.** Die depressive Symptomatik wurde in der Baseline-Phase mittels der deutschen Version der „Center for Epidemiological Studies Depression Scale“ (CES-D; Radloff, 1977), der sogenannten „Allgemeinen Depressionsskala“ (ADS) von Hautzinger und Bailer (1993) erfasst (eine nähere Beschreibung siehe Studie I, Abschnitt 2.3.3.5). Für die Gesamtstichprobe ergibt sich ein Cronbach-Alpha von .94.

**Verdachtsdiagnose Depression.** Das Vorliegen einer möglichen depressiven Störung wurde mit Hilfe der 2-Item-Version des „Patient Health Questionnaires“ (PHQ-2) von Löwe, Kroenke und Gräfe (2005) überprüft. Auf einer vier-stufigen Skala (1 = „überhaupt nicht“; 2 = „an einzelnen Tagen“; 3 = „an mehr als der Hälfte der Tage“; 4 = „beinahe jeden Tag“) sollten das Auftreten von Interessen- und Freudlosigkeit an Tätigkeiten sowie Gefühle der Niedergeschlagenheit, Schwermut oder Hoffnungslosigkeit in den letzten zwei Wochen eingeschätzt werden. Mit einem Cutoff-Wert von  $\geq 3$  wird nach Löwe et al. (2005) das Optimum zwischen Sensitivität von 87% und Spezifität von 78% für das Vorliegen einer majoren depressiven Störung erreicht. In der vorliegenden Studie korreliert der Summenwert des PHQ-2 in der Gesamtstichprobe mit  $r = .73$  signifikant ( $p \leq .0001$ ) mit dem Summenwert der „Allgemeinen Depressionsskala“. Neun der 13 Personen (69.2%) mit einem Verdacht auf eine depressive Störung laut PHQ-2 weisen auf der AD-Skala einen kritischen Summenwert von  $\geq 23$  auf. Drei Personen (13.6%) mit einem kritischen AD-Wert von  $\geq 23$  wurden nach PHQ-2 nicht als depressiv in Sinne einer Verdachtsdiagnose eingestuft.

**Ängstlichkeit.** Zur Messung der Trait-Ängstlichkeit wurde die Skala STAI-X2 des „State-Trait-Angst-Inventars“ (STAI) von Laux, Glanzmann, Schaffner und Spielberger (1981) herangezogen (siehe hierzu Studie I; Abschnitt 2.3.3.5). In der Gesamtstichprobe liegt Cronbachs Alpha bei .95.

Zur Erfassung der Zustandsangst am Abend und Morgen vor der praktischen Abschlussprüfung wurden aus zeitökonomischen Gründen im Tagebuch vier Items der Skala STAI-X1, die im Original mit Hilfe von 20 Items die momentane Zustandsangst auf einer vier-stufigen Skala (1 = „überhaupt nicht“; 2 = „etwas“; 3 = „ziemlich“; 4 = „sehr“) einschätzt, ausgewählt. Diese vier Items erfassten in Bezug auf die bevorstehende Prüfung die aktuelle Nervosität, die Anspannung, die Aufregung sowie die Besorgnis, dass etwas schief gehen könnte. Sie gehen als ein gemittelter Summenwert in die Berechnungen ein. Cronbachs Alpha beträgt am Tag vor der Prüfung .79, am Prüfungstag .90.

**Verdachtsdiagnose Angststörung.** Die deutsche Zwei-Item Version der „Generalized Anxiety Disorder Scale“ (GAD-2; Kroenke, Spitzer, Williams, Monahan & Löwe,

2007) wurde zur Abklärung einer möglichen Angststörung verwendet. Gemäß des PHQ-2 werden auf einer vier-stufigen Skala Gefühle der Nervosität, Ängstlichkeit, Anspannung und übermäßige Besorgnis sowie die Unfähigkeit, die Besorgnis zu stoppen oder zu kontrollieren in den vergangenen zwei Wochen eingestuft. Ein Cutoff-Wert von  $\geq 3$  legt bei einer Sensitivität von .65 und einer Spezifität von .88 das Vorliegen einer Angststörung und bei einer Sensitivität von .86 und einer Spezifität von .83 das Vorliegen einer generalisierten Angststörung nahe (Kroenke et al., 2007). In der vorliegenden Untersuchung korrelieren der Summenwert des GAD-2 und der Summenwert des STAI-X2 zu  $r = .66$  signifikant ( $p < .0001$ ) miteinander. Alle sechs Personen, bei denen laut GAD-2 der Verdacht auf eine Angststörung gegeben ist, haben auf dem STAI-X2 einen Prozentrang  $> 85$  (fünf davon einen Prozentrang  $> 90$ ). Allerdings weisen auch elf Personen ohne eine Verdachtsdiagnose nach GAD-2 einen Prozentrang  $\geq 85$  auf dem STAI-X2 auf.

#### **3.3.4.5 Somatische Beschwerden**

**Körperliche Symptomatik.** Der allgemeine körperliche Beschwerdedruck wurde in der Baseline-Phase mit Hilfe des Gesamt-Scores der aus 24 Items bestehenden Kurzform des Gießener Beschwerdeboogens (GBB-24; Brähler & Scheer, 1995; eine nähere Beschreibung siehe Studie I, Abschnitt 2.3.3.6) erfasst. Zudem geht in die Auswertung die Subskala „Erschöpfung“ mit ein. Für den Gesamt-Score weist die vorliegenden Gesamtstichprobe ein Cronbach Alpha von .90 auf für die Subskala „Erschöpfung“ beträgt Cronbachs Alpha .91.

**Verdachtsdiagnose Somatisierungsstörung.** Der Verdacht auf eine Somatisierungsstörung nach Kriterien des Diagnostischen und Statistischen Manuals Psychischer Störungen, Version IV (DSM-IV) wurde mit Hilfe des „Screenings für Somatoforme Störungen“ (SOMS) nach Rief, Hiller und Heuser (1997) überprüft (siehe hierzu Studie I, Abschnitt 2.3.3.6). In der vorliegenden Gesamtstichprobe erfüllt keine Person die Kriterien einer Somatisierungsstörung.

#### **3.3.4.6 Psychologische Merkmale**

**Chronisches Stresserleben.** Die chronische Stressbelastung wurde sowohl in der Baseline wie auch zu Beginn der Prüfungsphase mit Hilfe der Zwölf-Item-Screening-Skala (TICS-SSCS) des „Trierer Inventars zum Chronischen Stress“ von Schulz und Kollegen (2004) erfasst (nähere Beschreibung siehe Studie I, Abschnitt 2.3.3.7). In der Baseline-Phase ergibt sich für die Gesamtstichprobe ein Cronbach-Alpha von .89, in der Prüfungsphase beträgt Cronbach-Alpha .95.

**Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung.** Um die subjektive kognitive Belastung durch die praktische Abschlussprüfung zu erfassen, sollten die Probanden am Abend

vor sowie am Abend nach der Prüfung die Stresshaftigkeit der bevorstehenden bzw. zurückliegenden Prüfung auf einer zehn-stufigen Skala (1 = „überhaupt nicht belastend“, 10 = „sehr belastend“) einschätzen.

**Prüfungsleistung.** In einer telefonischen Nachbefragung wurde die jeweilige Benotung der Prüfungsleistung (1 = „sehr gut“; 2 = „gut“; 3 = „befriedigend“; 4 = „ausreichend“; 5 = „ungenügend“) sowie die Zufriedenheit mit der Leistung (1 = „gar nicht“; 2 = „wenig“; 3 = „mittelmäßig“; 4 = „überwiegend“; 5 = „völlig“) abgefragt. Zudem wurde erfasst, ob das Ergebnis der Prüfung entsprechend der Erwartungen ausgefallen ist (-1 = „schlechter als erwartet“; 0 = „wie erwartet“; 1 = „besser als erwartet“).

### 3.3.5 Behandlung von fehlenden Werten

In der vorliegenden Untersuchung werden fehlende Datenpunkte, sogenannte Missings, in Abhängigkeit des Datentypus auf unterschiedliche Weise behandelt.

Fehlende Einzel-Werte in den Verlaufsmessungen (Cortisol, tägliche Zigarettenanzahl etc.) werden aufgrund ihres State-Charakters nicht ersetzt. Ebenso werden Cortisol-Einzelwerte, bei denen eine zeitliche Zuordnung aufgrund fehlender technischer Aufzeichnung der Uhrzeit durch den Compliance-Monitor nicht möglich ist, ausgeschlossen (siehe hierzu Abschnitt 3.4.1.1). Die Berechnung des mittleren Morgenanstiegs (MnInc, siehe Abschnitt 2.3.3.2) wird bei fehlenden Cortisol-Einzelwerten aufgrund des dynamischen Charakters dieses Parameters nicht vorgenommen. Da es sich bei der mittleren Cortisol-Morgenausüttung (MnCMR; siehe Abschnitt 2.3.3.2) um ein relativ robustes und stabiles Level-Maß handelt, wird bei der Bildung dieses Parameters ein fehlender Einzelwert aus dem Mittelwert der vorhandenen morgendlichen Cortisolwerte der Person geschätzt, um den Datenverlust der ohnehin geringen Stichprobengröße zu minimieren. Voraussetzung hierfür ist, dass nicht mehr als ein Einzelwert fehlt.

Ist bei einem standardisierten Messinstrument die Bildung eines Skalenwertes bestehend aus mehreren Items vorgesehen, wird eine Ersetzung der fehlenden Werte durch den Mittelwert der Person über die vorhandenen Items derselben Skala vorgenommen, sofern die im Testmanual angegebenen Toleranzwerte zur Missinganzahl nicht überschritten werden (siehe z.B. TICS; Schulz, Schlotz & Becker, 2004). Werden von den jeweiligen Autoren keine solchen Grenzwerte angegeben, werden fehlende Werte ebenfalls durch den Mittelwert der Person auf den vorhandenen Items geschätzt, sofern mehr als 50% der Items der Skala beantwortet wurden. Fehlen bei einer Person mehr als die Hälfte der

Items einer Skala, wird der jeweilige Skalenwert für diese Person nicht berechnet und von den Analysen ausgeschlossen.

### 3.3.6 Auswertungsstrategie und statistische Analysen

Sämtliche Auswertungen werden mit Hilfe des Statistikprogramms „Statistical Analytical System“ (SAS), Version 9.1 für Windows berechnet. Aufgrund der geringen Fallzahlen und der überwiegend schiefen statistischen Verteilungen werden ausführliche deskriptive Auswertungen vorgenommen und ausschließlich verteilungsfreie statistische Verfahren angewandt. Neben Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) werden immer auch Median (MD) und Interquartilsabstand (IQA) angegeben. Um dem explorativen Charakter der Studie Rechnung zu tragen, werden Ergebnisse bei zweiseitiger Testung ab einem statistischen Signifikanzniveau von  $\alpha = .1$  berichtet. Auf eine Alpha-Korrektur wird verzichtet, da verteilungsfreie Tests im Allgemeinen weniger teststark und somit konservativer sind als parametrische Verfahren. Des Weiteren wird aufgrund der geringen Stichprobengröße der statistische Nachweis relevanter Effekte an sich erschwert. Eine Bestimmung verteilungsfreier Effektgrößen ist nach bisherigem Kenntnisstand (noch) nicht möglich (Bortz & Lienert; 2003).

**Güte der Cortisol-daten.** In einem ersten Auswertungsschritt werden die Cortisol-daten einer ausführlichen Analyse hinsichtlich der Anzahl und Verteilung fehlender Messwerte, Extremwerte und der Einhaltung des Messprotokolls (Compliance-Prüfung) unterzogen. Zur Prüfung von Häufigkeitsverteilungen werden dabei  $\chi^2$ -Tests und der Fisher-Exact-Test (bei 2 x 2-Felder-Tafeln) eingesetzt. Des Weiteren wird der Einfluss von Kovariaten, wie Aufwachzeit, Schlafdauer, Geschlecht, Berufsausbildung, Raucherstatus, Körpermaßen (BMI; WHR), die Einnahme oraler Kontrazeptiva und sportliche Aktivitäten, auf die Cortisol-Einzelwerte sowie die Parameter überprüft. Sofern es sich um kontinuierliche Variablen handelt, wird dies mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen (Spearman, 1904; 1906) auf Messzeitpunkt-Ebene untersucht. Bei kategorialen Variablen wird zunächst mit Hilfe der Friedman-Rangvarianzanalyse (Friedman, 1937) für abhängige Messungen, der verteilungsfreie Pendant zur Varianzanalyse mit Messwiederholungen, getestet, ob sich im Durchschnitt sowohl in den Cortisol-Einzelwerten wie auch in den Cortisolparametern Unterschiede in der zentralen Tendenz zwischen den Gruppen über die vier Messtage der Baseline- und Prüfungsphase nachweisen lassen. Anschließend werden zur Testung möglicher Interaktionseffekte zwischen Gruppe x Tag bei Variablen mit zwei Merkmalsausprägungen Gruppenvergleiche pro Messzeitpunkt durch den Wilcoxon-

Rangsummen-Test (Wilcoxon, 1947), ein Äquivalent zum Mann-Whitney-U-Test, berechnet. Werden mehr als zwei Gruppen hinsichtlich ihrer Cortisol-Reaktionen verglichen (z.B. Berufsausbildung), kommt der Kruskal-Wallis-Test (Kruskal & Wallis, 1952) zum Einsatz. Zur Prüfung von Einzelkontrasten werden daran anschließend Wilcoxon-Rangsummen-Tests (Wilcoxon, 1947) durchgeführt.

***Intraindividuelle Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.*** Im Weiteren wird überprüft, ob und inwieweit sich der Prüfungsstressor im Voraus und retrospektiv auf morgendliche HPA-Achsen-Aktivität auswirkt. Zunächst wird mit Hilfe der Friedman-Rangvarianzanalyse (Friedman, 1937) für abhängige Messungen getestet, ob sich im Durchschnitt sowohl in den Cortisol-Einzelwerten wie auch in den Cortisol-Parametern intraindividuelle Unterschiede zwischen dem Baseline-Tag und den Tagen um die praktische Abschlussprüfung (Phase II) über die gesamte Stichprobe nachweisen lassen. Zur Überprüfung von Einzelkontrasten zwischen den Tagen werden Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests (Wilcoxon, 1945) herangezogen. Um Unterschiede in der morgendlichen Cortisol-Profilgestalt zwischen den einzelnen Tagen aufzudecken, wird der typische ansteigende Morgenverlauf der Cortisol-Einzelwerte mit Hilfe von Friedman-Ranganalysen und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests pro Tag untersucht.

Zur näheren Untersuchung der internen Struktur und der Beziehung verschiedener Aspekte der Cortisolausschüttung während der drei Tage um die praktische Abschlussprüfung werden in einem nächsten Schritt Zusammenhangsanalysen durchgeführt. Dabei soll überprüft werden, inwieweit die Cortisolausschüttung des Vortags, des Prüfungstags und des darauffolgenden Tags kovariieren und sich möglicherweise beeinflussen. Hierzu werden zunächst mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen<sup>9</sup> die Zusammenhänge jedes Cortisol-Einzelwerts pro Messzeitpunkt sowie der beiden Cortisol-Parameter zwischen Vortag, Tag der Prüfung und Tag nach der Prüfung berechnet. Des Weiteren wird mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen überprüft, inwieweit der Abendwert mit den verschiedenen Aspekten der Cortisol-Reaktion am nächsten Morgen, d.h. mit den Einzelwerten in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen, dem mittleren Morgenanstieg und der mittlere Morgenausschüttung in Beziehung steht. Geprüft wird des Weiteren, ob und wie die Veränderungen in den Cortisol-Parametern zwischen zwei Tagen vom Ausgangswert des Cortisol-Parameters am ersten der beiden Tage zusammenhängen. Ab-

---

<sup>9</sup> Die Berechnung der Zusammenhänge erfolgt aufgrund der geringen Fallzahlen über Spearman-Rang-Korrelationen. Intraklassenkoeffizienten (z.B. nach Shrout & Fleiss, 1979), die das Verhältnis innerhalb der Person zur Gesamtvarianz angeben, werden nicht herangezogen, da ihre Berechnung auf dem parametrischen Modell der einfaktoriellen ANOVA beruht.

schließlich werden die Zusammenhänge zwischen dem morgendlichen Cortisolanstieg und der Cortisolausschüttung an den Tagen der Prüfungsphase überprüft.

***Interindividuelle Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität in Bezug auf die antizipierte praktische Abschlussprüfung.*** In weiterführenden Analysen soll geprüft werden, ob sich interindividuelle Unterschiede in den Cortisol-Reaktionen am Prüfungstag im Vergleich zum Baseline-Tag zeigen und wie diese beschaffen sind. Durch eine differentialanalytische Herangehensweise soll der hohen interindividuellen Variabilität in den Cortisolreaktionen auf einen Stressor Rechnung getragen und spezifische Wirkmechanismen aufgedeckt werden. Als Maße der Reaktivität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität auf die antizipierte psychosoziale Belastungssituation (hier die bevorstehende Abschlussprüfung) wird die Differenz der mittleren Cortisol-Morgenanstiege (MnInc) wie auch die der mittleren Morgenausschüttungen (MnCMR) am Prüfungs- vs. Baseline-Tag herangezogen ( $[\Delta_{\text{MnInc}} = \text{MnInc}_{\text{P-Tag}} - \text{MnInc}_{\text{B-Tag}}]$ ;  $[\Delta_{\text{MnCMR}} = \text{MnCMR}_{\text{P-Tag}} - \text{MnCMR}_{\text{B-Tag}}]$ ). Auf diese Weise sollen die Veränderungen des MnInc sowie der MnCMR am Tag der Prüfung im Vergleich zur Baseline abgebildet werden. Da nur ein geringer Zusammenhang zwischen den Veränderungsmaßen beider Cortisolparameter in der Stichprobe besteht (siehe hierzu Abschnitt 3.4.3.1) und sie inhaltlich für unterschiedliche Aspekte der HPA-Achsen-Aktivität stehen (Gesamtausschüttung vs. Reaktivität am Morgen), wird auf eine mathematische Kombination im Sinne eines Overall-Veränderungsmaßes verzichtet. Gemäß ihrer Ausprägung auf den jeweiligen Differenzmaßen werden die Probanden in einem weiteren Schritt hinsichtlich der Art der Veränderungen der Cortisol-Morgenreaktionen klassifiziert, um differentielle Charakteristika der Cortisol-Reaktion aufzuzeigen. Da bisher weder für die circadiane Cortisolausschüttung noch für Cortisol-Reaktionen in Bezug auf einen psychosozialen Stressor allgemein anerkannte Normwerte in der Literatur existieren, werden zur Beurteilung der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf eine antizipierte Belastungssituation zwei verschiedene explorative Kriterien herangezogen.

- (1) 0-Kriterium: Gemäß dieser Einteilung liegt eine positive Reaktion auf den antizipierten Stressor vor, wenn die Differenz des Parameters zwischen Prüfungs- und Baseline-Morgen positiv wird. Dies bedeutet, dass die Person am Prüfungsmorgen eine höhere mittlere Cortisolausschüttung bzw. einen stärkeren Morgenanstieg aufweist als am Baseline-Tag.
- (2) 2.5nmol/l-Kriterium: In Anlehnung an Weitzman et al. (Weitzman et al., 1971) und Wüst et al. (2000b) wird der Anstieg bzw. Abfall der MnInc und MnCMR um 2.5nmol/l als kritisch betrachtet, ab dem eine substantielle Cortisol-Reaktion in Bezug auf die antizipierte psychosoziale Belastung vorliegt. Veränderungen, d.h.  $\Delta_{\text{MnInc}}$



und  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  im Bereich zwischen  $-2.5\text{nmol/l}$  und  $2.5\text{nmol/l}$  werden als biologisch irrelevante Reaktion in Bezug auf den antizipierten Stressor gewertet.

Jede Person wird auf diese Weise hinsichtlich der Veränderungen beider Parameter, d.h. sowohl hinsichtlich  $\Delta_{\text{MnInc}}$  als auch  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  charakterisiert und Reaktionsgruppen zugewiesen, indem gemäß der Einteilungskriterien eine Cortisolreaktion im Sinne eines Anstiegs, Abfalls oder keiner Veränderung am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum Baseline-Tag eingestuft wird. Demnach ergeben sich für das 0-Kriterium zwei Reaktionsgruppen pro Parameter, nämlich positive Reaktion auf den antizipierten Stressor im Sinne einer vermehrten Cortisol-Reaktion am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Baseline-Tag ( $\Delta > 0 \text{ nmol}$ ) und keiner bzw. einer negativen oder verminderten Cortisolreaktion am Prüfungsmorgen ( $\Delta \leq 0 \text{ nmol}$ ). Nach dem  $2.5\text{nmol/l}$ -Kriterium ergeben sich drei Reaktionsgruppen pro Parameter, eine gesteigerte Cortisol-Morgenreaktion am Prüfungstag ( $\Delta > 2.5 \text{ nmol}$ ), eine verminderte ( $\Delta < 2.5 \text{ nmol}$ ) sowie eine unveränderte Reaktion ( $-2.5\text{nmol/l} < \Delta < 2.5\text{nmol/l}$ ) im Vergleich zum Baseline-Tag.

Im nächsten Schritt werden in detaillierten Analysen die interne Struktur der Cortisolausschüttung an und zwischen den Tagen der Prüfungsphase in Abhängigkeit der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf den Stressor bzw. der Reaktionsgruppenzugehörigkeit überprüft. Dabei werden durch Spearman-Rang-Korrelationen (Ausmaß der Differenzen/Veränderungen), Wilcoxon-Rangsummen-Tests (bei 0-Kriterium) und Kruskal-Wallis-Tests (bei  $2.5\text{nmol/l}$ -Kriterium) mögliche Unterschiede in den Cortisolmustern zwischen den Reaktionsgruppen pro Erhebungstag und in der Beziehung zwischen den Tagen (Baseline-Tag, Tag vor der Prüfung; Prüfungs-Tag sowie Tag nach der Prüfung) untersucht.

***Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren des Erlebens und Verhaltens auf die HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.*** Mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen und unabhängigen Gruppenvergleichen (Wilcoxon-Rangsummen-Test; Kruskal-Wallis-Test) wird überprüft, inwieweit stabile personenbezogene Merkmale und eher situativ bedingten Determinanten des Verhaltens und Erlebens einer Person mit der morgendlichen Cortisolausschüttung sowie deren Veränderung an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung in Zusammenhang stehen. Neben der absoluten morgendlichen Cortisolausschüttung an den jeweiligen Messtagen werden dabei Veränderungen der Cortisolausschüttung anhand einfacher Differenzmaße der Cortisol-Parameter zwischen Prüfungstag und Vortag sowie zwischen Prüfungstag und Referenztag als Indikatoren für die HPA-Achsen-Aktivität in der Antizipationsphase eines erwartbaren, biographisch relevanten Stressors herangezogen. Die Differenzmaße der morgendlichen Cortisolausschüttung zwi-

schen Prüfungstag und Tag danach sowie zwischen Tag nach der Prüfung und Referenztag werden als Maße der Veränderung der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität in Folge eines erlebten Stressors eingesetzt.

*Die HPA-Achsen-Aktivität und die subjektive und objektive Bewältigung der praktischen Abschlussprüfung.* Abschließend wird mit Hilfe von Spearman-Rang-Korrelationen der Einfluss der HPA-Achsen-Reaktivität auf die objektive und subjektive Bewältigung der Abschlussprüfung näher untersucht.

## 3.4 Ergebnisse

### 3.4.1 Voranalyse: Güte der Cortisol-Daten

In den folgenden Abschnitten werden die Cortisol-Daten einer ausführlichen Analyse im Hinblick auf Anzahl und Verteilung von fehlenden Werten und Extremwerten unterzogen. Es wird weiterhin die zeitliche Einhaltung des Messprotokolls sowie der Einfluss der Probenentnahme auf die Cortisolwerte untersucht. Nach Bereinigung der Daten werden abschließend die Zusammenhänge zwischen Cortisolwerten und möglichen Einflussfaktoren, wie Geschlecht, Aufwachzeit etc. getestet.

#### 3.4.1.1 Verteilung fehlender Cortisol- und Monitor-Werte und Identifikation von Extremwerte

*Verteilung fehlender Cortisol- und Monitor-Werte.* Es werden drei Arten fehlender Werte (im Folgenden auch als Missings bezeichnet) differenziert: a) ein fehlender Cortisol-Einzelwert; b) eine fehlende Monitoruhrzeit, die die zeitliche Entnahme der Probe identifiziert; c) das Fehlen eines Cortisol-Einzelwertes und/oder der dazugehörigen Monitorzeit. Die Missing-Analysen von Phase I beziehen sich hierbei auf die Ausgangsstichprobe von  $N = 38$  Personen, diejenigen von Phase II auf die bis dato verbliebenen Personen von  $N = 24$ .

An allen drei Tagen der Baseline-Phase treten bei insgesamt 570 Messungen (38 Personen x 5 Messzeitpunkten/Tag x 3 Tage) in den Cortisol-Daten 101 fehlende Einzelwerte (17.7%) auf. Bei 122 Messungen (21.4%) sind keine elektronischen Aufzeichnungen der Probenentnahmezeit durch den Monitor vorhanden. Bei 124 (21.7%) Datenpunkten fehlen entweder der Cortisolwert und/oder die dazugehörige Uhrzeit der Probenentnahme. Zwischen den Messtagen der Baseline-Phase ergeben sich keine Unterschiede hin-

sichtlich der Verteilung der drei Missing-Typen (siehe hierzu Anhang B-I, Tabelle B1). Die fehlenden Cortisol-Einzelwerte verteilen sich nicht signifikant unterschiedlich über die fünf vorgegebenen Messzeitpunkte pro Tag zusammengefasst über alle Erhebungstage von Phase I (siehe Anhang B-I, Tabelle B2). Ebenso gibt es keine bedeutsamen Unterschiede in der Verteilung fehlender Monitoruhrzeiten sowie hinsichtlich fehlender Cortisolwerte und/oder Probenentnahmezeit zwischen den vorgegebenen Tages-Messzeitpunkten (siehe Anhang B-I, Tabelle B2). Am ausgewählten Referenztag der Baseline mit insgesamt 190 Messungen ergeben sich 35 fehlende Cortisol-Einzelwerte (18.4%), 39 fehlende zeitliche Aufzeichnungen durch den Monitor (20.5%) sowie 39 Messungen (20.5%), bei denen der Cortisol-Einzelwert und/oder die Probenentnahmezeit nicht vorliegen.

Hinsichtlich der Erhebungstage während der Prüfungsphase (Tag vor der Prüfung, Tag der Prüfung und Tag nach der Prüfung) sind bei einer Grundgesamtheit von 360 Messungen<sup>10</sup> 61 Missings in den Cortisol-Daten (16.9%) und 88 Missings in den Monitoraten (24.4%) zu verzeichnen. Bei 39 Messdaten (28.3%) fehlen ein Cortisol-Einzelwert und/oder die Probenentnahmezeit. Auch hier zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Messtagen hinsichtlich der Missing-Verteilungen (siehe Anhang B-I, Tabelle B1). Am Prüfungstag sind bei 23 Messungen (19.2%) keine Cortisol-Einzelwerte und bei 28 Messungen (23.3%) keine Probenentnahmezeit vorhanden. Bei insgesamt 35 Messungen (29.2%) fehlt entweder der Cortisolwert und/oder die elektronische Aufzeichnung der Uhrzeit. Hinsichtlich aller drei Missingtypen gibt es zu Phase II keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung über die vorgegebenen Tages-Messzeitpunkte (siehe Anhang B-I, Tabelle B2).

Männer und Frauen unterscheiden sich sowohl zu Phase I wie auch zu Phase II signifikant in der Verteilung fehlender Cortisolwerte; die weiblichen Auszubildenden weisen mehr fehlende Werte in Phase I ( $\chi^2_{(1)} = 8.5$ ;  $p = .004$ ) und Phase II ( $\chi^2_{(1)} = 15.0$ ;  $p = .0001$ ) auf als ihre männlichen Kollegen (siehe Anhang B-I, Tabelle B3). Hinsichtlich der anderen beiden Missingtypen gibt es keine bedeutsamen Unterschiede in den Verteilungen fehlender Werte zwischen den Geschlechtern zu beiden Untersuchungs-Phasen (siehe Anhang B-I, Tabelle B3). Am ausgewählten Referenztag der Phase I zeigen sich keine geschlechtsspezifischen Verteilungen der fehlenden Werte (Cortisolwert:  $\chi^2_{(1)} = 0.7$ ;  $p = .44$ ; Monitorzeit:  $\chi^2_{(1)} = 0.1$ ;  $p = .85$ ; Cortisolwert u./o. Monitoruhrzeit:  $\chi^2_{(1)} = 0.1$ ;  $p = .85$ ; siehe Anhang B-I, Tabelle B4). Am Prüfungstag weisen Frauen signifikant mehr

---

<sup>10</sup> Zu diesem Zeitpunkt waren bereits 14 Personen aus der Studie ausgeschieden, so dass die Daten von 24 Personen zu Phase II vorlagen (24 Personen x 5 Messzeitpunkte/Tag x 3 Tage = 360 Messungen).

fehlende Cortisol-Einzelwerte als Männer auf ( $\chi^2_{(1)} = 9.1$ ;  $p = .004$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B4).

Zwischen den Ausbildungsberufen zeigen sich zu beiden Untersuchungsphasen signifikant unterschiedliche Verteilungen der fehlenden Werte. So weisen in der Baseline-Phase Auszubildende des Hotelfachzweiges bedeutend mehr fehlende Cortisol-Einzelwerte, fehlende Monitorzeiten sowie die Kombination aus beidem auf (Cortisolwert:  $\chi^2_{(3)} = 24.6$ ;  $p \leq .001$ ; Monitorzeit:  $\chi^2_{(3)} = 41.4$ ;  $p \leq .001$ ; Cortisolwert u./o. Monitoruhrzeit:  $\chi^2_{(3)} = 39.8$ ;  $p \leq .001$ ; siehe Anhang B, Tabelle B5). In Phase II fehlen bei den Bäckereifachverkäufern die meisten Datenpunkte hinsichtlich der Cortisol-Einzelwerte, der Probenzeitentnahme sowie der Cortisol-Einzelwerte und/oder der Probenentnahmezeit (Cortisolwert:  $\chi^2_{(3)} = 56.3$ ;  $p \leq .001$ ; Monitorzeit:  $\chi^2_{(3)} = 20.7$ ;  $p \leq .001$ ; Cortisolwert u./o. Monitoruhrzeit:  $\chi^2_{(3)} = 20.0$ ;  $p = .0002$ ; siehe Anhang B-I, Tabelle B5). Am ausgewählten Referenztag der Baseline zeigen sich keine Unterschiede in der Verteilung der fehlenden Cortisol-Einzelwerte zwischen den Berufsgruppen ( $\chi^2_{(3)} = 5.3$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B6); hinsichtlich fehlender Monitoruhrzeiten sowie fehlender Cortisol-Einzelwerte und/oder Probeentnahmezeiten ist ein statistischer Trend dahingehend zu erkennen, dass Bäcker und Auszubildende des Hotelfachs auf diesen Daten mehr Missings aufweisen (Monitorzeit:  $\chi^2_{(3)} = 6.3$ ;  $p = .1$ ; Cortisolwert u./o. Monitoruhrzeit:  $\chi^2_{(3)} = 6.3$ ;  $p = .1$ ; siehe Anhang B-I, Tabelle B6). Am Prüfungstag weisen Bäckereifachverkäufer sowie Hotelfachauszubildende häufiger fehlende Cortisol-Einzelwerte ( $\chi^2_{(3)} = 26.2$ ;  $p \leq .001$ ), fehlende elektronische Aufzeichnungen der Probenentnahmezeit ( $\chi^2_{(3)} = 10.2$ ;  $p = .02$ ) sowie einer Kombination aus beidem ( $\chi^2_{(3)} = 7.9$ ;  $p = .05$ ) auf (siehe Anhang B-I, Tabelle B6).

In die weiteren Analysen gehen nur diejenigen Messungen ein, bei denen sowohl der Cortisolwert wie auch die dazugehörige Monitoruhrzeit vorhanden sind. All jene Cortisol-Einzelwerte, bei denen die elektronische Aufzeichnung der Uhrzeit der Probenentnahme fehlt und somit eine zeitliche Zuordnung des Cortisolwertes nicht möglich ist, werden ausgeschlossen.

**Identifikation von Extremwerten in den Cortisol-Daten.** In der Literatur existiert keine einheitliche Definition von Ausreißerwerten in Bezug auf Cortisol-Daten. In der vorliegenden Arbeit werden in Anlehnung an Broderick et al. (2004) Grenzwerte für Ausreißerwerte pro Messzeitpunkt und Tag über den jeweiligen Cortisol-Mittelwert und die dazugehörige Standardabweichung der Stichprobe bestimmt gemäß der Formel

$$MW_{\text{Cortisol T(x)}} + 4 * SD_{\text{Cortisol T(x)}}$$

Nach dieser Definition liegen in der vorliegenden Stichprobe weder am ausgewählten Referenztag der Baseline-Phase noch zu den Tagen um die praktische Abschlussprüfung extreme Cortisolwerte vor. Die messzeitpunkt- und tagesspezifischen Grenzwerte sowie Maxima sind in Tabelle B7 in Anhang B-I abgebildet.

### 3.4.1.2 Zeitliche Abweichungen der Probenentnahme vom Messprotokoll

Die Überprüfung der Einhaltung des Messprotokolls zur Speichelabgabe erfolgt in Bezug auf die Probenentnahmezeiten relativ zur Aufwachzeit. Die Probanden sollten an jedem Erhebungstag direkt nach dem Aufwachen, 15 (T(15)), 30 (T(30)) und 45 (T(45)) Minuten später eine Speichelprobe abgeben.

In Anlehnung an die Arbeiten von Broderick et al. (2004), Kudielka et al. (2003) und Kunz-Ebrecht et al. (2004b) und aufgrund der zeitlich sehr dicht aufeinanderfolgenden Messzeitpunkte am Morgen wird eine Messung als compliant, d.h. mit dem Messprotokoll übereinstimmend gewertet, sofern sie in einem Zeitfenster von  $\pm 5$  Minuten im vorgegebenen Zeitintervall bezogen auf die Aufwachzeit vorgenommen wurde. So gelten alle Proben zu T(15), die laut Monitor zwischen 10 und 20 Minuten nach dem Aufwachen abgegeben wurden, als vorschriftsgemäß; Messungen, die dieses Zeitintervall über- bzw. unterschreiten, werden als nicht-compliant eingestuft. Entsprechend verhält es sich mit den Messungen zu T(30) und T(45). Auf diese Weise ergeben sich in Phase I über alle drei Erhebungstage bei 20 Personen insgesamt 53 (20.0%) Messungen außerhalb der tolerierten Zeitintervalle mit einer durchschnittlichen Abweichung von der vorgegebenen relativen Entnahmezeit von 56 Minuten bei einem Median von 15 Minuten (SD =  $\pm 86$  Minuten; IQA: 78 Minuten) über alle Messzeitpunkte. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der zeitlich abweichenden Messungen zwischen den Erhebungstagen ( $\chi^2_{(2)} = 0.6$ ;  $p = .73$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B8) sowie zwischen den Messzeitpunkten T(15), T(30) und T(45) ( $\chi^2_{(2)} = 4.3$ ;  $p = .12$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B9). Am ausgewählten Referenztag der Baseline-Phase treten verteilt über 13 Personen 21 (23.3%) zeitlich nicht korrekt vorgenommene Messungen mit einer durchschnittlichen Zeitabweichung von 31 Minuten bei einem Median von 13 Minuten (SD = 36 Minuten; IQA = 22 Minuten) auf. Zwischen den Messzeitpunkten dieses Tages ergeben sich keine Unterschiede in der Verteilung der nicht-complianten Messungen ( $\chi^2_{(2)} = 1.1$ ;  $p = .7$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B9). Die Compliance der Frauen ist am Baseline-Tag mit über 90% zeitlich korrekt durchgeführter Messungen deutlich besser als die der Männer mit 68.4% ( $\chi^2_{(1)} = 5.9$ ;  $p = .02$ ). Zwischen den verschiedenen Ausbildungsberufen gibt es keine Unterschiede in den Compliance-Raten ( $\chi^2_{(3)} = 4.5$ ;  $p = .2$ ) am ausgewählten Referenztag.

Während der zweiten Untersuchungsphase führten 12 Personen insgesamt 31 Messungen (18.7%) nicht im Toleranzbereich des vorgegebenen Zeitintervalls aus. Die mittlere zeitliche Abweichung von den relativ zur Aufwachzeit vorgegebenen Entnahmezeiten beträgt 35 Minuten bei einem Median von 13 Minuten (SD = 108 Minuten; IQA = 17 Minuten). Dabei zeigen sich keine Unterschiede in den Compliance-Raten zwischen den drei Erhebungstagen ( $\chi^2_{(2)} = 2.2$ ;  $p = .33$ ; siehe Anhang B-I; Tabelle B8) sowie zwischen den Messzeitpunkten T(15), T(30) und T(45) ( $\chi^2_{(2)} = 2.2$ ;  $p = .33$ ; siehe Anhang B-I, Tabelle B9). Männer und Frauen unterscheiden sich nicht in der Anzahl zu spät oder zu früh durchgeführter Speichelproben ( $\chi^2_{(1)} = .7$ ;  $p = .43$ ). Bei den Bäckern liegen 11.1% und bei den Auszubildenden des Hotelfachs 8.7% der Messungen zeitlich außerhalb der Toleranzbereiche, wohingegen Bäckereifachverkäufer und Köche alle Messungen in den vorgegebenen Zeitfenstern durchführten ( $\chi^2_{(3)} = 7.9$ ;  $p = .05$ ).

### 3.4.1.3 Zusammenhang der relativen Entnahmezeit sowie der Einhaltung des Messprotokolls und der Cortisolausschüttung

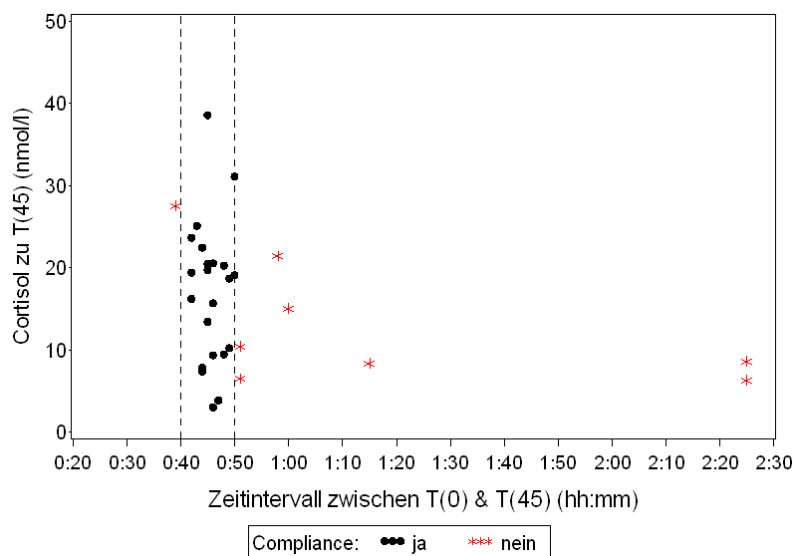
Inwieweit die individuellen relativen Entnahmezeiten bezogen auf den Aufwachzeitpunkt mit dem jeweiligen Cortisolwert des Messzeitpunktes zusammenhängen, kann Tabelle 5 entnommen werden. Ebenso sind dort die Korrelationen zwischen der mittleren Morgenausschüttung bzw. dem mittleren Morgenanstieg und der Gesamtdauer des Messintervalls am Morgen, d.h. der zeitliche Abstand zwischen T(0) und T(45) aufgeführt.

**Tabelle 22.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen relativen Entnahmezeiten und Cortisolwerten an den vier Messtagen.

	Relative Entnahmezeiten (hh:mm)							
	Referenztag		Tag v. Prüfung		Tag d. Prüfung		Tag n. Prüfung	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Cortisol zu T(15)	30	.03	18	<b>.47*</b>	18	.20	17	-.12
Cortisol zu T(30)	30	-.06	18	-.12	18	.07	18	.01
Cortisol zu T(45)	30	<b>-.39*</b>	18	-.15	17	.06	16	-.18
Cortisol zu T(abend)	30	.16	16	.03	15	-.08	16	.00
Mittlerer Morgenanstieg <sup>a</sup>	30	<b>-.38*</b>	17	.07	16	.20	15	-.33
Mittlere Morgenausschüttung <sup>a</sup>	30	-.22	17	-.16	18	.04	17	-.25

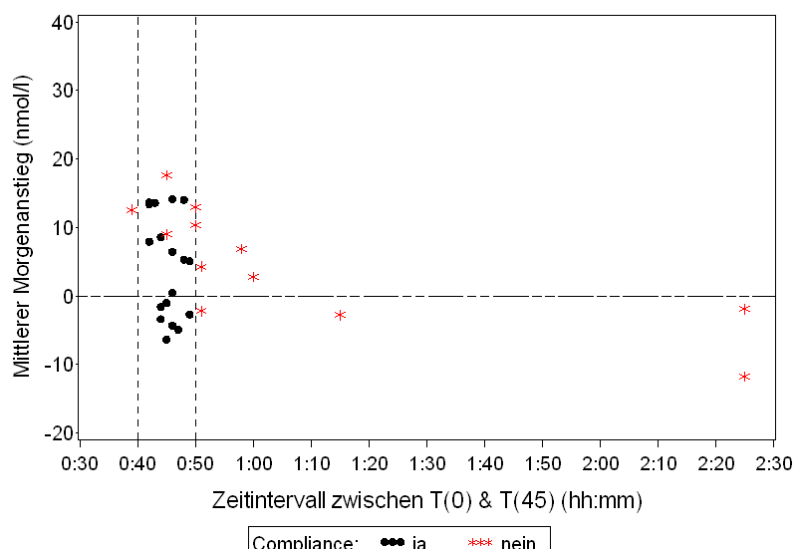
Anmerkungen: a) Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Cortisol-Parameter und der Gesamtdauer des morgendlichen Messintervalls T(0) – T(45); <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$

Insgesamt zeigen sich über die vier verschiedenen Messtage und Messzeitpunkte keine systematischen Zusammenhänge zwischen der relativen Entnahmezeit und dem dazugehörigen Cortisolwert. Lediglich am Referenztag der Baseline-Phase ergibt sich zum Messzeitpunkt T(45) ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der relativen Entnahmezeit und dem Cortisolwert ( $r = -.39$ ;  $p = .03$ ; siehe Abbildung 23).



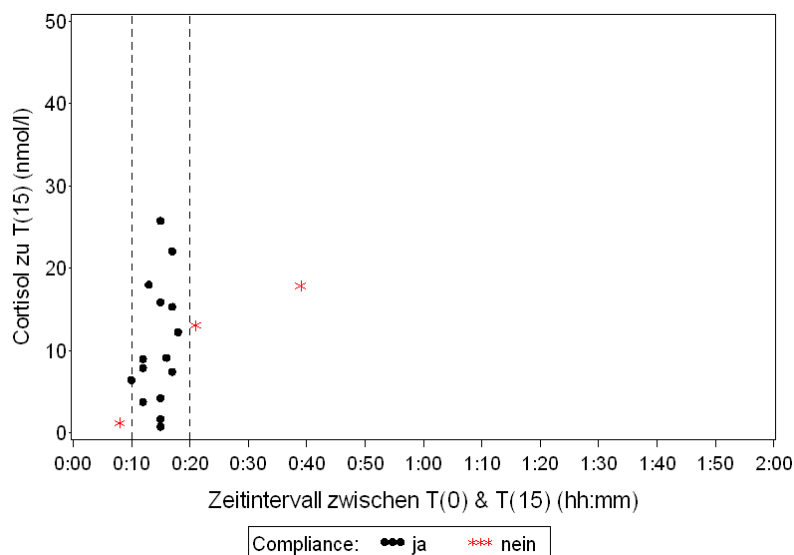
**Abbildung 23.** Zusammenhang zwischen der relativen Entnahmezeit und Cortisol zu T(45) am Referenztag der Phase I nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von  $\pm 5$  Minuten).

Ebenso scheint an diesem Tag der mittlere Morgenanstieg negativ mit der Dauer des Messintervalls von T(0) zu T(45) zusammenzuhängen ( $r = -.38$ ;  $p = .04$ ; siehe Abbildung 24). An den anderen Tagen zeigen sich diese Zusammenhänge jedoch nicht.



**Abbildung 24.** Zusammenhang zwischen dem Messintervall T(0) und T(45) und dem mittleren Morgenanstieg am Referenztag der Phase I nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von  $\pm 5$  Minuten; waagrechte Referenzlinie unterscheidet zwischen positivem und negativem Morgenanstieg).

Am Tag vor der Prüfung korreliert die relative Entnahmezeit und der Cortisolwert zu T(15) zu  $r = .47$  ( $p = .05$ ) moderat positiv miteinander (siehe Abbildung 25). Die Streudiagramme zeigen jedoch bei allen drei signifikanten Korrelationen, dass diese v.a. aufgrund der zeitlich nicht korrekt durchgeführten Messungen zustande kommen (siehe Abbildungen 4-6).



**Abbildung 25.** Zusammenhang zwischen der relativen Entnahmezeit und Cortisol zu T(15) am Tag vor der Prüfung zu Phase II nach Compliance (senkrechte Referenzlinien umschließen das tolerierte Zeitfenster von  $\pm 5$  Minuten).



Streudiagramme zu den übrigen Messzeitpunkten und Tagen finden sich im Anhang B-II (Abbildungen C13 bis C16).

Der Vergleich zwischen Personen mit zeitlich korrekt durchgeführten Messungen und Personen mit Messungen außerhalb des zeitlichen Toleranzbereichs von  $\pm 5$  Minuten pro Messzeitpunkt oder fehlenden Monitorzeiten am Referenztag der Phase I mit Hilfe von Wilcoxon-Rangsummen-Tests erbrachte keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der Cortisol-Einzelwerte sowie der Cortisol-Parameter (siehe Tabelle 23). Ein Vergleich der Cortisol-Daten an den Messtagen der Phase II ist aufgrund der geringen Anzahl nicht-complianter Messungen nicht sinnvoll.

**Tabelle 23.** Cortisol-Einzelwerte und -Parameter am Referenztag der Phase I nach Compliance.

	N	MW $\pm$ SD	MD	IQA	Min	Max	Teststatistik
<b>Cortisol zu T(15), nmol/l</b>							
Compliant	22	16.3 $\pm$ 6.5	14.1	9.0	7.7	28.3	
Nicht-compliant	9	21.4 $\pm$ 12.9	23.8	14.2	5.5	45.7	z = .81
<b>Cortisol zu T(30), nmol/l</b>							
Compliant	25	20.3 $\pm$ 8.2	20.6	11.6	7.3	37.0	
Nicht-compliant	6	14.7 $\pm$ 6.2	16.2	11.4	6.8	22.2	z = -1.5
<b>Cortisol zu T(45), nmol/l</b>							
Compliant	22	17.1 $\pm$ 8.7	18.9	11.1	3.0	38.6	
Nicht-compliant	9	13.9 $\pm$ 7.7	10.5	12.5	6.3	27.6	z = -.76
<b>Mittlerer Morgenanstieg, nmol/l</b>							
Compliant	18	4.4 $\pm$ 7.5	5.2	16.1	-6.3	14.1	
Nicht-compliant	13	5.2 $\pm$ 8.1	6.9	12.3	-11.7	17.6	z = .26
<b>Mittlere Morgenausshüttung, nmol/l</b>							
Compliant	18	15.8 $\pm$ 4.6	15.7	7.3	8.9	24.2	
Nicht-compliant	13	17.6 $\pm$ 7.9	18.9	8.7	7.0	31.4	z = .46

Anmerkungen: <sup>+</sup>p  $\leq$  .1; \*p  $\leq$  .05; \*\*p  $\leq$  .01; \*\*\*p  $\leq$  .001;

**Zusammenfassung und Datenbereinigung.** Nach Ausschluss der Studienabbrecher müssen weitere zwei Personen aufgrund starker Compliance-Probleme und fehlender Monitorzeiten an allen Messtagen der Phase II vollständig aus den Analysen ausgeschlossen werden. Dadurch ergibt sich für die weiteren Analysen eine Stichprobengröße von N = 17 Personen. Am Tag vor der Prüfung führten zwei Personen die Messungen in der Nacht durch, so dass diese Daten aufgrund der circadianen Rhythmik der Cortisolausschüttung nicht in den tagesspezifischen Auswertungen berücksichtigt werden. Zwei weitere Personen weisen an diesem Tag stark vom Messprotokoll abweichende Probenentnahmen auf,

was ebenso zu einer Nichtberücksichtigung in den tagesspezifischen Analysen führt. Am Tag nach der Prüfung können die Cortisol-Daten einer Personen aufgrund in der Nacht durchgeführter Messungen nicht verwendet werden. Drei Personen werden aufgrund starker zeitlicher Abweichungen der Probenentnahmen zu mehreren Messzeitpunkten an diesem Tag nicht in die tagesspezifischen Auswertungen eingeschlossen. Dies erklärt die Schwankungen in den Fallzahlen zwischen den Tagen.

#### 3.4.1.4 Einfluss des Cortisolaufwachwerts auf die tägliche Cortisolausschüttung

In Tabelle 6 sind die Zusammenhänge des Cortisol-Aufwachwertes mit den Cortisolwerten zu den folgenden Messzeitpunkten des Tages sowie mit den beiden Cortisol-Parametern pro Messtag dargestellt.

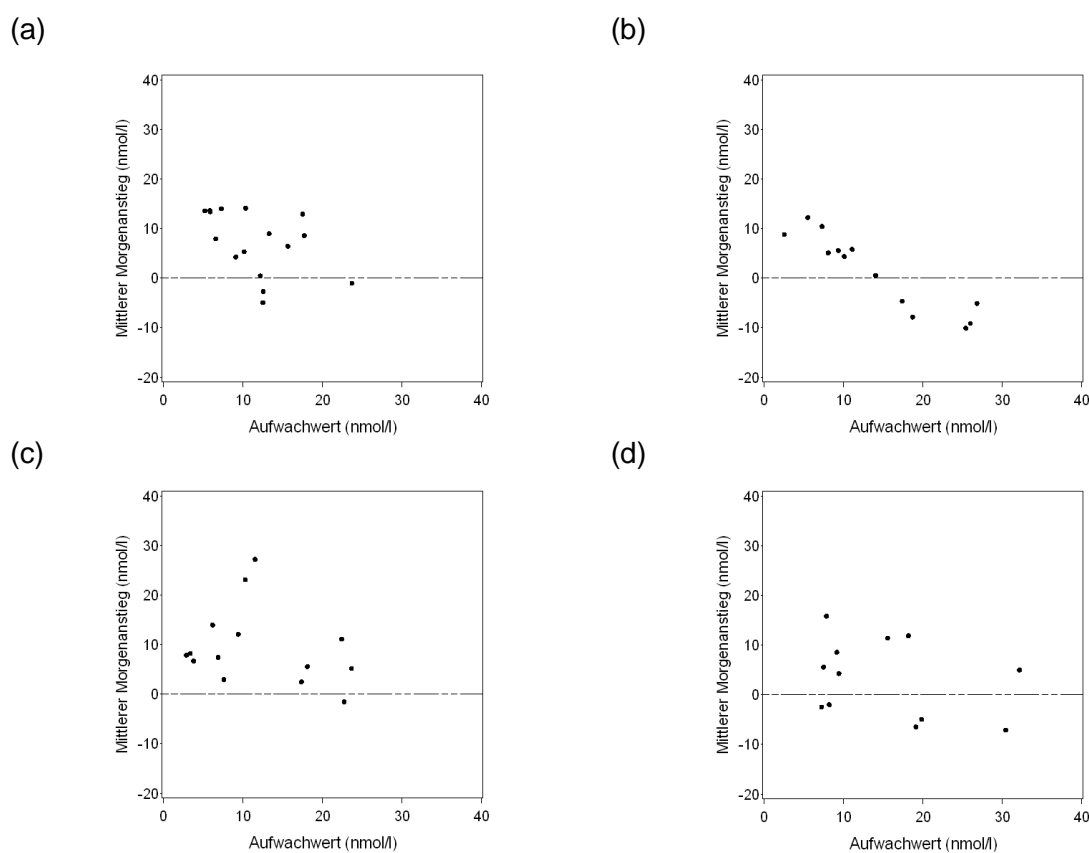
Die Cortisolkonzentration 15 Minuten nach dem Erwachen korreliert an allen Erhebungstagen signifikant positiv mit dem Aufwachwert; je höher der Aufwachwert, desto höher ist der Cortisolgehalt im Speichel 15 Minuten später (siehe Anhang B-II, Abbildung B17). 30 und 45 Minuten nach der ersten Cortisolprobe zeigt sich hinsichtlich des Zusammenhangs mit dem Aufwachwert ein heterogeneres Bild über die vier Messtage. So korrelieren am Tag vor der Prüfung der Cortisolwert 30 Minuten nach dem Erwachen nicht mit dem Aufwachwert ( $-.18$ ;  $p = .55$ ), an den übrigen Tagen bestehen hingegen positive Zusammenhänge zwischen den Cortisolkonzentrationen zu diesen beiden Messzeitpunkten (siehe Tabelle 24 sowie Anhang B-II, Abbildung B18).

**Tabelle 24.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Cortisol-Aufwachwert und Cortisolwerten der folgenden Messzeitpunkte sowie den Cortisolparametern pro Messtag.

	Cortisol-Aufwachwert							
	Referenztag		Tag vor Prüfung		Tag der Prüfung		Tag nach Prüfung	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Cortisol zu T(15)	16	.47 <sup>+</sup>	13	.85 <sup>***</sup>	15	.81 <sup>***</sup>	12	.81 <sup>***</sup>
Cortisol zu T(30)	17	.44 <sup>+</sup>	13	-.18	16	.64 <sup>**</sup>	12	.51 <sup>+</sup>
Cortisol zu T(45)	17	-.06	13	-.37	15	.56 <sup>*</sup>	12	.24
Abendwert	17	.20	13	.41	15	.01	11	.71 <sup>*</sup>
Mittlerer Morgenanstieg	16	-.46 <sup>+</sup>	13	-.91 <sup>***</sup>	14	-.31	12	-.34
Mittlere Morgenausschüttung	17	.54 <sup>*</sup>	13	.59 <sup>*</sup>	16	.81 <sup>***</sup>	12	.74 <sup>**</sup>

Anmerkungen: <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; <sup>\*</sup>  $p \leq .05$ ; <sup>\*\*</sup>  $p \leq .01$ ; <sup>\*\*\*</sup>  $p \leq .001$ .

Der Cortisolwert zu T(45) hängt nur am Morgen des Prüfungstages signifikant positiv mit dem Aufwachwert zusammen ( $r = .56$ ;  $p = .03$ ), wobei das Streudiagramm keinen eindeutigen linearen Zusammenhang nahe legt (siehe Anhang B-II, Abbildung B19c); an den übrigen Tagen zeigen sich keine bedeutenden Korrelationen zwischen den Cortisolwerten beim Erwachen und 45 Minuten später. Hinsichtlich des Abendwertes ergibt sich lediglich am Tag nach der Prüfung ein positiver Zusammenhang zwischen dem Cortisolwert vor dem Zubettgehen und dem Cortisol-Aufwachwert an diesem Tag ( $r = .71$ ;  $p = .02$ ). Dies scheint jedoch maßgeblich durch einen Extremwert beeinflusst, wie das Streudiagramm verdeutlicht (siehe Anhang B-II; Abbildung B20d).

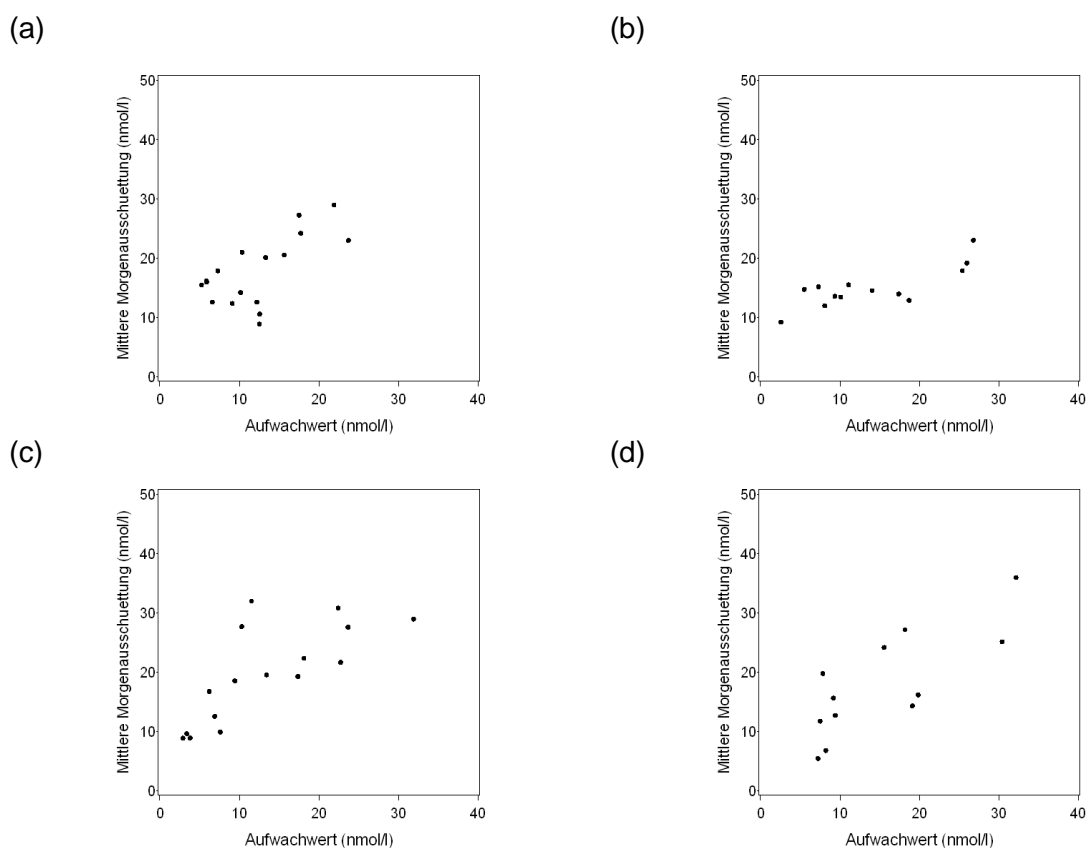


**Abbildung 26.** Zusammenhang zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d).

Der mittlere Morgenanstieg korreliert am Tag vor der Prüfung signifikant negativ mit dem Aufwachwert ( $r = -.91$ ;  $p \leq .001$ ); je höher der Aufwachwert ausgeprägt ist, desto geringer scheint an diesem Tag der mittlere Cortisol-Morgenanstieg ausgeprägt zu sein (siehe Abbildung 26b). Am Referenztag ist ebenso ein negativer Zusammenhang zwischen dem Cortisolwert zum Zeitpunkt des Erwachens und dem MnInc zu beobachten, der auf dem .10-Niveau signifikant wird ( $r = -.46$ ;  $p = .07$ ). Diese Korrelation scheint jedoch

maßgeblich durch einen Wert beeinflusst zu werden (siehe Abbildung 26a). An den übrigen Tagen zeigen sich keine bedeutenden Zusammenhänge zwischen diesem Cortisol-Parameter und dem Aufwachwert.

Die mittlere Morgenausschüttung weist hingegen an allen Messtagen einen signifikant positiven Zusammenhang zum Cortisolwert beim Erwachen auf (siehe Tabelle 6). Dies bedeutet, dass die Gesamtausschüttung an Cortisol am Morgen umso höher ist, je höher die Cortisolkonzentration beim Erwachen ist (siehe auch Abbildung 27).



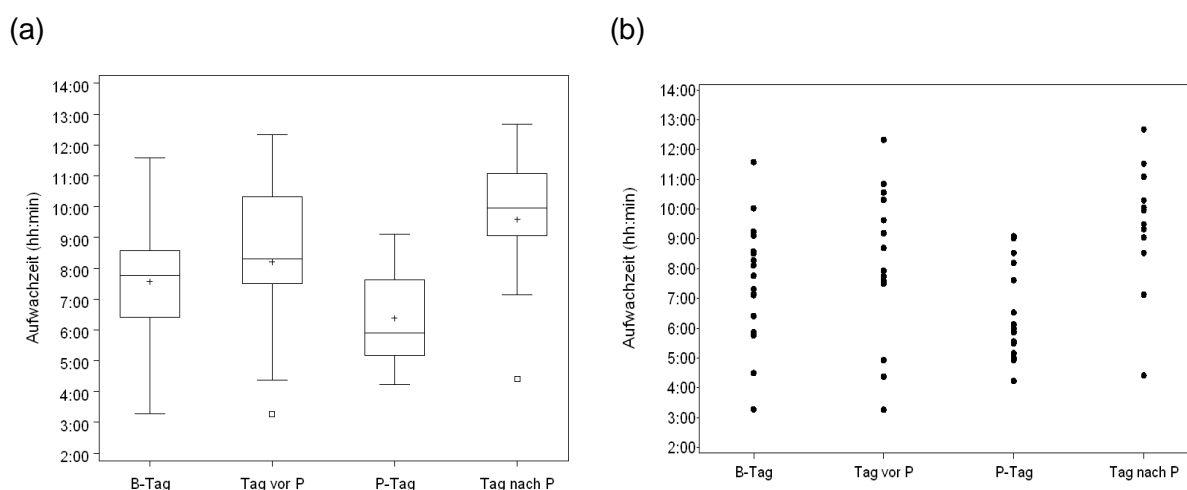
**Abbildung 27.** Zusammenhang zwischen dem Cortisol-Aufwachwert und der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d).

### 3.4.1.5 Einflussfaktoren auf die Cortisolausschüttung

**Aufwachzeiten.** Die durchschnittlichen Aufwachzeiten der Probanden an den 4 Erhebungstagen (Referenztag der Baseline-Phase, Tag vor der Prüfung, Tag der Prüfung sowie Tag nach der Prüfung) unterscheiden sich signifikant voneinander (Friedman-Test<sup>11</sup> für

<sup>11</sup> Bei der Friedman-Ranganalyse wurden fünf Personen aufgrund fehlender Aufwachzeiten ausgeschlossen.

abhängige Stichproben:  $q_{(3)} = 11.7$ ;  $p = .009$ ; deskriptive Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B10). Die Probanden standen am Tag der Prüfung im Schnitt 1:35h früher (SD = 2:20h; MD = 1:39h) auf als am Tag vor der Prüfung ( $S = -30.5$ ;  $p = .06$ ), 2:48h früher (SD = 2:25h; MD = 2:33h) als am Tag nach der Prüfung ( $S = -41.5$ ;  $p = .002$ ) sowie 1:11h früher (SD = 2:29h; MD = 0:56h) als am Referenztag ( $S = -38.5$ ;  $p = .07$ ), wie die Prüfung der Einzelkontraste mit Hilfe von Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests ergab (siehe Abbildung 4). Die Aufwachzeiten am Tag nach der Prüfung sind ebenfalls signifikant später als am Tag vor der Prüfung ( $S = -26.0$ ;  $p = .04$ ) sowie am Baseline-Tag ( $S = 36.5$ ;  $p = .008$ ). Am Vortag der Prüfung standen die Probanden durchschnittlich 0:55h später (SD = 2:46h; MD = 0:07h) als am Referenztag ( $S = 11.5$ ;  $p = .49$ ) auf.



**Abbildung 28.** Aufwachzeiten an den vier Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.

Die Cortisolwerte zum Zeitpunkt des Aufwachens zeigen keine bedeutenden Zusammenhänge zur eigentlichen Aufwachzeit (siehe Tabelle 25). Lediglich am Tag vor der Prüfung ergibt sich eine moderat positive Korrelation von  $r = .48$  ( $p = .10$ ), die jedoch durch drei Ausreißerwerte erklärbar ist (siehe Anhang B-II, Abbildung B21). Außer am Prüfungstag korrelieren die Cortisol-Einzelwerte zu T(30) signifikant negativ mit der Aufwachzeit, d.h. je früher die Aufwachzeit desto höher ist der Cortisolwert (siehe Anhang B-II; Abbildung B22). Erwartungsgemäß spiegelt sich dies auch in den Cortisolparametern dieser Tage wider. Je früher die Aufwachzeit desto höher ist der Morgenanstieg ausgeprägt ausgenommen am Tag der Prüfung (siehe Tabelle 7; Anhang B-II, Abbildung B23). Die mittlere Morgenaussschüttung korreliert am Referenztag der Baseline-Phase sowie am Tag nach der Prüfung tendenziell negativ ( $r_{B\text{-Tag}} = -.42$ ;  $p \leq .09$ ;  $r_{\text{Tag n. P}} = .50$ ;  $p = .10$ ) mit der Aufwachzeit (siehe Anhang B-II, Abbildung B24). Am Tag der Prüfung

selbst korrelieren Aufwachzeit und Cortisolwerte zu keinem Messzeitpunkt miteinander (siehe Tabelle 25).

**Tabelle 25.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Aufwachzeiten und Cortisolwerten an den vier Messtagen.

	Aufwachzeit (hh:mm)							
	Referenztag		Tag vor Prüfung		Tag der Prüfung		Tag nach Prüfung	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	17	-.03	13	<b>.48<sup>+</sup></b>	17	.14	12	-.10
Cortisol zu T(15)	16	-.36	13	.24	16	.36	12	-.36
Cortisol zu T(30)	17	<b>-.48<sup>*</sup></b>	13	<b>-.62<sup>*</sup></b>	17	.29	12	<b>-.52<sup>+</sup></b>
Cortisol zu T(45)	17	-.27	13	-.34	16	-.06	12	-.46
Abendwert	17	-.37	13	.12	16	.03	11	-.27
Mittlerer Morgenanstieg	16	<b>-.49<sup>+</sup></b>	13	<b>-.58<sup>*</sup></b>	14	-.17	12	<b>-.51<sup>+</sup></b>
Mittlere Morgenausschüttung	17	<b>-.42<sup>+</sup></b>	13	-.23	17	.08	12	<b>-.50<sup>+</sup></b>

Anmerkungen: <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; <sup>\*</sup> $p \leq .05$ ; <sup>\*\*</sup> $p \leq .01$ ; <sup>\*\*\*</sup> $p \leq .001$

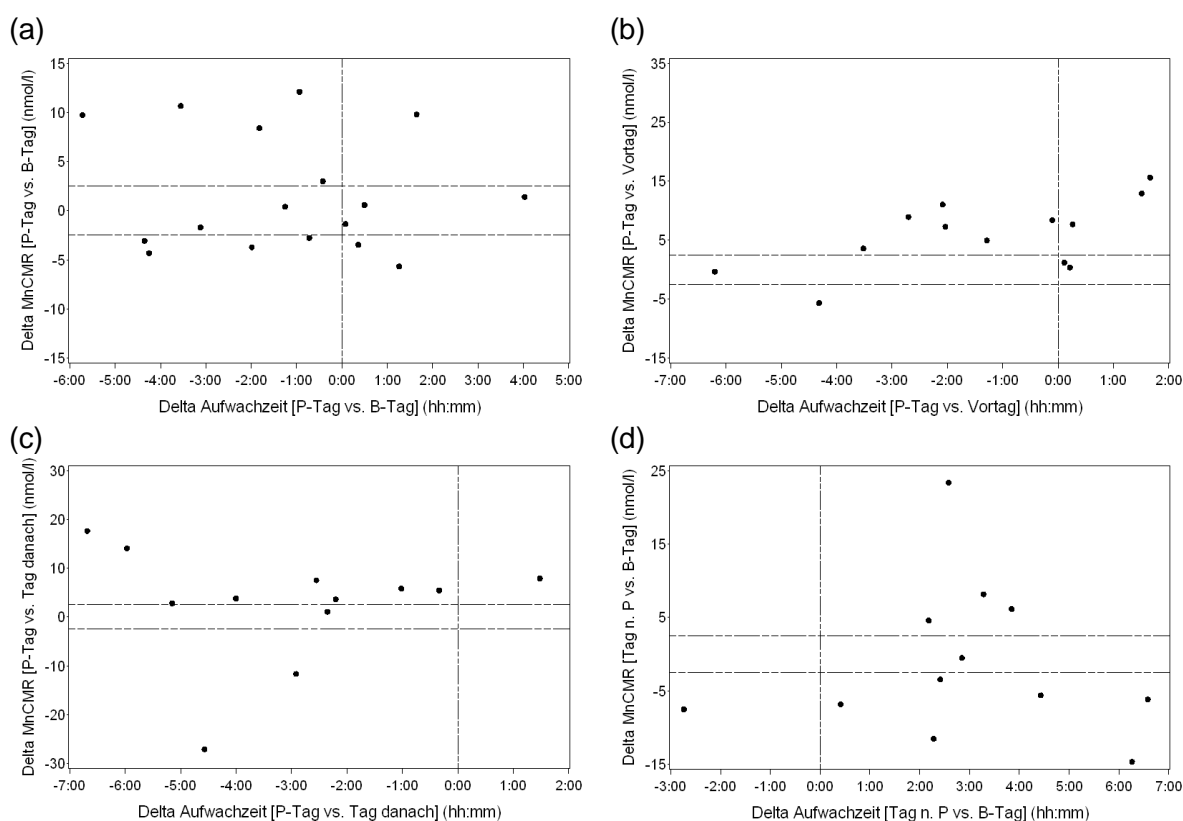
Um zu überprüfen, ob anstelle der antizipierten Abschlussprüfung Veränderungen in den Aufwachzeiten zwischen Prüfungstag, Tags zuvor und danach sowie dem Referenztag für Unterschiede in den Cortisol-Parametern zwischen diesen Tagen verantwortlich sind, werden Spearman-Rang-Korrelationen zwischen den Differenzen der Aufwachzeiten sowie des jeweiligen Cortisol-Parameters zwischen den Tagen berechnet. Wie Tabelle 26 zu entnehmen ist, korreliert die Veränderung der Aufwachzeit zwischen zwei Tagen nicht signifikant mit der Zu- oder Abnahme des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen diesen Tagen (Abbildungen siehe Anhang B-II, Abbildung B25).

Die Veränderung der Aufwachzeit am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Vortag korreliert signifikant positiv mit der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung zwischen diesen beiden Tagen ( $r = .55$ ;  $p = .05$ ). Allerdings wird die Höhe dieser Korrelation besonders durch eine Beobachtung bestimmt: Dieser Proband schläft am Prüfungsmorgen 1:40h länger als am Tag zuvor (siehe Abbildung 29b). Schließt man diese Person aus den Analysen aus, sinkt der Korrelation-Koeffizient auf  $r = .43$  ( $p = .17$ ). Weitere statistisch bedeutsame Zusammenhänge zwischen Veränderungen in der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung und Veränderungen in den Aufwachzeiten ergeben sich nicht (siehe Tabelle 26).

**Tabelle 26.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Veränderungen der Aufwachzeiten und Veränderungen der Cortisol-Parameter zwischen den vier Messtagen.

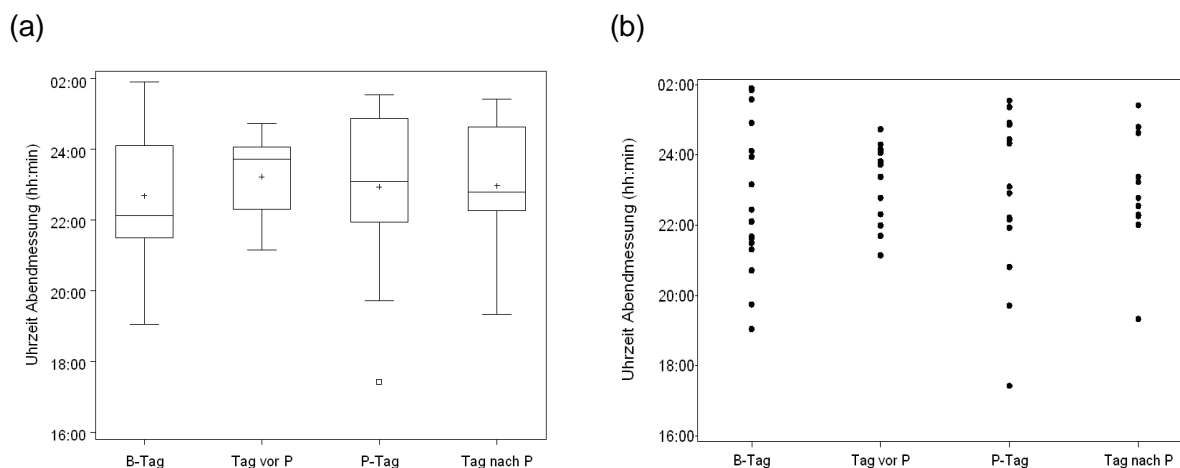
	Veränderung Aufwachzeit (hh:mm)							
	$\Delta$ P-Tag vs. Baseline-Tag <sup>a</sup>		$\Delta$ P-Tag vs. Vortag <sup>b</sup>		$\Delta$ P-Tag vs. Tag danach <sup>c</sup>		$\Delta$ Tag nach P. vs. B-Tag <sup>d</sup>	
	N	r	N	r	N	r	N	r
$\Delta$ Morgenanstieg	13	-.38	11	-.40	10	-.15	11	-.30
$\Delta$ Morgenaussschüttung	17	.02	13	.55*	12	-.04	12	.08

Anmerkungen: a)  $\Delta$  P-Tag vs. B-Tag = [Aufwachzeit<sub>P-Tag</sub> - Aufwachzeit<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>B-Tag</sub>]; b)  $\Delta$  P-Tag vs. Vortag = [Aufwachzeit<sub>P-Tag</sub> - Aufwachzeit<sub>Tag vor P.</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>Tag vor P.</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>Tag vor P.</sub>]; c)  $\Delta$  P-Tag vs. Tag danach = [Aufwachzeit<sub>P-Tag</sub> - Aufwachzeit<sub>Tag nach P.</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>Tag nach P.</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>Tag nach P.</sub>]; d)  $\Delta$  Tag nach P. vs. B-Tag = [Aufwachzeit<sub>Tag nach P.</sub> - Aufwachzeit<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnInc<sub>Tag nach P.</sub> - MnInc<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnCMR<sub>Tag nach P.</sub> - MnCMR<sub>B-Tag</sub>];  
<sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .



**Abbildung 29.** Zusammenhang zwischen der Veränderung der Aufwachzeit und der Veränderung der mittleren Morgenaussschüttung zwischen Prüfungstag und Baseline-Tag (a), Prüfungstag und Tags zuvor (b), Prüfungstag und Tag danach (c) sowie dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag (d) (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

**Uhrzeit der Abendmessung.** Die letzte Speichelprobe wurde an allen Messtagen vor dem Zubettgehen genommen. Die durchschnittlichen Uhrzeiten sowie andere statistische Kennwerte sind Tabelle B11 in Anhang B-I zu entnehmen. Zwischen den Tagen gab es im Mittel keine Unterschiede in den Entnahmezeiten innerhalb der Personen<sup>12</sup> ( $q_{(3)} = 2.5$ ;  $p = .48$ ; siehe Abbildung 30).



**Abbildung 30.** Uhrzeiten der letzten Messung an den vier Messtagen; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.

Zwischen den Uhrzeiten der Probenentnahme und den Cortisol-Abendwerten zeigen sich keine bedeutenden Zusammenhänge, wie Tabelle 27 entnommen werden kann.

**Tabelle 27.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Uhrzeit der letzten Messung und Cortisol-Abendwerten zu den vier Messtagen.

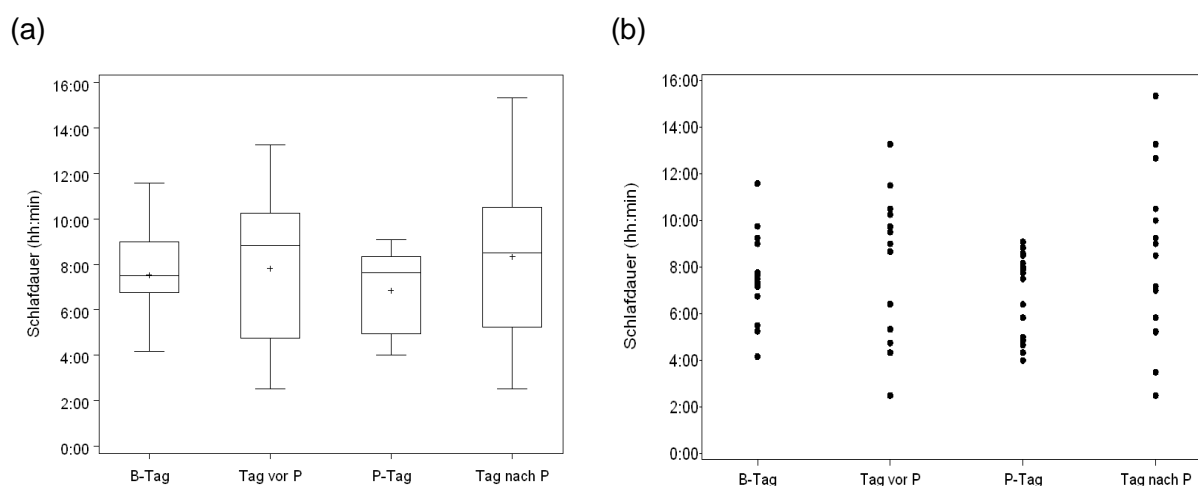
	Cortisol zu T (abend) (nmol/l)	
	N	r
<b>Uhrzeit letzte Messung</b>		
Referenztag	17	.15
Tag vor Prüfung	13	.11
Tag der Prüfung	15	.21
Tag nach Prüfung	11	.10

Anmerkungen: <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

<sup>12</sup> Bei der Friedman-Ranganalyse wurden sechs Personen aufgrund fehlender Uhrzeiten bei der Abendmessung ausgeschlossen.



**Schlafdauer.** Die Schlafdauer der Probanden in den Nächten variiert nicht signifikant zwischen den Messtagen<sup>13</sup> ( $q_{(3)} = 4.3$ ;  $p = .23$ ; deskriptive Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B12). Im Durchschnitt schliefen die Probanden zwischen sieben und acht Stunden (siehe Abbildung 31). In der Nacht zum Prüfungstag beträgt die Schlafdauer im Mittel 41 Minuten (SD = 2:11h; MD = 1:12h) weniger als am Referenztag der Baseline-Phase und 39 Minuten (SD = 3:06h; MD = 1.25h) weniger als in der Nacht zuvor. In der Nacht nach der Prüfung schliefen die Probanden im Schnitt 1:26h (SD = 3:44h; MD = 0:57h) länger als in der Nacht zum Prüfungstag; die Schlafdauer weist in dieser Nacht die größte Streuung auf (siehe Abbildung 5).



**Abbildung 31.** Schlafdauer in den Nächten der vier Messtage; (a) statistische Kennwerte; (b) Verteilung der Datenpunkte.

Zwischen der Schlafdauer und den Cortisolwerten beim Aufwachen, 15 und 45 Minuten später zeigen sich über alle Tage keine signifikanten Zusammenhänge (siehe Tabelle 28).

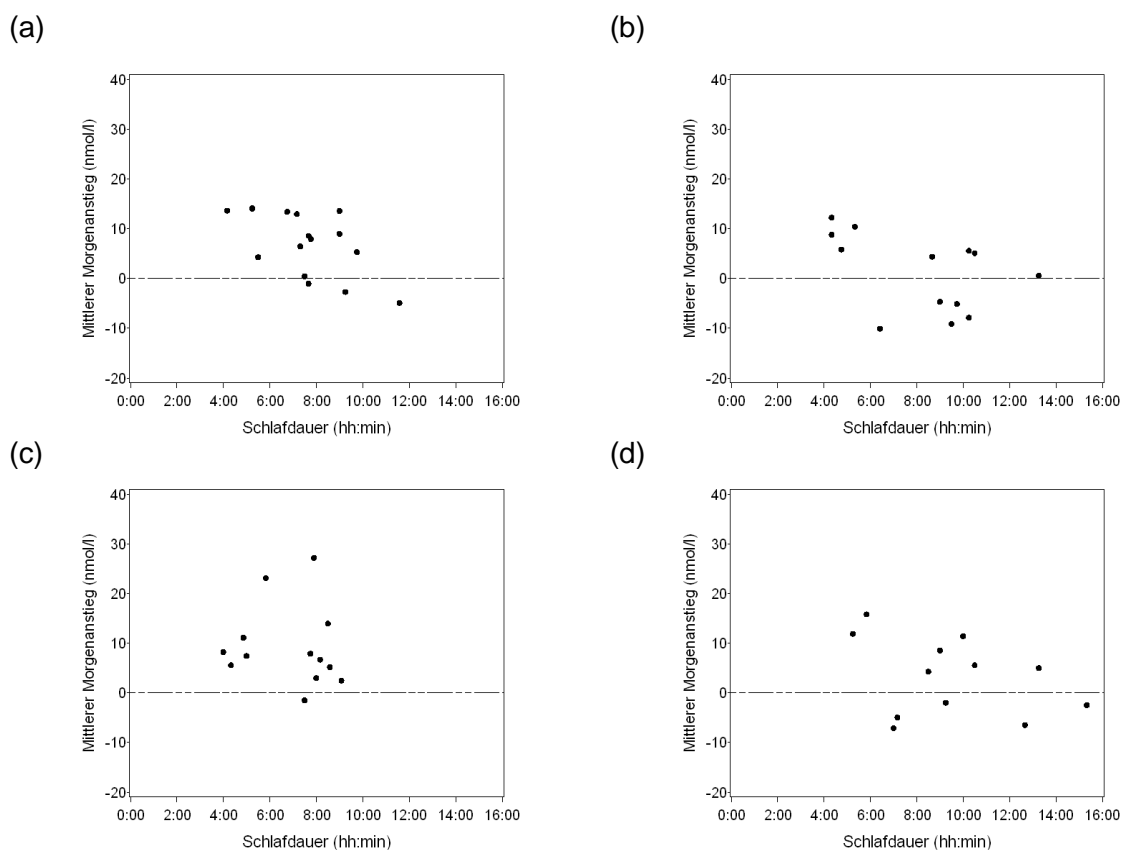
30 Minuten nach dem Erwachen (T(30)) korrelieren die Cortisolwerte und die Schlafdauer am Baseline-Tag ( $r = -.43$ ;  $p = .08$ ) sowie am Vortag der Prüfung ( $r = -.55$ ;  $p = .05$ ) statistisch bedeutsam (siehe Anhang B-II, Abbildung B26). Dies scheint sich auch auf den Cortisol-Parameter MnInc widerzuspiegeln. Sowohl am Baseline-Tag ( $r = -.63$ ;  $p = .009$ ) wie auch am Tag vor der Prüfung ( $r = -.49$ ;  $p = .09$ ) zeigen sich signifikante negative Korrelationen zwischen dem mittleren Morgenanstieg und der Schlafdauer in der Nacht zuvor. An den anderen Tagen zeigt sich diese Beziehung nicht (siehe Abbildung 32).

<sup>13</sup> Bei der Friedman-Ranganalyse wurden drei Personen aufgrund fehlender Angaben der Schlafdauer ausgeschlossen.

**Tabelle 28.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Schlafdauer in der Nacht und Cortisol-Einzelwerten und -Parametern am nächsten Tag an den vier Messtagen.

	Schlafdauer							
	Referenztag		Tag v. Prüfung		Tag d. Prüfung		Tag n. Prüfung	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Aufwachwert	17	.21	13	.42	15	-.02	12	-.17
Cortisol zu T(15)	16	-.29	13	.33	15	.03	12	-.30
Cortisol zu T(30)	17	<b>-.43<sup>+</sup></b>	13	<b>-.55<sup>*</sup></b>	16	-.06	12	-.48
Cortisol zu T(45)	17	-.41	13	-.17	15	-.11	12	-.26
Abendwert	17	-.33	13	.16	15	-.40	11	-.29
Mittlerer Morgenanstieg	16	<b>-.63<sup>**</sup></b>	13	<b>-.49<sup>+</sup></b>	13	-.29	12	-.29
Mittlere Morgenausschüttung	17	-.38	13	-.13	16	-.15	12	-.41

Anmerkungen: <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; <sup>\*</sup>  $p \leq .05$ ; <sup>\*\*</sup>  $p \leq .01$ ; <sup>\*\*\*</sup>  $p \leq .001$



**Abbildung 32.** Zusammenhang zwischen Schlafdauer in der vergangenen Nacht und mittlerem Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Prüfungstag (c) sowie am Tag nach der Prüfung (d).

Auf die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung scheint die Schlafdauer keine Auswirkung zu haben (siehe Tabelle 8). Abbildungen hierzu sind Anhang B-II zu entnehmen (Abbildung B27).

Veränderungen in der Schlafdauer zwischen den Tagen hängen nicht signifikant mit Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen diesen Tagen zusammen (siehe Tabelle 29; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B28). Ebenso zeigen sich keine bedeutenden Korrelationen zwischen Veränderungen in der Schlafdauer und in der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen den Tagen (auch siehe Anhang B-II, Abbildung B29).

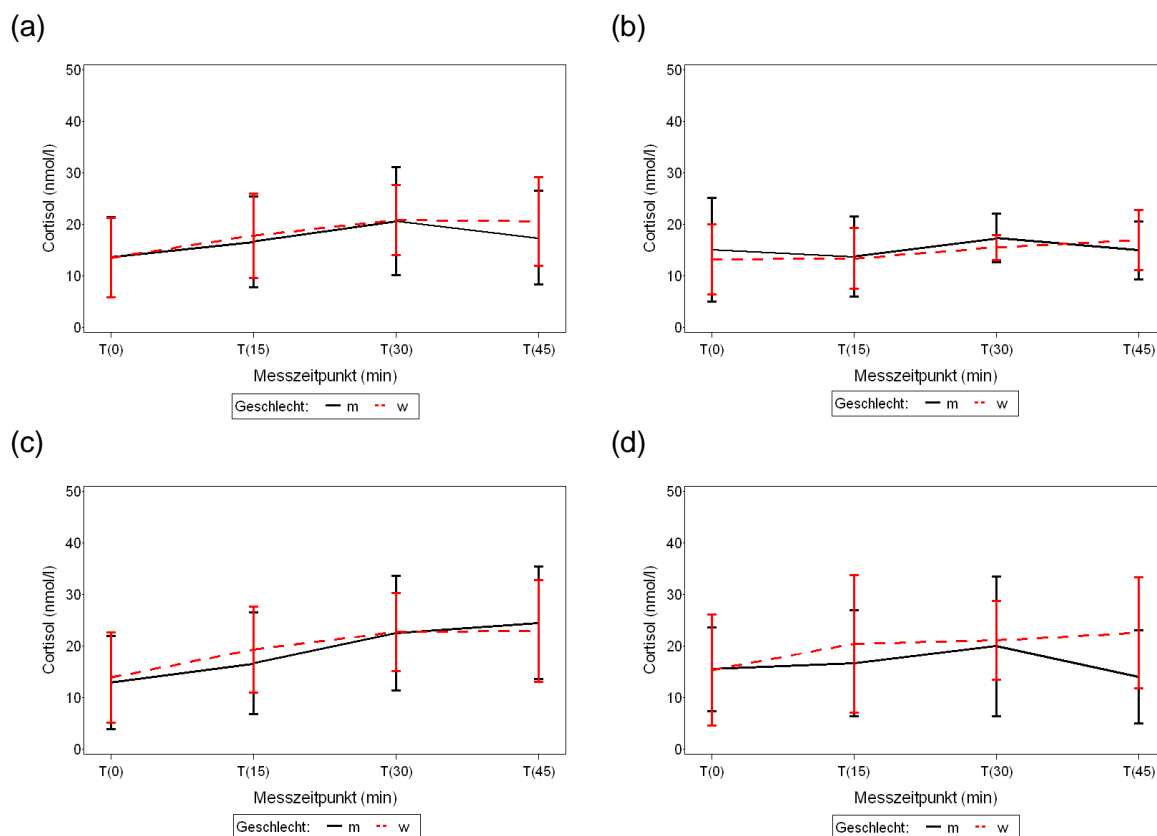
**Tabelle 29.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Veränderungen der Schlafdauer und Veränderungen der Cortisolparameter zwischen den vier Messtagen.

	Veränderung Schlafdauer							
	$\Delta$ P-Tag vs. B-Tag <sup>a</sup>		$\Delta$ P-Tag vs. Vortag <sup>b</sup>		$\Delta$ P-Tag vs. Tag danach <sup>c</sup>		$\Delta$ Tag n. P. vs. B-Tag <sup>d</sup>	
	N	r	N	r	N	r	N	r
$\Delta$ Morgenanstieg	12	-.01	10	-.25	9	.03	11	-.03
$\Delta$ Morgenausschüttung	16	-.04	12	.38	11	.17	12	.15

Anmerkungen: a)  $\Delta$  P-Tag vs. B-Tag = [Schlafdauer<sub>P-Tag</sub> - Schlafdauer<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>B-Tag</sub>]; b)  $\Delta$  P-Tag vs. Vortag = [Schlafdauer<sub>P-Tag</sub> - Schlafdauer<sub>Tag vor P.</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>Tag vor P.</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>Tag vor P.</sub>]; c)  $\Delta$  P-Tag vs. Tag danach = [Schlafdauer<sub>P-Tag</sub> - Schlafdauer<sub>Tag nach P.</sub>] bzw. [MnInc<sub>P-Tag</sub> - MnInc<sub>Tag nach P.</sub>] bzw. [MnCMR<sub>P-Tag</sub> - MnCMR<sub>Tag nach P.</sub>]; d)  $\Delta$  Tag nach P. vs. B-Tag = [Schlafdauer<sub>Tag nach P.</sub> - Schlafdauer<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnInc<sub>Tag nach P.</sub> - MnInc<sub>B-Tag</sub>] bzw. [MnCMR<sub>Tag nach P.</sub> - MnCMR<sub>B-Tag</sub>]; <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

**Geschlecht.** Die sieben Frauen (41.2%) und 10 Männer (58.2%) unterscheiden sich weder systematisch in der zentralen Tendenz über die Messtage<sup>14</sup> (siehe Anhang B-I, Tabelle B13) noch in der Höhe der Ausprägungen der Cortisol-Einzelwerte an den einzelnen Tagen voneinander (siehe Abbildung 33; Einzelprofile pro Tag siehe Anhang B-II, Abbildung B30).

<sup>14</sup> Bei den Friedman-Ranganalysen wurden je nach Messzeitpunkt sechs bis acht Personen aufgrund fehlender Cortisol-Verlaufsdaten an einem oder mehreren Messzeitpunkten ausgeschlossen.

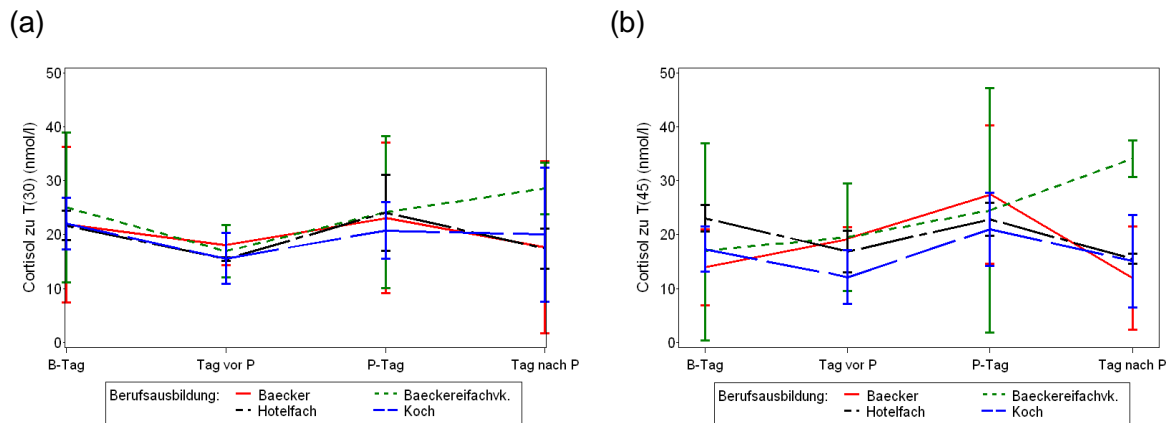


**Abbildung 33.** Cortisol-Morgenverläufe nach Geschlecht am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

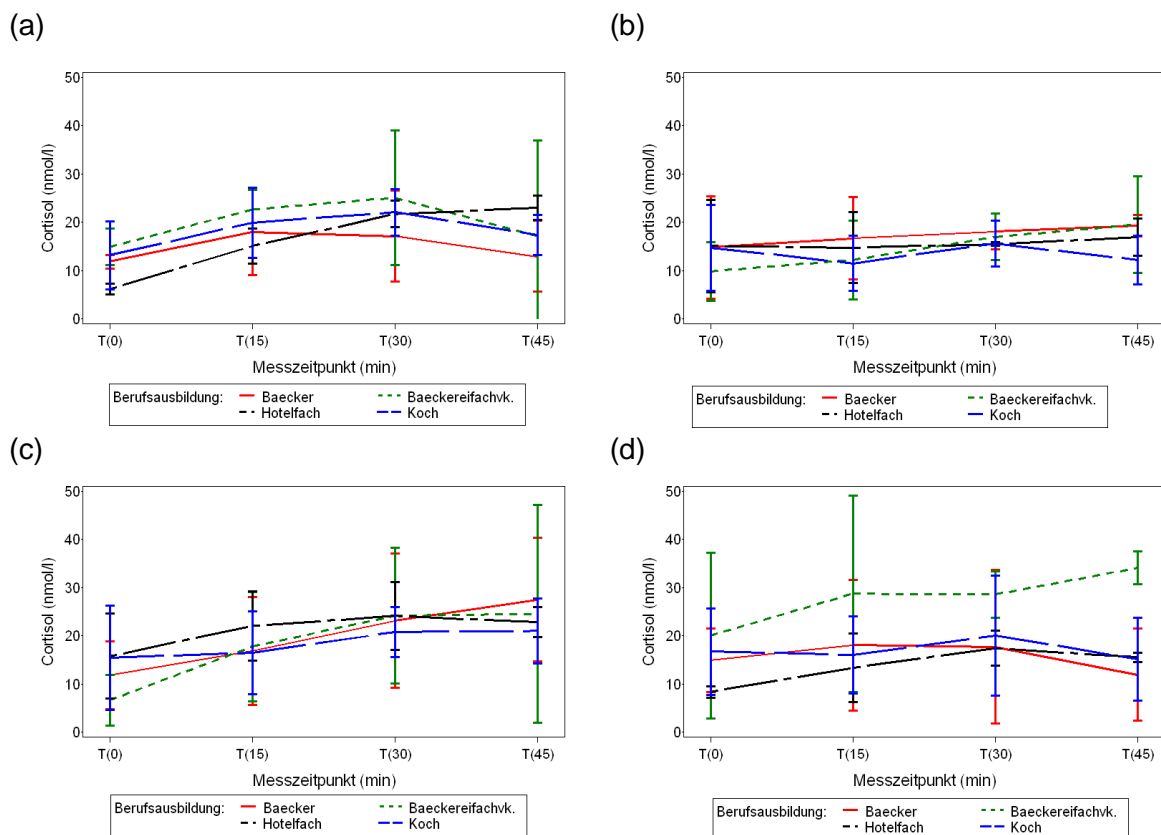
Die statistischen Kennwerte der Cortisol-Einzelwerte und -Parameter sind pro Messzeitpunkt und Tag für Männer und Frauen in Tabellen B14 bis B17 in Anhang B-I dargestellt. Die mittleren Morgenanstiege und die mittleren Cortisol-Morgenaus-schüttungen von Männern und Frauen weichen weder in der zentralen Tendenz über die Tage noch an den einzelnen Tagen signifikant voneinander ab (siehe Anhang B-I, Tabelle B13 sowie Anhang B-II, Abbildung B31 und B32). Auch in den Abendwerten lassen sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Verlauf und der Ausprägung feststellen (siehe Anhang B-I, Tabelle B13).

**Berufsausbildung.** Aufgrund der teilweise sehr geringen Fallzahlen in den Berufsgruppen (Bäcker = 6; Bäckereifachverkäufer = 2; Hotelfachleute = 3; Koch = 6) ist die Aussagekraft der nachfolgenden statistischen Kennwerte und Berechnungen eingeschränkt. Eine Friedman-Ranganalyse pro Messzeitpunkt und Parameter kann nach Ausschluss der Personen mit unvollständigen Cortisol-Verlaufsdaten aufgrund zu geringer Gruppengrößen nicht für T(15), T(abend) sowie für den MnInc erfolgen. Zu den anderen Messzeitpunkten ergeben sich signifikante Unterschiede 30 und 45 Minuten nach dem Aufwachen zwischen den Berufsgruppen (siehe Anhang B-I, Tabelle B18). In Abbildung 34 sind die

mittleren Verläufe zu T(30) und T(45) über die Messtage nach Berufsausbildung dargestellt. Demzufolge scheinen die zwei auszubildenden Bäckerereifachverkäuferinnen am Tag nach der Prüfung sowohl zu T(30) wie auch zu T(45) erhöhte Cortisolkonzentrationen im Vergleich zu den übrigen Auszubildenden zu haben.



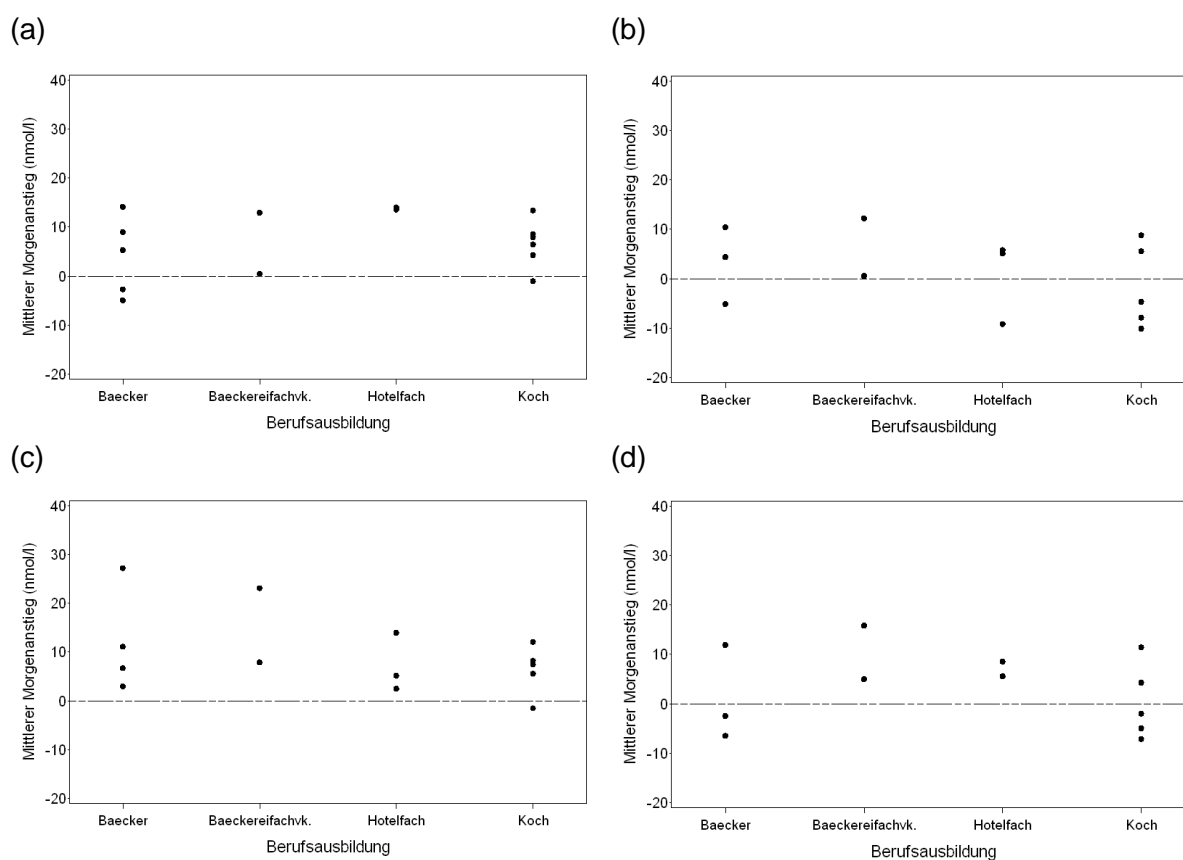
**Abbildung 34.** Berufsspezifische Verläufe des Cortisolwertes zu T(30) (a) und T(45) (b) über die vier Messtage.



**Abbildung 35.** Cortisol-Morgenverläufe nach Berufsausbildung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

Der Vergleich der Cortisol-Einzelwerte und -Parameter pro Tag unter Einschluss aller vorhandenen Cortisol-Daten mit Hilfe von Kruskal-Wallis-Tests ergibt keine berufsspezifischen Unterschiede auf diesen Messgrößen (siehe Anhang B-I; Tabellen B19 bis B22). Die gemittelten Cortisol-Morgenprofile der Messtage sind in Abbildung 35 dargestellt (Einzelprofile pro Tag siehe Anhang B-II, Abbildung B33).

Die berufsspezifische Verteilung der Datenpunkte im Hinblick auf den mittleren Morgenanstieg an den einzelnen Tagen finden sich in Abbildung 36 (für die mittlere Morgenausschüttung siehe Anhang B-II, Abbildung B34)

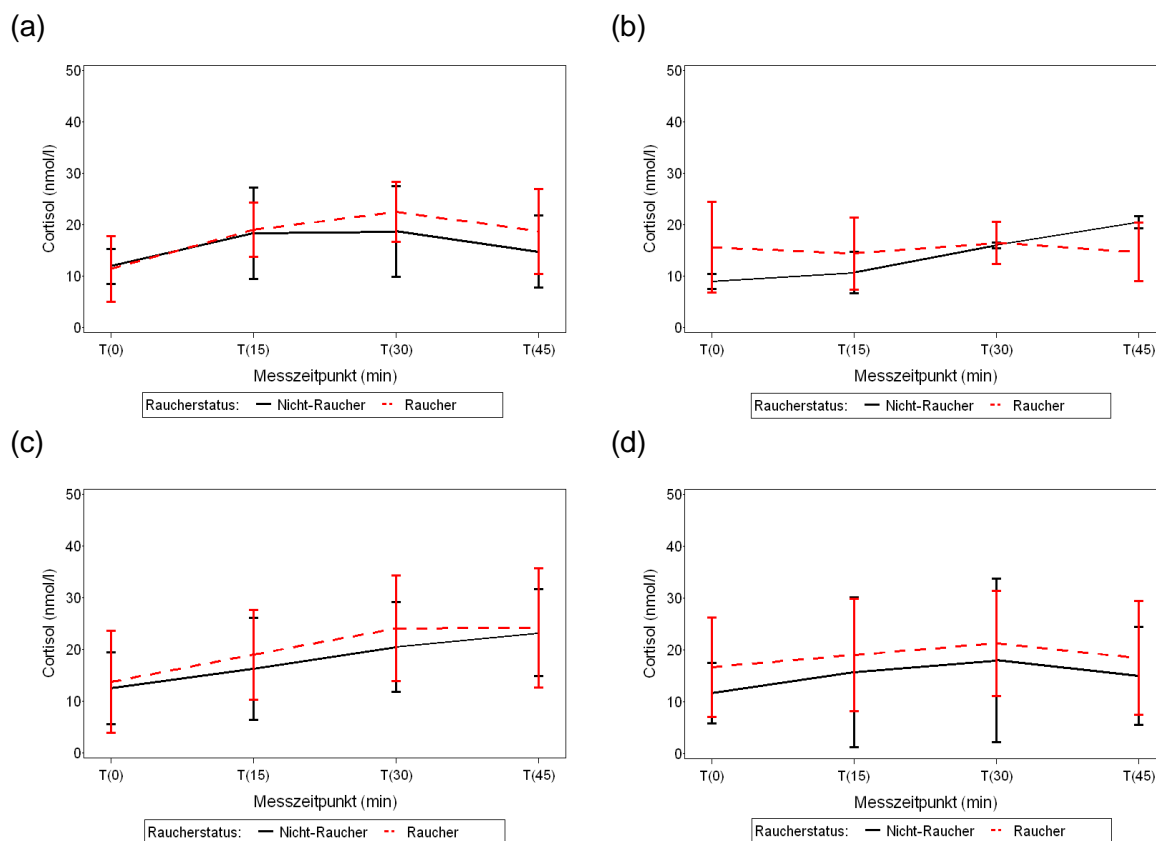


**Abbildung 36.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg nach Berufsausbildung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

**Raucherstatus.** Insgesamt sind 58.8%, d.h. zehn Personen (sechs Frauen, vier Männer) der Stichprobe Raucher. Nach eigenen Angaben rauchen sie im Durchschnitt  $11.4 \pm 8.7$  Zigaretten am Tag ( $MD = 14$ ;  $IQA = 12$ ); dabei unterscheiden sich Frauen und Männer nicht in ihrem durchschnittlichen Zigarettenkonsum ( $MD_{\text{Frauen}} = 10.0$ ;  $IQA_{\text{Frauen}} = 13$  vs.  $MD_{\text{Männer}} = 17.5$ ;  $IQA_{\text{Männer}} = 13.5$ ;  $p = .14$ ).

Über die vier Messtage zeigen sich keine gruppenspezifischen Unterschiede in den Ausprägungen der Cortisol-Einzelwerte pro Messzeitpunkt zwischen Rauchern und Nicht-

rauchern (siehe Anhang B-I, Tabelle B23). Allerdings ist zu beachten, dass nach Ausschluss unvollständiger Cortisol-Verlaufsdaten lediglich zwei Nichtraucher in die Analysen eingehen. Die Ergebnisse der statistischen Analysen sind daher vorsichtig zu interpretieren.

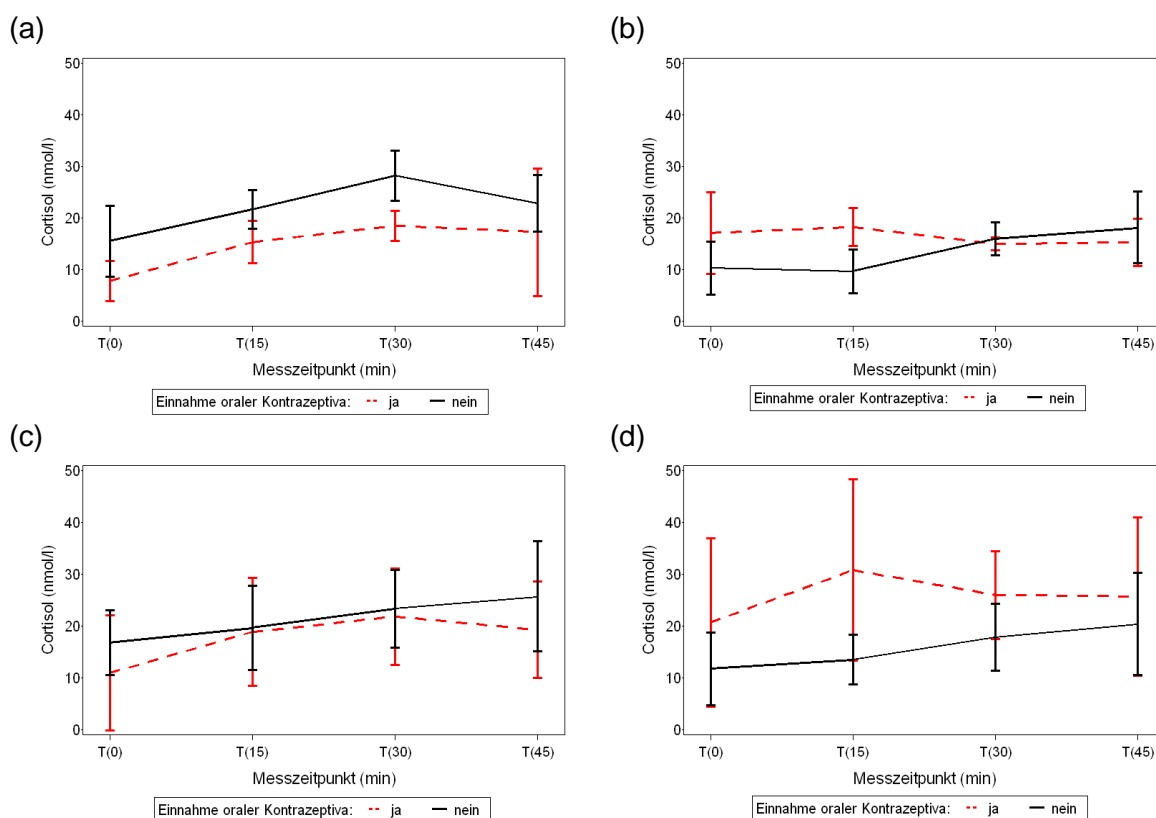


**Abbildung 37.** Cortisol-Morgenverläufe nach Raucherstatus am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

Die Einzelvergleiche der morgendlichen Cortisolwerte pro Messzeitpunkt und Tag unter Einschluss aller zur Verfügung stehenden Daten pro Tag ergeben keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit des Raucherstatus (durchschnittliche Cortisol-Morgenprofile siehe Abbildung 37; Einzelprofile siehe Anhang B-II, Abbildung B35) ausgenommen zu T(45) am Tag vor der Prüfung. Hier weisen die Nichtraucher einen höheren Cortisolwert auf als die Raucher ( $MD_{\text{Nichtraucher}} = 20.9$ ;  $IQA_{\text{Nichtraucher}} = 2.3$  vs.  $MD_{\text{Raucher}} = 12.7$ ;  $IQA_{\text{Raucher}} = 6.5$ ;  $p = .08$ ), was allerdings auf die geringe Fallzahl der Nichtraucher zurückzuführen ist (siehe Anhang B-II, Abbildung B36). So stehen am Tag vor sowie am Tag nach der Prüfung lediglich von drei Nicht-Rauchern Cortisol-Daten zur Verfügung. Der Abendwert der Raucher am Tag der Prüfung ist signifikant höher als bei den Nichtrauchern ( $MD_{\text{Nichtraucher}} = 1.5$ ;  $IQA_{\text{Nichtraucher}} = 1.0$  vs.  $MD_{\text{Raucher}} = 2.3$ ;  $IQA_{\text{Raucher}} = 4.2$ ;  $p = .08$ ), was durch die große Streuung der Werte bei den Rauchern erklärbar ist (siehe An-

hang B-II, Abbildung B37). Die statistischen Kennwerte sind in Anhang B-I, Tabellen B24 bis B27 aufgeführt.

Raucher unterscheiden sich weder signifikant im mittleren Morganstieg ( $q_{(3)} = 8.1$ ;  $p = .04$ ; siehe Anhang B-II, Abbildungen B38) noch in der mittleren Morgenausschüttung ( $q_{(3)} = 3.3$ ;  $p = .35$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B39) über die vier Tage von den Nichtrauchern<sup>15</sup>. Die Einzelkontrastprüfung mittels Wilcoxon-Rangsummen-Test an den einzelnen Tagen ergibt ebenso keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen im Ausprägungsgrad des mittleren Morgenanstiegs (siehe Anhang B-I; Tabellen B24 bis B27).



**Abbildung 38.** Cortisol-Morgenverläufe der Frauen in Abhängigkeit der Einnahme oraler Kontrazeptiva am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

**Einnahme oraler Kontrazeptiva.** Drei der sieben Frauen (42.9%) nehmen nach eigenen Angaben orale Kontrazeptiva. Diese Frauen unterscheiden sich weder in der zentralen Tendenz der Cortisol-Einzelwerte und -Parameter über die vier Messtage<sup>16</sup> (siehe

<sup>15</sup> Bei den Friedman-Ranganalysen wurden je nach Messzeitpunkt sechs bis acht Personen aufgrund fehlender Cortisol-Verlaufsdaten an einem oder mehreren Messzeitpunkten ausgeschlossen.

<sup>16</sup> Bei den Friedman-Ranganalysen wurden je zwei Frauen (eine mit und eine ohne Einnahme oraler Kontrazeptiva) aufgrund fehlender Cortisol-Verlaufsdaten an einem oder mehreren Messzeitpunkten ausgeschlossen.



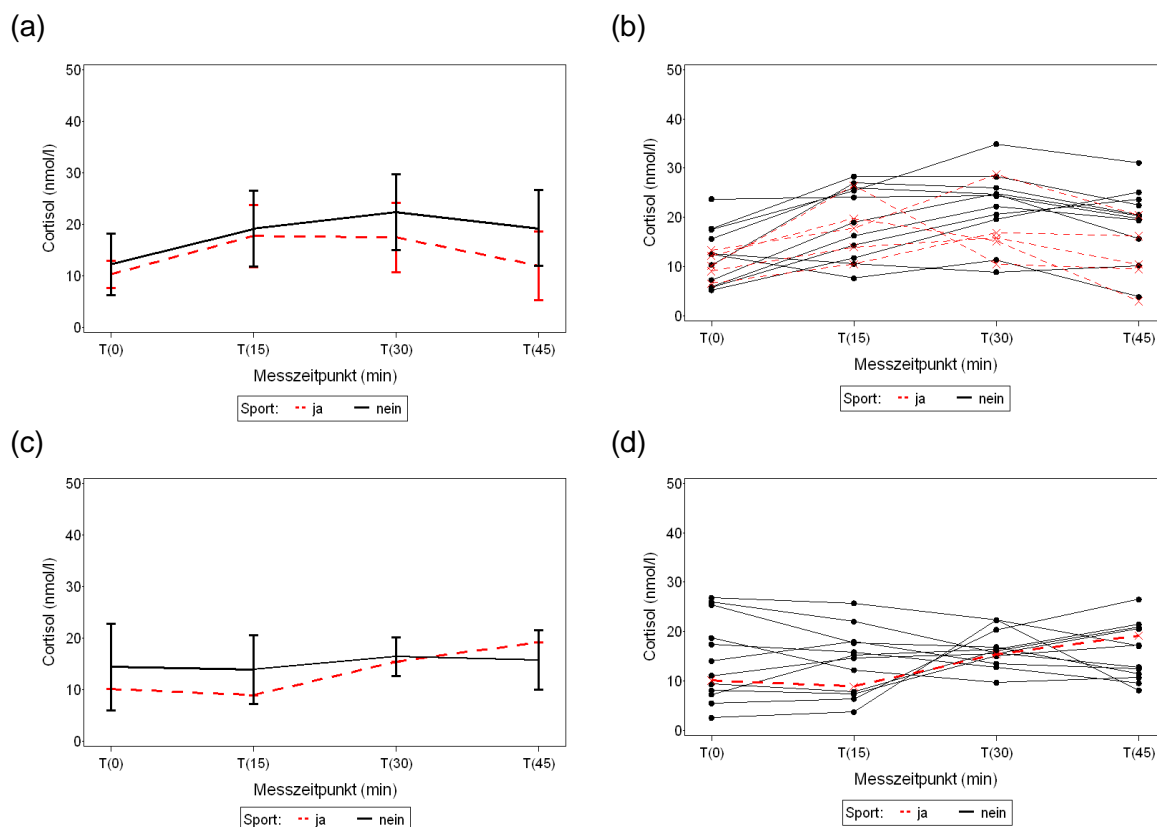
Anhang B-I, Tabelle B28) noch systematisch in den Ausprägungen der Werte pro Tag (siehe Anhang B-I, Tabelle, B29 bis B32) statistisch bedeutsam voneinander (gemittelte Cortisol-Morgenprofile siehe Abbildung 38; Einzelprofile siehe Anhang B-II, Abbildung B40).

Einzig am Baseline-Tag weisen Frauen, die keine oralen Kontrazeptiva zu sich nehmen, zum Messzeitpunkt T(30) höhere Cortisolwerte auf ( $MD_{\text{KeineOrale Kon.}} = 26.7$ ;  $IQA_{\text{KeineOrale Kon.}} = 7.2$  vs.  $MD_{\text{Orale Kon.}} = 19.7$ ;  $IQA_{\text{Orale Kon.}} = 5.4$ ;  $p = .05$ ). Dies spiegelt sich auch in der mittleren Morgenausschüttung dieser Frauen an diesem Tag wider ( $MD_{\text{KeineOrale Kon.}} = 21.5$ ;  $IQA_{\text{KeineOrale Kon.}} = 6.1$  vs.  $MD_{\text{Orale Kon.}} = 15.4$ ;  $IQA_{\text{Orale Kon.}} = 3.5$ ;  $p = .05$ ), nicht aber im mittleren Morgenanstieg. Abbildungen hierzu sind in Anhang B-II, Abbildungen B41 bis B43a dargestellt.

**Sportliche Aktivitäten pro Tag.** Sechs Probanden (35.3%) führten laut Selbstausskunft an einem der vier Messtage sportliche Aktivitäten durch, zwei Probanden (11.8%) an zwei Tagen; neun Personen (52.9%) betrieben an keinem der Erhebungstage irgendwelchen Sport. Am Tag der Prüfung betätigte sich keine der Personen sportlich. Frauen und Männer unterscheiden sich nicht in der Häufigkeit der sportlichen Aktivitäten ( $\chi^2_{(2)} = 0.3$   $p = .88$ ).

Ein Vergleich der täglichen Cortisolwerte am Abend zwischen Personen, die an diesem Tag Sport getrieben haben, vs. Personen, die sich nicht sportlich betätigt haben, kann nur am Baseline-Tag mittels Wilcoxon-Rangsummen-Tests durchgeführt werden. Am Tag vor der Prüfung trieb nur eine Person Sport (siehe Abbildung 39). Am Tag nach der Prüfung stehen die Cortisol-Daten der zwei Personen, die sich sportlich betätigt haben, nicht zur Verfügung.

Am Referenztag der Baseline-Phase unterscheiden sich Personen, die sportliche Aktivitäten an diesem Tag durchführten, nicht in der Cortisolkonzentration am Abend ( $MD_{\text{Sport}} = 1.6$ ;  $IQA_{\text{Sport}} = 10.2$  vs.  $MD_{\text{kein Sport}} = 2.9$ ;  $IQA_{\text{kein Sport}} = 6.6$ ;  $p = .96$ ). Personen, die Sport betreiben, scheinen sich auch nicht in ihrer Cortisol-Morgenausschüttung von Personen, die sich nicht sportlich betätigen, zu unterscheiden (siehe Abbildung 39).



**Abbildung 39.** Cortisol-Morgenverläufe nach sportlicher Betätigung am Baseline-Tag (a; b) und am Tag vor der Prüfung (c; d).

**Zusammenfassung.** Keiner der getesteten Einflussfaktoren zeigt einen systematischen Zusammenhang zur zentralen Tendenz der Cortisolausschüttung über die vier Messtage sowie innerhalb der einzelnen Tage.

Die bevorstehende Prüfung scheint sich sowohl in der durchschnittlichen Aufwachzeit am Tag der Prüfung sowie in der Schlafdauer in der Nacht zuvor bemerkbar zu machen. So stehen die Probanden am Tag der Prüfung im Durchschnitt etwa eineinhalb Stunden früher auf ( $6:23\text{Uhr} \pm 1:32\text{h}$ ) als zu den anderen Tagen. Der Cortisolwert zu Messzeitpunkt T(30) sowie die beiden Cortisol-Parameter zeigen signifikant negative Zusammenhänge mit der Aufwachzeit desselben Tages, ausgenommen jedoch am Prüfungstag, an dem sich keinerlei Korrelationen zwischen der Aufwachzeit und der Cortisolausschüttung zeigen. Veränderungen in der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen hängen nicht mit Veränderungen der Aufwachzeiten an diesen Tagen zusammen. Die Schlafdauer ist in der Nacht zuvor am kürzesten, allerdings nicht signifikant. Signifikant negative Zusammenhänge zwischen der Schlafdauer und Cortisol konnten lediglich am Referenztag

und am Tag vor der Prüfung zu T(30) und bezüglich des mittleren Morgenanstiegs nachgewiesen werden. Veränderungen in der Schlafdauer korrelieren nicht mit Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen zwei Tagen.

Der Cortisolwert am Abend hängt zu keinem Tag signifikant mit der Entnahmezeit zusammen. Männer und Frauen unterscheiden sich weder in ihrer zentralen Tendenz über die Messstage noch innerhalb der Tage signifikant hinsichtlich ihrer Cortisolwerte voneinander. Die zwei Bäckereifachverkäuferinnen weisen am Tag nach der Prüfung zu T(30) und T(45) tendenziell höhere Cortisolwerte auf als die Angehörigen der anderen Berufsgruppen. An den übrigen Tagen zeigen sich keine berufsgruppenspezifischen Unterschiede. Der Raucherstatus scheint nicht mit der Cortisolausschüttung in Beziehung zu stehen. Weder zwischen noch innerhalb der Tage unterscheiden sich Raucher von Nichtrauchern. Die Einnahme oraler Kontrazeptiva wirkt sich bei Frauen nicht systematisch auf ihre Cortisolausschüttung aus. So zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in der zentralen Tendenz der Cortisolausschüttung zwischen Frauen, die orale Kontrazeptiva zu sich nehmen, und Frauen, die dies nicht tun. Allerdings haben Frauen, die orale Kontrazeptiva einnehmen am Referenztag signifikant geringere Werte zu T(30) sowie eine signifikant geringere mittlere Morgenaussschüttung. Personen, die sich am Tag sportlich betätigen, unterscheiden sich im Durchschnitt nicht signifikant in ihrer Cortisolkonzentration am Abend von Personen, die keinen Sport betrieben haben. Auch lassen sich auf deskriptiver Ebene keine Unterschiede in den Cortisol-Morgenprofilen zeigen.

#### **3.4.2 Intraindividuelle Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung**

Um den Einfluss der praktischen Abschlussprüfung auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität näher zu untersuchen, werden im Folgenden zunächst die Cortisol-Einzelwerte zu den verschiedenen Messzeitpunkten sowie die Cortisol-Parameter auf intraindividuelle Unterschiede in der zentralen Tendenz zwischen den Tagen mit Hilfe von Friedman-Ranganalysen getestet. Hierfür können nur Daten von denjenigen Personen miteinbezogen werden, die zu allen Tagen am jeweiligen Messzeitpunkt Cortisolmessungen durchgeführt haben. Zur Prüfung von Einzelkontrasten, d.h. intraindividuellen Veränderungen der Cortisolausschüttung zu einem Messzeitpunkt zwischen zwei Tagen werden Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests herangezogen.

Anschließend wird die morgendliche Profilgestalt innerhalb eines Tages mit Hilfe von Friedman-Rang-Analysen und Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests näher untersucht,

um auf Unterschiede im morgendlichen Cortisolverlauf zwischen den einzelnen Tagen zu schließen. Hier werden nur Daten derjenigen Personen eingeschlossen, die an allen Tagen komplette Daten in den ersten 45 Minuten nach dem Aufwachen abgeliefert haben, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Tagen zu gewährleisten.

Zur Überprüfung der internen Struktur während der Tage um die praktische Abschlussprüfung werden abschließend mittels Zusammenhangsanalysen die Beziehungen verschiedener Aspekte der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen näher untersucht. Zum einen wird der Zusammenhang der Cortisol-Parameter und Cortisol-Einzelwerte pro Messzeitpunkt zwischen den Tagen überprüft. Des Weiteren wird getestet, inwieweit der Abendwert die Cortisolausschüttung am nächsten Morgen beeinflusst, ob und inwieweit das Ausmaß der Veränderung in der Cortisolausschüttung zwischen zwei Tagen mit dem Ausgangswert kovariiert und inwieweit der mittlere Morgenanstieg mit der mittleren Cortisolausschüttung an den Tagen um die Prüfung zusammenhängt.

### 3.4.2.1 Intraindividuelle Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen

**Cortisol nach Erwachen.** Der Cortisol-Aufwachwert liegt zwischen den Tagen im Mittel zwischen 13.2 und 16.2nmol/l bzw. die Mediane zwischen 10.3 und 15.6nmol/l (genaue statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B33). Dabei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der zentralen Tendenz über die Messtage ( $q_{(3)} = 0.6$ ;  $p = .89$ ;  $N = 11$ ). In Abbildung 40 sind die durchschnittlichen Cortisolaufwachwerte sowie die Einzelverläufe über die vier Tage der elf Personen abgebildet, von denen an jedem Tag ein Cortisolaufwachwert vorliegt. Auch wenn sich die Cortisolwerte zwischen den Tagen im Mittel nicht signifikant unterscheiden, zeigt Abbildung 40b, dass sowohl zwischen den Personen wie auch innerhalb einer Person zwischen den Tagen teilweise deutliche Schwankungen in der Höhe des Cortisolwertes zum Zeitpunkt des Erwachens auftreten können.

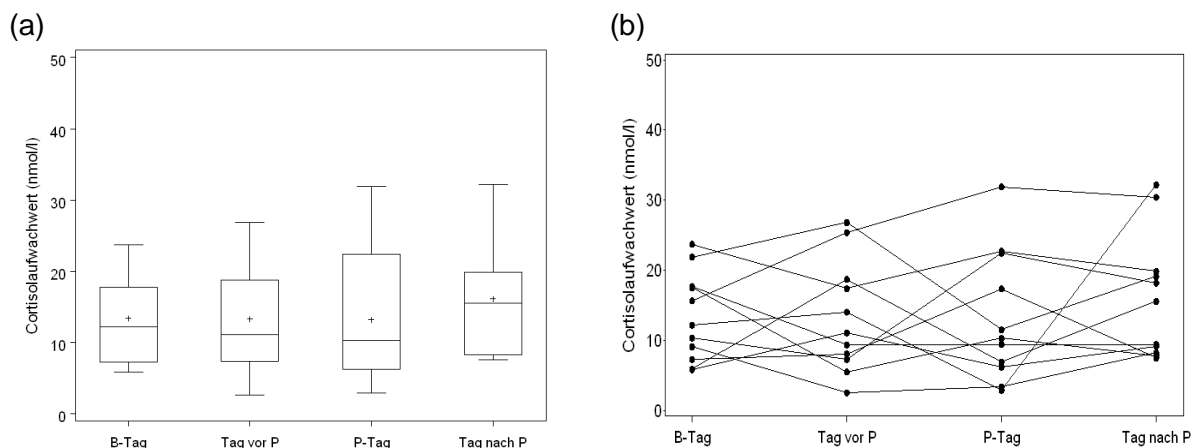
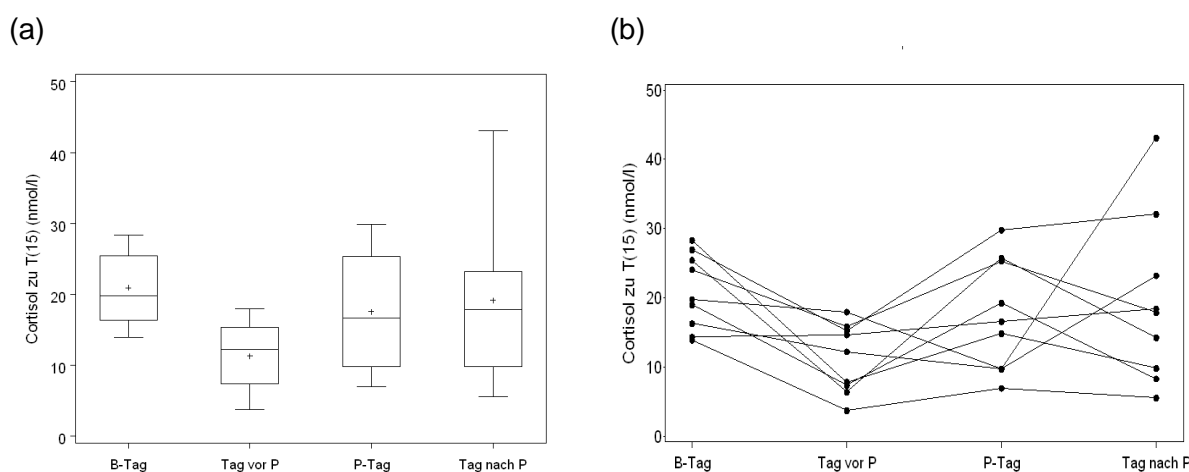


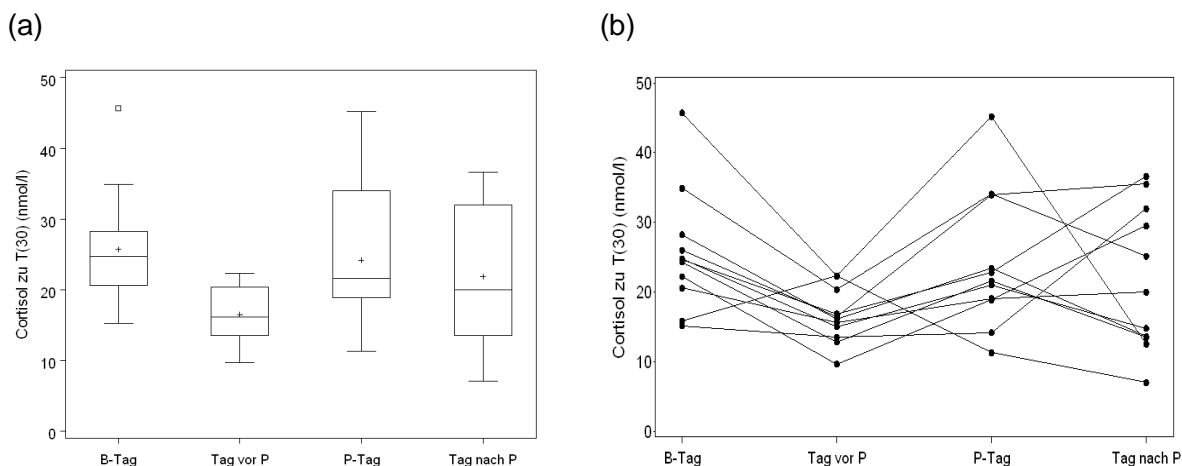
Abbildung 40. Cortisolaufwachwert der Stichprobe über die vier Messtage.

**Cortisol 15 Minuten nach Erwachen.** Die Cortisolwerte zu T(15) unterscheiden sich signifikant in ihrer zentralen Tendenz über die vier Messtage ( $q_{(3)} = 9.8$ ;  $p = .02$ ;  $N = 9$ ). Wie in Abbildung 41 zu erkennen, ist der Cortisolwert am Tag vor der Prüfung um durchschnittlich  $9.6 \pm 7.1$  nmol/l (MD = 10.2 nmol/l; 7.6 nmol/l) signifikant niedriger als am Referenztag der Baseline-Phase ( $S = 21.5$ ;  $p = .008$ ), um  $6.3 \pm 8.6$  nmol/l (MD = 7.0 nmol/l; IQA = 9.9 nmol/l) niedriger als am Tag der Prüfung ( $S = 15.5$ ;  $p = .07$ ) sowie um  $7.9 \pm 8.4$  nmol/l (MD = 3.7; IQA = 9.0) niedriger als am Tag nach der Prüfung ( $S = 22.5$ ;  $p = .004$ ). Zwischen den anderen Tagen gibt es keine signifikanten intraindividuellen Unterschiede in der Cortisolkonzentration 15 Minuten nach dem Erwachen (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B33).



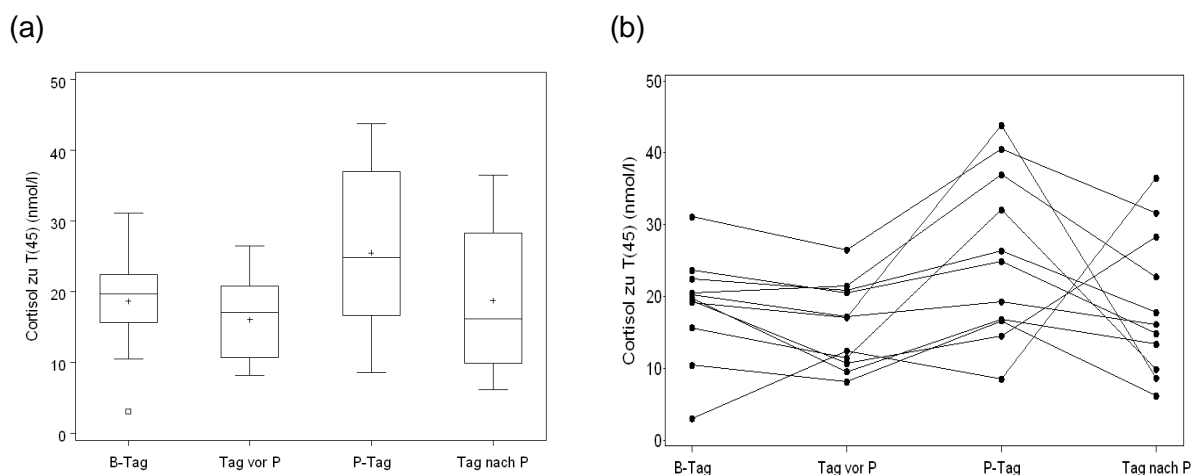
**Abbildung 41.** Cortisol zu T(15) der Stichprobe über die vier Messtage.

**Cortisol 30 Minuten nach Erwachen.** Auch 30 Minuten nach dem Erwachen zeigen sich signifikante Unterschiede in den Cortisolwerten über die vier Messtage ( $q_{(3)} = 12.1$ ;  $p = .007$ ;  $N = 11$ ; siehe Abbildung 42). Vergleichbar zur Cortisolkonzentration zu T(15) treten am Vortag der Prüfung im Durchschnitt um  $9.2 \pm 7.6$  nmol/l (MD = 9.7 nmol/l; IQA = 7.6 nmol/l) signifikant geringere Cortisolwerte auf als am Baseline-Tag ( $S = 30.0$ ;  $p = .005$ ) sowie um  $7.7 \pm 8.9$  nmol/l (MD = 7.3 nmol/l; IQA = 10.2 nmol/l) geringere Werte als am Prüfungstag ( $S = 25$ ;  $p = .02$ ). Am Tag der Prüfung weisen die Personen um  $1.5 \pm 3.5$  nmol/l (MD = 1.9 nmol/l; IQA = 2.9 nmol/l) signifikant geringere Cortisolwerte auf als am Baseline-Tag ( $S = 22.0$ ;  $p = .05$ ). Die Streuung bzw. der Interquartilsabstand in der Stichprobe ist am Tag der Prüfung ( $SD_{P\text{-Tag}} = 9.9$ ;  $IQA_{P\text{-Tag}} = 15.1$ ) verhältnismäßig groß im Vergleich zum Referenztag ( $SD_{B\text{-Tag}} = 8.6$ ;  $IQA_{B\text{-Tag}} = 7.7$ ). Weitere Einzelvergleiche zwischen den Tagen werden nicht signifikant (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B33).



**Abbildung 42.** Cortisol zu T(30) der Stichprobe über die vier Messtage.

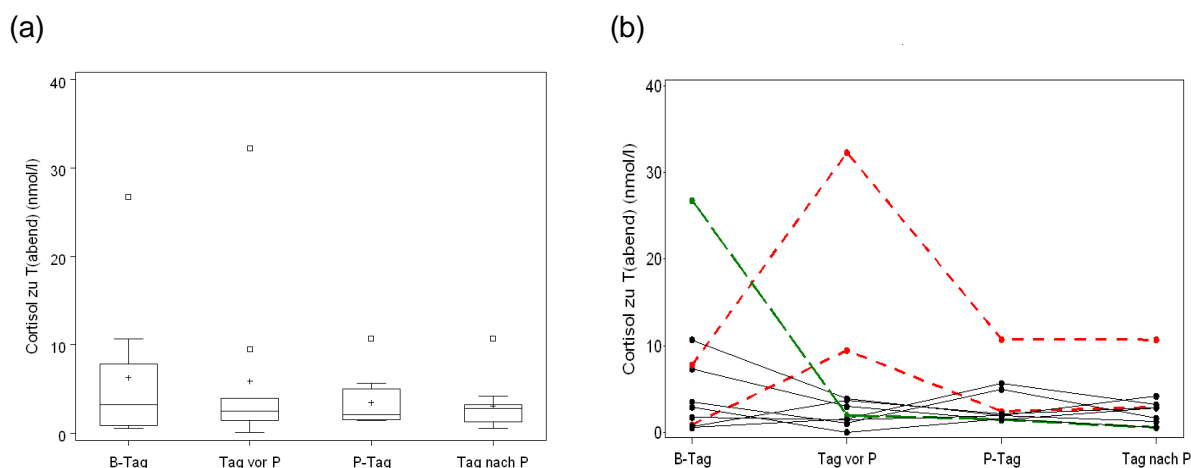
**Cortisol 45 Minuten nach Erwachen.** In der Cortisolkonzentration 45 Minuten nach dem Aufwachen lassen sich ebenfalls signifikante Unterschiede über die Messtage beobachten ( $q_{(3)} = 11.1$ ;  $p = .01$ ;  $N = 11$ ; siehe Abbildung 43). Wie zu den vorherigen Messzeitpunkten sind die Cortisolwerte am Tag vor der Prüfung um durchschnittlich  $2.7 \pm 5.1 \text{ nmol/l}$  ( $MD = 3.0 \text{ nmol/l}$ ,  $IQA = 3.0 \text{ nmol/l}$ ) signifikant erniedrigt im Vergleich zum Referenztag ( $S = 22.0$ ;  $p = .05$ ) und um durchschnittlich  $9.5 \pm 8.9 \text{ nmol/l}$  ( $MD = 7.2 \text{ nmol/l}$ ;  $IQA = 11.6 \text{ nmol/l}$ ) niedriger als am Tag der Prüfung ( $S = 30.0$ ;  $p = .005$ ). Am Prüfungstag zeigen sich im Vergleich zum Baseline-Tag im Mittel um  $6.8 \pm 9.2 \text{ nmol/l}$  ( $MD = 5.5 \text{ nmol/l}$ ;  $IQA = 17.3 \text{ nmol/l}$ ) höhere Cortisolkonzentrationen zu T(45) ( $S = 24.0$ ;  $p = .03$ ).



**Abbildung 43.** Cortisol zu T(45) der Stichprobe über die vier Messtage.

**Cortisol am Abend.** Am Abend unterscheiden sich die Cortisolwerte über die vier Messtage nicht voneinander ( $q_{(3)} = 0.7$ ;  $p = .87$ ;  $N = 10$ ). Bis auf vereinzelte Extremwer-

te scheinen im Durchschnitt die Cortisol-Reaktionen am Abend über die Tage relativ homogen zu sein (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I; Abbildung B34). Bei einigen Personen zeigen sich allerdings deutliche Schwankungen in den Cortisolkonzentrationen zwischen einzelnen Tagen, wie in Abbildung 44b zu sehen ist. So haben zwei Personen am Vorabend der Prüfung deutlich erhöhte Werte im Vergleich zu den anderen Tagen (Abbildung 44b; unterbrochene rot Linien). Ein männlicher Koch (19 Jahre; Nichtraucher) weist am Abend vor der Prüfung um 23:49 Uhr einen Cortisolwert von 32.3nmol/l auf. Seine Abendwerte an den übrigen Messtagen schwanken zwischen 7.8 und 10.7nmol/l. Nach eigenen Angaben ist dieser Proband aufgrund der bevorstehenden Prüfung am nächsten Tag etwas nervös. Seine letzte Mahlzeit liegt 5:49h zurück, er hat tagsüber keine sportlichen Aktivitäten durchgeführt und es traten keine besonderen Ereignisse während des Tages auf. Die zweite Person (weiblich; 21 Jahre; Bäckereifachverkäuferin, Raucherin) zeigt am Prüfungsvortag um 22:19 Uhr eine Cortisolkonzentration von 9.47nmol/l. Die Abendwerte an den übrigen Tagen schwanken bei ihr zwischen 0.9 und 2.9nmol/l. Auch diese Person hat tagsüber nach eigenen Angaben keinen Sport getrieben oder irgendwelche besonderen Ereignisse erlebt. Die Anzahl gerauchter Zigaretten unterscheidet sich nicht vom Baseline-Tag. Zur Einnahme der letzten Mahlzeit liegt keine Uhrzeitangabe vor; direkt vor der Cortisolmessung wurde jedoch laut Selbstauskunft nichts gegessen. Die Probandin berichtet, tagsüber aufgrund einer Grippe Schmerztabletten, Hustenlöser und Nasenspray genommen zu haben.



**Abbildung 44.** Cortisol der Stichprobe am Abend über die vier Messtage.

Diese Medikamente nimmt sie allerdings auch am Tag der Prüfung ein, an dem der Abendwert um 20:49 Uhr bei 2.4nmol/l liegt. Bei einer weiteren Person (männlich; 19 Jahre; Koch; Raucher) ist am Baseline-Tag um 21:30 Uhr ein Cortisolwert von 26.8nmol/l zu beobachten (siehe Abbildung 44b, unterbrochene grüne Linie). Dies ist

höchstwahrscheinlich auf sportliche Betätigung zurückzuführen. So gibt die Person an, zwischen 19:30 und 21:00 Uhr Fußball gespielt zu haben. Die letzte Mahlzeit war um 15:30 Uhr, es werden keine besonderen Ereignisse über den Tag berichtet und es wurden nicht mehr Zigaretten geraucht als an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung.

**Mittlerer Morgenanstieg.** Die teilweise deutlichen Unterschiede in den morgendlichen Cortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Messzeitpunkten über die Messtage spiegeln sich nicht im Maß für die morgendliche HPA-Achsenreaktivität wider. So unterscheidet sich der mittlere Cortisol-Morgenanstieg in seiner zentralen Tendenz nicht bedeutend über die vier Erhebungstage ( $q_{(3)} = 5.9$ ;  $p = .11$ ;  $N = 9$ ). Die genauen statistischen Kennwerte finden sich in Anhang B-I, Tabelle B33.

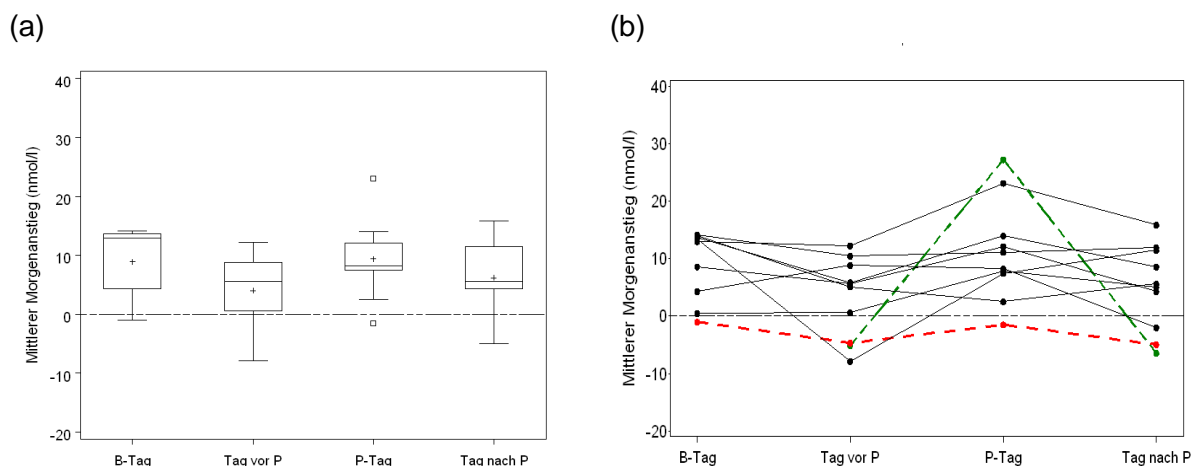
Vergleicht man die einzelnen Tage miteinander, zeigen sich keine Unterschiede zwischen dem Referenztag und dem Tag der Prüfung ( $S = 2.5$ ;  $p = .82$ ). Allerdings zeigen die Personen am Tag der Prüfung einen um durchschnittlich  $5.4\text{nmol/l} \pm 5.8\text{nmol/l}$  ( $MD = 6.5\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 7.4\text{nmol/l}$ ) signifikant höheren MnInc als am Tag zuvor ( $S = 18.5$ ;  $p = .03$ ). So weisen acht von elf Personen<sup>17</sup> (72.7%) einen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  höheren mittleren Cortisolanstieg am Morgen der Prüfung auf als am Vortag (Zunahme von  $3.2$  bis  $32.3\text{nmol/l}$ ). Bei zwei Personen verändert sich der mittlere Morgenanstieg mit  $-0.6$  und  $0.7\text{nmol/l}$  kaum. Eine Person zeigt einen Abfall des MnInc am Morgen der Prüfung um  $-2.6\text{nmol/l}$  gegenüber dem Vortag. Der MnInc am Tag vor der Prüfung ist im Durchschnitt um  $4.9 \pm 7.3\text{nmol/l}$  ( $MD = 3.6\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 7.1\text{nmol/l}$ ) signifikant niedriger als am Baseline-Tag ( $S = 15.5$ ;  $p = .07$ ). 9 Personen<sup>18</sup> (75.0%) zeigen am Tag vor der Prüfung einen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  niedrigeren MnInc als am Referenztag (Abnahme von  $-3.0$  bis  $22.7\text{nmol/l}$ ). Bei zwei Personen sind nur geringe Veränderungen von  $-0.1$  und  $0.7\text{nmol/l}$  zu beobachten. Ein Proband weist eine Zunahme des MnInc am Vortag der Prüfung um  $4.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Baseline-Tag auf. Hinsichtlich Geschlecht, Berufsausbildung und Raucherstatus gibt es keine systematischen Interaktionen mit einem Abfall oder einer Zunahme des MnInc am Vortag der Prüfung im Vergleich zum Referenz- oder Prüfungstag.

---

<sup>17</sup> Von insgesamt elf Personen liegt am Vortag sowie am Prüfungstag ein mittlerer Morgenanstieg vor.

<sup>18</sup> Von insgesamt zwölf Personen liegen am Baseline- sowie am Vortag der Prüfung mittlere Morgenanstiege vor.





**Abbildung 45.** Mittlerer Morgenanstieg der Stichprobe über die vier Messtage.

Lediglich bei einer Person (weiblich; 25 Jahre; auszubildende Köchin) ist am Tag der Prüfung ein negativer mittlerer Morgenanstieg, d.h. ein Abfall der Cortisolkonzentration in den ersten 45 Minuten zu beobachten (siehe Abbildung 45b; unterbrochene rote Linie). Diese Probandin weist auch an den übrigen Messtagen einen negativen mittleren Morgenanstieg auf bei sehr geringen Schwankungen zwischen den Tagen. Bei der Probandin liegen weder eine Verdachtsdiagnose Depression noch eine bezüglich einer Angststörung vor, allerdings weist sie auf der Allgemeinen Depressionsskala (Hautzinger & Bailer, 1993) einen kritischen Wert über 23 auf. Ihre dispositionelle Ängstlichkeit liegt bei 90% und ist somit auch deutlich erhöht. Der somatische Beschwerdedruck ist durchschnittlich und liegt bei 59%, ebenso wie die berichtete allgemeine Erschöpfung (Prozentrang 56%). Der BMI mit 32.3 sowie das WHR mit 0.92 sind deutlich erhöht. Des Weiteren gibt die Probandin an, seit dem Alter von fünf Jahren eine Allergie gegen Erdbeeren, Tomaten und Fisch zu haben.

Weiterhin zeigen sich bei einer Probandin (20 Jahre; auszubildende Bäckerin) starke Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsenreaktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung (siehe Abbildung 45b; unterbrochene grüne Linie) mit einem sehr hohen MnInc am Tag der Prüfung. Die Zustandsangst dieser Person am Abend sowie am Morgen vor der Prüfung bewertet sie auf einer vier-stufigen Skala jeweils mit einer 3; die Zustandsangst ist somit verhältnismäßig hoch. Die Prüfung selbst wird am Vorabend von ihr als ziemlich belastend und stresshaft mit einer 7 auf einer zehn-stufigen Skala bewertet. In der Nacht vor der Prüfung schläft die Probandin acht Stunden. Die dispositionelle Ängstlichkeit liegt bei einem Prozentrang von 71%, das Ausmaß der Depressivität bei 68%. Eine Verdachtsdiagnose liegt nicht vor. Der somatische Beschwerdedruck ist mit 57% durchschnittlich, die allgemeine Erschöpfung mit 79% etwas erhöht. Laut BMI

(17.3) ist die Probandin leicht untergewichtig, das WHR liegt mit .80 im Normbereich. Eine Allergiediagnose liegt nicht vor. Aufgrund eines fehlenden Wertes zu T(15) steht von dieser Person am Baseline-Tag kein Morgenanstieg zur Verfügung, weshalb ihre Daten hinsichtlich des MnInc weder in die Auswertungen dieses Abschnitts noch in die weiteren reaktionsspezifischen Analysen zu interindividuellen Unterschieden im mittleren Morgenanstieg in Abschnitt 3.4.3 eingehen. Auch in Abbildung 45a sind ihre Daten zu keinem Messzeitpunkt enthalten.

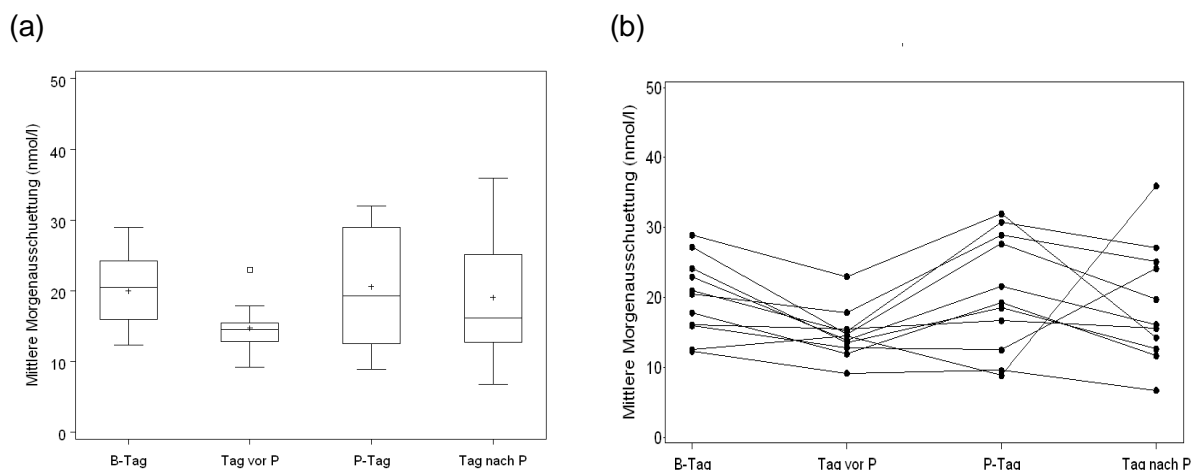
**Mittlere Morgenausschüttung.** Die morgendliche Gesamtaktivität der HPA-Achse variiert in ihrem Ausmaß signifikant zwischen den Tagen ( $q_{(3)} = 10.3$ ;  $p = .02$ ;  $N = 11$ ; siehe Abbildung 46).

Am Prüfungstag weisen die Personen ähnliche Ausprägungen der mittleren Morgenausschüttung auf wie am Baseline-Tag und unterscheiden sich nicht signifikant im MnCMR ( $S = 1.0$ ;  $p = .97$ ). Die statistischen Kennwerte sind in Anhang B-I, Tabelle B33 dargestellt.

Die mittlere Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung ist um durchschnittlich  $5.8\text{nmol/l} \pm 6.4\text{nmol/l}$  ( $MD = 7.3\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 10.7\text{nmol/l}$ ) signifikant niedriger als am Prüfungstag ( $S = 27.0$ ;  $p = .01$ ) sowie um  $5.2\text{nmol/l} \pm 4.3\text{nmol/l}$  ( $MD = 5.6\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 6.4\text{nmol/l}$ ) niedriger als am Referenztag ( $S = 31.0$ ;  $p = .003$ ). Neun von 13 Personen<sup>19</sup> (69.2%) weisen am Morgen des Prüfungstags einen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  höhere mittlere Cortisolausschüttung auf als am Vortag (Zunahme von  $3.6$  bis  $15.4\text{nmol/l}$ ). Bei drei Personen zeigen sich sehr geringe Veränderungen zwischen  $-0.3$  und  $1.2\text{ nmol/l}$ . Eine Person hat am Vortag der Prüfung eine um  $5.6\text{nmol/l}$  höhere MnCMR als am Prüfungstag. Im Vergleich zum Referenztag weisen zehn Personen (76.9%) am Vortag der Prüfung eine um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  niedrigere Morgenausschüttung auf, bei zwei Personen zeigen sich nur sehr geringe Veränderungen zwischen  $-1.9$  und  $0.6\text{nmol/l}$ ; eine Person zeigt am Vortag der Prüfung eine um  $3.7\text{nmol/l}$  höhere mittlere Cortisol-Ausschüttung als am Baseline-Tag. Hinsichtlich eines Abfall oder einer Zunahme des MnCMR am Vortag der Prüfung im Vergleich zum Referenz- oder Prüfungstag gibt es keine systematischen Verteilungen in Bezug auf Geschlecht, Berufsausbildung und Raucherstatus. Die Streuung ( $SD = 3.5$ ) sowie der Interquartilsabstand ( $IQA = 2.7$ ) ist am Vortag der Prüfung im Vergleich zu den anderen Tagen gering (siehe Anhang B-I, Tabelle B33).

---

<sup>19</sup> Von insgesamt 13 Personen liegt am Vortag sowie am Prüfungstag eine mittlere Morgenausschüttung vor. Zwei Personen wurden aufgrund fehlender Werte an anderen Tagen bei den statistischen Analysen zu intraindividuellen Veränderungen ausgeschlossen.



**Abbildung 46.** Mittlere Morgenaussschüttung der Stichprobe über die vier Messtage.

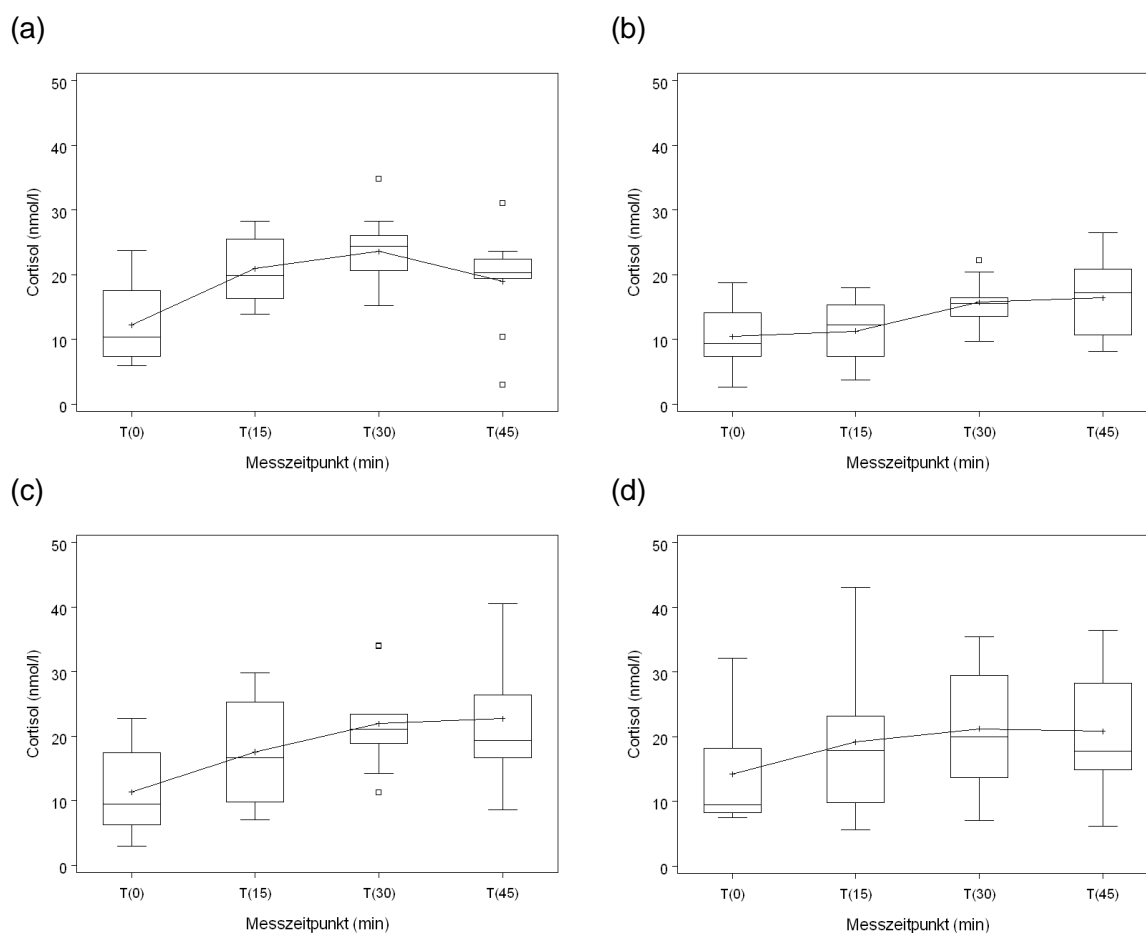
### 3.4.2.2 Morgendliches Cortisolprofil innerhalb der Tage

Im Folgenden werden die Cortisol-Morgenprofile, d.h. die Cortisolwerte der einzelnen Messzeitpunkte in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen innerhalb der Messtage mit Hilfe von Friedman-Ranganalysen sowie Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests auf Level-Unterschiede untersucht, um den typischen Morgenanstieg der Cortisolausschüttung in der ersten Stunde nach dem Erwachen zu untersuchen und auf mögliche Unterschiede in der Profilgestalt zwischen den Tagen zu schließen. Um die Vergleichbarkeit zwischen den vier Erhebungstagen zu gewährleisten, gehen in die Auswertungen nur diejenigen neun Personen ein, von denen an allen Tagen zu jedem Messzeitpunkt Cortisol-Daten vorliegen.

Am Referenztag der Baseline-Phase zeigen sich erwartungsgemäß im Sinne eines Morgenanstiegs deutliche Unterschiede in den Cortisol-Einzelwerten zu den ersten vier Messzeitpunkten ( $q_{(3)} = 15.8$ ;  $p = .001$ , siehe Abbildung 47a). Die Cortisolkonzentrationen 15, 30 und 45 Minuten später sind signifikant höher als zum Zeitpunkt des Erwachens ( $S_{T(15)} = 22.5$ ;  $p = .004$ ;  $S_{T(30)} = 22.5$ ;  $p = .004$ ;  $S_{T(45)} = 16.5$ ;  $p = .05$ ). So steigt der Cortisolwert in den ersten 15 Minuten durchschnittlich um  $8.7 \text{ nmol/l} \pm 4.5 \text{ nmol/l}$  ( $\text{MD} = 8.5 \text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 3.0 \text{ nmol/l}$ ) und nach 30 Minuten um  $11.4 \text{ nmol/l} \pm 6.5 \text{ nmol/l}$  ( $\text{MD} = 14.7 \text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 9.6 \text{ nmol/l}$ ) im Vergleich zum Aufwachwert. Zu T(45) sinkt die Cortisolkonzentration im Vergleich zu T(30) durchschnittlich um  $4.6 \text{ nmol/l} \pm 3.9 \text{ nmol/l}$  ( $\text{MD} = 4.6 \text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 1.7 \text{ nmol/l}$ ) wieder ( $S = 20.5$ ;  $p = .01$ ), ist aber im Mittel noch  $6.8 \text{ nmol/l} \pm 9.1 \text{ nmol/l}$  ( $\text{MD} = 10.2 \text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 12.2 \text{ nmol/l}$ ) höher als zum Zeitpunkt des Erwachens. Zwischen den Cortisolausprägung-

gen zu T(15) und T(30) ( $MW = 2.7\text{nmol} \pm 4.5\text{nmol/l}$ ;  $MD = 1.9\text{nmol}$ ;  $IQA = 6.0\text{nmol/l}$ ;  $S = 13.4$ ;  $p = .13$ ) sowie zwischen T(15) und T(45) ( $MW = -2.0\text{nmol}$ ;  $SD = 7.8\text{nmol/l}$ ;  $MD = -3.5\text{nmol}$ ;  $IQA = 9.0\text{nmol/l}$ ;  $S = -6.5$ ;  $p = .50$ ) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Eine Darstellung der morgendlichen Einzelprofile befindet sich in Anhang B-II; Abbildung B44a.

Am Vortag der Prüfung ist kein typischer Morganstieg in den ersten 30 bis 45 Minuten nach dem Aufwachen zu beobachten (siehe Abbildung 47b). So unterscheiden sich die Cortisolkonzentrationen über die vier Messzeitpunkte nicht in ihrer zentralen Tendenz ( $q_{(3)} = 2.7$ ;  $p = .43$ ). Auch der Vergleich einzelner Messzeitpunkte miteinander ergibt keine signifikant bedeutenden Unterschiede ( $S_{[T(15)-T(0)]} = 4.5$ ;  $p = .65$ ;  $S_{[T(30)-T(0)]} = 12.5$ ;  $p = .16$ ;  $S_{[T(45)-T(0)]} = 14.0$ ;  $p = .11$ ;  $S_{[T(30)-T(15)]} = 10.5$ ;  $p = .25$ ;  $S_{[T(45)-T(15)]} = 12.5$ ;  $p = .16$ ;  $S_{[T(45)-T(30)]} = 7.5$ ;  $p = .43$ ). Die Einzelprofile sind in Anhang B-II, Abbildung B44b dargestellt.



**Abbildung 47.** Mittlere Cortisol-Morgenverläufe der Stichprobe ( $N = 9$ ) am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

Am Morgen des Prüfungstages zeigen sich über die vier Messzeitpunkte deutliche Unterschiede in der Cortisolausschüttung ( $q_{(3)} = 14.6$ ;  $p = .002$ , siehe Abbildung 47c). Im Durchschnitt steigt die Cortisolkonzentration in der ersten viertel Stunde nach dem Erwachen um  $6.2\text{nmol/l} \pm 4.4\text{nmol/l}$  (MD =  $5.4\text{nmol/l}$ ; IQA =  $4.6\text{nmol/l}$ ; S = 22.5;  $p = .004$ ). Nach 30 Minuten ist eine Erhöhung von  $10.7\text{nmol/l} \pm 6.9\text{nmol/l}$  (MD =  $11.5\text{nmol/l}$ ; IQA =  $5.0\text{nmol/l}$ ; S = 21.5;  $p = .008$ ) und nach 45 Minuten eine Steigerung von  $11.4\text{ nmol/l} \pm 13.2\text{nmol/l}$  (MD =  $13.2\text{nmol/l}$ ; IQA =  $11.3\text{nmol/l}$ ; S = 19.5;  $p = .02$ ) im Vergleich zum Aufwachwert zu beobachten. Im Gegensatz zum Baseline-Tag scheint sich am Prüfungsmorgen die Cortisolausschüttung im Mittel nach 45 Minuten noch nicht bedeutend zu senken. Die Zunahme zwischen T(30) und T(45) von  $0.8\text{nmol/l} \pm 4.9\text{nmol/l}$  (MD =  $3.0\text{nmol/l}$ ; IQA =  $9.7\text{nmol/l}$ ) ist allerdings statistisch nicht bedeutsam (S = 5.5;  $p = .57$ ). Auch scheint der Cortisol-Morgenanstieg an diesem Tag etwas steiler zu sein. So unterscheiden sich im Gegensatz zum Referenztag die Cortisolwerte zwischen T(15) und T(30) mit  $4.4\text{nmol/l} \pm 4.1\text{nmol/l}$  (MD =  $4.4\text{nmol/l}$ ; IQA =  $5.9\text{ nmol/l}$ ; S = 19.5;  $p = .02$ ) sowie zwischen T(15) und T(45) mit  $5.2\text{nmol/l} \pm 7.3\text{nmol/l}$  (MD =  $7.1\text{nmol/l}$ ; IQA =  $9.6\text{nmol/l}$ ; S = 14.5;  $p = .09$ ) signifikant voneinander (S = 19.5;  $p = .02$ ). Die Einzelprofile finden sich in Anhang B-II, Abbildung B44c.

Am Morgen nach der Prüfung zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten ( $q_{(3)} = 4.6$ ;  $p = .20$ , siehe Abbildung 47d). Zu den einzelnen Messzeiten sind durchgehend größere Streuungen der Werte im Gegensatz zu den anderen Tagen zu beobachten (Einzelprofile siehe Anhang B-II, Abbildung B44d). Einzelvergleiche zwischen den Messzeitpunkten weisen auf Unterschiede im Sinne eines Morgenanstiegs zwischen dem Aufwachwert und den Cortisolwerten 15 Minuten (MW =  $5.0\text{nmol} \pm 6.0\text{nmol/l}$ ; MD = 6.4; IQA =  $8.8\text{nmol/l}$ ; S = 15.5;  $p = .07$ ), 30 Minuten (MW =  $7.0\text{nmol} \pm 8.5\text{nmol/l}$ ; MD = 7.3; IQA =  $14.1\text{nmol/l}$ ; S = 15.5;  $p = .07$ ) sowie 45 Minuten (MW =  $6.6\text{nmol} \pm 8.6\text{nmol/l}$ ; MD = 5.7; IQA =  $4.3\text{nmol/l}$ ; S = 16.5;  $p = .05$ ) hin. Die Cortisolkonzentrationen zwischen T(15), T(30) und T(45) unterscheiden sich jedoch nicht bedeutend voneinander.

### **3.4.2.3 Interne Zusammenhänge der Cortisolausschüttung an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung**

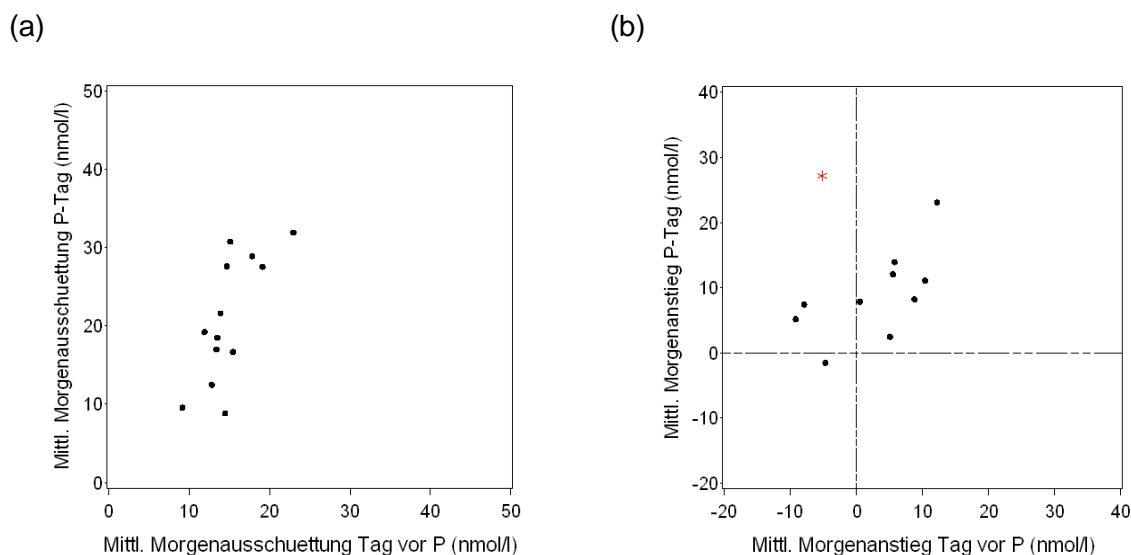
*Interner Zusammenhang der Cortisol-Einzelwerte sowie Cortisolparameter zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung.* In Tabelle 30 sind die Spearman-Rang-Korrelationen zwischen Vortag, Tag der Prüfung und Tag nach der Prüfung der Cortisol-Einzelwerte pro Messzeitpunkt und Cortisolparameter dargestellt.

**Tabelle 30.** Spearman-Rang-Korrelationen der Cortisol-Einzelwerte pro Messzeitpunkt sowie der Cortisolparameter innerhalb der Tage um die praktische Abschlussprüfung.

	Tag 1 & 2 <sup>a</sup>		Tag 2 & 3		Tag 1 & 3	
	N	r	N	r	N	r
Cortisol T(0), nmol/l	12	.40	12	.10	11	<b>.69*</b>
Cortisol T(15), nmol/l	12	<b>.52<sup>+</sup></b>	11	.10	11	<b>.70*</b>
Cortisol T(30), nmol/l	13	<b>.49<sup>+</sup></b>	12	.04	11	-.25
Cortisol T(45), nmol/l	13	<b>.66**</b>	11	-.19	11	.49
Cortisol T(abend), nmol/l	13	-.08	11	<b>.60*</b>	10	<b>.73*</b>
Mittlerer Morgenanstieg, nmol/l	11	.46 <sup>b</sup>	10	.10	11	<b>.63*</b>
Mittlere Morgenausschüttung, nmol/l	13	<b>.65*</b>	12	.10	11	.45

Anmerkungen: a) Tag 1 = Tag vor Prüfung; Tag 2 = Tag der Prüfung; Tag 3 = Tag nach der Prüfung; b) unter Ausschluss einer Extremerbeobachtung (siehe Text) ergibt sich ein Korrelations-Koeffizient von  $r = .77$  ( $p = .009$ ); <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

Detaillierte Abbildungen finden sich in Anhang B-II; Abbildung B45-51. Zwischen dem Tag vor der Prüfung und dem Tag der Prüfung zeigen sich sowohl zu T(15) wie T(30) und T(45) signifikant positive Zusammenhänge der jeweiligen Cortisolwerte. Auch die mittlere Morgenausschüttung des Cortisols kovariiert zu beiden Tagen signifikant positiv miteinander ( $r = .65$ ;  $P = .02$ ; siehe Abbildung 48a).



**Abbildung 48.** Zusammenhang zwischen der mittleren Morgenausschüttung (a) sowie dem mittleren Morgenanstieg (b) zwischen Vortag und Tag der Prüfung.

Der Zusammenhang der Cortisolanstiege in den ersten 45 Minuten zwischen Vortag und Prüfungstag von  $r = .46$  verfehlt nur knapp das 10%-Signifikanzniveau ( $p = .15$ ), was vor allen Dingen auf eine Beobachtung zurückzuführen ist (siehe Abbildung 48b; roter

Stern). Diese Person wurde bereits in Abschnitt 3.4.2.1 näher beschrieben. Sie weist einen extrem starken Unterschied des mittleren Morgenanstiegs zwischen Vortag und Prüfungsmorgen von über 32nmol/l auf ( $MnInc_{\text{Tag vor P}} = -5.1\text{nmol/l}$ ;  $MnInc_{\text{P-Tag}} = 27.2\text{nmol/l}$ ). Nach Ausschluss dieses Probanden ergibt sich für die verbleibenden zehn Fälle ein hoch signifikanter Korrelationskoeffizient von  $r = .77$  ( $p = .009$ ). Mit Ausnahme des Aufwachwerts hängen alle Cortisolwerte sowie die Parameter zwischen Vortag der Prüfung und dem Prüfungsmorgen signifikant zusammen.

Zwischen Prüfungstag und dem Tag danach ergeben sich keine signifikanten Korrelationen bis auf die Cortisolwerte am Abend ( $r = .60$ ;  $p = .05$ ). Unter Ausschluss einer Extrembeobachtung<sup>20</sup> (siehe Anhang B-II Abbildung B49b) reduziert sich dieser Zusammenhang allerdings ( $r = .46$ ;  $p = .18$ ). Die signifikante Korrelation der Abendwerte zwischen dem Tag vor und dem Tag nach der Prüfung bleibt jedoch auch nach Ausschluss dieser Extrembeobachtung (siehe Anhang B-II Abbildung B49c) bestehen ( $r = .63$ ;  $p = .07$ ). Zwischen dem Tag vor und nach der Prüfung korrelieren die Aufwachwerte sowie die Cortisolwerte zu T(15) positiv miteinander (siehe Anhang B-II, Abbildungen C45 und 46c). Auch die mittleren Morgenanstiege dieser beiden Tage zeigen einen signifikant positiven Zusammenhang ( $r = .63$ ;  $p = .04$ ; siehe Anhang B-II; Abbildung B51b).

***Interner Zusammenhang zwischen Abendwert und Cortisolausschüttung am Morgen des nächsten Tages.*** Inwieweit der Abendwert mit den verschiedenen Aspekten der Cortisolreaktion am nächsten Morgen, d.h. mit den Einzelwerten in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen, dem mittleren Morgenanstieg und der mittleren Morgenausschüttung in Beziehung steht, ist in Tabelle 31 dargestellt. Zwischen dem Abendwert am Tag vor der Prüfung und der Cortisolausschüttung am Prüfungsmorgen ergeben sich keine signifikanten Zusammenhänge. Mit den beiden Cortisolparametern am Prüfungstag korreliert der Abendwert am Vortag ebenfalls nicht, selbst unter Ausschluss von Extrembeobachtungen (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B53 und 54a). Der Abendwert am Tag der Prüfung korreliert lediglich signifikant mit dem Aufwachwert am Tag nach der Prüfung dahingehend, dass je höher der Abendwert desto höher auch der Cortisolwert beim Erwachen am Tag nach der Prüfung ist. Werden allerdings die zwei Probanden mit Abendwerten über 10nmol/l (siehe hierzu auch Abschnitt 3.4.3.1) ausgeschlossen, verschwindet dieser Zusammenhang ( $r = .42$ ;  $p = .23$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B52b).

<sup>20</sup> Der Proband wurde bereits in Kapitel 3.4.2.1 näher beschrieben.

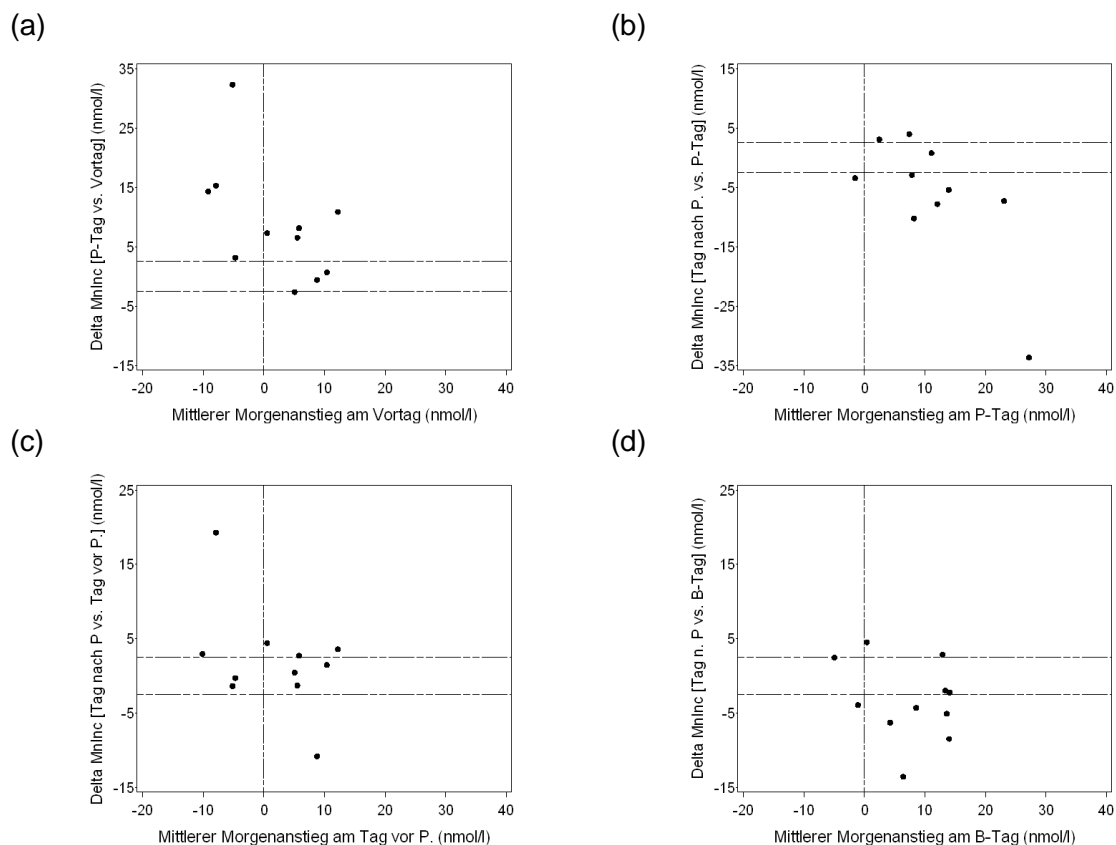
**Tabelle 31.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen den Cortisolwerten am Abend und der Cortisolausschüttung am nächsten Morgen an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung.

	N	r
<i>Abendwert Vortag der Prüfung</i>		
Cortisol T(0), nmol/l	12	.27
Cortisol T(15), nmol/l	12	.19
Cortisol T(30), nmol/l	13	.08
Cortisol T(45), nmol/l	13	-.12
Mittlere Morgenanstieg, nmol/l	11	-.24
Mittlere Morgenausschüttung, nmol/l	13	.08
<i>Abendwert Tag der Prüfung</i>		
Cortisol T(0), nmol/l	12	<b>.57*</b>
Cortisol T(15), nmol/l	12	.45
Cortisol T(30), nmol/l	12	.36
Cortisol T(45), nmol/l	12	.22
Mittlerer Morgenanstieg, nmol/l	12	-.21
Mittlere Morgenausschüttung, nmol/l	12	.47

Anmerkungen: <sup>+</sup> $p \leq .1$ ; \* $p \leq .05$ ; \*\* $p \leq .01$ ; \*\*\* $p \leq .001$

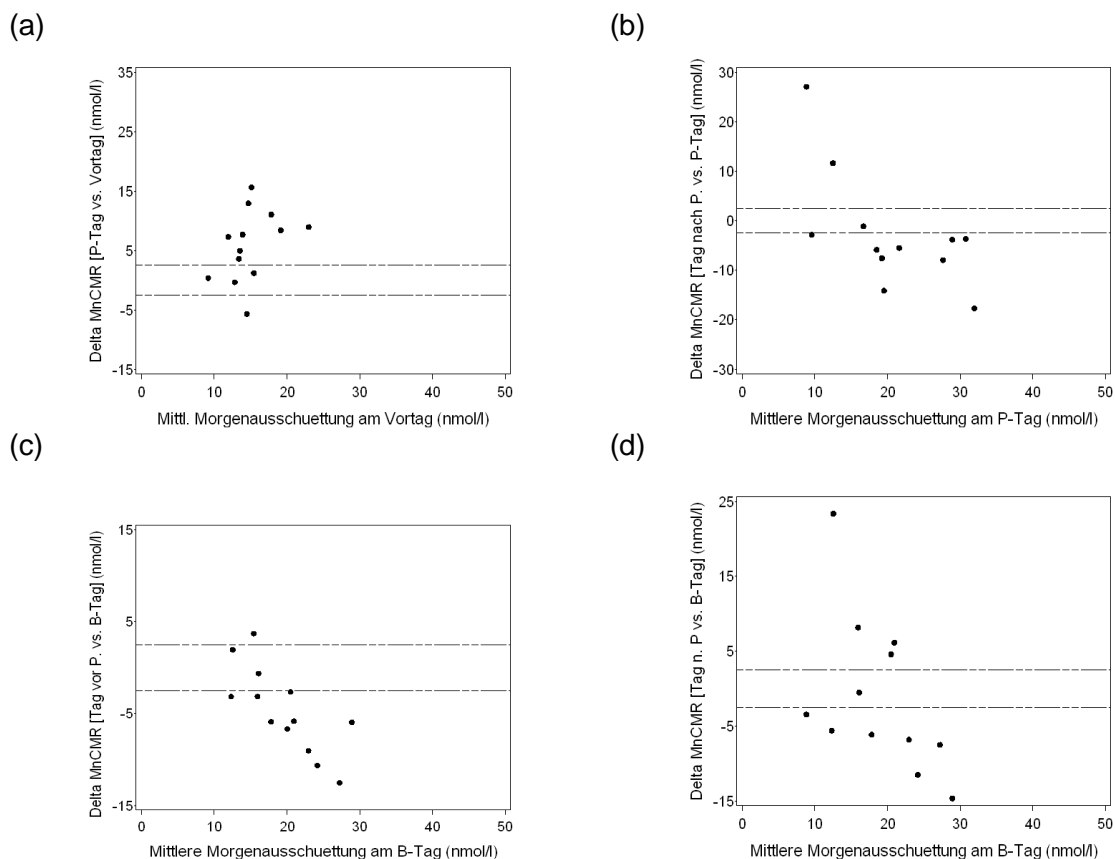
**Zusammenhang zwischen Ausgangswert und Ausmaß der Veränderung in den morgendlichen Cortisolparametern zwischen zwei Tagen.** Das Ausmaß der Veränderung in der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung wird mittels einfacher Differenzmaße in Bezug auf die beiden Cortisolparameter gebildet (z.B.  $\Delta_{P\text{-Tag vs. Tag vor P.}} = \text{MnInc}_{P\text{-Tag}} - \text{MnInc}_{\text{Tag vor P.}}$ ;  $\Delta_{P\text{-Tag vs. Tag vor P.}} = \text{MnCMR}_{P\text{-Tag}} - \text{MnCMR}_{\text{Tag vor der P.}}$ ). Abbildung 49 und Abbildung 50 kann man entnehmen, inwieweit das Ausmaß der Veränderung in einem Cortisolparameter zwischen zwei Tagen mit dem Ausgangswert am ersten Tag zusammenhängt.





**Abbildung 49.** Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Tag der Prüfung und Vortag (a), Tag der Prüfung und Tag danach (b) zwischen Tag vor und Tag nach der Prüfung (c) sowie Tag nach der Prüfung und Referenztag (d) und des jeweiligen Ausgangswerts (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

Das Ausmaß der Veränderung im mittleren Morgenanstieg zwischen Prüfungs- und Vortag korreliert mit  $r = -.50$  nicht signifikant mit dem mittleren Morgenanstieg des Vortages ( $p = .12$ ;  $N = 11$ ; siehe Abbildung 49a).

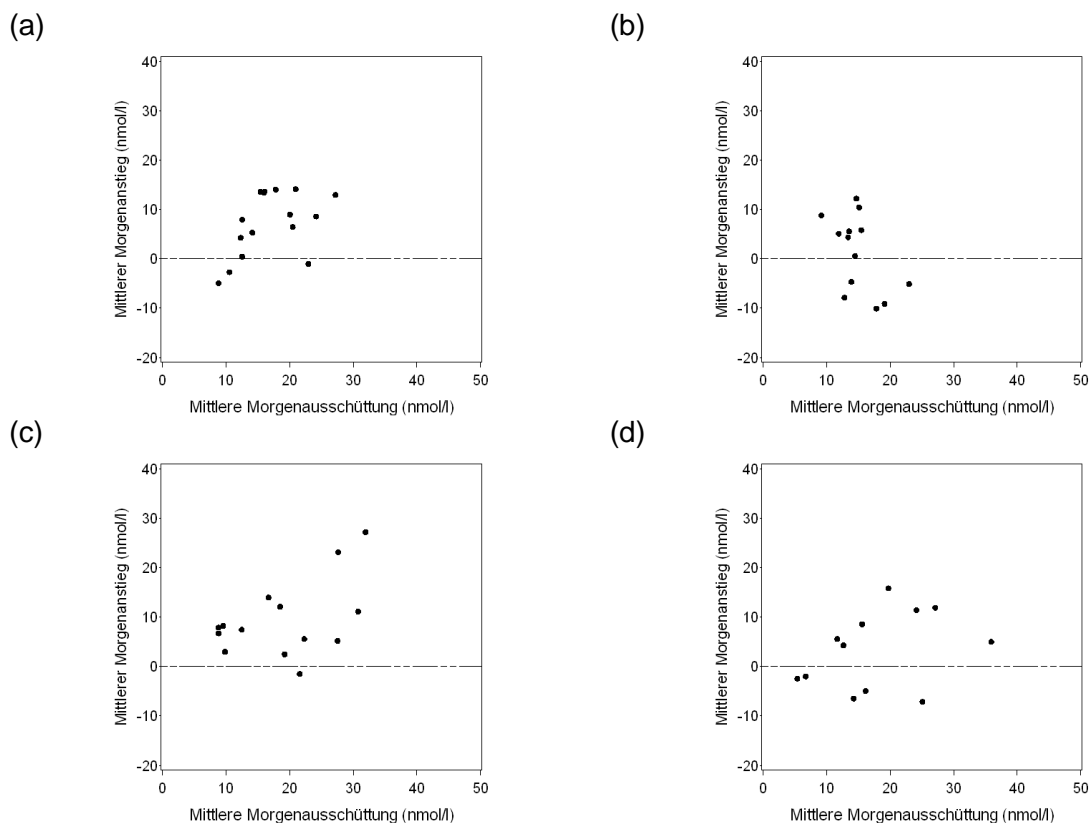


**Abbildung 50.** Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Tag der Prüfung und Vortag (a), Tag der Prüfung und Tag danach (b), zwischen Tag vor und Tag nach der Prüfung (c), sowie Tag nach der Prüfung und Referenztag (d) und des jeweiligen Ausgangswerts (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

Der Grad der Veränderung zwischen Tag der Prüfung und Tag danach hängt signifikant negativ mit dem mittleren Morgenanstieg am Morgen der Prüfung zusammen ( $r = -.67$ ;  $P = .03$ ;  $N = 10$ ). Allerdings ist diese Korrelation maßgeblich durch eine Beobachtung beeinflusst, die einen Abfall zwischen Tag der Prüfung und dem Tag danach um über 30 nmol/l aufweist. Diese Person weist an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung hohe Schwankungen auf und wurde bereits in Abschnitt 3.4.2.1 näher beschrieben. Bei Ausschluss dieses Falls sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.55$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .13$ ;  $N = 9$ ). Die Veränderung des MnInc zwischen Vortag und Tag nach der Prüfung weist keinen signifikanten Zusammenhang mit dem durchschnittlichen Cortisolanstieg am Vortag der Prüfung auf ( $r = -.17$ ;  $p = .61$ ;  $N = 11$ ). Ebenso hängt das Ausmaß der Veränderung zwischen Tag nach der Prüfung ( $r = -.25$ ;  $p = .45$ ;  $N = 11$ ; siehe Abbildung 49d) sowie am Tag vor der Prüfung ( $r = -.35$ ;  $p = .32$ ;  $N = 12$ ) in Bezug auf den Referenztag nicht bedeutend mit dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag zusammen.

Je höher die mittlere Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung ist, desto stärker steigt die mittlere Cortisolausschüttung am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag ( $r = .57$ ;  $p = .04$ ;  $N = 13$ ; siehe Abbildung 50a). Die mittlere Morgenausschüttung am Prüfungstag zeigt hingegen einen negativen Zusammenhang mit dem Ausmaß der Veränderung der MnCMR zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.67$ ;  $P = .02$ ;  $N = 12$ ; siehe Abbildung 50b). Je höher die mittlere Cortisolausschüttung am Morgen der Prüfung ausgeprägt ist, desto stärker sinken die Werte am Tag danach wieder. Das Ausmaß der Veränderung der MnCMR zwischen Tag vor und Tag nach der Prüfung korreliert nicht bedeutend mit der mittleren Morgenausschüttung am Vortag der Prüfung ( $r = .13$ ;  $p = .71$ ;  $N = 11$ ). Die mittlere Morgenausschüttung am Referenztag hängt signifikant negativ mit der Veränderung der mittleren Cortisolausschüttung zwischen Baseline-Tag und Tag vor der Prüfung ( $r = -.76$ ;  $p = .002$ ;  $N = 13$ ; Abbildung 50c) sowie dem Tag nach der Prüfung ( $r = -.66$ ;  $p = .02$ ;  $N = 12$ ; Abbildung 50d) zusammen.

***Interner Zusammenhang zwischen verschiedenen Aspekten der Cortisolausschüttung am Morgen.*** Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung und der morgendliche Anstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen weisen lediglich am Referenztag der Baseline-Phase einen signifikant positiven Zusammenhang von  $r = .51$  ( $p = .04$ ;  $N = 16$ ) auf.



**Abbildung 51.** Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung und dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d).

Je höher die durchschnittliche Menge an ausgeschüttetem Cortisol ist, desto steiler ist der Anstieg in der ersten dreiviertel Stunde nach dem Aufwachen an diesem Tag (siehe Abbildung 51a). An den übrigen Tagen verschwindet dieser Zusammenhang. So betragen die Korrelationen zwischen beiden Cortisolparametern am Tag vor der Prüfung  $r = -.31$  ( $p = .30$ ;  $N = 13$ ), am Tag der Prüfung  $r = .25$  ( $p = .39$ ;  $N = 14$ ) sowie am Tag nach der Prüfung  $r = .29$  ( $p = .37$ ;  $N = 12$ ). Veränderungen auf den Cortisolparametern zwischen den Tagen hängen nicht signifikant zusammen (siehe hierzu auch Abschnitt 3.4.3.1)

#### 3.4.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

##### *Intraindividuelle Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen.*

Bezüglich der Schwankungen der Cortisolwerte zum Zeitpunkt des Erwachens sowie am Abend zeigen sich in der zentralen Tendenz über alle Messtage sowie bei Einzelvergleichen keine bedeutenden Unterschiede. Die Cortisolwerte zu T(15), T(30) sowie T(45) unterscheiden sich in ihrer zentralen Tendenz über alle Messtage. Einzelvergleiche zwischen den Tagen zeigen, dass bei der Mehrheit der Personen zu diesen drei Messzeitpunkten die Cortisolkonzentrationen am Vortag der Prüfung signifikant niedriger sind als am Tag der Prüfung sowie im Vergleich zum Referenztag. Der Cortisolwert 45 Minuten nach

dem Erwachen ist am Tag der Prüfung signifikant höher als am Baseline-Tag. Auch im Cortisolparameter der mittleren Morgenausschüttung zeigen sich Unterschiede in der zentralen Tendenz über alle Messtage. Analog zu den Ergebnissen der Cortisolwerte zu T(15), T(30) sowie T(45) ergaben Einzelvergleiche signifikant geringere Werte am Vortag der Prüfung im Vergleich zum Prüfungstag sowie Referenztag. So steigt bei 69.2% der Personen die mittlere Morgenausschüttung am Tag der Prüfung um mehr als 2.5nmol/l im Vergleich zum Vortag an; lediglich bei einer Person sinkt die Morgenausschüttung zwischen diesen Tagen. Zwischen der mittleren Morgenausschüttung am Morgen der Prüfung und der am Referenztag ergeben sich keine bedeutenden Unterschiede hinsichtlich der MnCMR. Der mittlere Morgenanstieg unterscheidet sich nicht signifikant in der zentralen Tendenz über alle Messtage. Allerdings ergeben Vergleiche zwischen einzelnen Tagen abermals signifikant geringere MnInc am Vortag der Prüfung im Vergleich zum Prüfungstag sowie Referenztag. Bei 72.7% der Personen steigt der mittlere Morgenanstieg am Prüfungstag um mehr als 2.5nmol/l im Vergleich zum Vortag; nur bei einer Person ist ein Abfall zwischen diesen Tagen zu beobachten. Am Prüfungsmorgen selbst weist lediglich eine Person einen negativen Morgenanstieg auf, was sich bei ihr allerdings auch an allen übrigen Messtagen zeigt. Im Vergleich zum Vortag steigt jedoch der mittlere Morgenanstieg dieser Person um mehr als 2.5nmol/l.

***Morgendliches Cortisolprofil innerhalb der Messtage.*** Am Referenztag ist ein signifikanter Anstieg der Cortisolwerte in den ersten 30 Minuten im Sinne eines Morgenanstiegs zu verzeichnen. Zu T(45) sinkt die Cortisolkonzentration im Vergleich zu T(30) signifikant wieder. Am Vortag der Prüfung ist kein Anstieg der Cortisolwerte in den ersten 30 bis 45 Minuten nach dem Erwachen zu beobachten; so zeigen sich über alle Messzeitpunkte keine Unterschiede in der zentralen Tendenz. Auch Einzelvergleiche zwischen den Messzeitpunkten werden nicht signifikant. Am Tag der Prüfung ist ein deutlicher Anstieg der Cortisolausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zu beobachten, der tendenziell etwas steiler als am Referenztag zu sein scheint, wie Einzelvergleiche zwischen den Messzeitpunkten innerhalb dieses Tages nahelegen. Zu T(45) sinkt die Cortisolkonzentration nicht wieder ab, allerdings ist der Unterschied im Vergleich zu T(30) statistisch nicht signifikant. Am Tag nach der Prüfung zeigen sich keine Unterschiede in der Cortisolausschüttung über die Messzeitpunkte hinsichtlich der zentralen Tendenz. Einzelvergleiche weisen auf einen Anstieg der Cortisolkonzentration in der ersten dreiviertel Stunde nach dem Erwachen im Vergleich zum Zeitpunkt des Erwachens hin. Allerdings unterscheiden sich die Cortisolwerte zwischen T(15), T(30) sowie T(45) nicht signifikant voneinander.

***Interne Zusammenhänge der Cortisolausschüttung an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung.*** Die Ergebnisse legen nahe, dass die morgendliche Cortisolausschüttung am Vortag und Tag der Prüfung in linearem Zusammenhang stehen, jedoch zwischen Prüfungs- und Folgetag keine systematischen linearen Beziehungen zu beobachten sind.

Sowohl zu T(15) wie auch zu T(30) und T(45) hängen die Cortisolwerte des Vortags signifikant positiv mit den Werten am Tag der Prüfung zusammen, d.h. je höher die Werte am Vortag sind, desto höher sind sie auch am Morgen der Prüfung. Die Abendwerte korrelieren zwischen Prüfungstag und Tag danach sowie zwischen Vortag und Tag nach der Prüfung signifikant positiv. Unter Ausschluss einer Extrembeobachtung hängt der mittlere Morgenanstieg am Vortag signifikant mit dem am Prüfungstag sowie zwischen Vortag und Tag nach der Prüfung zusammen. Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung zeigt lediglich zwischen Vortag und Prüfungstag signifikant positive Zusammenhänge. Der Cortisol-Aufwachwert am Prüfungsmorgen korreliert hingegen nicht signifikant mit den Aufwachwerten am Tag vor und nach der Prüfung. Lediglich die Cortisolwerte am Vortag der Prüfung und am Tag danach zeigen zum Zeitpunkt des Erwachens einen signifikant positiven Zusammenhang. Je höher der Aufwachwert am Vortag der Prüfung desto höher ist er auch am Tag nach der Prüfung. Je höher der Cortisol-Abendwert am Prüfungstag desto höher ist der Aufwachwert am Tag nach der Prüfung. Allerdings wird die Stärke dieses Zusammenhangs erheblich durch zwei Extrembeobachtungen mit Cortisolwerten über 10nmol/l am Abend nach der Prüfung beeinflusst. An den übrigen Tagen zeigen sich keine Zusammenhänge zwischen dem Abendwert und der Cortisolausschüttung am nächsten Tag.

Die Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen zwei Tagen hängen nicht systematisch mit dem mittleren Morgenanstieg am jeweils ersten Tag zusammen. Das Ausmaß der Veränderungen von einem auf den nächsten Tag ist nur in Einzelfällen vom Ausgangsniveau beeinflusst. Die Veränderungen der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Vortag und Prüfungstag sind hingegen umso größer, je höher die mittlere Morgenausschüttung am Vortag ausgeprägt ist. Hier lässt sich ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Differenzmaß und der MnCMR am Vortag nachweisen. Je höher die mittlere Morgenausschüttung am Prüfungstag, desto stärker sinkt sie zwischen Prüfungstag und Tag danach.

Der mittlere Morgenanstieg und die mittlere Morgenausschüttung weisen lediglich am Referenztag einen signifikant positiven Zusammenhang auf. Je höher die durchschnittliche Menge an ausgeschüttetem Cortisol ist, desto steiler ist der Anstieg in der ersten dreiviertel Stunde nach dem Aufwachen an diesem Tag

### 3.4.3 Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die antizipierte praktische Abschlussprüfung

Da die Analysen des vorherigen Abschnitts auf keine systematischen intraindividuellen Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung am Tag der Prüfung im Vergleich zum Referenztag hindeuten, werden im Folgenden mögliche interindividuelle Unterschiede im Ausmaß und in der Art der morgendlichen Cortisol-Reaktionen zwischen diesen beiden Tagen näher untersucht. Als Maß der morgendlichen Reaktivität der HPA-Achse auf die antizipierte Abschlussprüfung wird die Differenz des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs [ $\Delta_{\text{MnInc}} = \text{MnInc}_{\text{P-Tag}} - \text{MnInc}_{\text{B-Tag}}$ ] sowie die Differenz der mittleren Morgenausschüttung [ $\Delta_{\text{MnCMR}} = \text{MnCMR}_{\text{P-Tag}} - \text{MnCMR}_{\text{B-Tag}}$ ] zwischen Prüfungs- und Baseline-Tag herangezogen. Um die Art der Reaktion abzubilden, werden die Personen anschließend anhand zweier explorativer Kriterien (0-Kritium und 2.5nmol-Kriterium; siehe Abschnitt 2.3.5) gemäß ihrer beiden Differenzen jeweils in Bezug auf den MnInc und die MnCMR beurteilt und verschiedenen Reaktionsgruppen zugeteilt (siehe Abschnitt 3.4.3.1). Die interne Struktur der Cortisolausschüttung zwischen den drei Messtagen um die praktische Abschlussprüfung wird in Abhängigkeit der Art und des Ausmaßes der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktion auf einen antizipierten Stressor mit Hilfe von Zusammenhangs- und Gruppenanalysen näher untersucht, um reaktionsspezifische Unterschiede in der HPA-Achsen-Aktivität näher zu beleuchten (siehe Abschnitt 3.4.3.2).

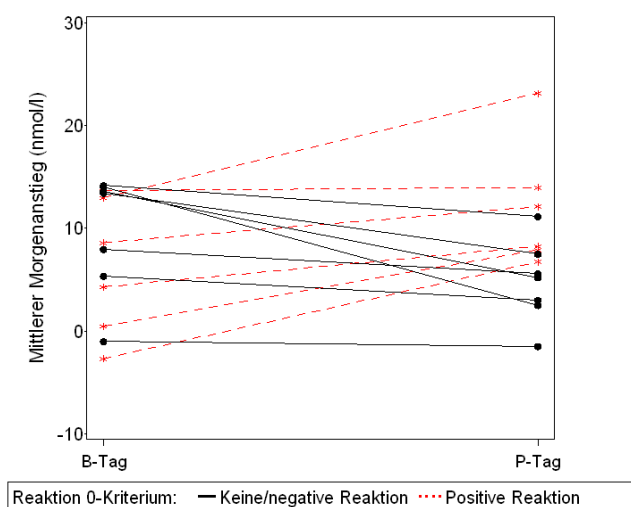
#### 3.4.3.1 Individuelle morgendliche HPA-Achsen-Aktivität in Bezug auf die antizipierte praktische Abschlussprüfung

**Mittlerer Morgenanstieg.** Von den 13 Personen, von denen zu beiden Tagen ein mittlerer Morgenanstieg vorliegt, reagieren gemäß der Formel [ $\Delta_{\text{MnInc}} = \text{MnInc}_{\text{P-Tag}} - \text{MnInc}_{\text{B-Tag}}$ ] sieben Personen am Prüfungstag mit einer Senkung des MnInc im Vergleich zum Referenztag, d.h. mit einer negativen Reaktion, und 6 Personen mit einer Erhöhung, d.h. einer positiven Reaktion (siehe Abbildung 52a). Dabei bewegen sich bei elf Personen die Veränderungen zwischen -11.5 und -2.3nmol/l sowie zwischen 3.5 und 10.2nmol/l. Zwei Personen zeigen mit -0.5nmol/l bzw. 0.3nmol/l kaum Veränderungen im mittleren Morgenanstieg am Prüfungstag im Vergleich zum Baseline-Tag. Vier Personen reagieren mit einer Erhöhung des MnInc um mehr als 2.5nmol/l am Prüfungsmorgen (positive Reaktion), fünf mit einem Abfall um mehr als 2.5nmol/l (negative Reaktion). Bei vier Personen verändert sich der mittlere Morgenanstieg am Tag der Prüfung um weniger als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  (keine Reaktion; siehe Abbildung 52b).

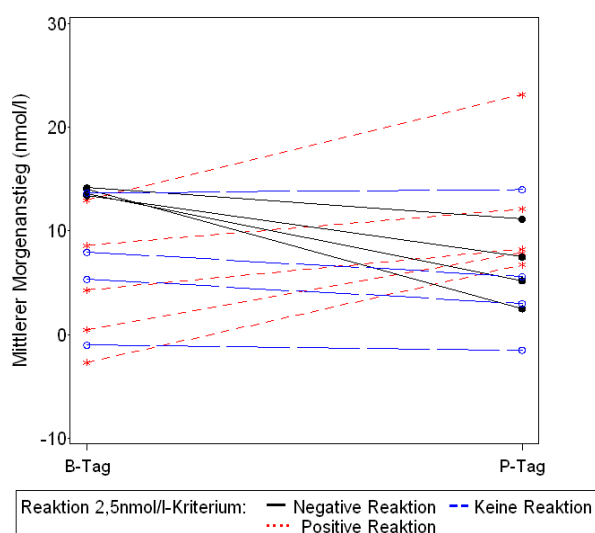
Diejenigen sieben Personen, die beurteilt nach dem 0-Kriterium mit einer Abnahme des mittleren Cortisolanstiegs reagieren, weisen laut Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test am Prüfungsmorgen einen statistisch signifikant geringeren MnInc auf als am Baseline-Tag ( $S = -14$ ;  $p = .02$ ). Bei ihnen sinkt der mittlere Morgenanstieg zwischen Baseline- und Prüfungstag durchschnittlich um  $-4.9\text{nmol/l} \pm 3.9\text{nmol/l}$  ( $MD = -3.0$ ;  $IQA = 6.1\text{nmol/l}$ ). Bei Personen mit einem  $\Delta_{\text{MnInc}} > 0$  nmol/l verhält es sich umgekehrt ( $S = 10.5$ ;  $p = .03$ ). In dieser Gruppe steigt der MnInc am Prüfungstag durchschnittlich um  $5.8\text{nmol/l} \pm 3.8\text{nmol/l}$  ( $MD = 5.7\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 5.9\text{nmol/l}$ ). Die vier Personen mit einer negativen Reaktion um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  reagieren mit einer durchschnittlichen Senkung des MnInc am Prüfungstag um  $-7.2\text{nmol/l} \pm 3.6\text{nmol/l}$  ( $MD = -7.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 5.5\text{nmol/l}$ ). Statistisch ist dies jedoch nicht signifikant ( $S = -5.0$ ;  $p = .12$ ). Erwartungsgemäß zeigen sich keine signifikanten intraindividuellen Unterschiede im mittleren Morgenanstieg zwischen Baseline- und Prüfungstag bei den vier Personen, deren MnInc sich weniger als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  zwischen beiden Tagen verändert ( $MD = -1.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 2.3$  nmol/l;  $S = -4.0$ ;  $p = .25$ ). Bei Personen mit einem  $\Delta_{\text{MnInc}} > 2.5\text{nmol/l}$  steigt im Durchschnitt der mittlere Cortisolanstieg am Prüfungsmorgen signifikant um  $6.9\text{nmol/l} \pm 3.1\text{nmol/l}$  ( $MD = 7.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA = 5.5\text{nmol/l}$ ;  $S = 7.5$ ;  $p = .06$ )



(a)



(b)

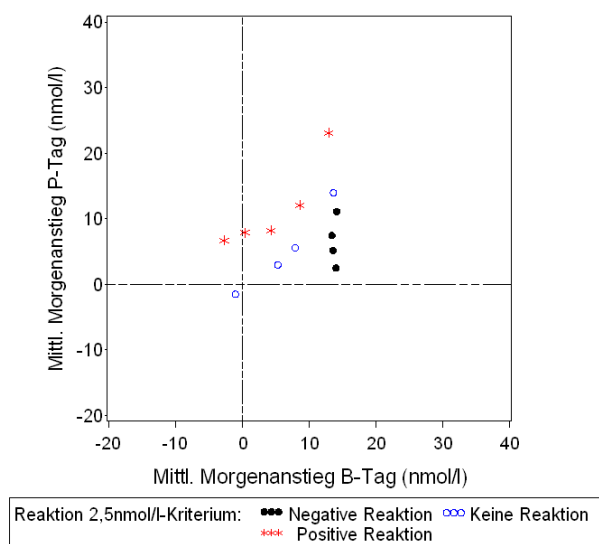


**Abbildung 52.** Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag nach 0-Kriterium (a) und nach 2.5nmol/l-Kriterium (b) (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{Mnlnc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{Mnlnc}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{Mnlnc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ).

Am Baseline-Tag unterscheiden sich die nach dem 0-Kriterium eingeteilten Gruppen (siehe Abbildung 52a) nicht signifikant in ihrem mittleren Morgenanstieg ( $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 13.4$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 8.7\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 6.4\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 12.5$ ;  $p = .28$ ). Analysen in Bezug auf mögliche gruppenspezifische Unterschiede im mittleren Cortisolanstieg am Prüfungstag finden sich in Abschnitt 3.4.3.2.

Hinsichtlich des 2.5nmol/l-Einteilungskriteriums (siehe Abbildung 52b) ergeben sich nach Kruskal-Wallis-Tests bereits am Referenztag im Cortisolanstieg am Morgen signifikante Unterschiede zwischen den drei Reaktionsgruppen ( $\chi^2_{(2)} = 6.4$ ;  $p = .04$ ). So ha-

ben Personen, die mit einer Abnahme des mittleren Morgenanstiegs um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  am Tag der Prüfung reagieren, einen signifikant höheren Morgenanstieg am Baseline-Tag als Personen, deren Cortisolanstieg am Morgen der Prüfung um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Referenztag steigt ( $MD_{\text{negative Reaktion}} = 13.8$ ;  $IQA_{\text{negative Reaktion}} = 0.6\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{positive Reaktion}} = 4.3\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{positive Reaktion}} = 8.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ). Auffallend ist die sehr geringe Streuung der MnInc-Werte am Referenztag in der Gruppe mit  $\Delta_{\text{MnInc}} < -2.5\text{nmol/l}$ . Probanden, deren Veränderung weniger als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  beträgt, zeigen keine signifikanten Unterschiede im MnInc am Baseline-Tag im Vergleich zu den beiden anderen Reaktionsgruppen ( $MD_{\text{keine Reaktion}} = 6.6\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{keine Reaktion}} = 8.6\text{nmol/l}$ ).



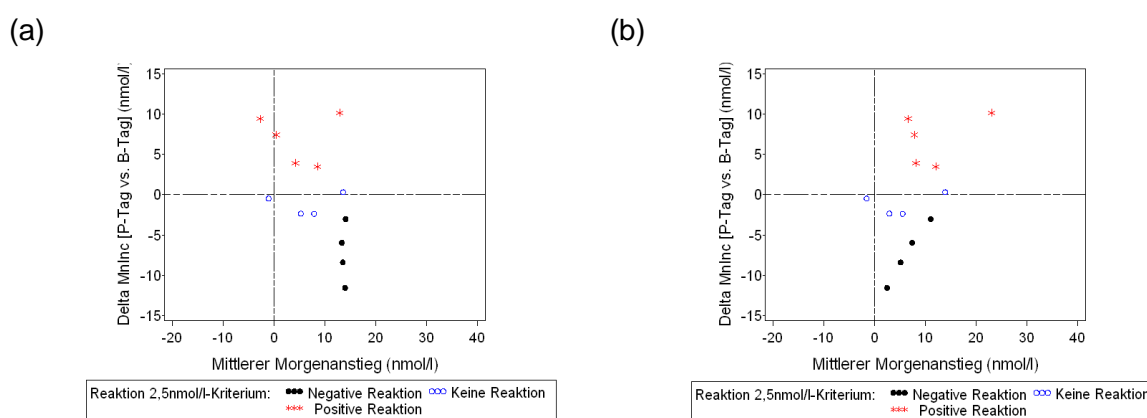
**Abbildung 53.** Zusammenhang des mittleren Morgenanstiegs am Referenz- und Prüfungstag nach Ausmaß der Cortisolreaktion (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} < \pm 2.5\text{nmol/l}$ ; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ).

Zwischen den mittleren Morgenanstiegen am Referenz- und Prüfungstag besteht in der Gesamtstichprobe kein Zusammenhang<sup>21</sup> ( $r = .25$ ;  $p = .40$ ). Wie Abbildung 53 verdeutlicht, scheint bei Personen, die mit einer Zunahme oder keiner bedeutenden Veränderung des mittleren Morgenanstiegs am Prüfungstag reagieren, ein positiver linearer Zusammenhang zwischen dem MnInc am Baseline-Tag und am Prüfungstag zu bestehen. Personen, die mit einer Abnahme des mittleren Morgenanstiegs am Tag der Prüfung reagieren, zeigen hingegen keinen systematischen Zusammenhang zwischen dem MnInc am

<sup>21</sup> Die Berechnung des Zusammenhangs erfolgte aufgrund der geringen Fallzahlen über Spearman-Rang-Korrelationen. Intraklassenkoeffizienten (z.B. nach Shrout & Fleiss, 1979), die das Verhältnis innerhalb der Person zur Gesamtvarianz wiedergibt, werden nicht herangezogen, da ihre Berechnung auf dem parametrischen Modell der einfaktoriellem ANOVA beruht.

Morgen des Referenz- und Prüfungstages, was durch die geringe Varianz des MnInc am Baseline-Tag in dieser Personengruppe zu erklären ist.

Das Ausmaß der Veränderung  $\Delta_{\text{MnInc}}$  korreliert zu  $r = -.62$  ( $p = .03$ ) signifikant negativ mit dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag und zu  $r = .54$  ( $p = .06$ ) signifikant positiv mit dem mittleren Morgenanstieg am Prüfungstag. Allerdings scheinen diese Gesamt-Korrelationen über alle Reaktionsgruppen hinweg maßgeblich durch einige der Personen mit negativer Reaktion in Bezug auf den mittleren Morgenanstieg am Tag der Prüfung beeinflusst (siehe Abbildung 54a & b). Wie bereits erwähnt haben diese Personen eine sehr geringe Varianz im MnInc des Baseline-Tages, weisen jedoch unterschiedlich starke Veränderungen zwischen  $-3.0$  und  $-11.5$  nmol/l im MnInc am Prüfungstag auf. Erwartungsgemäß zeigt sich bei diesen Probanden ein negativer Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Veränderung und dem mittleren Morgenanstieg am Tag der Prüfung (siehe Abbildung 54b); je stärker die Abnahme des MnInc zwischen beiden Tagen ist, desto geringer ist der mittlere Morgenanstieg am Tag der Prüfung. Bei Personen mit einer Zunahme oder keiner Veränderung des mittleren Morgenanstiegs am Prüfungstag treten keine linearen Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der Veränderung und dem MnInc am Baseline-Tag wie auch am Prüfungstag (siehe Abbildung 54a und b) auf.

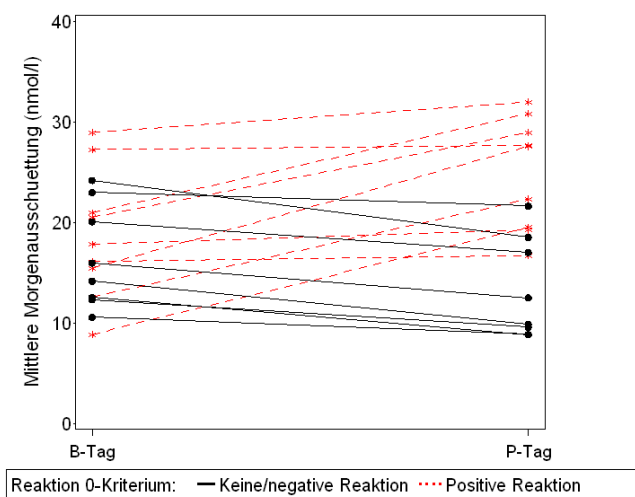


**Abbildung 54.** Zusammenhang des Ausmaßes an Veränderung im mittleren Morgenanstieg zwischen Prüfungs- und Referenztag mit dem mittleren Morgenanstieg am Baseline-Tag (a) sowie am Tag der Prüfung (b) (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} \leq -2.5$  nmol/l; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} < \pm 2.5$  nmol/l; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{MnInc}} \geq 2.5$  nmol/l).

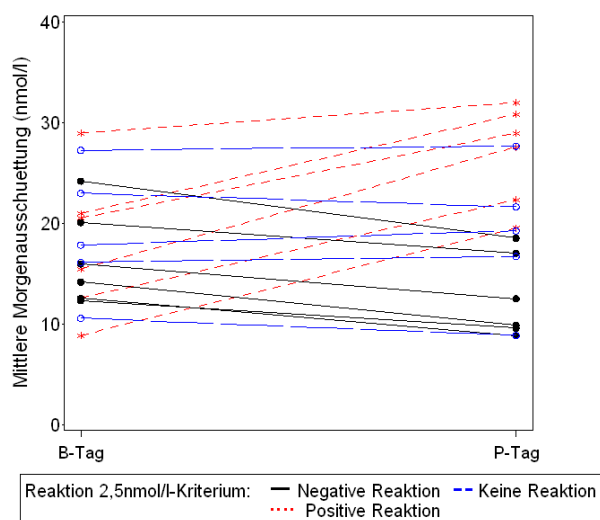
**Mittlere Morgenausschüttung.** Hinsichtlich der mittleren Morgenausschüttung zeigen von 17 für die Berechnungen [ $\Delta_{\text{MnCMR}} = \text{MnCMR}_{\text{P-Tag}} - \text{MnCMR}_{\text{B-Tag}}$ ] zur Verfügung stehenden Personen acht Probanden am Prüfungstag einen Abfall und 9 eine Zunahme der Cortisolausschüttung am Morgen im Vergleich zum Referenztag (siehe Abbildung 55a). Dabei treten bei 15 Personen Cortisol-Schwankungen zwischen  $-5.7$  und  $-1.3$  nmol/l sowie zwischen  $1.4$  und  $12.1$  nmol/l auf. Bei zwei Auszubildenden ändert sich

die mittlere Morgenausschüttung mit 0.4nmol/l bzw. 0.6nmol/l zwischen Baseline- und Prüfungsmorgen kaum. Insgesamt ist bei sechs Personen eine Zunahme der Morgenausschüttung um mehr als 2.5nmol/l zu beobachten, bei fünf Personen bewegen sich die Veränderungen zwischen  $\pm 2.5$ nmol/l. Sechs Probanden reagieren mit einer Verringerung der mittleren Cortisolausschüttung um mehr als -2.5nmol/l am Morgen der Prüfung (siehe Abbildung 55b).

a)



b)



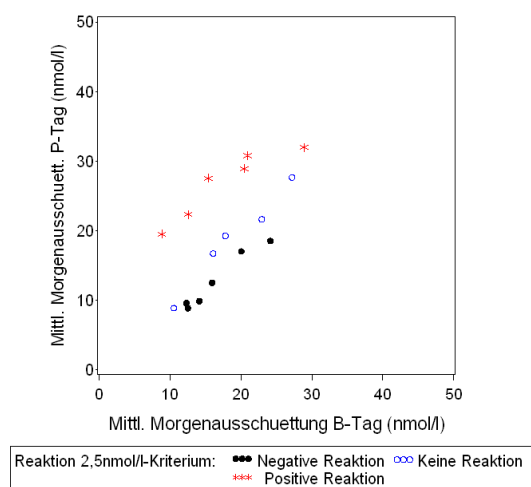
**Abbildung 55.** Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag nach 0-Kriterium (a) und nach 2.5nmol/l-Kriterium (b) (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5$ nmol/l; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5$ nmol/l; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5$ nmol/l).

Die acht Probanden mit einer Abnahme der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen des Prüfungstags beurteilt am 0-Kriterium reagieren mit einer durchschnittlichen

Senkung der MnCMR um  $-3.2\text{nmol/l} \pm 1.4\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = -3.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 1.8\text{nmol/l}$ ;  $S = -18.0$ ;  $p = .008$ ). Bei den neun Personen mit einer Zunahme um  $\Delta_{\text{MnCMR}} > 0\text{nmol/l}$  steigt die Ausschüttung am Prüfungsmorgen signifikant um  $6.2\text{nmol/l} \pm 4.8\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = 8.4\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 8.4$ ;  $S = 22.5$ ;  $p = .004$ ) im Vergleich zum Baseline-Tag. Die sechs Personen mit  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq 2.5\text{nmol/l}$  senken ihre Morgenausschüttung am Prüfungstag signifikant um durchschnittlich  $-3.8\text{nmol/l} \pm 1.0\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = -3.6\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 1.2\text{nmol/l}$ ;  $S = -10.5$ ;  $p = .03$ ). Bei den fünf Personen mit einer Veränderung weniger als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  unterscheidet sich die mittlere Cortisolausschüttung erwartungsgemäß nicht zwischen dem Referenz- und dem Prüfungstag ( $\text{MD} = 0.4\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 1.9\text{nmol/l}$ ;  $S = -0.5$ ;  $p = 1.0$ ). Die sechs Personen mit einem Anstieg der Morgenausschüttung um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  am Prüfungstag weisen eine durchschnittlich Erhöhung der MnCMR um  $9.0\text{nmol/l} \pm 3.2\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = 9.8\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 2.3\text{nmol/l}$ ) und unterscheiden sich somit signifikant zwischen den Tagen ( $S = 10.5$ ;  $p = .03$ ).

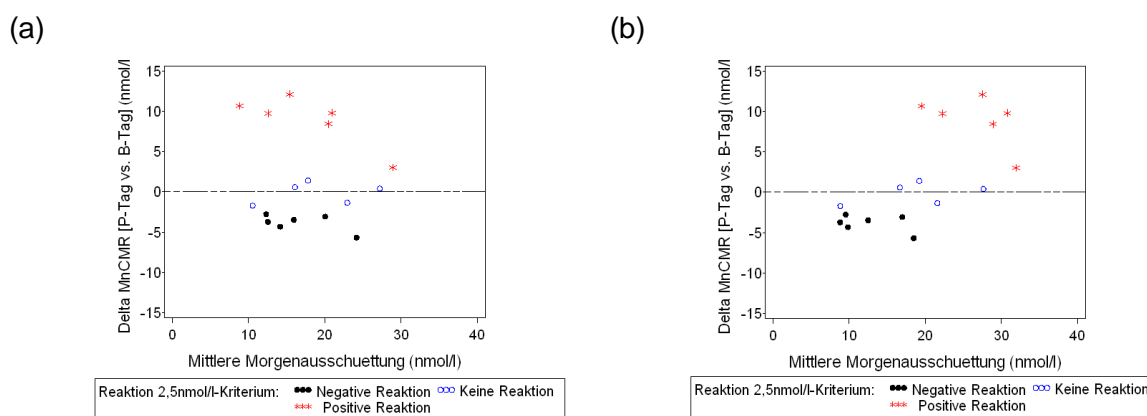
Am Referenztag unterscheiden sich die Reaktionsgruppen eingeteilt nach dem 0-Kriterium (siehe Abbildung 55a) nicht bedeutend in ihrer mittleren Cortisolausschüttung ( $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 15.1\text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 9.0\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 17.8\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 5.5\text{nmol/l}$ ;  $p = .41$ ). Auch die nach dem  $2.5\text{nmol/l}$ -Kriterium eingeteilten Reaktionsgruppen (siehe Abbildung 55b) zeigen im Mittel am Baseline-Tag keine signifikanten Unterschiede in ihrer Cortisolausschüttung ( $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 15.1\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 7.5\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{keine Reaktion}} = 17.8\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{keine Reaktion}} = 6.9\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 18.0\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 8.4\text{nmol/l}$ ;  $\chi^2_{(2)} = 0.6$ ;  $p = .75$ ).

Die mittleren Morgenausschüttungen am Referenz- und Prüfungsmorgen korrelieren zu  $r = .64$  signifikant ( $p = .006$ ) miteinander (siehe Abbildung 56). Wie Abbildung 56 verdeutlicht, besteht unabhängig von der Richtung der Veränderung ein positiver linearer Zusammenhang zwischen der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen des Referenz- und des Prüfungstages.



**Abbildung 56.** Zusammenhang der mittleren Morgenausschüttung am Referenz- und Prüfungstag nach Ausmaß der Cortisol-Reaktion (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5 \text{ nmol/l}$ ; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5 \text{ nmol/l}$ ; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5 \text{ nmol/l}$ ).

Zwischen dem Ausmaß der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  und der Ausprägung der MnCMR am Baseline-Tag besteht kein Zusammenhang über die Gesamtstichprobe ( $r = -.01$ ;  $p = .98$ ). Dies scheint auch innerhalb der verschiedenen Reaktionsgruppen der Fall zu sein (Abbildung 57a).

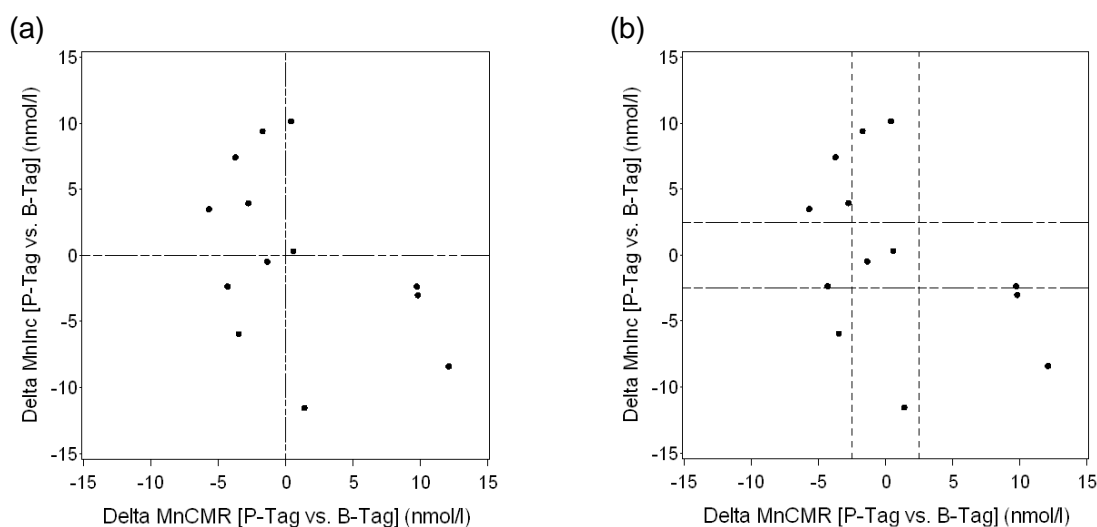


**Abbildung 57.** Zusammenhang des Ausmaßes an Veränderung in der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag mit der mittleren Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a) sowie am Tag der Prüfung (b) (negative Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5 \text{ nmol/l}$ ; keine Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} < \pm 2.5 \text{ nmol/l}$ ; positive Reaktion:  $\Delta_{\text{MnCMR}} \geq 2.5 \text{ nmol/l}$ ).

Wie zu erwarten, korreliert  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  am Tag der Prüfung in der Gesamtstichprobe mit  $r = .71$  ( $p = .001$ ) signifikant positiv mit dem Ausprägungsgrad der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen (siehe Abbildung 57b). Allerdings spiegelt sich dieser Zusammenhang nicht in den verschiedenen Reaktionsgruppen wider, was teilweise durch die geringen Schwankungen von  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  innerhalb jeder Reaktionsgruppe bedingt sein könnte

( $\Delta_{\text{MnCMR}}$  bei negative Reaktion: -5.7 bis -2.8nmol/l;  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  bei keiner Reaktion: -1.7 bis 1.4nmol/l;  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  bei positiver Reaktion: 3.0 bis 12.1nmol/l).

**Zusammenhang zwischen den Cortisolparametern und zwischen den Veränderungsmaße  $\Delta_{\text{MnInc}}$  und  $\Delta_{\text{MnCMR}}$ .** Zwischen dem mittleren Morgenanstieg sowie der Morgenausschüttung zeigen sich am Prüfungstag ( $r = .25$ ;  $p = .39$ ;  $N = 14$ ) keine signifikanten Korrelationen. Das Ausmaß der Veränderungen auf beiden Cortisolparametern zwischen dem Baseline- und dem Prüfungstag korreliert ebenfalls nicht bedeutend miteinander ( $r = -.47$ ;  $p = .11$ ; siehe Abbildung 58). So finden sich keine Personen, die auf beiden Cortisolparametern am Prüfungsmorgen eine Zunahme um mehr als 2.5nmol/l aufweisen, und nur eine Person, die eine Verschlechterung um mehr als -2.5nmol/l zwischen beiden Tagen zeigt (siehe Abbildung 58b). Eine kombinierte Gruppeneinteilung hinsichtlich der Veränderungen verschiedener Aspekte der Cortisol-Reaktionen erscheint daher als nicht sinnvoll und wird nicht vorgenommen.



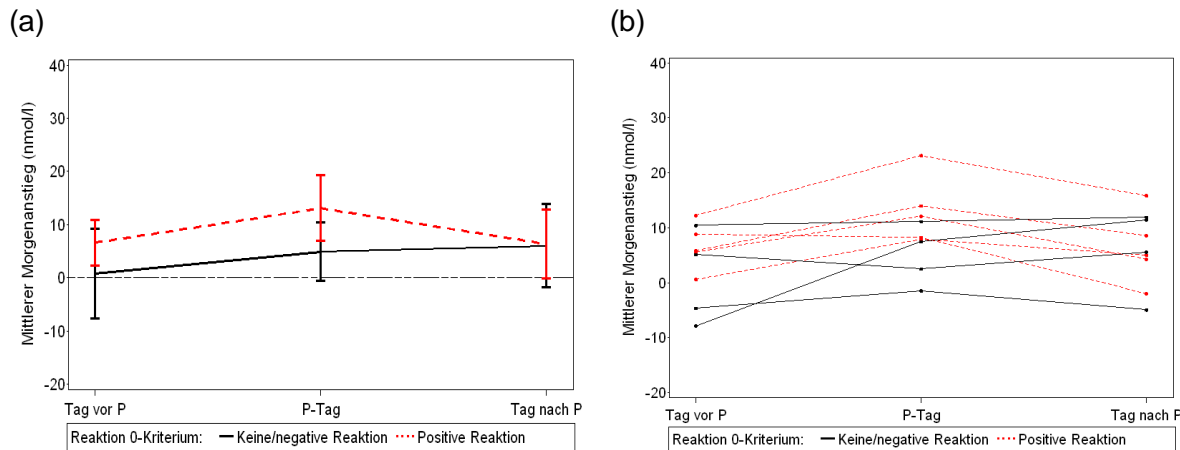
**Abbildung 58.** Zusammenhang des Ausmaßes der Veränderungen in den beiden Cortisol-Parametern zwischen Prüfungs- und Referenztag nach den Einteilungskriterien 0nmol/l (a) und 2.5nmol/l (b).

### 3.4.3.2 Interne Struktur der Cortisolausschüttung in Abhängigkeit der Art und des Ausmaßes der HPA-Achsenreaktivität auf die antizipierte Abschlussprüfung

Im Folgenden werden zunächst der mittlere Cortisol-Morgenanstieg, anschließend die mittlere Morgenausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung gemäß der Reaktionsgruppen näher untersucht. Die statistischen Kennwerte sowie reaktionsgruppenspezifische Abbildungen der Cortisol-Einzelwerte an den drei Tagen finden sich in Anhang B-I, Tabelle B34-37 sowie in Anhang B-II, Abbildungen B55-66.

### a) Reaktionskriterium mittlerer Morgenanstieg

**0-Kriterium MnInc.** Personen, die mit einer Verringerung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs am Tag der Prüfung im Vergleich zum Baseline-Tag reagieren, unterscheiden sich laut Friedman-Rangvarianzanalyse<sup>22</sup> nicht signifikant in der zentralen Tendenz ihres mittleren Morgenanstiegs über die drei Tage um die praktische Abschlussprüfung von denjenigen Personen, die eine Erhöhung des MnInc am Prüfungsmorgen aufweisen ( $q_{(2)} = 2.5$ ;  $p = .29$ ; statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B38). Vergleicht man die Cortisolanstiege pro Tag<sup>23</sup> zwischen den beiden Reaktionsgruppen, so ergeben sich keine bedeutenden Unterschiede in den Ausprägungen am Tag vor ( $MD_{\text{positive Reaktion}} = 5.8\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{positive Reaktion}} = 3.2\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{negative Reaktion}} = 0.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{negative Reaktion}} = 14.0\text{nmol/l}$ ;  $p = .14$ ) sowie am Tag nach der Prüfung ( $MD_{\text{positive Reaktion}} = 5.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{positive Reaktion}} = 4.3\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{negative Reaktion}} = 8.5\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{negative Reaktion}} = 11.4\text{nmol/l}$ ;  $p = .90$ ). Am Prüfungsmorgen unterscheiden sich die beiden Gruppen signifikant im mittleren Cortisolanstieg; so weisen Personen mit  $\Delta_{\text{MnInc}} > 0\text{nmol/l}$  einen signifikant höheren Morgenanstieg am Tag der Prüfung auf als Personen mit  $\Delta_{\text{MnInc}} < 0\text{nmol/l}$  ( $MD_{\text{negative Reaktion}} = 5.2$ ;  $IQA_{\text{negative Reaktion}} = 5.0\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{positive Reaktion}} = 10.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{positive Reaktion}} = 6.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .009$ ).



**Abbildung 59.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag (0-Kriterium).

<sup>22</sup> Neun Personen, von denen zu allen drei Tagen ein mittlerer Morgenanstieg berechnet und die gemäß ihrer Differenz des MnInc zwischen Baseline- und Prüfungstag einer Reaktionsgruppe zugewiesen werden konnten, gingen in die Friedman-Rangvarianzanalyse ein.

<sup>23</sup> In die Gruppenvergleiche pro Tag mit Hilfe von Wilcoxon-Rangsummen-Tests gehen aufgrund der geringen Fallzahlen immer alle an diesem Tag zur Verfügung stehenden Daten ein (siehe auch Anhang B-I, Tabelle B39-42).



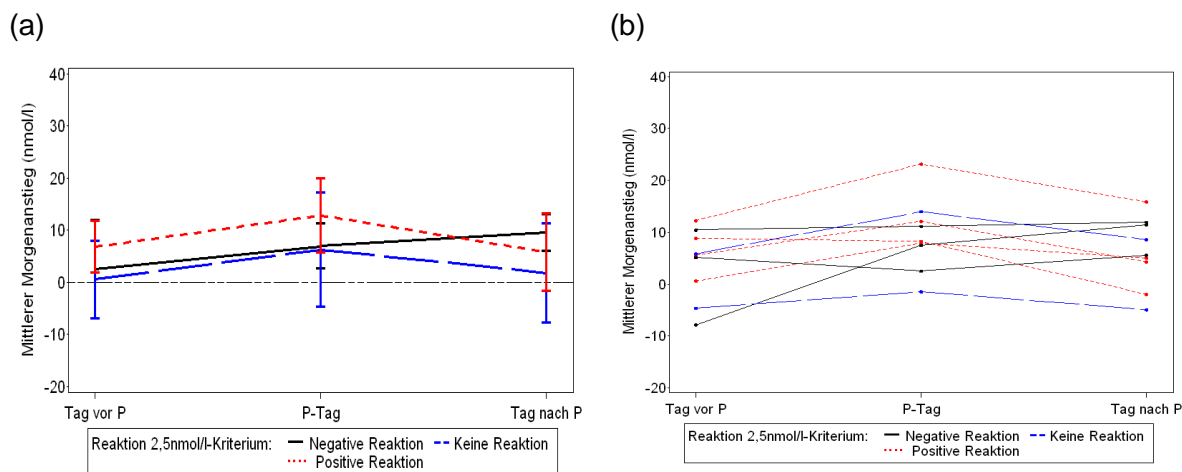
Betrachtet man die Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs der Reaktionsgruppen zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung (siehe Abbildung 59), so zeigen die fünf Personen der positiven Reaktionsgruppe am Tag nach der Prüfung einen im Durchschnitt um  $6.7\text{nmol} \pm 2.7\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = 7.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 2.4\text{nmol/l}$ ) starken Abfall des mittleren Morgenanstiegs im Vergleich zum Prüfungsmorgen und unterscheiden sich laut Wilcoxon-Rangsummen-Test im Ausmaß dieser Veränderung signifikant von den vier Personen der negativen Reaktionsgruppe ( $p = .04$ ). Deren Cortisolanstieg nimmt am Tag nach der Prüfung im Durchschnitt um  $1.1 \pm 3.3 \text{ nmol/l}$  ( $\text{MD} = 1.9 \text{ nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 4.9\text{nmol/l}$ ) zum Prüfungsmorgen zu.

Bezüglich der mittleren Morgenausschüttung des Cortisols zeigen sich weder in der zentralen Tendenz über die Tage um die praktische Abschlussprüfung ( $q_{(2)} = 2.5$ ;  $p = .29$ ) noch an einzelnen Tagen signifikante Unterschiede zwischen den Reaktionsgruppen (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B38). Auch im Ausmaß der Veränderungen der mittleren Cortisolausschüttung zwischen den Tagen ergeben sich keine Gruppenunterschiede (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B72a&b).

**2.5nmol/l-Kriterium MnInc.** Nach dem 2.5nmol/l-Kriterium eingeteilt unterscheiden sich die drei Reaktionsgruppen nicht in der zentralen Tendenz<sup>24</sup> ihres mittleren Morgenanstiegs an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung ( $q_{(2)} = 1.6$ ;  $p = .44$ , statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B39). Die Einzelvergleiche pro Tag ergeben lediglich am Vortag der Prüfung signifikante Unterschiede zwischen den drei Reaktionsgruppen ( $\chi^2_{(2)} = 6.4$ ;  $p = .04$ ). Dies ist auf den Unterschied der mittleren Cortisolanstiege zwischen der positiven ( $\Delta_{\text{MnInc}} \leq -2.5\text{nmol/l}$ ) und der negativen ( $\Delta_{\text{MnInc}} \geq 2.5\text{nmol/l}$ ) Reaktionsgruppe zurückzuführen. So weisen die vier Personen der positiven Reaktionsgruppe einen signifikant höheren MnInc am Vortag der Prüfung auf als die drei Personen der negativen Reaktionsgruppe ( $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 7.2\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 7.4\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = -1.4\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 16.3\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ). Allerdings überlappen sich die Streubereiche der drei Reaktionsgruppen sehr. Am Prüfungstag unterscheiden sich die nach dem 2.5nmol/l-Kriterium eingeteilten Gruppen nicht signifikant in ihrem Cortisolanstieg voneinander ( $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 6.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 5.4\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{keine Reaktion}} = 4.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{keine Reaktion}} = 9.1\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 8.2\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 4.2 \text{ nmol/l}$ ;  $\chi^2_{(2)} = 3.1$ ;  $p = .22$ ). Auch

<sup>24</sup> In die Friedman-Rangvarianzanalyse gehen neun Personen, von denen zu allen drei Tagen ein mittlerer Morgenanstieg berechnet und die gemäß ihrer Differenz des MnInc zwischen Baseline- und Prüfungstag einer Reaktionsgruppe zugewiesen werden konnten, gingen in die Friedman-Rangvarianzanalyse ein.

anschließende Einzelvergleiche ergeben keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Reaktionsgruppen.



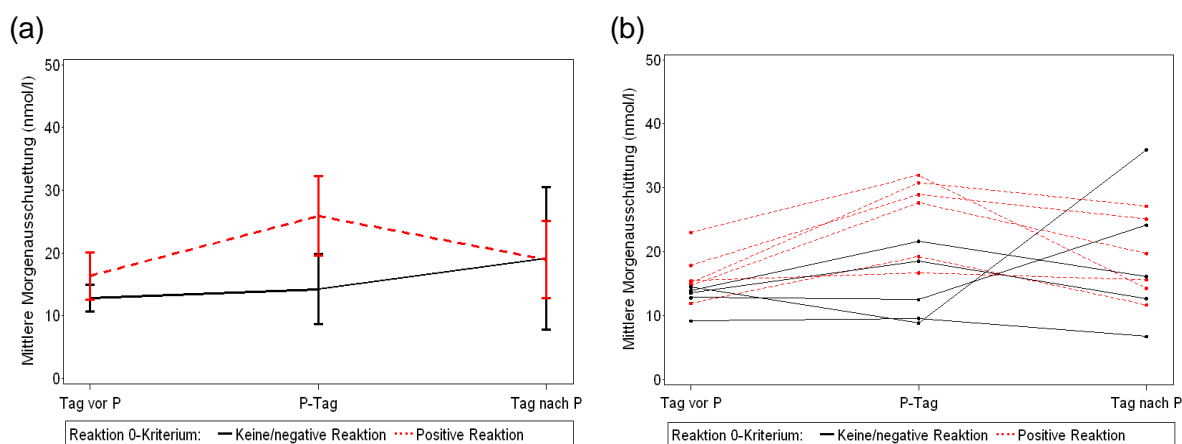
**Abbildung 60.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Referenztag (2.5nmol/l-Kriterium).

Vergleicht man das Ausmaß der Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen den Tagen, so unterscheiden sich die drei Reaktionsgruppen signifikant im Grad der Veränderung des Cortisolanstiegs zwischen Prüfungsmorgen und Morgen danach ( $\chi^2_{(2)} = 5.8$ ;  $p = .06$ ; siehe Abbildung 60). So sinkt der MnInc der positiven Reaktionsgruppe um durchschnittlich  $7.1 \text{ nmol/l} \pm 3.1 \text{ nmol/l}$  (MD =  $7.5 \text{ nmol/l}$ ; IQA =  $3.9 \text{ nmol/l}$ ) signifikant stärker als der MnInc der negativen Reaktionsgruppe (MD =  $-3.1 \text{ nmol/l}$ ; IQA =  $3.2 \text{ nmol/l}$ ;  $p = .05$ ). Ansonsten gibt es keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Reaktionsgruppen in den Veränderungen des MnInc zwischen Vortag, Tag der Prüfung und Tag danach.

In der zentralen Tendenz über die Tage um die praktische Abschlussprüfung ( $q_{(2)} = 1.9$ ;  $p = .38$ ) wie auch an den einzelnen Tagen zeigen sich keine signifikanten Reaktionsgruppenunterschiede hinsichtlich der mittleren Morgenausschüttung (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B39). Ebenso unterscheiden sich die Gruppen statistisch nicht bedeutsam in den Veränderungen der mittleren Cortisolausschüttung zwischen den Tagen voneinander (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B72c und d).

## b) Reaktionskriterium mittlere Morgenausschüttung.

**0-Kriterium MnCMR.** Personen, die am Prüfungsmorgen eine höhere durchschnittliche Cortisolausschüttung als am Baseline-Tag aufweisen, unterscheiden sich in ihrer zentralen Tendenz<sup>25</sup> nicht signifikant an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung von Personen, die eine niedrigere mittlere Ausschüttung am Prüfungsmorgen aufweisen ( $q_{(2)} = 3.7$ ;  $p = .15$ , statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B40). Gruppenvergleiche an den einzelnen Tagen mit Hilfe von Wilcoxon-Rangsummen-Tests<sup>26</sup> zeigen, dass Personen der positiven Reaktionsgruppe ( $\Delta_{\text{MnCMR}} > 0\text{nmol}$ ) eine signifikant höhere Cortisolausschüttung am Morgen des Vortages der Prüfung aufweisen als Personen der negativen Reaktionsgruppe ( $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq 0\text{nmol}$ ) ( $\text{MD}_{\text{Positive Reaktion}} = 15.5\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 4.5\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 13.5\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 1.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .03$ ). Am Prüfungstag haben Personen der positiven Reaktionsgruppe ebenso eine signifikant höhere mittlere Morgenausschüttung ( $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 27.6\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 9.4\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 11.2\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 8.6\text{nmol/l}$ ;  $p = .003$ ).



**Abbildung 61.** Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag (0-Kriterium).

Wie Abbildung 61 zu entnehmen ist, unterscheiden sich die beiden Reaktionsgruppen auch hinsichtlich der Veränderung der durchschnittlichen Cortisolausschüttung zwi-

<sup>25</sup> In die Friedman-Rangvarianzanalysen gehen elf Personen, von denen zu allen drei Tagen eine mittlere Morgenausschüttung berechnet und die gemäß ihrer Differenz der MnCMR zwischen Baseline- und Prüfungstag einer Reaktionsgruppe zugewiesen werden konnten, ein.

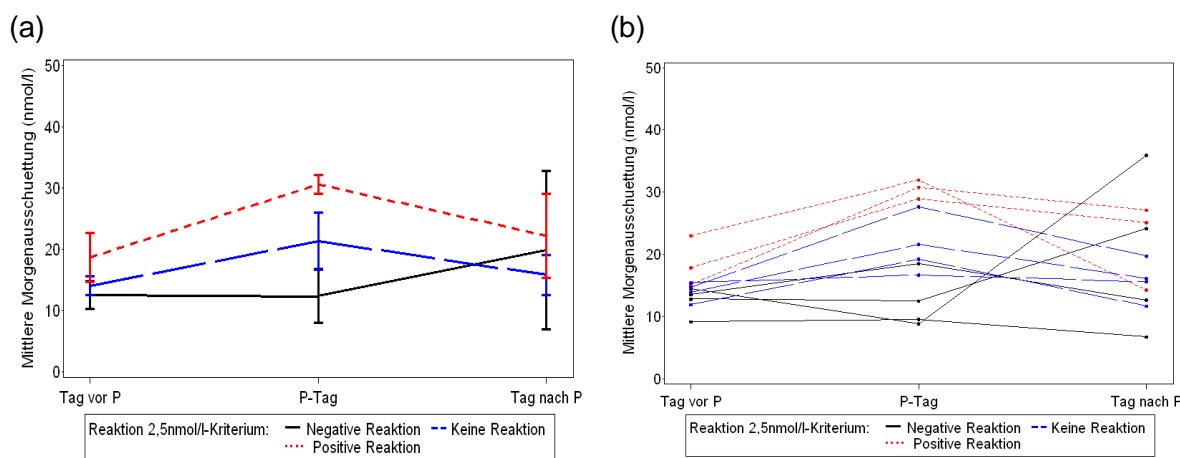
<sup>26</sup> In die Gruppenvergleiche pro Tag mit Hilfe von Wilcoxon-Rangsummen-Tests gehen aufgrund der geringen Fallzahlen immer alle an diesem Tag zur Verfügung stehenden Daten ein (siehe auch Anhang B-I, Tabelle B39-42).

schen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung. So steigt bei Personen mit  $\Delta_{\text{MnCMR}} > 0\text{nmol}$  die Cortisolausschüttung zwischen Vortag und Prüfungsmorgen mit durchschnittlich  $9.4\text{nmol} \pm 4.6\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = 9.0\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 5.6\text{nmol/l}$ ) signifikant stärker an als bei Personen der negativen Reaktionsgruppe ( $\text{MD} = 2.0\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 5.3\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ). Ebenso sinkt die Morgenausschüttung am Tag nach der Prüfung bei diesen Personen mit durchschnittlich  $8.0\text{nmol/l} \pm 6.0\text{nmol/l}$  ( $\text{MD} = 7.6\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 10.5\text{nmol/l}$ ) stärker als bei Personen mit  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq 0\text{nmol}$  ( $\text{MD} = 2.8\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA} = 17.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .10$ ).

Hinsichtlich des mittleren Cortisolanstiegs 45 Minuten nach dem Erwachen ergeben sich in der zentralen Tendenz<sup>25</sup> über die Tage ( $q_{(2)} = 3.1$ ;  $p = .21$ ) sowie bei Vergleichen pro Tag keine statistisch bedeutsamen Unterschiede (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B40). Auch hinsichtlich der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs zwischen Vortag, Prüfungstag und Tag danach unterscheiden sich die Reaktionsgruppen nicht (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B73a&b).

**2.5nmol/l-Kriterium MnCMR.** Gemäß des Einteilungskriteriums um mehr oder weniger als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  zwischen der Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungs- und Referenztag unterscheiden sich die drei demnach gebildeten Reaktionsgruppen signifikant in ihrer zentralen Tendenz<sup>25</sup> der Morgenausschüttung über die Tage um die praktische Abschlussprüfung ( $q_{(2)} = 4.9$ ;  $p = .09$ ). Laut Wilcoxon-Rangsummentest<sup>26</sup> haben Personen mit einer Zunahme des MnCMR zwischen Referenz- und Prüfungstag um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  am Vortag der Prüfung eine signifikant höhere mittlere Cortisol-Morgenausschüttung sowohl als Personen mit einer Abnahme des MnCMR um  $\Delta_{\text{MnCMR}} \leq -2.5\text{nmol/l}$  ( $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 18.5\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 4.6\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 13.4\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 0.8\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ) als auch als Personen, deren mittlerer Morgenanstieg sich zwischen Referenz- und Prüfungsmorgen um weniger als  $2.5\text{nmol/l}$  verändert ( $\text{MD}_{\text{keine Reaktion}} = 14.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{keine Reaktion}} = 2.2\text{nmol/l}$ ;  $p = .06$ ). Ebenso verhält es sich am Prüfungsmorgen, an dem Personen mit positiver Reaktion eine signifikant höhere Morgenausschüttung aufweisen als Personen in der negativen Reaktionsgruppe ( $\text{MD}_{\text{positive Reaktion}} = 28.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{positive Reaktion}} = 8.5\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 11.2\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 7.4\text{nmol/l}$ ;  $p = .005$ ) sowie Personen mit einer geringen Reaktion hinsichtlich des MnCMR ( $\text{MD}_{\text{keine Reaktion}} = 19.3\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{keine Reaktion}} = 4.9\text{nmol/l}$ ;  $p = .06$ ). Personen mit einer Abnahme um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  in der Cortisolausschüttung am Prüfungsmorgen unterscheiden sich hingegen nicht signifikant in ihrer mittleren Cortisolausschüttung am Prüfungstag von Personen mit einer Veränderung um nicht mehr als  $\pm 2.5\text{nmol/l}$  ( $\text{MD}_{\text{negative Reaktion}} = 11.2\text{nmol/l}$ ;  $\text{IQA}_{\text{negative Reaktion}} = 7.4\text{nmol/l}$  vs.  $\text{MD}_{\text{keine Reaktion}} = 19.3\text{nmol/l}$ ;  $p = .17$ ).

Die genauen statistischen Kennwerte finden sich in Anhang B-I, Tabelle B41.



**Abbildung 62.** Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung nach der Reaktion der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Referenztag (2.5nmol/l-Kriterium).

Hinsichtlich des Ausmaßes der Veränderungen in der mittleren Cortisolausschüttung zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen sich signifikante Unterschiede in den gruppenspezifischen Veränderungen zwischen Vor- und Prüfungstag ( $\chi^2_{(2)} = 8.1$ ;  $p = .02$ ; siehe Abbildung 62). Personen, deren Cortisolausschüttung am Morgen der Prüfung im Vergleich zum Referenztag um mehr als 2.5nmol/l sinkt, zeigen eine signifikant geringere Veränderung zwischen Vortag und Prüfungsmorgen im MnCMR ( $MD_{\text{negative Reaktion}} = 0.4\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{negative Reaktion}} = 3.9\text{nmol/l}$ ) als Personen mit einer positiven Reaktion hinsichtlich  $\Delta_{\text{MnCMR}}$  zwischen Referenz- und Prüfungstag ( $MD_{\text{positive Reaktion}} = 10.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{positive Reaktion}} = 4.7\text{nmol/l}$ ;  $p = .02$ ) wie auch als Personen, die keine bedeutende Veränderung in ihrer Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Baseline- und Prüfungstag zeigen ( $MD_{\text{keine Reaktion}} = 7.3\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{keine Reaktion}} = 6.1\text{nmol/l}$ ;  $p = .07$ ). Weitere statistisch bedeutsame Unterschiede in den Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen sich nicht zwischen den Gruppen.

Hinsichtlich der zentralen Tendenz<sup>27</sup> des mittleren Cortisolanstiegs am Morgen über die drei Tage um die praktische Abschlussprüfung unterschieden sich die drei Reaktionsgruppen nicht bedeutend voneinander ( $q_{(2)} = 3.6$ ;  $p = .16$ ). Auch an den einzelnen Tagen ergaben die Kruskal-Wallis-Tests keine signifikanten Unterschiede in der Höhe des middle-

<sup>27</sup> Zehn Personen, von denen zu allen drei Tagen ein mittlerer Morgenanstieg berechnet und die gemäß ihrer Differenz des MnCMR zwischen Baseline- und Prüfungstag einer Reaktionsgruppe zugewiesen werden konnten, gingen in die Friedman-Rangvarianzanalyse ein.

ren Morgenanstiegs zwischen den Gruppen (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B41). Im Ausmaß der Veränderungen des morgendlichen Cortisolanstiegs zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen sich ebenfalls keine reaktionsgruppentypischen Unterschiede (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B73c&d).

### **3.4.3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die Personen scheinen sich in ihrer morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität auf einen antizipierten psychosozialen Stressor sowohl hinsichtlich des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs wie auch hinsichtlich der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung voneinander zu unterscheiden.

Sieben Personen zeigen eine Senkung des mittleren Morgenanstiegs um durchschnittlich  $-4.9\text{nmol/l} \pm 3.9\text{nmol/l}$  am Tag der Prüfung im Vergleich zum Referenztag. Davon weisen fünf Personen einen Abfall um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  auf. Bei sechs Personen ist am Morgen der Prüfung ein um durchschnittlich  $5.8 \pm 3.8\text{nmol/l}$  höherer mittlerer Morgenanstieg zu beobachten als am Baseline-Tag. Davon haben vier Personen einen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  höheren MnInc. Auffallend ist die sehr geringe Streuung des mittleren Morgenanstiegs und der durchschnittlich höhere mittlere MnInc am Referenztag bei Personen, die einen Abfall des MnInc um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  am Tag der Prüfung im Vergleich zum Referenztag zeigen. Dies legt eine Regression zur Mitte nahe. Während der Tage um die praktische Abschlussprüfung lassen sich hinsichtlich der zentralen Tendenz des mittleren Morgenanstiegs keine Unterschiede zwischen den Personengruppen beobachten. Einzelvergleiche ergeben lediglich am Vortag der Prüfung einen signifikant höheren mittleren Morgenanstieg bei Personen mit  $\Delta_{\text{MnInc}} > 2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zu Personen mit  $\Delta_{\text{MnInc}} < -2.5\text{nmol/l}$ . Allerdings weisen die Streubereiche starke Überlappungen miteinander auf. Am Tag der Prüfung unterscheiden sich die drei Gruppen nicht signifikant in ihrem mittleren Morgenanstieg. Sowohl bei Personen, die mit einer Erhöhung des MnInc um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  am Prüfungstag reagieren, als auch bei Personen, deren MnInc sich zwischen beiden Tagen kaum verändert, zeigt sich eine positive lineare Beziehung zwischen den durchschnittlichen Cortisol-Anstiegen an beiden Tagen. Je höher der MnInc am Referenztag ist, desto höher scheint der Morgenanstieg am Prüfungstag ausgeprägt zu sein. Auch hängt in diesen Gruppen das Ausmaß der Veränderung nicht bedeutend mit dem MnInc am Baseline-Tag zusammen, was gegen eine Regression zur Mitte des mittleren Morgenanstiegs am Prüfungstag bei diesen Personen spricht. Der mittlere Morgenanstieg sinkt bei Personen mit einem  $\Delta_{\text{MnInc}} > 2.5\text{nmol/l}$  am Tag nach der Prüfung signifikant stärker im Vergleich zum Prüfungstag als bei Personen mit einem  $\Delta_{\text{MnInc}} < -2.5\text{nmol/l}$ .

Hinsichtlich der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zeigen acht von 17 Personen einen Abfall und neun eine Zunahme zwischen Referenztag und Tag der Prüfung. Bei sechs Personen sinkt die mittlere Morgenausschüttung am Prüfungstag um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$ , bei 5 Probanden verändert sie sich kaum und bei sechs steigt sie um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$ . Am Baseline-Tag lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen in der Höhe der durchschnittlichen Cortisolausschüttung feststellen. Über die Tage um die praktische Abschlussprüfung unterscheiden sich die Gruppen in der zentralen Tendenz der mittleren Morgenausschüttung signifikant voneinander. So setzen Personen, die mit einer Zunahme des MnCMR um mehr  $2.5\text{nmol/l}$  zwischen Referenz- und Prüfungstag reagieren, im Durchschnitt signifikant mehr Cortisol am Morgen vor der Prüfung sowie am Tag der Prüfung frei als Personen, deren mittlere Cortisolausschüttung sich zwischen Baseline- und Prüfungstag kaum oder um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  verändert. Auch zeigen sich gruppenspezifische Veränderungen der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung. So verändert sich die Cortisolausschüttung bei Personen, bei denen die MnCMR zwischen Referenz- und Prüfungstag um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  sinkt, signifikant weniger als bei Personen mit  $\Delta_{\text{MnCMR}} > 2.5\text{nmol/l}$  oder  $\Delta_{\text{MnCMR}} = \pm 2.5\text{nmol/l}$ .

Unabhängig von der Richtung der Veränderung besteht ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen des Referenz- und des Prüfungstages. Zwischen dem Ausmaß der Veränderung und der MnCMR am Baseline-Tag besteht kein Zusammenhang.

Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen Referenztag und Tag der Prüfung stehen nicht in linearem Zusammenhang mit Veränderungen in der mittleren Morgenausschüttung zwischen diesen Tagen.

#### **3.4.4 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren des Erlebens und Verhaltens auf die HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung**

In diesem Abschnitt wird mittels Zusammenhangsanalysen überprüft, inwieweit stabile und eher situationsbedingte, d.h. statebezogene Personenmerkmale in Bezug auf Verhalten und Erleben einen Einfluss auf die Cortisolausschüttung an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung sowie auf die Veränderungen in der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen haben. Neben der absoluten Cortisolausschüttung an den Tagen vor, während und nach der Prüfung werden dabei sowohl die Veränderungen der morgendlichen Corti-

solaktivität zwischen Prüfungs- und Referenztag sowie zwischen Vortag und Tag der Prüfung als Maße der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität auf einen antizipierten Stressor herangezogen. Die Differenz der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen Prüfungstag und Tag danach sowie zwischen dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag werden als Indikatoren der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität in Folge eines erlebten Stressors verwendet.

Zunächst wird der Einfluss stabiler gesundheitsrelevanter Personenmerkmale, wie psychische und somatische Beschwerden, Allergiestatus sowie subjektiv empfundene chronische Stressbelastung auf die Cortisolausschüttung und ihre Veränderungen an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung näher untersucht. Im Weiteren werden eher situativ bedingte Merkmale des Verhaltens und Erlebens, wie die aktuelle Prüfungsangst sowie die subjektiv empfundene Belastung durch die Prüfung als mögliche relevante Faktoren für die Cortisol-Reaktion in einer Belastungsphase näher beleuchtet.

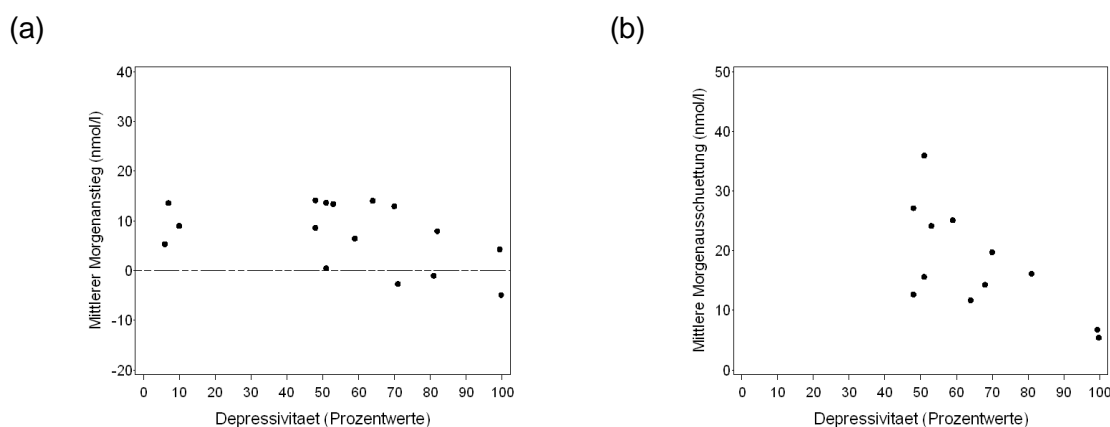
#### **3.4.4.1 Stabile Personenmerkmale und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung**

*Depressive Symptomatik und Verdachtsdiagnose Depression.* Die 17 Personen der Gesamtstichprobe weisen im Durchschnitt auf der Allgemeinen Depressionsskala von Hautzinger und Bailer (1993) einen Wert von  $16.8 \pm 11.8$  ( $MD = 14.0$ ;  $IQA = 9.0$ ) auf, was einem alters- und geschlechtsnormierten Prozentrang von  $57.0 \pm 28.4\%$  ( $MD = 59.0$ ;  $IQA = 23.0\%$ ) entspricht. Die sieben Frauen und zehn Männer unterscheiden sich nicht signifikant im Ausprägungsgrad der depressiven Symptomatik ( $MD_{\text{Frauen}} = 47.7\%$ ;  $IQA_{\text{Frauen}} = 60.0\%$  vs.  $MD_{\text{Männer}} = 63.5\%$ ;  $IQA_{\text{Männer}} = 34.0\%$ ;  $p = .40$ ). Auch hinsichtlich der Berufsausbildung zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in der Auftretenshäufigkeit depressiver Symptome ( $MD_{\text{Bäcker}} = 50.5\%$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 61.0\%$  vs.  $MD_{\text{Bäckereifachverk.}} = 60.5\%$ ;  $IQA_{\text{Bäckereifachverk.}} = 19.0\%$  vs.  $MD_{\text{Hotelfach}} = 40.7\%$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 53.0\%$  vs.  $MD_{\text{Koch}} = 70.4\%$ ;  $IQA_{\text{Koch}} = 29.0\%$ ;  $p = .55$ ). Drei der 17 Personen (17.6%) haben einen kritischen Summenwert über 23, was auf das Vorliegen einer möglichen depressiven Störung hindeutet. Zwei dieser Personen werden auch nach dem PHQ-2 (Löwe et al., 2005) als depressiv im Sinne einer Verdachtsdiagnose eingestuft. Des Weiteren liegt bei vier weiteren Personen laut PHQ-2 möglicherweise eine depressive Störung vor. Unter den insgesamt sechs Personen mit einer Verdachtsdiagnose sind zwei Frauen und vier Männer ( $\chi^2_{(1)} = 0.2$ ;  $p = .63$ ). Hinsichtlich der verschiedenen Ausbildungswege zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede bezüglich einer Verdachtsdiagnose ( $\chi^2_{(3)} = 0.2$ ;  $p = .98$ ); so leiden zwei auszubildende Bäcker, zwei Köche und jeweils eine Bäckereifachverkäuferin und ein Auszubildender des Hotelfachs gemäß



des PHQ-2 (Löwe et al., 2005) möglicherweise an einer Depression. Die Höhe der Zusammenhänge zwischen psychischen und somatischen Beschwerden sowie der chronischen Stressbelastung können Anhang B-I, Tabelle B46 entnommen werden.

Zwischen dem mittleren Morgenanstieg und der Ausprägung der depressiven Symptomatik, gemessen anhand des Prozentrangs der Allgemeinen Depressionsskala (Hautzinger & Bailer, 1993) zeigt sich lediglich am Referenztag der Baseline-Phase eine statistisch signifikante Spearman-Rang-Korrelation von  $r = -.50$  ( $p = .05$ ), der zufolge der Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen umso geringer erscheint, je höher der Depressivitätswert der Person ausgeprägt ist. Allerdings wird dieser Korrelationskoeffizient maßgeblich durch eine Beobachtung bestimmt, die einen Prozentrang von 99.8% auf der ADS und einen MnInc von  $-4.9 \text{ nmol/l}$  aufweist (siehe Abbildung 63a).



**Abbildung 63.** Zusammenhang zwischen dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Referenztag (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenaussschüttung am Tag nach der Prüfung (b) mit dem Grad der Depressivität (gemessen anhand der ADS, Hautzinger & Bailer, 1993).

Schließt man diesen Fall von den Berechnungen aus, so sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.39$  und wird nicht mehr signifikant ( $r = -.39$ ;  $p = .15$ ;  $N = 15$ ). An den übrigen Tagen zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Prozentrang der ADS und dem mittleren Cortisolanstieg am Morgen (siehe Tabelle 32; siehe auch Anhang B-II, Abbildungen B67).

Die mittlere Cortisol-Morgenaussschüttung weist lediglich am Tag nach der Prüfung einen signifikant negativen Zusammenhang mit dem Grad der Depressivität, gemessen mit Hilfe der ADS (Hautzinger & Bailer, 1993), von  $r = -.56$  ( $p = .06$ ) auf (siehe auch Tabelle 33).

**Tabelle 32.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen dem mittleren Morgenanstieg und personenbezogenen Merkmalen an den vier Messtagen.

	Mittlerer Morgenanstieg							
	Referenz-tag		Tag vor Prüfung		Tag der Prüfung		Tag nach Prüfung	
	N	r	N	r	N	r	N	r
<i>Psychische Beschwerden</i>								
Depressivität	16	-.50*	13	.15	14	-.01	12	-.40
Ängstlichkeit	16	-.04	13	.56*	14	.05	12	.18
<i>Somatische Beschwerden</i>								
Allg. Beschwerdedruck	16	-.20	13	.30	14	-.17	12	-.07
Erschöpfung	16	-.07	13	.46	14	.09	12	-.07
<i>Körpermaße</i>								
Body Mass Index	16	-.53*	13	-.52 <sup>+</sup>	14	-.51 <sup>+</sup>	12	-.28
Waist-to-Hip-Ratio	15	-.51*	13	-.11	14	-.29	12	-.08
<i>Psychologische Merkmale</i>								
Chron. Stressbelastung	15	-.10	12	.46	13	.25	11	-.24

Anmerkungen: <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ ;

**Tabelle 33.** Spearman-Rang-Korrelationen zwischen der mittleren Morgenausschüttung und personenbezogenen Merkmalen an den vier Messtagen.

	Mittlere Morgenausschüttung							
	Referenz-tag		Tag vor Prüfung		Tag der Prüfung		Tag nach Prüfung	
	N	R	N	r	N	r	N	r
<i>Psychische Beschwerden</i>								
Depressivität	17	-.25	13	-.25	17	.06	12	-.56*
Ängstlichkeit	17	.11	13	-.50 <sup>+</sup>	17	.20	12	-.50 <sup>+</sup>
<i>Somatische Beschwerden</i>								
Allg. Beschwerdedruck	17	-.40	13	-.12	17	.07	12	-.48
Erschöpfung	17	-.21	13	-.09	17	.18	12	-.38
<i>Körpermaße</i>								
Body Mass Index	17	-.49*	13	-.30	17	-.29	12	-.01
Waist-to-Hip-Ratio	17	-.35	13	-.35	17	-.26	12	.22
<i>Psychologische Merkmale</i>								
Chron. Stressbelastung	16	.04	12	-.56 <sup>+</sup>	16	-.01	11	-.45

Anmerkungen: <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ ;

Je geringer das Ausmaß der depressiven Symptomatik ist, desto höher ist die durchschnittliche Cortisolausschüttung am Tag nach der Prüfung (siehe Abbildung 63b). Die beiden Personen mit ADS-Prozenträngen über 99.0% weisen mit Abstand die geringsten MnCMR am Tag nach der Prüfung auf und beeinflussen dadurch die Korrelation erheblich. Unter Ausschluss dieser beiden Fälle sinkt der Korrelations-Koeffizient auf  $r = -.23$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .52$ ;  $N = 10$ ). Weitere Abbildungen zur Beziehung zwischen der mittleren Morgenausschüttung und dem ADS-Prozentrang an den übrigen Tagen finden sich im Anhang B-II, Abbildung B68.

Bezüglich des Ausmaßes der Veränderungen der Cortisolausschüttung am Morgen ergeben sich sowohl hinsichtlich des Morgenanstiegs wie auch der durchschnittlichen Morgenausschüttung weder in der Antizipationsphase bis zum Tag der Prüfung noch in der Erholungsphase nach dem Stressor keine bedeutenden Zusammenhänge mit dem Ausmaß der Depressivität (siehe Tabelle 34 und Tabelle 35).

**Tabelle 34.** Spearman-Rang-Korrelationen der Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen den vier Messtagen und personenbezogenen Merkmalen.

	Mittlerer Morgenanstieg							
	$\Delta$ P-Tag vs. B-Tag		$\Delta$ P-Tag vs. Vortag		$\Delta$ P-Tag vs. Tag danach		$\Delta$ Tag n. P. vs. B-Tag	
	N	r	N	r	N	r	N	r
<b>Psychische Beschwerden</b>								
Depressivität	13	.31	11	-.18	10	-.33	11	-.02
Ängstlichkeit	13	.11	11	-.58 <sup>+</sup>	10	-.07	11	-.10
<b>Somatische Beschwerden</b>								
Allg. Beschwerdedruck	13	.02	11	-.56 <sup>+</sup>	10	-.03	11	-.48
Erschöpfung	13	.10	11	-.60 <sup>*</sup>	10	-.27	11	-.49
<b>Körpermaße</b>								
Body Mass Index	13	-.11	11	-.03	10	.36	11	.12
Waist-to-Hip-Ratio	13	.10	11	-.26	10	.65 <sup>*</sup>	11	.49
<b>Psychologische Merkmale</b>								
Chron. Stressbelastung	12	.32	10	-.45	9	-.05	10	.09

Anmerkungen: a)  $\Delta$  P-Tag vs. B-Tag =  $[MnInc_{P,Tag} - MnInc_{B,Tag}]$  bzw.  $[MnCMR_{P,Tag} - MnCMR_{B,Tag}]$ ; b)  $\Delta$  P-Tag vs. Vortag =  $[MnInc_{P,Tag} - MnInc_{Tag\ vor\ P.}]$ ; c)  $\Delta$  P-Tag vs. Tag danach =  $[MnInc_{P,Tag} - MnInc_{Tag\ nach\ P.}]$ ; d)  $\Delta$  Tag nach P. vs. B-Tag =  $[MnInc_{Tag\ nach\ P.} - MnInc_{B,Tag.}]$ ; <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

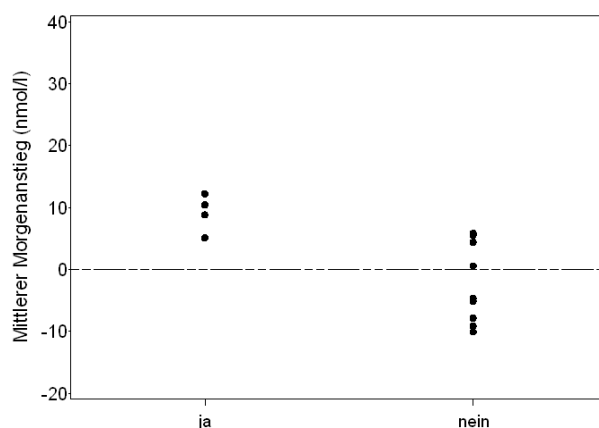
Detaillierte Abbildungen sind in Anhang B-II, Abbildungen C 69 und 70 dargestellt.

**Tabelle 35.** Spearman-Rang-Korrelationen der Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen den vier Messtagen und personenbezogenen Merkmalen.

	Mittlere Morgenausschüttung							
	$\Delta$ P-Tag vs. B-Tag		$\Delta$ P-Tag vs. Vortag		$\Delta$ P-Tag vs. Tag danach		$\Delta$ Tag n. P. vs. B-Tag	
	N	r	N	r	N	r	N	r
<b>Psychische Beschwerden</b>								
Depressivität	17	.27	13	.04	12	-.47	12	-.35
Ängstlichkeit	17	.16	13	.18	12	-.39	12	-.42
<b>Somatische Beschwerden</b>								
Allg. Beschwerdedruck	17	.41	13	.35	12	-.27	12	-.04
Erschöpfung	17	.40	13	.38	12	-.32	12	-.12
<b>Körpermaße</b>								
Body Mass Index	17	-.06	13	<b>-.51<sup>+</sup></b>	12	.36	12	.44
Waist-to-Hip-Ratio	17	-.13	13	-.30	12	.25	12	.46
<b>Psychologische Merkmale</b>								
Chron. Stressbelastung	16	-.05	12	-.01	11	-.23	11	-.17

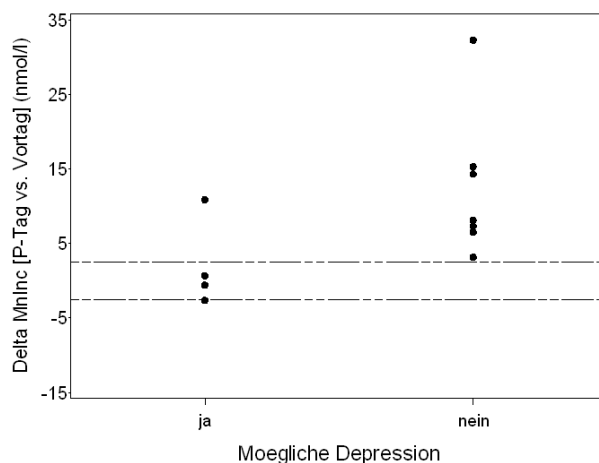
Anmerkungen: a)  $\Delta$  P-Tag vs. B-Tag =  $[MnInc_{P-Tag} - MnInc_{B-Tag}]$ ; b)  $\Delta$  P-Tag vs. Vortag =  $[MnInc_{P-Tag} - MnInc_{Tag vor P.}]$ ; c)  $\Delta$  P-Tag vs. Tag danach =  $[MnInc_{P-Tag} - MnInc_{Tag nach P.}]$ ; d)  $\Delta$  Tag nach P. vs. B-Tag =  $[MnInc_{Tag nach P.} - MnInc_{B-Tag}]$ ; <sup>+</sup>  $p \leq .1$ ; \*  $p \leq .05$ ; \*\*  $p \leq .01$ ; \*\*\*  $p \leq .001$ .

Personen, die laut PHQ-2 (Löwe et al., 2005) eine mögliche Verdachtsdiagnose Depression haben, unterscheiden sich nach Friedman-Rang-Varianzanalyse nicht in der zentralen Tendenz des mittleren Morgenanstiegs über die drei Tage um die praktische Abschlussprüfung von Personen ohne Verdachtsdiagnose ( $q_{(2)} = 4.3$ ;  $p_{(3)} = .32$ ;  $N = 9$ ). Einzelvergleiche pro Tag deuten darauf hin, dass Personen mit einer möglichen Verdachtsdiagnose am Morgen des Prüfungs-Vortages einen signifikant höheren mittleren Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen haben als Personen, bei denen kein Verdacht einer depressiven Störung vorliegt ( $MD_{\text{mögl. Depression}} = 9.6 \text{ nmol/l}$ ,  $IQA_{\text{mögl. Depression}} = 4.3$  vs.  $MD_{\text{keine Depression}} = -4.7$ ,  $IQA_{\text{keine Depression}} = 12.2$ ;  $p = .02$ ; siehe Abbildung 64). An den übrigen Tagen zeigen sich keine Unterschiede im MnInc zwischen Personen mit und ohne Verdachtsdiagnose (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B42; Abbildungen siehe Anhang B-II, Abbildungen C71).



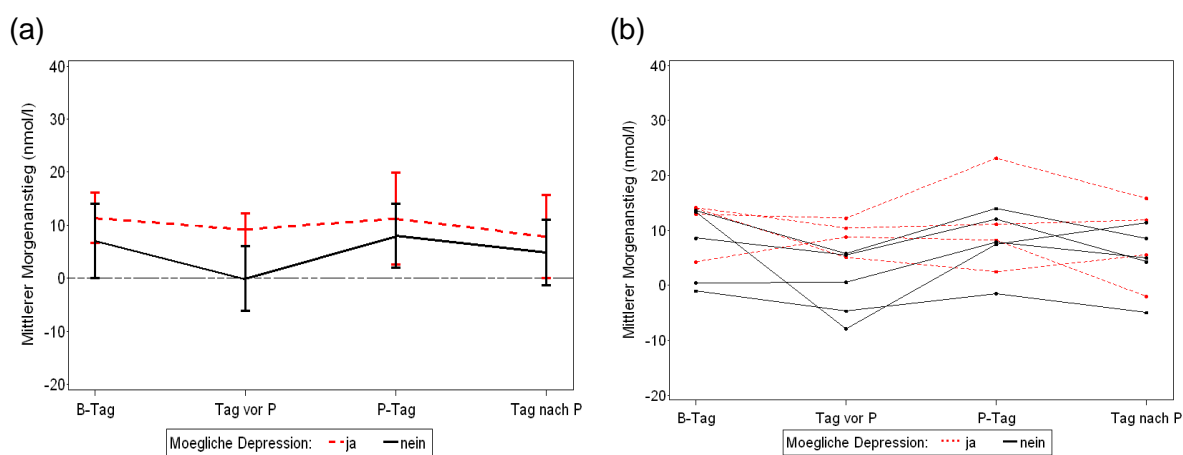
**Abbildung 64.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg am Tag vor der Prüfung nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005).

Bezüglich der Reaktivität auf den antizipierten Prüfungsstressor zeigen Personen ohne Verdacht auf eine Depression eine signifikant höhere Steigung des mittleren Cortisolanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag zuvor im Vergleich zu Personen mit einer Verdachtsdiagnose ( $MD_{\text{keine Depression}} = 8.1\text{nmol/l}$ ,  $IQA_{\text{keine Depression}} = 8.8\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{mögl. Depression}} = 0.1\text{nmol/l}$ ,  $IQA_{\text{mögl. Depression}} = 7.4\text{nmol/l}$ ;  $p = .07$ ). Alle nicht-depressiven Personen reagieren mit einer Zunahme des mittleren Morgenanstiegs um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Vortag (siehe Abbildung 65).



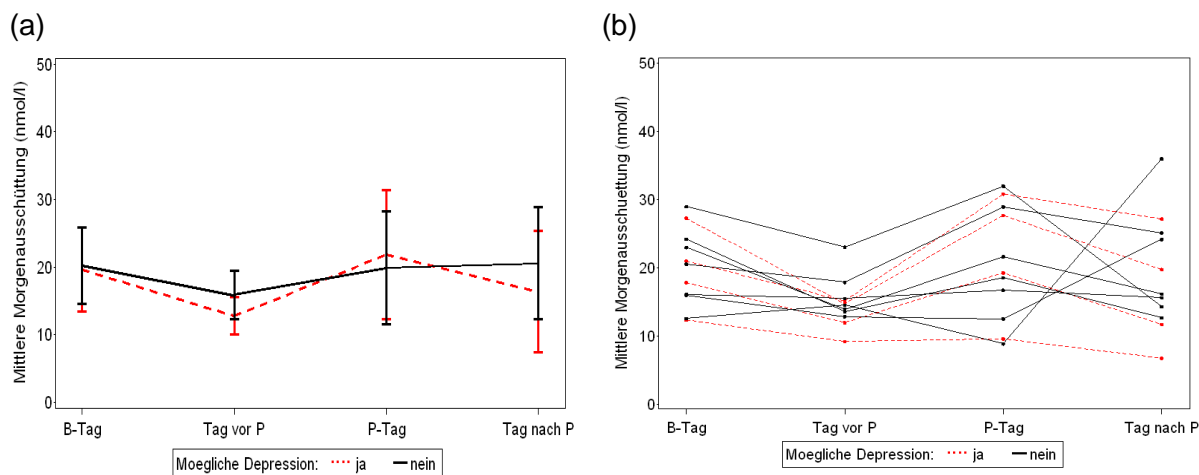
**Abbildung 65.** Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ).

Drei der vier Personen mit Verdacht auf eine depressive Störung reagieren mit einer Veränderung des MnInc um weniger als 2.5nmol/l und zeigen im Durchschnitt nur sehr geringfügige Unterschiede zwischen Vortag und Prüfungsmorgen. Die geringe Zunahme des MnInc zwischen Prüfungstag und Tag zuvor bei diesen Personen könnte durch die bereits höheren Werte bezüglich des MnInc am Vortag im Sinne einer Regression zur Mitte erklärbar sein. Allerdings ist bei ihnen der mittlere Morgenanstieg am Tag vor der Prüfung in seiner Höhe mit denen an den übrigen Tagen vergleichbar; prinzipiell weisen diese drei Personen über alle vier Messtage nur sehr geringfügige Veränderungen des MnInc auf, wie Abbildung 66 zeigt. Bei der vierten Person mit einer Verdachtsdiagnose, die am Vortag den höchsten MnInc von allen Personen aufweist, nimmt der mittlere Cortisolanstieg am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag um mehr als 2.5nmol/l zu (Abbildung 66b). Zwischen den übrigen Tagen zeigen sich in Abhängigkeit einer Verdachtsdiagnose keine Unterschiede in der Zu- bzw. Abnahme des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B43 sowie Anhang B-II, Abbildung B72).



**Abbildung 66.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005).

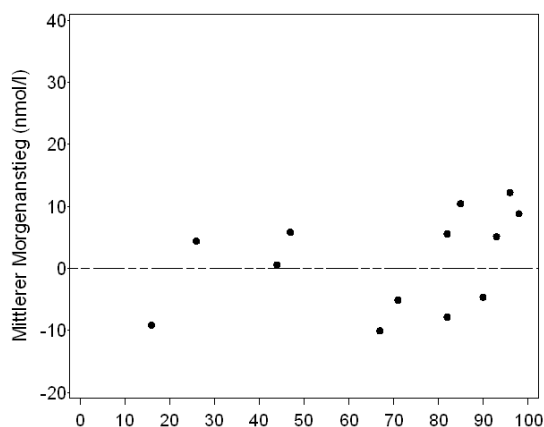
Hinsichtlich der Höhe der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung unterscheiden sich Personen mit und ohne Verdacht auf eine mögliche Depression weder in der zentralen Tendenz ( $q_{(3)} = 3.9$ ;  $p = .27$ ;  $N = 11$ ) noch an einem der Tage signifikant voneinander (statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B42; Abbildungen siehe Anhang B-II, Abbildung B73). Auch hinsichtlich der Veränderungen der Morgenausschüttung zwischen den Tagen ergeben sich keine statistisch bedeutenden Unterschiede zwischen den Personengruppen (siehe Abbildung 67; statistische Kennwerte siehe Anhang B-I, Tabelle B43 sowie Anhang B-II, Abbildungen C74).



**Abbildung 67.** Mittlere Cortisol-Morgenausschüttung über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Depression (gemessen anhand der PHQ-2, Löwe et al., 2005).

**Ängstlichkeit und Verdachtsdiagnose Angststörung.** Die 17 Personen der Gesamtstichprobe haben gemäß des State-Trait-Anxiety-Inventars (STAI-X2, Laux et al., 1981) im Durchschnitt eine dispositionelle Angst von  $40.1 \pm 9.7$  ( $MD = 42.0$ ;  $IQA = 12.0$ ), was einem alters- und geschlechtsnormierten Prozentrang von  $67.6\% \pm 29.4\%$  ( $MD = 82.0\%$ ;  $IQA = 42.0\%$ ) entspricht. Die sieben Frauen und zehn Männer unterscheiden sich nicht bedeutend im Grad ihrer Ängstlichkeit ( $MD_{\text{Frauen}} = 47.0\%$ ,  $IQA_{\text{Frauen}} = 67.0\%$  vs.  $MD_{\text{Männer}} = 82.0$ ,  $IQA_{\text{Männer}} = 17.0$ ;  $p = .73$ ). Auch zwischen den Auszubildenden der einzelnen Berufszweige zeigen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $MD_{\text{Bäcker}} = 71.0\%$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 59.0\%$  vs.  $MD_{\text{Bäckereifachverk.}} = 70.0\%$ ;  $IQA_{\text{Bäckereifachverk.}} = 52.0\%$  vs.  $MD_{\text{Hotelfach}} = 47.0\%$ ;  $IQA_{\text{Hotelfach}} = 77.0\%$  vs.  $MD_{\text{Koch}} = 85.5\%$ ;  $IQA_{\text{Koch}} = 8.0\%$   $p = .42$ ). Laut GAD-2 (Kroenke et al., 2007) liegt bei zwei Männern (einem auszubildenden Bäcker und einem Koch) eine mögliche Angststörung vor. Auf dem STAI-X2 weisen diese Probanden einen Prozentrang von 88% bzw. 98% auf. Nach dem PHQ-2 (Löwe et al., 2005) könnte bei beiden Personen eine mögliche depressive Störung vorliegen.

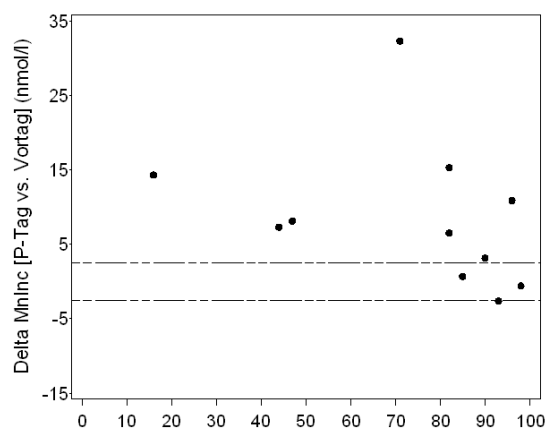
Der mittlere Cortisol-Morgenanstieg am Tag vor der Prüfung korreliert signifikant positiv mit der dispositionellen Ängstlichkeit ( $r = .56$ ;  $p = .05$ ), was allerdings hauptsächlich auf einen Fall mit einer sehr gering ausgeprägten Ängstlichkeit von 16.0% und mit einem negativen  $MnInc$  an diesem Tag zurückzuführen ist (siehe Abbildung 68). Bei Ausschluss dieser Beobachtung sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .46$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .13$ ). An den übrigen Tagen zeigen sich keine bedeutenden Zusammenhänge zwischen der dispositionellen Ängstlichkeit und dem Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen (siehe Tabelle 32; Abbildungen siehe Anhang B-II, Abbildungen C75).



**Abbildung 68.** Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs am Tag vor der Prüfung und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981).

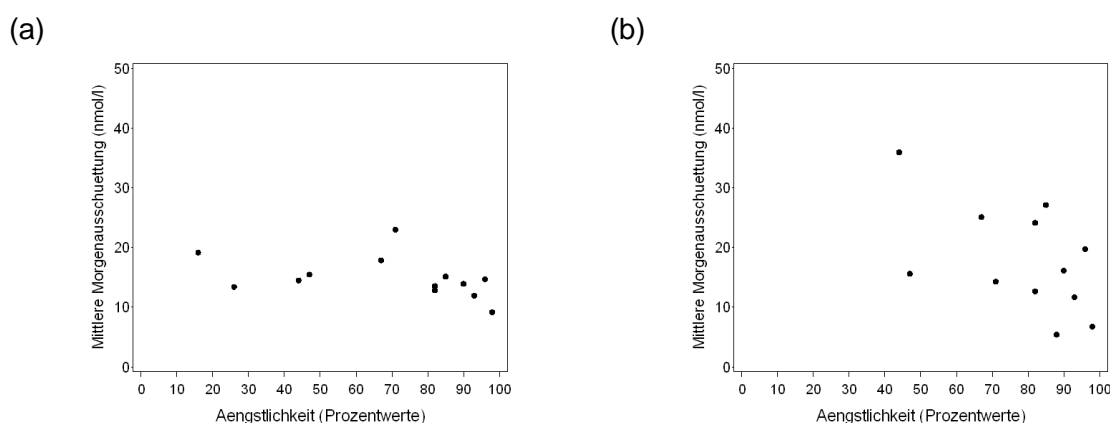
Hinsichtlich der Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen den Mess-  
tagen zeigt sich lediglich eine signifikant negative Korrelation von  $r = -.58$  ( $p = .06$ ) zwi-  
schen der dispositionellen Ängstlichkeit und der Veränderung des MnInc zwischen Prü-  
fungsmorgen und Vortag. Selbst bei Ausschluss eines Probanden mit einer sehr starken  
Zunahme des mittleren Cortisolanstiegs am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum  
Vortag von mehr als  $30\text{nmol/l}$  (siehe Abbildung 69) sinkt der Korrelationskoeffizient  
kaum ( $r = -.57$ ;  $p = .08$ ,  $N = 10$ ). Alle vier Personen, bei denen sich der mittlere Mor-  
genanstieg am Prüfungstag um  $2.5\text{nmol/l}$  oder weniger im Vergleich zum Vortag verän-  
dert, haben eine dispositionelle Ängstlichkeit von über  $85.0\%$ . Allerdings zeigt sich bei  
allen Personen, die eine Zunahme des MnInc am Prüfungsmorgen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$   
im Vergleich zum Vortag aufweisen, kein systematischer Zusammenhang zur Ausprägung  
der dispositionellen Ängstlichkeit (siehe Abbildung 69). Die Korrelationskoeffizienten  
sowie Abbildungen zum Zusammenhang der Veränderungen im mittleren Morgenanstieg  
zwischen den übrigen Tagen und der dispositionellen Ängstlichkeit finden sich in Tabelle  
34 sowie in Anhang B-I, Abbildung B76.





**Abbildung 69.** Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

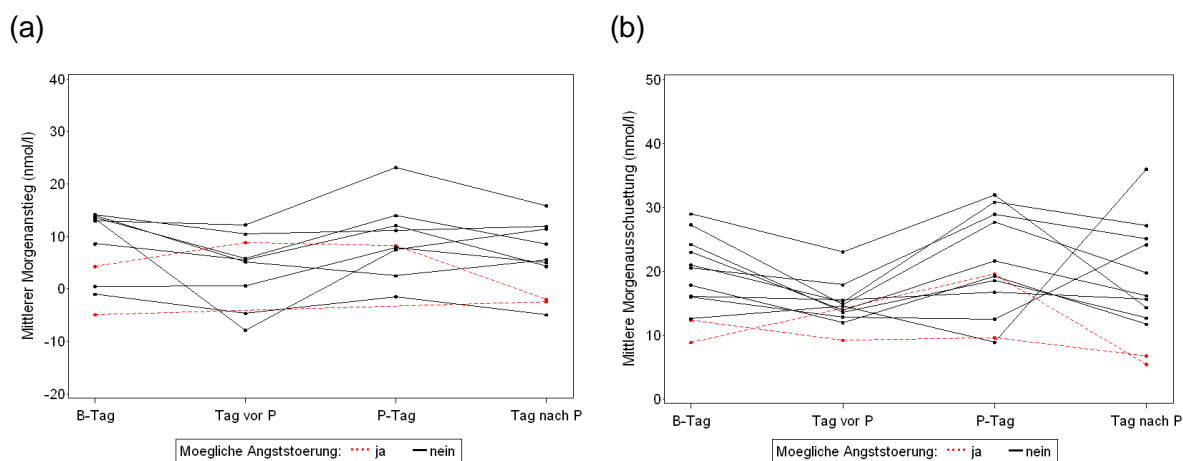
Die Höhe der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung am Vortag sowie am Tag nach der Prüfung korreliert jeweils signifikant negativ mit der dispositionellen Ängstlichkeit ( $r_{\text{Tag vor P.}} = -.50$ ;  $p = .08$ ;  $r_{\text{Tag nach P.}} = -.50$ ;  $p = .09$ ). Je stärker die Ängstlichkeit ausgeprägt ist, desto geringer scheint die mittlere Morgenausschüttung an diesen Tagen zu sein (siehe Abbildung 70). Am Referenz- sowie am Prüfungstag zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge zwischen der Ängstlichkeit und der MnCMR (siehe Tabelle 33 sowie Anhang B-II, Abbildungen C77).



**Abbildung 70.** Zusammenhang zwischen der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung (a) sowie am Tag nach der Prüfung (b) und der und der dispositionellen Ängstlichkeit (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981).

Die Veränderung der mittleren Cortisolausschüttung zwischen den Tagen korreliert nicht mit der Ängstlichkeit (siehe Tabelle 35 sowie Anhang B-II, Abbildung C78).

Da nur bei zwei Personen laut GAD-2 (Kroenke et al., 2007) der Verdacht einer möglichen Angststörung vorliegt und bei einer dieser Personen teilweise die Cortisol-Daten fehlen, können hier keine sinnvollen statistischen Analysen zum Zusammenhang der Cortisolausschüttung und einer möglichen Angststörung durchgeführt werden. Zudem weisen beide Personen möglicherweise eine depressive Störung auf, sodass keine Schlüsse darüber möglich sind, ob Unterschiede in der Cortisolausschüttung im Vergleich zu gesunden Personen primär durch eine potentielle Angststörung oder aber primär durch eine Depression bedingt werden. In Abbildung 71 sind die Einzelverläufe des mittleren Morgenanstiegs sowie der mittleren Morgenausschüttung nach Verdachtsdiagnose dargestellt. In Anhang B-II finden sich Abbildungen (Abbildungen B79 bis B82) hinsichtlich der Ausprägung der Cortisol-Parameter sowie des Ausmaßes der Veränderungen der beiden Parameter zwischen den einzelnen Tagen nach Diagnoseverdacht.



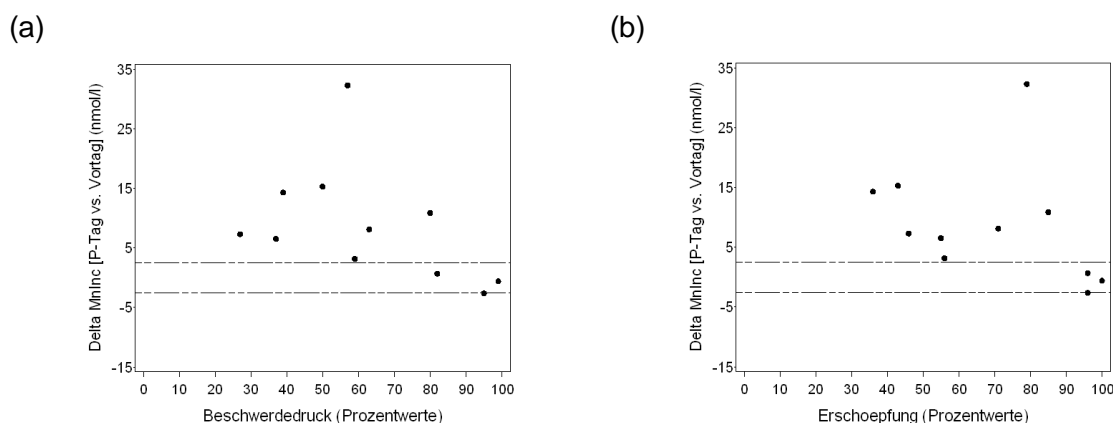
**Abbildung 71.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung über die vier Messtage nach Diagnoseverdacht Angststörung (gemessen anhand der GAD-2, Kroenke et al., 2007).

**Somatische Beschwerden.** Im Durchschnitt gibt die Stichprobe nach dem Giessener Beschwerdebogen 24 (GBB-24; Brähler & Scheer, 1995) eine unspezifische Erschöpfung von  $6.6 \pm 4.7$  (MD = 7.0; IQA = 6.90), was einem alters- und geschlechtsnormierten Prozentrang von  $72.2\% \pm 24.7\%$  (MD = 79.0%; IQA = 39.0%) entspricht. Der allgemeine Beschwerdedruck der Stichprobe liegt durchschnittlich bei  $20.9 \pm 15.8$  (MD = 15.0; IQA = 20.0), was einem Prozentrang von  $67.9\% \pm 27.7\%$  (MD = 64.0%; IQA = 45.0%) gleichkommt. Der allgemeine Beschwerdedruck korreliert signifikant positiv mit dem Grad der unspezifischen Erschöpfung ( $r = .93$ ;  $p < .0001$ ). Die sieben Frauen weisen im Vergleich zu den zehn Männern ein etwas geringeres Ausmaß an Erschöpfung ( $MD_{\text{Frauen}} = 56.0\%$ ;  $IQA_{\text{Frauen}} = 49.0\%$  vs.  $MD_{\text{Männer}} = 91.0\%$ ;  $IQA_{\text{Männer}} = 33.0\%$ ;  $p = .10$ ) und einen geringeren allgemeinen Beschwerdedruck ( $MD_{\text{Frauen}} = 59.0\%$ ;  $IQA_{\text{Frauen}} = 53.0\%$ )

vs.  $MD_{\text{Männer}} = 88.0\%$ ;  $IQA_{\text{Männer}} = 42.0\%$ ;  $p = .10$ ) auf. Hinsichtlich der Berufsausbildung zeigen sich keine Unterschiede im Ausmaß der Erschöpfung ( $MD_{\text{Bäcker}} = 85.0\%$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 31.0\%$  vs.  $MD_{\text{Bäckereifachverk.}} = 65.5\%$ ;  $IQA_{\text{Bäckereifachverk.}} = 39.0\%$  vs.  $MD_{\text{Hotelfach}} = 71.0\%$ ;  $IQA_{\text{Hotelfach}} = 60.0\%$  vs.  $MD_{\text{Koch}} = 73.5\%$ ;  $IQA_{\text{Koch}} = 45.0\%$   $p = .91$ ) sowie im allgemeinen Beschwerdedruck ( $MD_{\text{Bäcker}} = 73.0\%$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 38.0\%$  vs.  $MD_{\text{Bäckereifachverk.}} = 53.5\%$ ;  $IQA_{\text{Bäckereifachverk.}} = 53.0\%$  vs.  $MD_{\text{Hotelfach}} = 63.0\%$ ;  $IQA_{\text{Hotelfach}} = 56.0\%$  vs.  $MD_{\text{Koch}} = 76.5\%$ ;  $IQA_{\text{Koch}} = 49.0\%$ ;  $p = .81$ ).

Weder der mittlere Morgenanstieg (siehe Tabelle 32) noch die mittlere Morgenaus-schüttung (siehe Tabelle 33) korrelieren an einem der vier Messtage bedeutend mit der unspezifischen Erschöpfung oder dem allgemeinen Beschwerdedruck. Abbildungen hierzu finden sich in Anhang B-II, Abbildungen B83 bis B86.

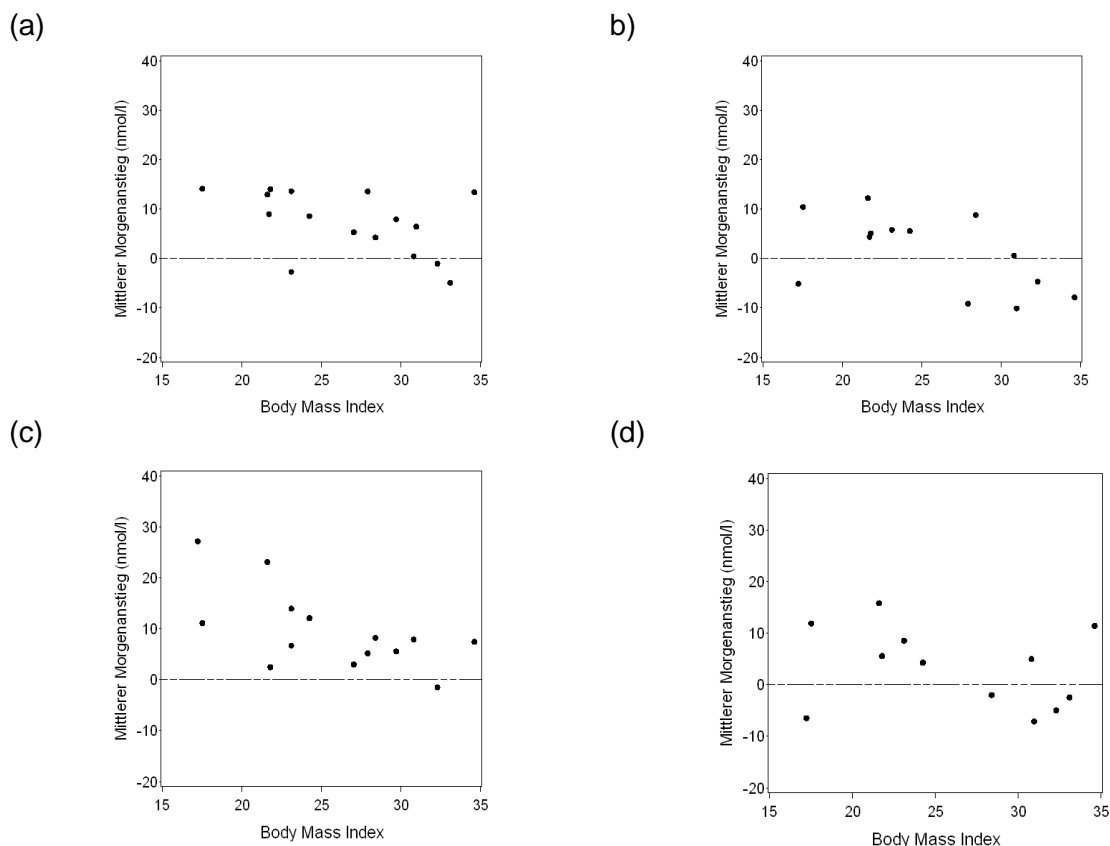
Es zeigen sich signifikant negative Korrelationen zwischen beiden Subskalen des GBB-24 (Brähler & Scheer, 1995) und der Veränderung des Morgenanstiegs zwischen Vor- und Prüfungstag. So scheinen Personen mit einem hohen Ausmaß an unspezifischer Erschöpfung ( $r = -.60$ ;  $p = .05$ ) geringere Veränderungen im Cortisol-Morgenanstieg zwischen Prüfungsmorgen und dem Morgen zuvor aufzuweisen als Personen, die weniger erschöpft sind (siehe Abbildung 72a).



**Abbildung 72.** Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Vortag und der unspezifischen Erschöpfung (a) sowie dem allgemeinen Beschwerdedruck (b) (gemessen anhand des GBB-24, Brähler & Scheer, 1995; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

Ebenso zeigen sich negative Zusammenhänge zwischen dem allgemeinen Beschwerdedruck und Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs ( $r = -.56$ ;  $p = .07$ ; siehe Abbildung 72b). Wie Abbildung 72 zu entnehmen ist, weisen die drei Personen, deren mittlerer Morgenanstieg am Prüfungsmorgen um weniger als  $2.5$  nmol/l im Vergleich zum Vortag zunimmt, auf beiden Subskalen die höchsten Werte der Stichprobe auf. Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen anderen Tagen hängt nicht mit den körper-

lichen Beschwerden zusammen (siehe Tabelle 34 sowie Anhang B-II, Abbildungen B87 bis B89). Veränderungen in der mittleren Morgenausschüttung zwischen den Tagen scheinen nicht mit körperlichen Beschwerden in Zusammenhang zu stehen (siehe Abbildungen B89 bis B93).



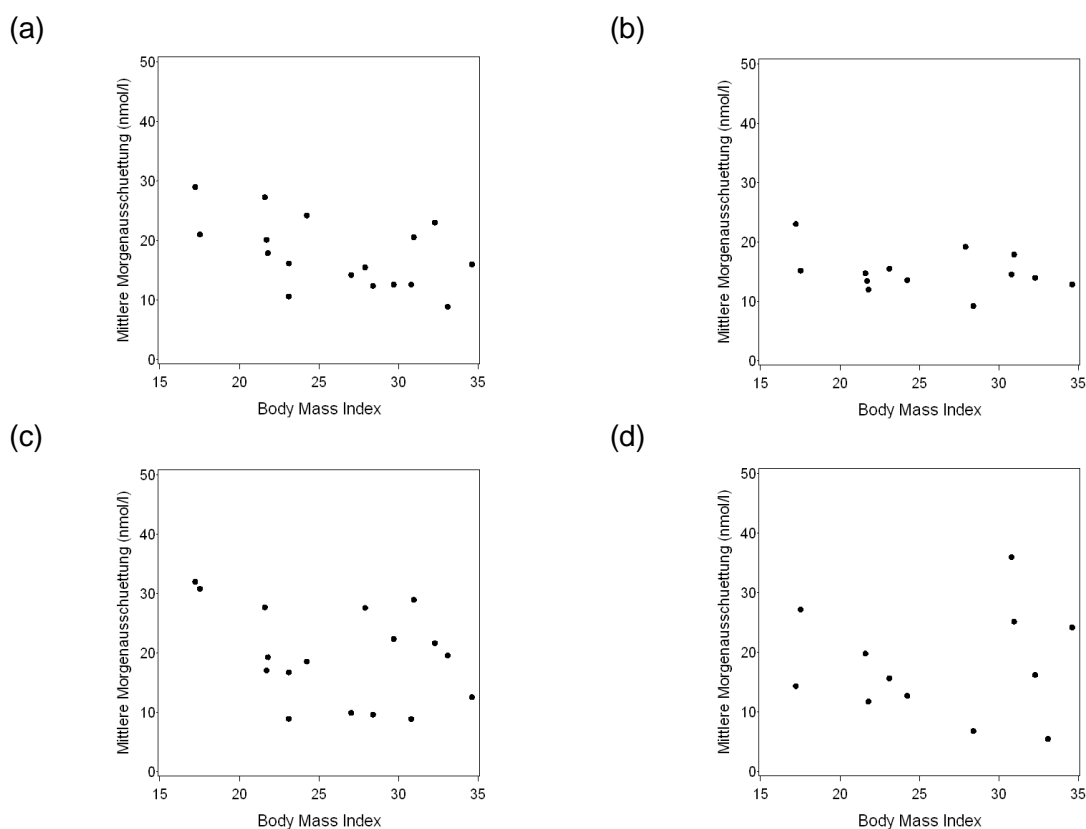
**Abbildung 73.** Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d) und des Body Mass Indexes.

**Körpermaße.** Im Durchschnitt weist die Stichprobe einen BMI von  $26.2 \pm 5.4$  ( $MD = 27.0$ ;  $IQA = 9.0$ ) auf. Laut Definition der WHO (2000) sind zwei männliche auszubildende Bäcker (11.8%) untergewichtig ( $BMI < 18.59$ ), sechs Personen (35.3%) haben Normalgewicht ( $BMI < 25.0$ ), vier Personen (23.5%) sind als präadipös ( $BMI < 30$ ) und fünf (29.4%; drei Köche, ein Bäcker sowie eine Bäckereifachverkäuferin) als adipös ( $BMI > 30$ ) einzustufen. Frauen und Männer unterscheiden sich nicht signifikant in ihrem BMI ( $MD_{\text{Frauen}} = 23.1$ ;  $IQA_{\text{Frauen}} = 9.1$  vs.  $MD_{\text{Männer}} = 27.7$ ;  $IQA_{\text{Männer}} = 7.7$ ;  $p = .59$ ). Hinsichtlich der Berufsausbildung zeigen sich ebenso keine Unterschiede im Ausmaß des BMI ( $MD_{\text{Bäcker}} = 23.3$ ;  $IQA_{\text{Bäcker}} = 9.5$  vs.  $MD_{\text{Bäckereifachverk.}} = 26.2$ ;  $IQA_{\text{Bäckereifachverk.}} = 9.2$  vs.  $MD_{\text{Hotelfach}} = 24.3$ ;  $IQA_{\text{Hotelfach}} = 6.1$  vs.  $MD_{\text{Koch}} = 30.0$ ;  $IQA_{\text{Koch}} = 3.9$ ;  $p = .13$ ), wobei

allerdings fünf der insgesamt sechs auszubildenden Köche nach den Richtlinien der WHO (2000) als präadipös oder adipös einzustufen sind.

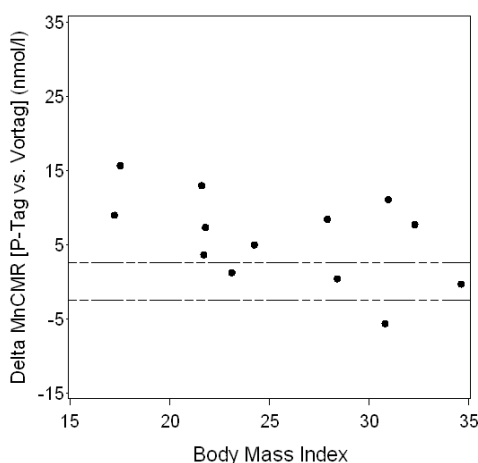
Personen mit einem höheren BMI weisen sowohl am Baseline-Tag ( $r = -.53$ ;  $p = .04$ ), am Tag vor der Prüfung ( $r = -.52$ ;  $p = .07$ ) sowie am Prüfungstag selbst ( $r = -.51$ ;  $p = .06$ ) einen signifikant niedrigeren Cortisol-Morgenanstieg auf (siehe Abbildung 73). An den übrigen Tagen zeigen sich keine linearen Zusammenhänge. Zwischen den Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs über die Tagen im Sinne einer Reaktivität auf den antizipierten Stressor und dem BMI zeigen sich keine signifikanten Korrelationen (siehe Tabelle 34 sowie Anhang B-II, Abbildung B94).

Die mittlere Cortisolausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen korreliert nur am Baseline-Tag signifikant negativ mit dem BMI ( $r = -.49$ ;  $p = .05$ ). An den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigt sich dieser Zusammenhang nicht (siehe Tabelle 33 und Abbildung 74).



**Abbildung 74.** Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Baseline-Tag (a), am Tag vor der Prüfung (b), am Tag der Prüfung (c) und am Tag nach der Prüfung (d) und des Body Mass Index.

Der BMI scheint signifikant negativ mit der Veränderung der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und tags zuvor in Zusammenhang zu stehen ( $r = -.51$ ;  $p = .08$ ; siehe Abbildung 75). Schließt man die Person aus, deren mittlere Morgenausschüttung am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag um  $5.7\text{nmol/l}$  deutlich sinkt, so beträgt der Korrelationskoeffizient  $r = -.50$  und wird auf dem .10-Niveau gerade noch signifikant. Veränderungen der mittleren Cortisolausschüttung an den übrigen Tagen hängen nicht mit dem BMI zusammen (siehe Tabelle 35 sowie Anhang B-II, Abbildung B95).

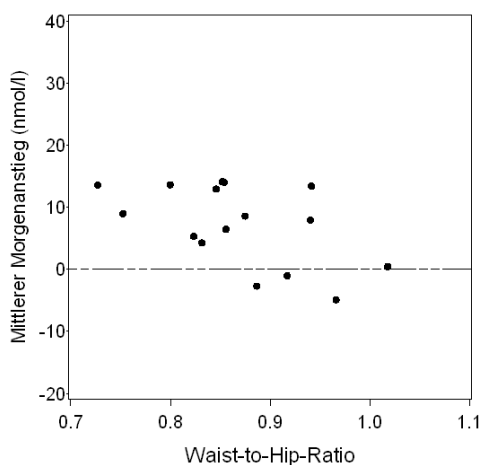


**Abbildung 75.** Zusammenhang der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag und dem Body Mass Index (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5\text{nmol/l}$ ).

Das Waist-to-Hip-Ratio der Stichprobe beträgt im Durchschnitt  $0.86 \pm 0.08$  (MD =  $0.85$ ; IQA =  $0.09$ ). Nach Lean und Kollegen (1995) weisen sechs Personen (35.3%) der Stichprobe ein hohes Risiko für metabolische Komplikationen beurteilt nach ihrem Taillen-Hüft-Verhältnis auf (Männer:  $\text{WHR} \geq .95$ ; Frauen:  $\text{WHR} \geq .80$ ). Dabei befinden sich signifikant mehr Frauen ( $N = 5$ ) in der Risikogruppe als Männer ( $\chi^2_{(1)} = 6.8$   $p = .02$ ). Auch hinsichtlich der Berufsausbildung verteilen sich die Probanden ungleich auf die Risikogruppen ( $\chi^2_{(3)} = 6.7$   $p = .08$ ); so weisen beide Bäckereifachverkäuferinnen ein erhöhtes Risiko für metabolische Komplikationen auf, zwei der drei Auszubildenden aus dem Hotelfach (66.7%) sowie jeweils ein auszubildender Bäcker (16.7%) und ein Koch (16.7%). Drei Personen mit erhöhtem WHR haben einen BMI  $> 30$  und sind nach den Richtlinien der WHO (2000) adipös.

Lediglich am Referenztag der Baseline-Phase hängt das WHR signifikant negativ mit dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg zusammen ( $r = -.51$ ;  $p = .05$ ); dieser Zusammen-

hang verschwindet allerdings ( $r = -.41$ ;  $p = .13$ ), wenn die Person mit dem negativsten Morgenanstieg von  $-4.9\text{nmol/l}$  an diesem Tag ausgeschlossen wird (siehe Abbildung 76).

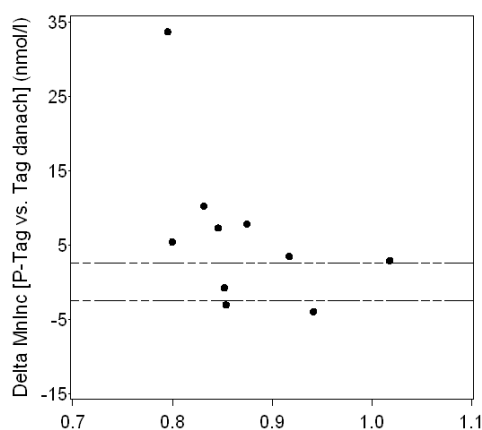


**Abbildung 76.** Zusammenhang des mittleren Morgenanstiegs und des Waist-to-Hip-Ratios am Baseline-Tag.

An den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem WHR und dem mittleren Morgenanstieg (siehe Tabelle 32 sowie Anhang B-II, Abbildung B96). Das WHR korreliert signifikant positiv mit dem Ausmaß der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und dem Tag danach. ( $r = .65$ ;  $p = .04$ ; siehe Abbildung 77). Schließt man die Person aus, die zwischen Prüfungstag und Tag danach einen Abfall um mehr als  $33\text{nmol/l}$  aufweist (siehe hierzu 3.3.2.1), so sinkt der Korrelationskoeffizient auf  $r = .52$  und ist nicht mehr signifikant ( $p = .15$ ). Hinsichtlich der Veränderungen des MnInc an den übrigen Tagen ergeben sich keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge mit dem WHR (siehe Tabelle 34 sowie Anhang B-II, Abbildung B97).

Die Höhe der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen steht weder am Referenztag noch an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung mit dem Tailen-Hüft-Verhältnis in Beziehung (siehe

Tabelle 33 sowie Anhang B-II, Abbildung B98). Auch hängen die Veränderungen der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen zwischen den Tagen nicht mit dem WHR zusammen (siehe Tabelle 35 sowie Anhang C-II, Abbildung B99).

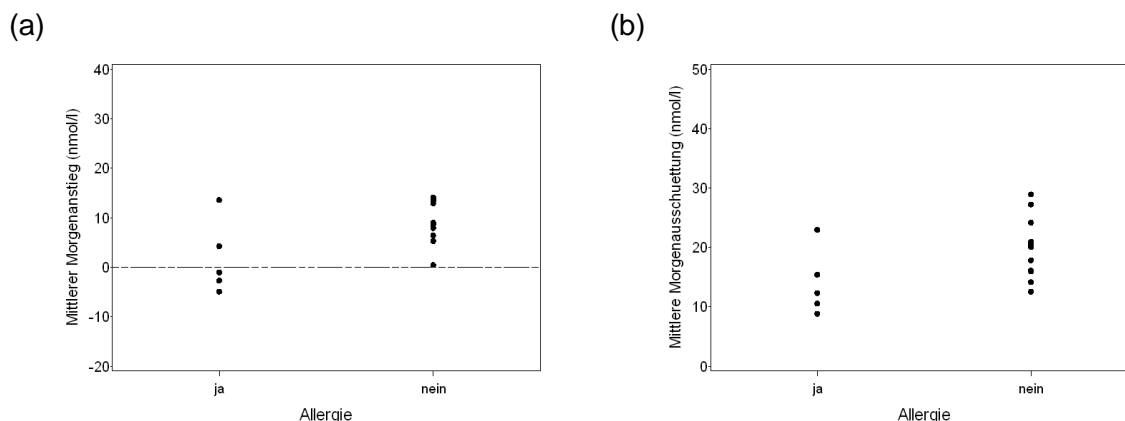


**Abbildung 77.** Zusammenhang der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag danach und dem Waist-to-Hip-Ratio (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

**Allergiediagnose.** Bei fünf (29.4%) der 17 Personen wurde nach eigenen Angaben vom Arzt eine Allergie diagnostiziert. Ein Auszubildender des Hotelfachs sowie ein Koch weisen eine Sonnenallergie auf; ein auszubildender Bäcker hat eine Pollen- und Gräserallergie; ein Koch ist gegen Erdbeeren, Tomaten und Fisch allergisch, ein Bäcker gegen Hausstaub. Männer und Frauen unterscheiden sich nicht in Bezug auf den Allergiestatus ( $\chi^2_{(1)} = 0.004$ ;  $p = .95$ ).

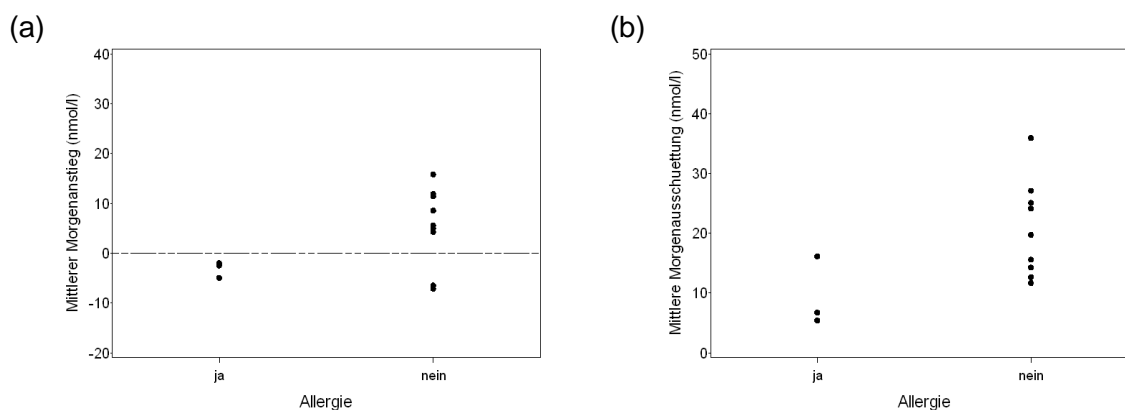
In der zentralen Tendenz zeigen sich weder hinsichtlich des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs ( $q_{(3)} = 5.8$ ;  $p = .12$ ;  $N = 9$ ) noch hinsichtlich der mittleren Morgenausschüttung ( $q_{(3)} = 5.2$ ;  $p = .16$ ;  $N = 11$ ) signifikante Unterschiede zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern über die vier Messtage. Einzelvergleiche pro Tag zeigen allerdings, dass Allergiker am Baseline-Tag einen signifikant geringeren mittleren Cortisol-Morgenanstieg ( $MD_{\text{Allergiker}} = -1.0$  nmol/l;  $IQA_{\text{Allergiker}} = 7.0$  nmol/l vs.  $MD_{\text{Nicht-Allergiker}} = 9.0$ ;  $IQA_{\text{Nicht-Allergiker}} = 7.2$ ,  $p = .04$ ) wie auch eine geringere durchschnittliche Cortisolausschüttung ( $MD_{\text{Allergiker}} = 12.3$  nmol/l;  $IQA_{\text{Allergiker}} = 4.9$  nmol/l vs.  $MD_{\text{Nicht-Allergiker}} = 19.0$ ;  $IQA_{\text{Nicht-Allergiker}} = 7.5$ ,  $p = .07$ ) haben als Nicht-Allergiker. Drei der fünf Allergiker weisen einen negativen Morgenanstieg an diesem Tag auf, wohingegen bei keinem Nicht-Allergiker das Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen abfällt (siehe Abbildung 78).





**Abbildung 78.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Baseline-Tag nach Allergiediagnose.

Am Tag nach der Prüfung schütteten Allergiker am Morgen ebenfalls im Durchschnitt signifikant weniger Cortisol aus als Nicht-Allergiker ( $MD_{\text{Allergiker}} = 5.9 \text{ nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Allergiker}} = 10.8 \text{ nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Nicht-Allergiker}} = 19.7$ ;  $IQA_{\text{Nicht-Allergiker}} = 10.8$ ,  $p = .10$ ; siehe Abbildung 79b). Alle Allergiker, von denen an diesem Tag vollständige Cortisol-Daten vorliegen, haben einen negativen Morgenanstieg (Abbildung 79a). Am Prüfungstag sowie ein Tag zuvor zeigen sich weder im Hinblick auf den MnInc noch auf den MnCMR signifikante Unterschiede zwischen Personen mit bzw. ohne Allergie-Diagnose (siehe hierzu Anhang B-I, Tabelle B44 sowie Anhang B-II, Abbildung B100 und B101).



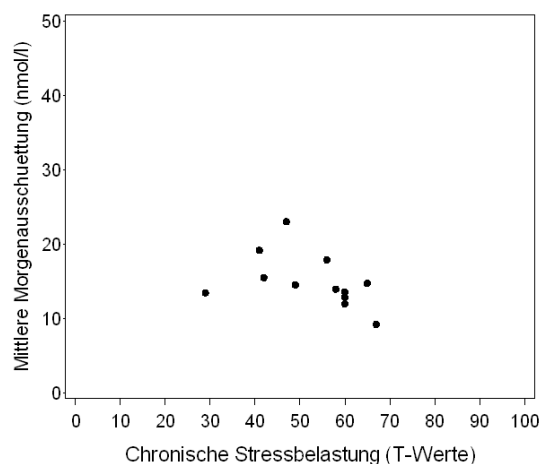
**Abbildung 79.** Mittlerer Cortisol-Morgenanstieg (a) sowie mittlere Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Tag nach der Prüfung nach Allergiediagnose.

Es zeigen sich keine Unterschiede im Ausmaß der Veränderungen sowohl des mittleren Morgenanstiegs wie auch der mittleren Morgenausschüttung an den Tagen zwischen Allergikern und Nicht-Allergikern (siehe Anhang B-I, Tabelle B45 sowie Anhang B-II, Abbildungen B102 und B105).

**Subjektiv empfundene chronische Stressbelastung.** Die chronische Stressbelastung in den drei Monaten vor der Prüfung liegt nach dem Stress-Screening des Trierer Inventars zum Chronischen Stress (TICS-SSCS; Schulz et al., 2004) beurteilt bei  $16.3 \pm 10.7$  (MD = 17.0; IQA = 16.5), was einem altersnormierten T-Wert von  $49.1 \pm 15.4$  (MD = 53.0; IQA 0 18.5) entspricht. Frauen und Männer unterscheiden sich nicht bedeutend in ihrer subjektiven Stressbelastung (MD<sub>Frauen</sub> = 49.0; IQA<sub>Frauen</sub> = 19.0 vs. MD<sub>Männer</sub> = 56.0; IQA<sub>Männer</sub> = 13.0;  $p = .75$ ). Auch hinsichtlich der Berufsausbildung zeigen sich keine Unterschiede in der subjektiven Stressbelastung (MD<sub>Bäcker</sub> = 47.0; IQA<sub>Bäcker</sub> = 21.0 vs. MD<sub>Bäckereifachverk.</sub> = 57.0; IQA<sub>Bäckereifachverk.</sub> = 16.0 vs. MD<sub>Hotelfach</sub> = 42.0; IQA<sub>Hotelfach</sub> = 19.0 vs. MD<sub>Koch</sub> = 59.0; IQA<sub>Koch</sub> = 4.0;  $p = .46$ ).

Der mittlere Cortisol-Morgenanstieg korreliert nicht bedeutend mit der Höhe der chronischen Stressbelastung an einem der Messtage (siehe Tabelle 32 sowie Anhang B-II, Abbildung B106). Auch die Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen den Tagen zeigen keinen Zusammenhang zur subjektiven Stressbelastung (siehe Tabelle 34 sowie Anhang B-II, Abbildung B107).

Die durchschnittlich Cortisol-Morgenausschüttung weist am Tag vor der Prüfung einen signifikant negativen Zusammenhang mit der chronischen Stressbelastung auf ( $r = -.56$ ;  $p = .06$ ). Je höher die Stressbelastung empfunden wird, desto geringer scheint die durchschnittliche Gesamtausschüttung an Cortisol an diesem Morgen (siehe Abbildung 80).



**Abbildung 80.** Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag vor der Prüfung und der chronischen Stressbelastung (gemessen anhand des TICS, Schulz et al., 2004).

Schließt man die Person mit einer sehr geringen chronischen Stressbelastung von  $T = 29.0$  aus, so steigt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.78$  und ist mit  $p = .005$  hoch-

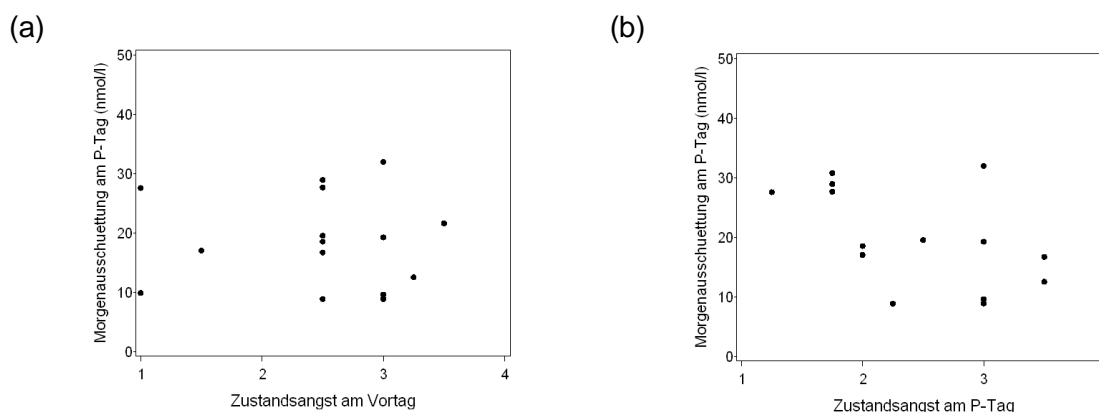
signifikant. An den übrigen Tagen hängen die subjektive Stressbelastung der letzten drei Monate sowie die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung nicht zusammen (siehe

Tabelle 33 sowie Anhang B-II, Abbildung B108). Die Veränderungen der mittleren Cortisolausschüttung zwischen den Tagen zeigt keine statistisch bedeutenden Korrelationen zu der chronischen Stressbelastung (siehe Tabelle 35 sowie Anhang B-II, Abbildung B109).

#### **3.4.4.2 Situativ bedingte Faktoren des Erlebens und Verhaltens und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung**

**Prüfungsangst.** Am Abend vor der Prüfung beträgt die Zustandsangst in Bezug auf die bevorstehende Prüfung, gemessen anhand von vier Items des State-Trait-Angst-Inventars (STAI-X1; Laux et al., 1981), im Durchschnitt  $2.5 \pm 0.8$  ( $MD = 2.5$ ;  $IQA = 0.5$ ) auf einer Skala von 1 bis 4; am Morgen des Prüfungstages liegt die Zustandsangst bei  $2.6 \pm 0.9$  ( $MD = 2.8$ ;  $IQA = 1.4$ ). Die momentane Angst der Auszubildenden vor der Prüfung ändert sich im Mittel nicht signifikant zwischen Abend vor und Morgen der Prüfung ( $S = 4.5$ ;  $p = .73$ ). Die Zustandsangst am Vorabend der Prüfung korreliert signifikant positiv mit der dispositionellen Ängstlichkeit, dem Ausmaß an Depressivität sowie der chronischen Stressbelastung, was jedoch hauptsächlich auf drei Probanden mit einer sehr geringen aktuellen Prüfungsangst und jeweils sehr geringen Werten an psychischen Beschwerden zurückzuführen ist (siehe Anhang B-II; Abbildung B142). Am Morgen vor der Prüfung verschwinden diese Zusammenhänge jedoch (siehe Anhang B-I, Tabelle B47).

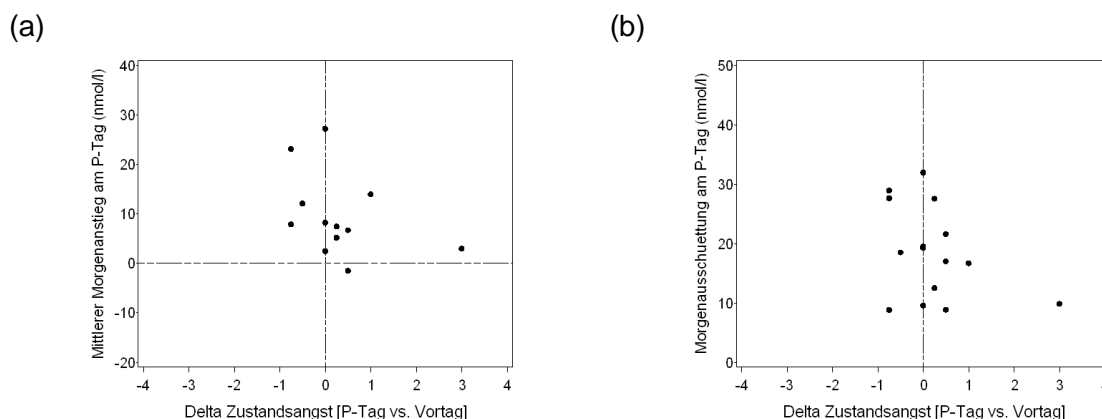
Die Zustandsangst am Abend vor der Prüfung korreliert nicht signifikant mit dem Cortisolwert an diesem Abend ( $r = -.03$ ;  $p = .94$ ;  $N = 12$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B110). Mit dem mittleren Morgenanstieg am Tag der Prüfung zeigen sich ebenso keine signifikanten Zusammenhänge weder mit der Prüfungsangst am Vorabend ( $r = -.11$ ;  $p = .74$ ;  $N = 12$ ) noch mit der Angst am Morgen des Prüfungstages ( $r = -.37$ ;  $p = .21$ ;  $N = 13$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B111). Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag korreliert signifikant negativ mit der momentanen Angst vor der Prüfung an diesem Morgen ( $r = -.45$ ;  $p = .08$ ;  $N = 16$ ; siehe auch Abbildung 81b), nicht allerdings mit der Prüfungsangst am Abend zuvor ( $r = -.05$ ;  $p = .86$ ;  $N = 15$ ). Bis auf eine Person haben am Tag der Prüfung alle Personen, die an diesem Morgen eine Zustandsangst  $\geq 2$  angeben, eine deutlich geringere durchschnittliche Cortisolausschüttung als Personen mit einer Zustandsangst  $< 2$  und unterscheiden sich im Mittel signifikant von diesen ( $MD_{\text{Zustandsangst} < 2} = 27.7\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Zustandsangst} < 2} = 1.3\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Zustandsangst} \geq 2} = 16.9\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Zustandsangst} \geq 2} = 9.7$ ;  $p = .01$ ).



**Abbildung 81.** Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag der Prüfung mit der Zustandsangst am Abend zuvor (a) sowie am Morgen des Prüfungstages (b) (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981).

Die Veränderung der Zustandsangst zwischen Vorabend und Morgen des Prüfungstages scheint sich nicht auf die morgendliche Cortisolaktivität am Prüfungstag auszuwirken. So korreliert die Veränderung der Prüfungsangst weder signifikant mit dem mittleren Cortisol-Morgenanstieg am Prüfungstag ( $r = -.46$ ;  $p = .13$ ;  $N = 12$ ) noch mit der mittleren Morgenausschüttung ( $r = -.31$ ;  $p = .26$ ;  $N = 15$ ; siehe auch Abbildung 82). Personen, deren Prüfungsangst zwischen Vorabend und Morgen des Prüfungstages gleichbleibt oder abnimmt, unterscheiden sich weder in ihrem mittleren Morgenanstieg ( $MD_{\text{Abnahme Zustandsangst}} = 9.7\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Abnahme Zustandsangst}} = 10.4\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Zunahme Zustandsangst}} = 6.0\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Zunahme Zustandsangst}} = 4.5\text{nmol/l}$ ;  $p = .14$ ) noch in ihrer mittleren Morgenausschüttung ( $MD_{\text{Abnahme Zustandsangst}} = 20.9\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Abnahme Zustandsangst}} = 10.4\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Zunahme Zustandsangst}} = 16.7\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Zunahme Zustandsangst}} = 11.7\text{nmol/l}$ ;  $p = .16$ ) signifikant von Personen, deren Zustandsangst am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum Vortag zunimmt.

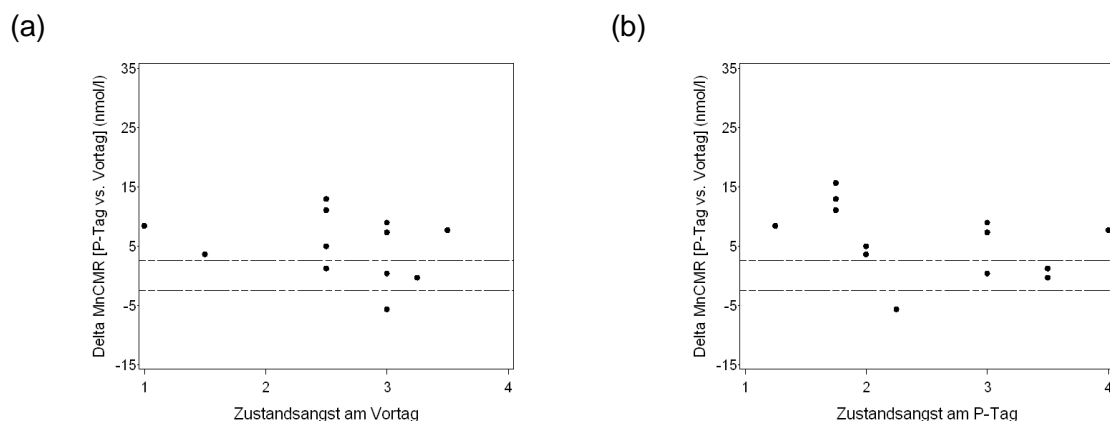
Inwieweit sich die Cortisolausschüttung zwischen den Tagen im Hinblick auf Morgenanstieg und Morgenausschüttung verändert, steht teilweise in Zusammenhang mit der Zustandsangst: Nicht korreliert sind das Ausmaß der Veränderungen des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Baseline-Tag mit der Prüfungsangst am Vorabend ( $r = -.05$ ;  $p = .89$ ;  $N = 11$ ) noch mit der Zustandsangst am Tag der Prüfung ( $r = -.10$ ;  $p = .75$ ;  $N = 12$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B112). Auch die Veränderung der mittleren Gesamtausschüttung an Cortisol am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum Referenztag hängt weder signifikant mit der Prüfungsangst am Vorabend ( $r = -.09$ ;  $p = .75$ ;  $N = 15$ ) noch mit der am Morgen des Prüfungstages ( $r = -.41$ ;  $p = .12$ ;  $N = 16$ ) zusammen (siehe Anhang B-II, Abbildung B113).



**Abbildung 82.** Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Prüfungstag mit der Veränderung der Zustandsangst (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981) zwischen Prüfungstag und Vortag.

Die Zustandsangst am Morgen der Prüfung steht hingegen in signifikant negativem Zusammenhang mit dem Ausmaß der Veränderung der durchschnittlichen morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen Vortag und Prüfungsmorgen ( $r = -.55$ ;  $p = .05$ ;  $N = 13$ ; siehe Abbildung 83b). So weisen Personen mit einer Zustandsangst  $< 2$  am Morgen des Prüfungstages eine stärkere Zunahme der mittleren Cortisolausschüttung im Vergleich zum Vortag auf als Personen mit einer Zustandsangst  $\geq 2$  ( $MD_{\text{Zustandsangst} < 2} = 12.0$ ;  $IQA_{\text{Zustandsangst} < 2} = 4.6 \text{ nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Zustandsangst} \geq 2} = 3.6 \text{ nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Zustandsangst} \geq 2} = 6.9$ ;  $p = .01$ ). Die Angst vor der Prüfung am Vorabend hängt hingegen nicht signifikant mit der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag zusammen ( $r = -.31$ ;  $p = .32$ ;  $N = 12$  siehe Abbildung 83a). Eine Zu- oder Abnahme des mittleren Morgenanstiegs zwischen Vor- und Prüfungstag hängt weder signifikant mit der Zustandsangst am Vorabend ( $r = -.20$ ;  $p = .61$ ;  $N = 10$ ) noch mit der am Morgen des Prüfungstages ( $r = -.06$ ;  $p = .87$ ;  $N = 11$ ) zusammen (siehe Anhang B-II, Abbildung B114).

Das Ausmaß der Prüfungsangst steht weder mit dem Grad der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.43$ ;  $p = .25$ ;  $N = 9$ ) noch mit der der mittleren Morgenausschüttung ( $r = -.27$ ;  $p = .42$ ;  $N = 11$ ) in Zusammenhang. Die Zustandsangst am Morgen des Prüfungstages korreliert ebenfalls nicht bedeutend mit der Veränderung des MnInc ( $r = -.15$ ;  $p = .68$ ;  $N = 10$ ) oder mit der Veränderung des MnCMR ( $r = -.18$ ;  $P = .57$ ;  $N = 12$ ) zwischen diesen beiden Tagen (siehe Anhang B-II, Abbildungen B115 und B116).



**Abbildung 83.** Zusammenhang der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungs- und Vortag und der Zustandsangst am Vorabend (a) und am Morgen des Prüfungstages (b) (gemessen anhand des STAI-X2, Laux et al., 1981; waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

Auch die Veränderungen des Cortisolanstiegs in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zwischen dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag zeigen weder am Vorabend der Prüfung ( $r = .09$ ;  $p = .81$ ;  $N = 10$ ) noch am Morgen des Prüfungstages ( $r = -.12$ ;  $p = .72$ ;  $N = 11$ ) einen Zusammenhang mit der Zustandsangst. Ebenso verhält es sich mit der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung zwischen diesen beiden Tagen und der Prüfungsangst am Abend vor der Prüfung ( $r = .07$ ;  $p = .83$ ;  $N = 11$ ) und der am Prüfungstag ( $r = -.07$ ;  $p = .83$ ;  $N = 12$ ). Abbildungen finden sich in Anhang B-II, Abbildungen B117 & B118.

**Antizipatorische und retrospektive Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung.** Auf einer Skala von 1 („überhaupt nicht belastend“) bis 10 („sehr belastend“) bewerten die Probanden am Vortag der Prüfung die Belastung durch die Prüfung im Durchschnitt mit  $5.5 \pm 2.2$  (MD = 6.0; IQA = 3.0). Nach der Prüfung nach der Stresshaftigkeit gefragt, gaben sie im Mittel  $6.0 \pm 2.5$  (MD = 7.0; IQA = 3.0) an. Im Durchschnitt sinkt bzw. steigt die subjektiv empfundene Belastung vor und nach der Prüfung nicht signifikant ( $S = -10.5$ ;  $p = .53$ ). Die antizipatorische und retrospektive Einschätzung korrelieren zu  $r = .50$  ( $p = .04$ ;  $N = 17$ ) miteinander. Weder die antizipatorische noch die retrospektive Bewertung der Stresshaftigkeit korreliert mit dem Ausmaß depressiver Beschwerden, der dispositionellen Ängstlichkeit, der Erschöpfung, dem allgemeinen Beschwerdedruck oder der chronischen Stressbelastung (siehe Anhang B-I; Tabelle B48).

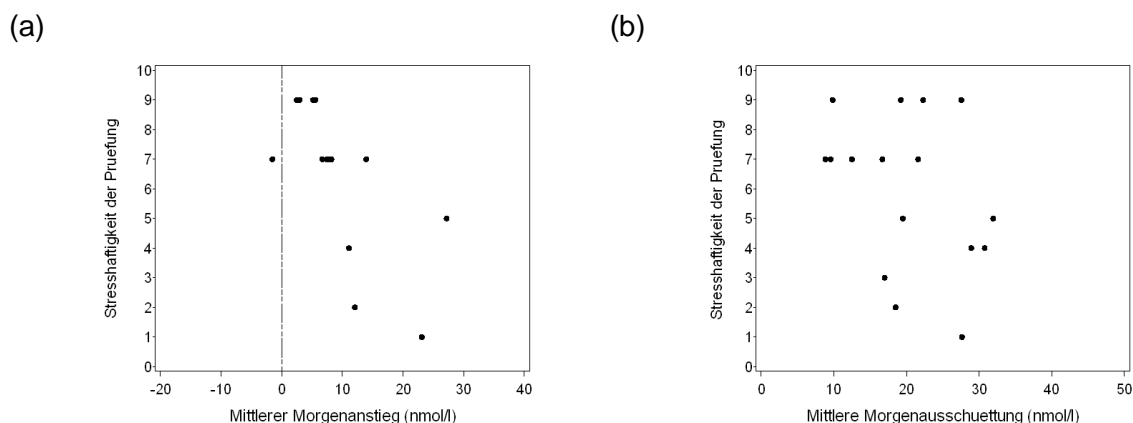
Die antizipatorische Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung am Vorabend des Prüfungstages hängt nicht signifikant mit dem Cortisolwert an diesem Abend zusammen ( $r = -.23$ ;  $p = .42$ ;  $N = 13$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B119a). Auch die Bewer-

tung nach der Prüfung zeigt keinen bedeutenden Zusammenhang mit dem Cortisolwert am Abend des Prüfungstages ( $r = -.36$ ;  $p = .17$ ;  $N = 16$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B119b).

Wie belastend und stresshaft die Probanden die Prüfung am Vorabend einschätzen, wirkt sich weder bedeutend auf den mittleren Cortisol-Morgenanstieg ( $r = -.36$ ;  $p = .20$ ;  $N = 14$ ) noch auf die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag ( $r = -.27$ ;  $p = .30$ ;  $N = 17$ ) aus (siehe Anhang B-II, Abbildung B120). Auch die retrospektive Bewertung nach der Prüfung zeigt keinen Zusammenhang zum mittleren Morgenanstieg ( $r = -.04$ ;  $p = .89$ ;  $N = 12$ ) oder der mittleren Morgenausschüttung ( $r = -.18$ ;  $p = .58$ ;  $N = 12$ ) einen Tag nach der Prüfung (siehe Anhang B-II, Abbildung B121).

Die Veränderungen der Cortisol-Parameter scheinen ebenso nicht mit der antizipatorischen Einschätzung der Stresshaftigkeit der Prüfung in Beziehung zu stehen: So zeigen sich keine signifikanten Korrelationen zwischen der subjektiven Bewertung am Vorabend und der Veränderung des Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Baseline- und Prüfungstag ( $r = -.14$ ;  $p = .65$ ;  $N = 13$ ), zwischen Vor- und Prüfungstag ( $r = .10$ ;  $p = .78$ ;  $N = 11$ ), zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.24$ ;  $p = .51$ ;  $N = 10$ ) sowie zwischen dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag ( $r = .19$ ;  $p = .57$ ;  $N = 11$ ). Auch zwischen der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Referenz- und Prüfungstag ( $r = -.30$ ;  $p = .24$ ;  $N = 17$ ), zwischen Vortag und Prüfungstag ( $r = -.31$ ,  $p = .30$ ;  $N = 13$ ), zwischen Prüfungstag und dem Tag danach ( $r = -.20$ ;  $p = .54$ ;  $N = 12$ ) sowie zwischen dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag ( $r = .03$ ;  $p = .93$ ;  $N = 12$ ) gibt es keine signifikanten Zusammenhänge zu der antizipatorischen Bewertung der Prüfung. Abbildungen sind in Anhang B-II, Abbildungen B122 und B123 dargestellt.

Der durchschnittliche Anstieg des Cortisols in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Prüfungstag steht in negativem Zusammenhang mit der Bewertung der Stresshaftigkeit nach der Prüfung ( $r = -.78$ ;  $p = .0009$ ;  $N = 14$ ; siehe Abbildung 84a). So haben Personen, die retrospektiv die Prüfung als ziemlich bis sehr stressig bewerten ( $> 7$ ), einen signifikant niedrigeren Cortisolanstieg am Morgen als Personen, die die Prüfung im Nachhinein weniger belastend einschätzen ( $MD_{\text{Stresshaftigkeit} < 7} = 17.6$ ;  $IQA_{\text{Stresshaftigkeit} < 7} = 13.6\text{nmol/l}$  vs.  $MD_{\text{Stresshaftigkeit} \geq 7} = 6.2\text{nmol/l}$ ;  $IQA_{\text{Stresshaftigkeit} \geq 7} = 4.9$ ;  $p = .01$ ). Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung und die retrospektive Einschätzung der Belastung steht nicht miteinander in Beziehung ( $r = -.32$ ;  $p = .21$ ;  $N = 17$ ; siehe Abbildung 84b).



**Abbildung 84.** Zusammenhang des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs (a) sowie der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung (b) am Prüfungstag mit der retrospektiven Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung am Abend nach der Prüfung..

Inwieweit die Prüfung im Nachhinein als stressig erlebt wurde, hängt nicht mit dem Ausmaß der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.50$ ;  $p = .18$ ;  $N = 10$ ) sowie zwischen Tag nach der Prüfung und Baseline-Tag ( $r = -.24$ ;  $p = .48$ ;  $N = 11$ ) zusammen (siehe Anhang B-II, Abbildung B124). Ebenso zeigen sich keine signifikanten Korrelationen zwischen der retrospektiven Bewertung der Prüfung und der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.40$ ;  $p = .20$ ;  $N = 12$ ) sowie zwischen dem Tag nach der Prüfung und dem Baseline-Tag ( $r = .29$ ;  $p = .36$ ;  $N = 12$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B125).

**Anzahl gerauchter Zigaretten.** Insgesamt umfasst die Stichprobe zehn Raucher. Die Anzahl gerauchter Zigaretten pro Tag kann Tabelle 36 entnommen werden.

**Tabelle 36.** Statistische Kennwerte der Anzahl gerauchter Zigaretten der Raucher ( $N = 10$ ) an den vier Messtagen.

	Anzahl gerauchter Zigaretten					
	N	MW $\pm$ SD	MD	IQA	Min	Max
Baseline-Tag	9	11.8 $\pm$ 8.1	12.0	11.0	0	23.0
Tag vor der Prüfung	10	11.0 $\pm$ 10.0	12.0	10.0	0	30.0
Tag der Prüfung	10	14.8 $\pm$ 10.2	13.5	10.0	0	32.0
Tag nach der Prüfung	10	10.5 $\pm$ 10.1	7.5	20.0	0	26.0

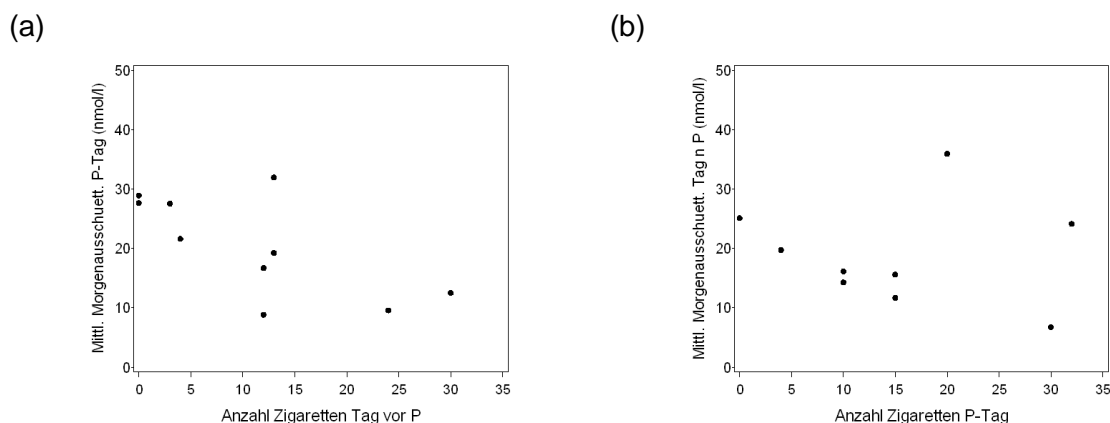


Die Anzahl gerauchter Zigaretten der zehn Raucher variiert signifikant zwischen den vier Messtagen ( $q_{(3)}=8.4$ ;  $p = .04$ )<sup>28</sup>. So steigt am Prüfungstag der Zigarettenkonsum innerhalb der Personen im Durchschnitt signifikant um  $4.7 \pm 4.6$  (MD = 6.0; IQA = 6.0) Zigaretten im Vergleich zum Baseline-Tag ( $S = 18.5$ ;  $p = .03$ ) sowie um  $3.7 \pm 3.7$  (MD = 3.5; IQA = 4.0) Zigaretten ( $S = 19.0$ ;  $p = .02$ ) im Vergleich zum Tag vor der Prüfung. Am Tag nach der Prüfung werden im Mittel  $4.3$  Zigaretten  $\pm 4.1$  (MD = 5.0; IQA = 2.0) weniger geraucht als am Prüfungstag. Zwischen dem Tag vor und dem Tag nach der Prüfung zeigen sich keine Unterschiede in der Anzahl gerauchter Zigaretten ( $S = 1.5$ ;  $p = .84$ ). Auch zwischen Vortag der Prüfung und Referenztag ( $S = 2.5$ ;  $p = .76$ ) sowie zwischen Tag nach der Prüfung und Baseline-Tag ( $S = 6.5$ ;  $p = .05$ ) treten keine Unterschiede im Zigarettenkonsum der Personen auf.

Die Anzahl gerauchter Zigaretten korreliert weder am Baseline-Tag ( $r = .0$ ;  $p = 1.0$ ;  $N = 9$ ) noch an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung ( $r_{\text{Tag vor P.}} = -.34$ ;  $p = .34$ ;  $r_{\text{P.-Tag}} = -.37$ ;  $p = .38$ ;  $r_{\text{Tag nach P.}} = -.24$ ;  $p = .57$ ;  $N = 10$ ) mit den Cortisolwerten des jeweiligen Abends (siehe Anhang B-II, Abbildung B126).

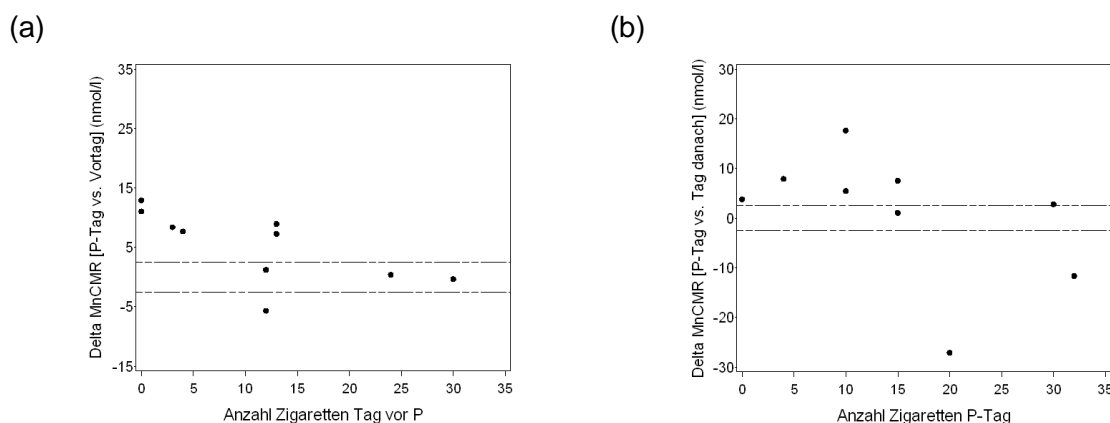
Der jeweilige Zigarettenkonsum des Vortages scheint sich weder auf den mittleren Cortisolanstieg am Prüfungstag ( $r = .03$ ;  $p = .95$ ;  $N = 9$ ) noch auf den Tag nach der Prüfung ( $r = .37$ ;  $p = .33$ ;  $N = 9$ ) signifikant auszuwirken (siehe Anhang B-II, Abbildung B128). Die durchschnittliche Cortisolausschüttung am Prüfungstag korreliert hingegen signifikant negativ mit der Anzahl gerauchter Zigaretten am Vortag ( $r = -.54$ ;  $p = .10$ ; siehe Abbildung 85a). Schließt man den Probanden (Bäcker, männlich) mit der höchsten MnCMR an diesem Tag von über 30nmol/l aus, so steigt der Korrelationskoeffizient auf  $r = -.83$  und ist statistisch hoch signifikant ( $p = .006$ ). Je mehr am Vortag geraucht wurde, desto weniger Cortisol wird im Durchschnitt in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Tag der Prüfung ausgeschüttet. Am Tag nach der Prüfung verschwindet der Zusammenhang zum Zigarettenkonsum des Prüfungstags ( $r = -.17$ ;  $p = .67$ ;  $N = 9$ ). Wie Abbildung 85b zu entnehmen ist, liegt dies vor allem an zwei Personen, die eine mittlere Cortisolausschüttung von 24.2nmol/l (Koch, männlich) bzw. 35.9nmol/l (Bäckereifachverkäuferin) am Tag nach der Prüfung aufweisen. Die Bäckereifachverkäuferin gibt an, am Vortag sowie am Tag der Prüfung aufgrund einer Grippe Hustenlöser, Nasenspray und Schmerztabletten genommen zu haben, nicht jedoch am Tag nach der Prüfung. Der Koch macht keine Angaben über besondere Ereignisse in der Nacht oder am Tag nach der Prüfung.

<sup>28</sup> In die Friedman-Ranganalyse zur Untersuchung intraindividuelle Unterschiede im Zigarettenkonsum zwischen den Tagen gingen die Daten von neun Personen ein, von denen zu allen Tagen vollständige Angaben zur Anzahl der gerauchten Zigaretten vorliegen.



**Abbildung 85.** Zusammenhang des Zigarettenkonsums am jeweiligen Vortag mit der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag (a) sowie am Tag nach der Prüfung (b).

Der Zigarettenkonsum am Tag vor der Prüfung wirkt sich nicht signifikant auf die Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen Prüfungs- und Vortag aus ( $r = -.04$ ;  $p = .91$ ;  $N = 9$ ). Ebenso zeigen sich keine Zusammenhänge zwischen der Anzahl gerauchter Zigaretten am Prüfungstag und der Veränderung des MnInc zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.47$ ;  $p = .24$ ;  $N = 8$ ). Abbildungen finden sich in Anhang B-II, Abbildung B128. Die Veränderungen der morgendlichen durchschnittlichen Cortisolausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag ( $r = -.70$ ;  $p = .03$ ;  $N = 10$ ) sowie zwischen Prüfungstag und Tag danach ( $r = -.66$ ;  $p = .05$ ;  $N = 9$ ) hängen negativ mit dem Zigarettenkonsum des jeweiligen Vortages zusammen (siehe Abbildung 86). Je höher der Zigarettenkonsum am Vortag, desto geringer scheinen die Veränderungen der Morgenausschüttung zwischen den Tagen ausgeprägt.



**Abbildung 86.** Zusammenhang des Zigarettenkonsums am jeweiligen Vortag mit der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag (a) sowie zwischen Prüfungstag und Tag danach (waagrechte Referenzlinien umschreiben Veränderungen um  $\pm 2.5$  nmol/l).

Die Veränderungen im mittleren Cortisolanstieg am Morgen zwischen den Tagen ist nicht mit Veränderungen im Zigarettenkonsum zwischen diesen Tagen assoziiert ( $r_{P\text{-Tag vs. B\text{-Tag}} = -.13$ ;  $p = .76$ ;  $N = 8$ ;  $r_{P\text{-Tag vs. Vortag}} = -.27$ ;  $p = .48$ ;  $N = 9$ ;  $r_{P\text{-Tag vs. Tag danach}} = .17$ ;  $p = .68$ ;  $N = 8$ ;  $r_{\text{Tag nach P vs. B\text{-Tag}} = .28$ ;  $p = .54$ ;  $N = 7$ ). Auch die Änderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen den Tagen zeigt keine signifikanten Zusammenhänge mit Veränderungen in der Anzahl gerauchter Zigaretten zwischen diesen Tagen ( $r_{P\text{-Tag vs. B\text{-Tag}} = -.49$ ;  $p = .19$ ;  $N = 9$ ;  $r_{P\text{-Tag vs. Vortag}} = -.31$ ;  $p = .38$ ;  $N = 9$ ;  $r_{P\text{-Tag vs. Tag danach}} = .14$ ;  $p = .73$ ;  $N = 9$ ;  $r_{\text{Tag nach P vs. B\text{-Tag}} = .59$ ;  $p = .12$ ;  $N = 8$ ).

### 3.4.4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

**Stabile personenbezogene Merkmale.** Das Ausmaß der depressiven Beschwerden scheint nur mit der Höhe der mittleren Morgenausschüttung am Tag nach der Prüfung substantiell negativ in Zusammenhang zu stehen. Je geringer das Ausmaß an Depressivität ist, desto höher ist die durchschnittliche Cortisolausschüttung am Morgen nach der Prüfung. Die Höhe der Korrelation wird allerdings maßgeblich durch die beiden Personen bedingt, die einen Prozentrang über 99% auf der Depressivitäts-Skala aufweisen und am Tag nach der Prüfung mit Abstand die niedrigsten MnCMRs aufweisen. Veränderungen in der mittleren Ausschüttungsmenge wie auch hinsichtlich des mittleren Cortisolanstiegs zwischen den Tagen hängen nicht mit dem Ausmaß der berichteten depressiven Symptomatik zusammen. Personen mit einer Verdachtsdiagnose depressive Störung unterscheiden sich in ihrer zentralen Tendenz hinsichtlich des mittleren Morgenanstiegs und der mittleren Morgenausschüttung über alle Messtage nicht bedeutend von Personen ohne eine solche Verdachtsdiagnose. Allerdings deuten Einzelvergleiche pro Tag auf einen signifikant höheren Cortisol-Morgenanstieg am Tag vor der Prüfung sowie eine geringere Veränderung des MnInc zwischen Vortag und Tag der Prüfung bei Personen mit einer möglichen Depression hin. So reagieren alle Personen ohne eine Verdachtsdiagnose mit einer Erhöhung des MnInc um mehr als 2.5nmol/l zwischen diesen beiden Tagen, wohingegen sich bei drei der vier Personen mit einer möglichen depressiven Störung der mittlere Morgenanstieg am Tag der Prüfung kaum verändert oder gar abnimmt. Prinzipiell weisen Personen mit einer Verdachtsdiagnose nur sehr geringfügige Veränderungen im MnInc über alle Tage im Vergleich zu Probanden ohne Verdachtsdiagnose auf. Bezüglich der Veränderungen in der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Personengruppen.

Das Ausmaß der berichteten dispositionellen Ängstlichkeit zeigt mit der Höhe des mittleren Morgenanstiegs am Vortag der Prüfung einen signifikant positiven Zusammenhang, was jedoch hauptsächlich auf eine Person mit einer sehr geringen Ängstlichkeit und

einem negativen Morgenanstieg an diesem Tag zurückzuführen ist. Mit dem Ausmaß der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs zwischen Vortag und Tag der Prüfung hängt die dispositionelle Ängstlichkeit signifikant negativ zusammen. Alle vier Personen, deren MnInc am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Vortag um 2.5nmol/l oder weniger zunimmt oder gar sinkt, weisen bezüglich der Ängstlichkeit einen Prozentwert über 85% auf. Personen, deren durchschnittlicher Morgenanstieg um mehr als 2.5nmol/l am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Vortag steigt, zeigen allerdings keine systematischen Zusammenhänge zur Ausprägung der dispositionellen Ängstlichkeit. Die Höhe der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen korreliert sowohl am Vortag sowie am Tag nach der Prüfung signifikant negativ mit der Höhe der dispositionellen Ängstlichkeit; je stärker die Ängstlichkeit ausgeprägt ist, desto geringer erscheint die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung an diesen Tagen. Mit dem Ausmaß der Veränderungen der MnCMR korreliert die Ängstlichkeit nicht. Der Zusammenhang der morgendlichen Cortisolausschüttung und einer Verdachtsdiagnose Angststörung lässt sich leider mit den vorliegenden Daten nicht überprüfen, da beide Personen mit einer möglichen Angststörung zugleich auch eine Verdachtsdiagnose Depression aufweisen, sodass keine Schlüsse darüber gezogen werden können, auf welche potentielle psychische Störung Veränderungen in der Cortisolausschüttung zurückzuführen sind.

Das Ausmaß der berichteten Erschöpfung sowie der somatischen Beschwerdelast zeigt keinen Zusammenhang mit der Höhe des Cortisol-Morgenanstiegs oder der mittleren Morgenausschüttung an einem der Messtage. Signifikant negativ korrelieren Erschöpfung und somatische Beschwerdelast hingegen mit dem Ausmaß der Veränderung im mittleren Morgenanstieg zwischen Vortag und Tag der Prüfung. Je höher das Ausmaß somatischer Beschwerden oder Erschöpfung, desto geringer ist das Ausmaß der Veränderung im mittleren Morgenanstieg. Die drei Personen mit dem höchsten Prozentrang auf den beiden Skalen Erschöpfung und Beschwerddruck weisen die geringsten Veränderungen auf.

Der Body Mass Index hängt signifikant negativ mit dem mittleren Morgenanstieg am Referenztag, Tag vor der Prüfung und Tag der Prüfung zusammen. Je höher der Index, desto flacher ist der Cortisol-Morgenanstieg an diesen Tagen. Mit der mittleren morgendlichen Cortisolausschüttung lässt sich nur am Referenztag ein negativer Zusammenhang nachweisen. Keine Zusammenhänge zeigen sich zwischen dem BMI und dem Ausmaß der Veränderungen des mittleren Morgenanstiegs zwischen den Tagen. Das Ausmaß der Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Vortag und Tag der Prüfung korreliert signifikant negativ mit dem BMI; je höher der BMI, desto geringer fallen die Veränderungen im MnCMR aus. Mit dem Waist-to-Hip-Ratio zeigen sich lediglich am Referenztag ein signifikant negativer Zusammenhang mit der mittleren Morgenausschüt-

tung, was hauptsächlich auf eine Person mit dem negativsten Morgenanstieg an diesem Tag zurückzuführen ist. Das Ausmaß der Veränderung des MnInc zwischen Prüfungstag und Tag danach korreliert signifikant positiv mit dem WHR, allerdings verschwindet dieser Zusammenhang, wenn die Person mit einem Abfall von mehr als  $-33\text{nmol/l}$  im MnInc ausgeschlossen wird. Mit der Höhe oder dem Ausmaß der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs hängt der WHR nicht zusammen.

Weder hinsichtlich des mittleren Morgenanstiegs noch der mittleren Morgenausschüttung unterscheiden sich Allergiker von Nicht-Allergikern in ihrer zentralen Tendenz über die vier Messtage. Einzelvergleiche pro Tag deuten allerdings darauf hin, dass Allergiker am Referenztag einen signifikant geringeren Morgenanstieg wie auch eine niedrigere mittlere Morgenausschüttung haben als Nicht-Allergiker. Drei der fünf Allergiker weisen einen negativen Morgenanstieg am Baseline-Tag auf, wohingegen kein Nicht-Allergiker einen Abfall des Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen hat. An den Tagen um die praktische Abschlussprüfung treten keine Unterschiede in Abhängigkeit einer Allergiediagnose auf. Auch hinsichtlich der Veränderungen in den Cortisol-Parametern unterscheiden sich Allergiker und Nicht-Allergiker nicht voneinander.

Die subjektiv empfundene chronische Stressbelastung korreliert lediglich mit der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen des Tages vor der Prüfung signifikant negativ. Je höher die subjektive Stressbelastung, desto geringer ist die durchschnittliche Morgenausschüttung ausgeprägt. Der Zusammenhang gewinnt an Stärke, wenn man die Person mit der geringsten Stressbelastung ausschließt.

**Situationsbedingte Merkmale der Person.** Die Zustandsangst am Morgen des Prüfungstags in Bezug auf die bevorstehende Prüfung korreliert signifikant negativ mit der mittleren Morgenausschüttung an diesem Tag. Je größer die Angst vor der Prüfung, desto geringer ist die mittlere Morgenausschüttung ausgeprägt. Auch weisen Personen mit einer höheren Zustandsangst am Morgen der Prüfung eine signifikant geringere Veränderung der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen Vortag und Prüfungstag auf. Personen, die am Abend nach der Prüfung retrospektiv die Prüfung als stressig bewerten, weisen am Morgen des Prüfungstages einen signifikant geringeren Cortisol-Morgenanstieg auf. Andere Zusammenhänge zeigen sich nicht hinsichtlich der Bewertung der Prüfung und der Cortisolausschüttung.

Die Anzahl gerauchter Zigaretten am Vortag der Prüfung korreliert signifikant negativ mit der durchschnittlichen Cortisolausschüttung am nächsten Morgen. Je mehr Zigaretten am Vortag geraucht wurden, desto weniger Cortisol wird im Durchschnitt in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen ausgeschüttet. Das Ausmaß der Veränderungen

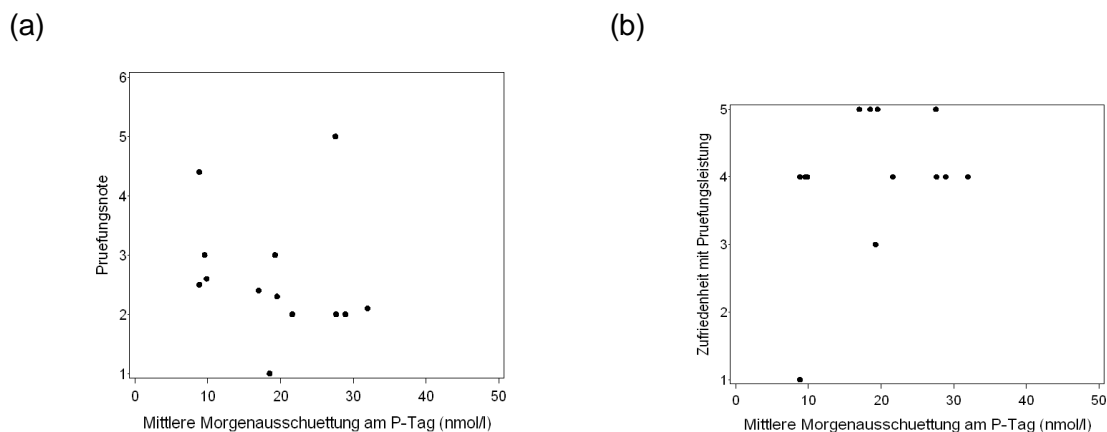
der mittleren Morgenausschüttung zwischen Prüfungstag und Vortag sowie zwischen Prüfungstag und Tag danach korreliert ebenfalls signifikant negativ mit dem Zigarettenkonsum des jeweiligen Vortags. Je höher der Zigarettenkonsum, desto geringer scheinen die Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung zwischen den Tagen zu sein.

### **3.4.5 Die HPA-Achsen-Aktivität und die subjektive und objektive Bewältigung der praktischen Abschlussprüfung**

Im letzten Abschnitt wird die Auswirkung der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität bzw. der verschiedenen Aspekte der Cortisolausschüttung auf die objektive sowie subjektiv empfundene Bewertung der Prüfungsleistung, als Indikatoren für die Bewältigung der Belastungssituation, untersucht.

Von den Personen, von denen zu beiden Untersuchungsphasen komplette Daten vorhanden sind, liegen von insgesamt 13 Probanden die Abschlussnote sowie die subjektiven Angaben zur Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung vor. Die Durchschnittsnote beträgt  $2.6 \pm 1.1$  (MD = 2.4; IQA = 1.0). Neun Personen (69.2%) haben eine Note besser als 3.0. Im Mittel waren die Personen überwiegend mit ihrer Leistung in der Prüfung zufrieden (MD = 4.0; IQA = 1.0; fünfstufige Skala). Die Note korreliert nicht signifikant mit der Zufriedenheit ( $r = -.27$ ;  $p = .37$ ;  $N = 13$ ), was allerdings auf eine weibliche Auszubildende des Hotelfachs zurückzuführen ist, die trotz der Note „5“ sehr mit ihrer Leistung zufrieden ist (siehe Anhang B-II, Abbildung B129). Sie gibt an, mit dem Prüfer in Streit geraten zu sein. Unter Ausschluss dieser Person zeigt sich ein signifikant negativer Zusammenhang ( $r = -.56$ ;  $p = .06$ ;  $N = 12$ ) – je besser die Personen benotet wurden, desto zufriedener sind sie mit ihrer Prüfungsleistung.

Der mittlere Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Prüfungstag scheint sich nicht bedeutend auf die Leistung in der Prüfung ( $r = -.30$ ;  $p = .39$ ;  $N = 10$ ) oder die Zufriedenheit damit auszuwirken ( $r = .19$ ;  $p = .60$ ;  $N = 10$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B130). Allerdings zeigt die durchschnittliche Cortisolausschüttung am Morgen des Prüfungstags signifikant negative Zusammenhänge mit der Prüfungsnote ( $r = -.49$ ;  $p = .09$ ;  $N = 13$ ), nicht hingegen mit der Zufriedenheit ( $r = .22$ ;  $p = .48$ ;  $N = 13$ ). Schließt man die Person, die mit einer „5“ bewertet wurde aus (siehe Abbildung 87a), so steigt der Zusammenhang zwischen MnCMR und Note auf  $r = -.70$  ( $p = .01$ ). Eine höhere morgendliche Cortisolausschüttung scheint mit einer besseren Prüfungsleistung einherzugehen.



**Abbildung 87.** Zusammenhang der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Tag der Prüfung und der Note (a) sowie der Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung.

Inwieweit sich der mittlere Cortisolanstieg am Morgen zwischen Vortag und Prüfungstag verändert, korreliert nicht mit der Note ( $r = .10$ ;  $p = .82$ ;  $N = 8$ ) oder der Zufriedenheit mit der Leistung ( $r = .33$ ;  $p = .42$ ;  $N = 8$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B131). Eine Zu- bzw. Abnahme des Morgenanstiegs am Prüfungstag im Vergleich zum Referenztag wirkt sich ebenfalls nicht auf die Zensur ( $r = -.35$ ;  $p = .35$ ;  $N = 9$ ) oder die Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung ( $r = -.12$ ;  $p = .76$ ;  $N = 9$ ) aus (siehe Anhang B-II, Abbildung B132).

Das Ausmaß der Veränderung der mittleren Morgenausschüttung zwischen Vortag und Tag der Prüfung zeigt keinen bedeutenden Zusammenhang mit der Bewertung der Prüfung ( $r = -.42$ ;  $p = .23$ ;  $N = 10$ ) oder der subjektiven Zufriedenheit ( $r = .12$ ;  $p = .73$ ;  $N = 10$  siehe Anhang B-II, Abbildung B133). Auch das Ausmaß der Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung an Cortisol zwischen Prüfungs- und Baseline-Tag korreliert nicht mit der Note ( $r = .06$ ;  $p = .86$ ;  $N = 13$ ) oder der Zufriedenheit mit der eigenen Leistung ( $r = .14$ ;  $p = .65$ ;  $N = 13$ ; siehe Anhang B-II, Abbildung B134).

Mit dem Cortisolwert am Abend nach der Prüfung korreliert weder die Note ( $r = -.47$ ;  $p = .11$ ;  $N = 12$ ) noch die subjektive Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung ( $r = -.27$ ;  $p = .37$ ;  $N = 13$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B135).

Auf den mittleren Cortisolanstieg am Morgen nach der Prüfung scheint sich weder die Prüfungsnote ( $r = .25$ ;  $p = .52$ ;  $N = 9$ ) noch die subjektive Zufriedenheit ( $r = -.31$ ;  $p = .41$ ;  $N = 9$ ) mit der eigenen Leistung auszuwirken (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B136). Mit der mittleren Cortisolausschüttung an diesem Morgen zeigen sich ebenso weder mit der Prüfungsnote ( $r = -.14$ ;  $p = .71$ ;  $N = 9$ ) noch mit der Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung ( $r = -.50$ ;  $p = .17$ ;  $N = 9$ ) signifikante Zusammenhänge (siehe auch Anhang B-II, Abbildung B137). Weder die Note ( $r = -.33$ ;  $p = .47$ ;  $N = 7$ ) noch die Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung ( $r = .65$ ;  $p = .13$ ;  $N = 7$ ) korreliert signifikant mit

der Veränderung des mittleren Morgenanstiegs zwischen Prüfungstag und Tag danach (siehe Anhang B-II, Abbildung B138). Die Veränderungen in der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung zwischen diesen Tagen hängen ebenso nicht mit der Bewertung der Prüfung ( $r = -.27$ ;  $p = .48$ ;  $N = 9$ ) oder der Zufriedenheit mit der eigenen Leistung ( $r = .43$ ;  $P = .25$ ;  $N = 9$ ) zusammen (siehe Anhang B-II, Abbildung B139).

Das Ausmaß der Veränderungen des mittleren Cortisolanstieg am Tag nach der Prüfung im Vergleich zum Baseline-Tag zeigt keine signifikanten Korrelationen zur Note ( $r = .18$ ;  $P = .66$ ;  $N = 8$ ) oder Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung ( $r = -.08$ ;  $P = .86$ ;  $N = 8$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B140). Auch haben weder die Note ( $r = .55$ ;  $p = .12$ ;  $N = 9$ ) noch die Zufriedenheit mit der eigenen Leistung ( $r = -.36$ ;  $p = .34$ ;  $N = 9$ ; siehe auch Anhang B-II, Abbildung B141) einen Einfluss auf die Höhe der mittleren Morgenausschüttung am Tag nach der Prüfung im Vergleich zum Referenztag.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Abschneiden in der Prüfung signifikant mit der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen der Prüfung in Beziehung steht. So korreliert eine höhere morgendliche Cortisolausschüttung signifikant positiv mit einer besseren Prüfungsleistung.

### 3.5 Diskussion

Die vorliegende Studie geht der Frage nach, inwieweit die Antizipation einer bevorstehenden, biographisch relevanten Belastungssituation unter natürlichen Bedingungen Art und Ausmaß der morgendlichen Cortisolaktivität in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen bestimmt.

In der Literatur wird angenommen, dass der morgendliche Cortisolanstieg den Organismus auf Anforderungen des Tages vorbereitet und zu einem bedeutenden Anteil durch die Antizipation kommender Ereignisse und Belastungen beeinflusst wird (Fries et al., in press). Für diese Annahme spricht die häufig beobachtete hohe Situationsabhängigkeit und intraindividuelle Variabilität der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion (Hellhammer et al., 2007; Kirschbaum et al., 1990) sowie ihre Sensitivität gegenüber chronischen Belastungen (Fries et al., in press). Anhand einer Modellstichprobe von Auszubildenden des Back- und Gastronomiegewerbes wurden zunächst systematische Veränderungen der individuellen morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität am Tag der prak-



tischen Abschlussprüfung sowie am Vortag und am Tag danach betrachtet und mit einem Referenztag verglichen. Mögliche Unterschiede in der morgendlichen Cortisolreaktivität zwischen Personen sowie der Einfluss situativer Faktoren und stabiler Personenmerkmale wurden überprüft.

Im Folgenden werden zunächst in den Abschnitten 3.5.1 bis 3.5.4 die Ergebnisse zusammengefasst und vor dem Hintergrund bisheriger Forschungsarbeiten diskutiert. Stärken und Schwächen der vorliegenden Arbeit werden erörtert (Abschnitt 3.5.5). Abschließend werden in einer Schlussbetrachtung eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse gegeben und Implikationen für mögliche zukünftige Forschungsvorhaben dargestellt (Kapitel 4).

### **3.5.1 Intraindividuelle Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung**

Gemäß der Annahme, dass die morgendliche Cortisol-Aufwachreaktion den Organismus auf bevorstehende Anforderungen vorbereitet und in Antizipation kommender Belastungen stimuliert werden kann, wurden höhere morgendliche Cortisolkonzentrationen in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Tag der Prüfung im Vergleich zu den übrigen Messtagen postuliert. Dabei sollten sowohl die Cortisol-Einzelwerte wie auch der mittlere Cortisolanstieg und die durchschnittlich ausgeschüttete Menge an Cortisol am Prüfungstag signifikant höher ausfallen. Hinsichtlich des Cortisol-Morgenprofils wurde angenommen, dass im Vergleich zu den anderen Tagen am Morgen des Prüfungstages der Cortisolspiegel nach 45 Minuten weiter ansteigt und nicht wieder zu sinken beginnt.

Während bezüglich der Cortisolwerte zum Zeitpunkt des Erwachens keine signifikanten Unterschiede zwischen den Messtagen zu finden sind, unterscheiden sich die Cortisolkonzentrationen 15, 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen signifikant in ihrer zentralen Tendenz über die Tage. Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Tagen. Der mittlere Cortisolanstieg unterscheidet sich im Trend zwischen den vier Messtagen ( $p = .11$ ). Gemäß der Hypothese zeigen sich zu allen drei Messzeitpunkten sowie hinsichtlich der beiden Cortisolparameter am Morgen des Prüfungstages höhere Cortisolwerte als am Vortag. So steigt die mittlere Cortisolausschüttung am Morgen des Prüfungstages im Durchschnitt um  $5.8 \pm 6.4 \text{ nmol/l}$  signifikant im Vergleich zum Vortag. Bei 69.2% der Personen ist eine Zunahme der durchschnittlichen Cortisolproduktion in den ersten 45 Minuten am Prüfungstag um mehr als  $2.5 \text{ nmol/l}$  im

Vergleich zum Vortag zu beobachten. Lediglich bei einer Person zeigt sich eine Abnahme der mittleren Cortisolkonzentrationen um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  zwischen diesen Tagen. Der mittlere Cortisolanstieg ist am Prüfungstag um durchschnittlich  $5.4 \pm 7.4\text{nmol/l}$  signifikant stärker ausgeprägt als am Vortag. Bei 72.2% der Stichprobe ist am Morgen der Prüfung eine stärkere durchschnittliche Cortisolzunahme in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Vortag zu finden. Bei zwei Personen verändert sich der Cortisolanstieg kaum, nur eine Person zeigt eine schwächere mittlere Cortisol-Aufwachreaktion.

Entgegen der Hypothese wurden in Bezug auf die Cortisolparameter keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen Prüfungstag und Tag danach gefunden. Hinsichtlich der Cortisol-Einzelwerte unterscheiden sich lediglich Cortisolkonzentrationen 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen signifikant zwischen Referenz- und Prüfungstag. Während zu T(30) die Cortisolwerte am Tag der Prüfung um durchschnittlich  $1.5 \pm 3.5\text{nmol/l}$  niedriger ausgeprägt sind als am Kontrolltag, weisen die Auszubildenden zu T(45) am Morgen der Prüfung einen um  $6.8 \pm 9.2\text{nmol/l}$  deutlich höheren Cortisolspiegel auf als am Baseline-Tag. Gemäß der Hypothese könnte dies ein Hinweis auf eine beginnende Aktivierung der HPA-Achse durch die bevorstehende Prüfung sein. Auch in anderen Studien wurden am Morgen vor einem wichtigen Ereignis höhere Cortisolkonzentrationen gemessen als an einem Kontrolltag. So fanden Rohleder und Kollegen (2007) bei Turniertänzern an einem Wettkampftag bereits sechs Stunden vor Beginn des Turniers deutliche Erhöhungen der Cortisolausschüttung. Bei Tennisspielern konnten am Tag eines wichtigen Wettbewerbs um 8:00 Uhr morgens signifikant höhere Cortisolwerte beobachtet werden als an einem Kontrolltag (Filaire et al., 2009). Die Probanden waren zu diesem Zeitpunkt im Durchschnitt eine halbe Stunde wach; der Wettkampf begann acht Stunden später. Am Morgen einer mündlichen Abschlussprüfung, die zwischen 9:00 und 18:00 Uhr stattfand, hatten Studenten um 8:00 Uhr um durchschnittlich  $2.5\text{nmol/l}$  höhere Cortisolwerte als an einem Kontrolltag (Spangler et al., 2002). Die Aufwachzeiten wurden in dieser Studie nicht berichtet. Auch wurde die Zeit bis zu Beginn der Prüfung nicht kontrolliert. Chatterton und Kollegen (1997) konnten hingegen bei Anfängern am Morgen ca. drei Stunden vor ihrem ersten Fallschirm-Tandem-Sprung niedrigere Cortisolkonzentrationen beobachten als an einem Kontrolltag. Da die Probanden zusammen mit einem erfahrenen Fallschirmspringer den Sprung ausführten und somit keine Verantwortung für Sicherheit und Gelingen trugen, setzten nach Meinung der Autoren die emotionalen und physiologischen Stressreaktionen erst unmittelbar vor dem Sprung ein. So stiegen Ängstlichkeit und subjektive Aufregung bei Besteigen des Flugzeuges, während

erst nach der Landung erhöhte Cortisolkonzentrationen gemessen wurden. Eine antizipatorische Cortisolerhöhung fand nicht statt.

Die Analysen der morgendlichen Cortisolprofile innerhalb der Tage deuten ebenfalls auf eine beginnende Aktivierung der HPA-Achsen-Aktivität durch den bevorstehenden Stressor am Morgen des Prüfungstages hin. Sowohl am Referenz- wie auch am Prüfungstag zeigt sich ein signifikanter Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten. An beiden Tagen unterscheiden sich die Cortisolwerte 15, 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen signifikant vom Aufwachwert. Der Cortisolanstieg am Morgen der Prüfung scheint allerdings steiler zu sein als am Baseline-Tag. So sind die Cortisolwerte 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen signifikant höher als zu T(15). Nach 45 Minuten beginnt die Cortisolkonzentration nicht zu sinken. So nimmt der Cortisolspiegel zwischen 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen im Durchschnitt um  $0.8\text{nmol/l} \pm 4.9\text{nmol/l}$  zu, was jedoch nicht signifikant ist. Am Referenztag sinkt der Cortisolspiegel hingegen nach 45 Minuten im Vergleich zu T(30) signifikant um durchschnittlich  $4.6 \pm 3.9\text{nmol/l}$ . Die Cortisolkonzentrationen 15 und 30 Minuten nach dem Erwachen sowie 15 und 45 Minuten nach dem Erwachen unterscheiden sich an diesem Tag nicht signifikant voneinander. Am Vortag der Prüfung ist kein Cortisolanstieg im Sinne einer Aufwachreaktion zu beobachten. So existieren keine Unterschiede in der zentralen Tendenz der vier Messzeitpunkte nach dem Erwachen; Einzelvergleiche werden ebenso nicht signifikant. Auch am Tag nach der Prüfung zeigen sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den morgendlichen Messzeitpunkten. Einzelvergleiche weisen zwar auf eine Zunahme der Cortisolausschüttung im Sinne eines Morgenanstiegs hin, werden hier jedoch aufgrund der fehlenden Signifikanz des Overall-Tests nicht weiter interpretiert. Gaab und Kollegen (2006) fanden in einer Interventionsstudie in der Experimentalgruppe, die zuvor an einem Stressbewältigungstraining teilnahm, am Tag einer schriftlichen akademischen Prüfung einen stärkeren Cortisolanstieg in den ersten 60 Minuten nach dem Erwachen als an einem Kontrolltag und im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Im Gegensatz zum Referenztag sank der Cortisolspiegel am Morgen des Prüfungstages in der Interventionsgruppe nach 45 Minuten nicht, sondern stieg weiter. Dies entspricht den Ergebnissen der vorliegenden Studie und kann als eine physiologische Anpassungsmaßnahme des Organismus an eine bevorstehende und antizipierte Herausforderung gedeutet werden. Im Gegensatz dazu fanden Hewig und Kollegen (2008) vor, während sowie nach einer Prüfungsphase keine Unterschiede im morgendlichen Cortisolprofil in der Stunde nach dem Erwachen. Auch der mittlere Cortisolanstieg sowie die durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung unterschieden sich nicht zwischen den Messtagen. Allerdings wurde in dieser Studie die Cortisol-Aufwachreaktion nicht an einem Prüfungstag, sondern zu Beginn und am Ende einer

sechswöchigen Prüfungsphase untersucht. Somit wurde nicht der Einfluss eines antizipierten, unmittelbar am Tag selbst eintretenden Stressors auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität überprüft, sondern die Auswirkungen einer mittelfristigen Belastungsphase.

Der Hinweis auf einen steileren Cortisolanstieg am Tag der Prüfung im Vergleich zum Kontrolltag konnte durch den Vergleich der mittleren Cortisol-Morgenanstiege zwischen diesen Tagen nicht bestätigt werden. So ergaben die Einzelvergleiche keinen signifikanten Unterschied zwischen Baseline- und Prüfungstag. In Anbetracht der Tatsache, dass der mittlere Cortisolanstieg den Mittelwert der Cortisolwerte zu T(15), T(30) und T(45) abzüglich des Aufwachwertes widerspiegelt, scheint dieses Maß zu global, um die gefundenen Unterschiede in der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen Baseline- und Prüfungstag zu T(45) abzubilden. Auch andere Studien konnten während einer längeren Belastungsphase Unterschiede in Cortisol-Einzelwerten zu verschiedenen Messzeitpunkten nach dem Erwachen zwischen Tagen feststellen, wohingegen der mittlere Morgenanstieg unverändert blieb (z.B. Clow et al., 2006). Neben parametrisierten Cortisolwerten sollten daher immer auch die Cortisol-Einzelwerte zu den verschiedenen Messzeitpunkten sowie die morgendliche Cortisolprofilgestalt untersucht werden.

Äußerst interessant ist die Tatsache, dass sowohl zu den einzelnen Messzeitpunkten 15, 30 und 45 Minuten nach dem Erwachen wie auch in den beiden Cortisolparametern am Prüfungstag durchgehend signifikant höhere Werte zu beobachten sind als einen Tag zuvor, wohingegen sich die Cortisolausschüttung zwischen Referenz- und Prüfungstag bis auf T(45) nicht bedeutsam unterscheiden. Am Tag vor der Prüfung sind die Cortisolkonzentrationen am Morgen signifikant niedriger sowohl im Vergleich zum Kontroll- wie auch zum Prüfungstag. Sowohl der mittlere Cortisol-Morgenanstieg wie auch die durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge sind signifikant geringer als am Prüfungs- sowie Referenztag. Auch ist bei der Analyse des morgendlichen Cortisolprofils kein Anstieg des Cortisolspiegels in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zu beobachten. Veränderungen in der Aufwachzeit oder Schlafdauer im Vergleich zu den anderen Tagen erklären diese Unterschiede in der Cortisolausschüttung am Tag vor der Prüfung nicht. Es zeigen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Variationen in der Aufwachzeit bzw. Schlafdauer und den Veränderungen in den beiden Cortisolparametern zwischen Vor- und Prüfungstag sowie zwischen Vor- und Referenztag. Das Absinken der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen dem Baseline-Tag und dem Tag vor der Prüfung wie auch die Zunahme der morgendlichen Cortisolaktivität zwischen Vortag und Prüfungsmorgen sind keine Effekte einer Regression zur Mitte. So hängen Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen zwei Tagen nicht systematisch mit dem durchschnittlichen Cortisolanstieg am jeweils ersten Tag zusammen. Die Zunahme der mittleren Cortisol-Morgen-

ausschüttung zwischen Vor- und Prüfungstag korrelieren positiv mit der durchschnittlich ausgeschütteten Cortisolmenge am Morgen des Vortags. Je mehr Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Vortag ausgeschüttet wird, desto größer ist die Erhöhung der durchschnittlichen Cortisolkonzentration am Morgen des Prüfungstages. Je höher die Cortisolausschüttung am Prüfungstag ist, desto stärker sinkt sie hingegen am Tag danach.

Bis dato existiert nach Wissen der Autorin keine Studie, in der die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität sowohl am Tag eines auftretenden antizipierten Stressors wie auch an den Tagen zuvor und danach näher untersucht wurde. In den meisten Studien wurden entweder Veränderungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität während einzelner Tage einer längeren Belastungsphase überprüft oder die morgendlichen Cortisolkonzentrationen am Tag einer bevorstehenden Belastungssituation mit einem teilweise mehrere Wochen zurückliegenden Kontrolltag verglichen. Die Ergebnisse hierzu sind widersprüchlich. Teilweise konnten in längeren Belastungsphasen, wie z.B. in einer mehrwöchigen Prüfungsphase oder einem Militärtraining, niedrigere Cortisolwerte am Morgen und über den Tage beobachtet werden als in weniger stressreichen Phasen (z.B. Dahlgren et al., 2004; Roy, et al., 2003; Steptoe et al., 1998; Vedhara et al., 2000). Zu Ende einer Belastungsphase normalisierten sich die Cortisolwerte in einer Längsschnittstudie wieder (Clow et al., 2006). Andere Untersuchungen fanden am Morgen und Nachmittag erhöhte Cortisolspiegel in Phasen höherer Belastung im Vergleich zu einem Kontrolltag (z.B. Weekes et al., 2006). In den meisten dieser Studien wurde allerdings nicht die Cortisol-Aufwachreaktion untersucht. Zudem ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aufgrund der Vielfalt in Art und Dauer der gewählten Belastungen, den verschiedenen Studiendesign und Messprotokollen erschwert. Warum sich in der vorliegenden Untersuchung die Cortisolausschüttung in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen zwischen Prüfungs- und Kontrolltag nicht unterscheidet, kann mehrere Gründe haben. So können die Werte in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen nicht sensitiv gegenüber einer antizipierten und im weiteren Tagesverlauf auftretenden Belastung sein. Hiergegen spricht allerdings, dass sich am Prüfungstag die Cortisolkonzentrationen zu T(15) und T(30) im Vergleich zum Vortag signifikant erhöhen. Aufgrund der hohen Situationsabhängigkeit der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion ist die Reliabilität einer Baseline-Messung an nur einem Tag eingeschränkt und bildet nicht die personenspezifischen Anteile der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen ab. Zur Messung eines intraindividuell stabilen Cortisol-Morgenanstiegs ist nach Hellhammer und Kollegen (2007) die Aggregation der Kennwerte über mindestens sechs Tage, zur Erfassung einer personentypischen durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung über mindestens zwei Tage erforderlich, um

den Einfluss situativer Faktoren zu kontrollieren (siehe Hellhammer et al., 2007). In der vorliegenden Studie wurde als Kontrolltag derjenige von drei Messstagen ausgewählt, der von den Aufwach- und Messzeiten dem Prüfungstag am ähnlichsten war. An den übrigen zwei Tagen der Baseline-Phase traten bei einigen Personen aufgrund von Schichtarbeit teilweise deutliche Unterschiede und Verschiebungen in den Schlaf-Wachzeiten und in Folge in den Cortisolwerten auf, weshalb sie aus biologischer Sicht als Kontrolltage nicht in Frage kamen. Möglicherweise haben diese Unregelmäßigkeiten im Schlaf-Wachzyklus auch Auswirkungen auf die Cortisolausschüttung dieser Personen am ausgewählten Referenztag. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass durch Veränderung der Schlaf-Wach-Rhythmik, wie z.B. durch Schichtarbeit oder Jetlag, die circadiane Periodizität der Cortisolausschüttung gestört werden kann (z.B. Hennig et al., 1998; Kirschbaum et al., 1991; Kudielka et al., 2007; Lac & Chamoux, 2003; Leese et al., 1996). Aufgrund der geringen Fallzahlen konnte dies in der vorliegenden Untersuchung nicht systematisch überprüft werden. Allerdings wurde über alle Personen am Referenztag ein typischer Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen beobachtet, was gegen diese Annahme spricht. In Anbetracht der teilweise nur moderaten intraindividuellen Stabilität der Cortisol-Aufwachreaktion an Tagen ohne besondere Vorkommnisse (siehe Studie I) bleibt jedoch fraglich, inwieweit Veränderungen in der Cortisol-Aufwachreaktion am Morgen einer persönlich relevanten und antizipierten Belastungssituation im Vergleich zu einem beliebigen, mehrere Wochen zurückliegenden Kontrolltag eine reliable Abbildung der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität auf einen antizipierten Stressor darstellen.

Nicht geklärt werden kann, warum die morgendlichen Cortisolwerte sowie -parameter am Tag vor der Prüfung signifikant im Vergleich zum Kontrolltag erniedrigt sind. In Anlehnung an Studien, die in länger andauernden Belastungsphasen geringere Cortisolkonzentrationen am Morgen beobachten konnten (z.B. Clow et al., 2006; Dahlgren et al., 2004), kann darüber spekuliert werden, ob in den Wochen vor der praktischen Abschlussprüfung aufgrund der Vorbereitungen des bevorstehenden Ausbildungsabschlusses und der damit einhergehenden Belastungen die morgendliche Cortisolausschüttung nach dem Erwachen sinkt. Gemäß dieser Annahme steigen am Morgen des Prüfungstages die Cortisolkonzentrationen in Antizipation der unmittelbar bevorstehenden Herausforderung wieder, um den Organismus auf die Bewältigung der akuten Anforderung vorzubereiten. Dabei scheint die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität am Vortag einer Belastung eng mit der am Tag der Belastung in Beziehung zu stehen. So konnten in der vorliegenden Studie mit Ausnahme der Aufwach- und Abendwerte signifikant positive Zusammenhänge zu korrespondierenden Messzeitpunkten zwischen den Cortisolwerten und -parametern am Vortag und Tag der Prüfung nachgewiesen werden, während sich zwischen Prüfungs- und

Folgetag sowie zwischen Tag vor und nach der Prüfung keine signifikanten Korrelationen zeigen. Je höher die Cortisolkonzentrationen am Vortag sind, desto höher fallen sie auch am Morgen des Prüfungstages aus. In zukünftigen Forschungsarbeiten sollten bereits ein bis zwei Wochen vor einer Prüfung die morgendlichen Cortisolkonzentrationen gemessen und mit Cortisolproben zu einer Baseline-Phase verglichen werden, um systematische Veränderungsprozesse der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion in Bezug auf einen länger antizipierten, biographisch relevanten Stressor abzubilden.

Unklar ist nach den vorliegenden Ergebnissen, inwieweit sich die Prüfung auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität am Tag danach auswirkt. Weder zu den einzelnen Messzeitpunkten noch in Bezug auf die Cortisolparameter wurden signifikante Unterschiede zwischen diesem und den anderen Tagen gefunden. Allerdings sind am Tag nach der Prüfung größere Streuungen der Cortisolwerte und -parameter als am Referenz- oder Vortag zu beobachten. Auch konnte keine Zunahme der Cortisolkonzentration im Sinne eines typischen Morgenanstiegs beim Vergleich der morgendlichen Messwerte festgestellt werden. Die Cortisolwerte und -parameter zu korrespondierenden Messzeitpunkten zwischen Prüfungs- und Folgetag korrelieren nicht signifikant miteinander. Zusammengekommen deuten diese Befunde auf gewisse Unregelmäßigkeiten in der morgendlichen Cortisolausschüttung am Tag nach der Prüfung und in den Beziehungen zwischen den Tagen hin. Weitergehende Untersuchungen werden benötigt, um den Einfluss einer am Vortag erlebten, biographisch relevanten Belastung auf die Cortisol-Aufwachreaktion am nächsten Morgen sowie in den Folgetagen näher zu überprüfen.

Die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung und der mittlere Cortisol-Morgenanstieg nach dem Erwachen hängen zwar am Referenztag signifikant positiv zusammen; an den Tagen der Prüfungsphase zeigen sich diese Zusammenhänge jedoch nicht. Veränderungen der Cortisolparameter zwischen den Tagen der Prüfungsphase hängen ebenso nicht systematisch zusammen. Die durchschnittliche Zunahme der Cortisolkonzentrationen in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen und die in diesem Zeitraum ausgeschüttete Cortisolmenge spiegeln unterschiedliche Aspekte der morgendlichen Cortisolaktivität wider und müssen nicht miteinander korrespondieren (eine umfassende Darstellung siehe Bernhardt, 2007). Folglich kann sich auch ein Stressor unterschiedlich auf diese Kennwerte auswirken. Der mittlere Morgenanstieg gilt als ein dynamisches Maß zur Quantifizierung von Veränderungen des Cortisolspiegels innerhalb eines bestimmten Zeitraumes nach dem Erwachen und spiegelt somit die HPA-Achsen-Reaktivität bzw. das Ausmaß der Cortisol-Aufwachreaktion am Morgen wider (Bernhardt, 2007; Wüst et al., 2000b). Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung beschreibt hingegen die in diesem Zeitraum freigesetzte Cortisolmenge und wird in der Literatur als Maß für das durchschnittliche Aktivi-

tätsniveau der HPA-Achse herangezogen (Baus, 2007; Bernhardt, 2007). In weiteren Studien zur Untersuchung des Einflusses einer kurzfristigen oder länger andauernden Belastung auf die morgendliche Cortisolaktivität sollten immer beide Kennwerte des morgendlichen Cortisolprofils getrennt voneinander gemessen und mögliche Determinanten für Ko- bzw. Dissoziationen näher betrachtet werden.

Hinsichtlich der abendlichen Cortisolausschüttung wurde angenommen, dass am Abend vor der Prüfung die Cortisolwerte in Antizipation der bevorstehenden Prüfung im Vergleich zum Referenztag erhöht sind. Dies konnte nicht bestätigt werden. Entgegen einiger Befunde, die zu Beginn einer länger andauernden Belastungsphase, wie eines mehrwöchigen Militärtrainings oder eines mehrtägigen Wettkampfes, erhöhte Cortisolkonzentrationen am Abend nachgewiesen haben (Fellmann et al., 1992; Hellhammer et al., 1997; Schurmeyer et al., 1984), konnten in der vorliegenden Untersuchung keine Unterschiede in der abendlichen Cortisolausschüttung zwischen den Tagen gefunden werden. Der Einfluss einer antizipierten, biographisch relevanten Belastungssituation auf die Cortisolwerte am Vorabend wurde bisher in keiner anderen Studie untersucht. Nach den vorliegenden Befunden reagiert die abendliche HPA-Achsen-Aktivität nicht sensitiv auf die Antizipation einer am nächsten Tag stattfindenden Belastung. Auch eine über den Tag bewältigte Belastung wirkt sich nicht auf die abendlichen Cortisolwerte aus. So zeigten sich am Abend nach der Prüfung keine bedeutenden Unterschiede in den Cortisolkonzentrationen im Vergleich zu den anderen Tagen. Der Cortisolspiegel vor dem Zubettgehen scheint die Cortisolausschüttung am nächsten Morgen nicht zu beeinflussen. Weder zwischen Vor- und Prüfungstag noch zwischen Prüfungstag und Tag danach zeigten sich signifikante Zusammenhänge zwischen den Cortisol-Abendwerten und den morgendlichen Cortisolkonzentrationen am nächsten Tag. Allerdings müssen diese Befunde in weiteren Studien repliziert werden.

### **3.5.2 Interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die Antizipation der praktischen Abschlussprüfung**

Aufgrund der großen interindividuellen Variabilität in Art und Ausmaß endokrinologischer Reaktionsmuster auf einen psychosozialen Stimulus (Mason, 1968) wurden Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die antizipierte Abschlussprüfung postuliert. So wurde angenommen, dass sich Personen hinsichtlich der Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs sowie der mittleren Cortisolausschüttung zwischen Kontroll- und Prüfungstag unterscheiden. In Ermangelung allgemein-



gültiger Cortisol-Normwerte wurden absolute Veränderungen in den Cortisolparametern zwischen Prüfungs- und Ruhetag herangezogen. In Anlehnung an Arbeiten von Weizmann und Kollegen (1971) sowie Wüst und Kollegen (2000) wurden Veränderungen um mehr oder weniger als 2.5nmol/l als aus physiologischer Sicht bedeutende Cortisolreaktion gewertet.

Hinsichtlich der Veränderungen des mittleren Cortisolanstiegs am Morgen der Prüfung im Vergleich zum Referenztag zeigen sich zwischen den Auszubildenden teilweise deutliche Unterschiede. Sieben Personen weisen am Tag der Prüfung eine im Durchschnitt um  $-4.9 \pm 3.9$ nmol/l geringere mittlere Cortisolzunahme in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen auf als am Referenztag. Dabei sinkt bei fünf der sieben Personen der durchschnittliche Cortisolanstieg um mehr als -2.5nmol/l. Sechs Probanden haben am Morgen der Prüfung um durchschnittlich  $5.8 \pm 3.8$ nmol/l höhere Cortisolanstiege als am Baseline-Tag, wobei vier Auszubildende eine Erhöhung der mittleren Cortisolzunahme um mehr als 2.5nmol/l zeigen. Bei vier Auszubildenden verändert sich der mittlere Cortisol-Morgenanstieg am Tag der Prüfung um weniger als  $\pm 2.5$ nmol/l.

Personen, deren mittlerer Cortisolanstieg am Morgen der Prüfung um mehr als -2.5nmol/l im Vergleich zum Kontrolltag abnimmt, zeigen am Referenztag eine signifikant höhere durchschnittliche Cortisolzunahme in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen und eine wesentlich geringere Streuung der Parameterwerte als Auszubildende, die einen um 2.5nmol/l stärkeren Cortisolanstieg am Tag der Prüfung aufweisen. Auch in Studien, die akute physiologische Reaktionen auf einen Stressor untersuchten, wurden teilweise geringere Cortisolreaktionen bei Probanden mit höheren Cortisol-Ausgangswerten beobachtet (z.B. Kudielka et al., 2004; Houtman et al., 1991a). Als mögliche Erklärung wird in der Literatur eine eingeschränkte HPA-Achsen-Reaktivität bei Personen mit bereits hohen Basalwerten diskutiert (Kudielka et al., 2004). Diese Annahme kann in der vorliegenden Untersuchung nicht überprüft werden, da lediglich an einem Tag der Baseline-Phase der morgendliche Cortisolanstieg erfasst wurde. Dieser kann zu einem bedeutenden Anteil durch situative Faktoren bestimmt sein und muss daher kein repräsentativer Indikator der personentypischen Cortisol-Aufwachreaktion darstellen (Hellhammer et al., 2007). Demnach kann nicht beurteilt werden, ob diese Personen unter Alltagsbedingungen prinzipiell höhere Cortisolzunahmen und eine erhöhte HPA-Achsen-Aktivität in der ersten Stunde nach dem Erwachen zeigen oder ob dies am Referenztag situativ bedingt ist. In Anbetracht der geringen Stabilität bzw. teilweise hohen intraindividuellen Schwankungen des morgendlichen Cortisolanstiegs nach dem Erwachen zwischen Tagen (z.B. Bernhardt, 2007; sowie Studie I) ist das Vorliegen eines methodischen Artefakts, z.B. im Sinne einer Regression zur Mitte nicht auszuschließen. Bei Personen, die eine Zu-

nahme oder keine bedeutende Veränderung des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs am Prüfungstag zeigen, besteht hingegen ein positiver Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen morgendlichen Cortisolzunahme am Prüfungs- und Kontrolltag. Je größer der mittlere Cortisolanstieg am Baseline-Tag ausgeprägt ist, desto steiler ist er am Prüfungsmorgen. Das Ausmaß der Veränderungen zwischen Referenz- und Prüfungstag hängt bei diesen Personen nicht bedeutend mit dem mittleren Cortisolanstieg am Baseline-Tag zusammen. An den Tagen um die praktische Prüfung zeigen sich in der zentralen Tendenz keine Unterschiede im Ausmaß des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs zwischen den Reaktionsgruppen. Zwar weisen Personen mit einer Abnahme des Cortisolanstiegs am Prüfungsmorgen um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Referenztag am Tag vor der Prüfung einen signifikant geringeren mittleren Cortisol-Morgenanstieg nach dem Erwachen auf als Personen, deren mittlerer Cortisolanstieg am Prüfungsmorgen um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Baseline-Tag steigt. Aufgrund des nicht signifikanten Overall-Tests wird dieses Ergebnis jedoch nicht weiter interpretiert und sollte in weiteren Untersuchungen zunächst repliziert werden.

Die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen nimmt bei neun Personen um durchschnittlich  $6.2 \pm 4.8\text{nmol/l}$  zu. Davon zeigen sechs Auszubildende eine Zunahme um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$ . Bei acht Personen sinkt die im Durchschnitt ausgeschüttete Cortisolmenge am Morgen des Prüfungstages um durchschnittlich  $-3.2 \pm 1.4\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Kontrolltag. Davon reagieren sechs Personen mit einer Verringerung um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$ . Bei fünf der 17 Auszubildenden verändern sich die mittleren Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen kaum zwischen Prüfungs- und Kontrolltag.

Am Referenztag sind keine Unterschiede in der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung zwischen den verschiedenen Reaktionsgruppen zu beobachten. Zwischen dem Ausmaß der Veränderungen der mittleren Morgenausschüttung und dem Ausgangswert am Baseline-Tag besteht kein signifikanter Zusammenhang. An den Tagen um die praktische Abschlussprüfung zeigen sich in der zentralen Tendenz signifikante Unterschiede in der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung in Abhängigkeit der Veränderung dieses Cortisolparameters zwischen Prüfungs- und Kontrolltag. So setzen Personen, die am Prüfungstag mit einer Zunahme der mittleren Cortisolausschüttung um mehr als  $2.5\text{nmol/l}$  im Vergleich zum Referenztag reagieren, signifikant mehr Cortisol am Morgen des Vortags sowie am Morgen des Prüfungstages frei als Personen, deren mittlere Cortisolausschüttung sich zwischen Baseline- und Prüfungstag kaum oder um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  verändert. Personen, die eine Abnahme der Cortisolausschüttung um mehr als  $-2.5\text{nmol/l}$  am Prüfungstag im Vergleich zum Referenztag aufweisen, zeigen zwischen Vortag und

Prüfungsmorgen signifikant geringere Veränderungen in der durchschnittlichen Cortisol-Morgenausschüttung als die übrigen Auszubildenden, was möglicherweise eine geringere Reaktivität der HPA-Achse in Belastungsphasen bei diesen Personen andeutet. Schmidt-Reinwald und Kollegen (1999) konnten zeigen, dass die morgendliche Cortisol-Aufwachreaktion ein reliabler Indikator der HPA-Achsen-Reaktivität darstellt. So kovariierten die morgendliche Cortisolausschüttung nach dem Erwachen und das Ausmaß an freigesetztem Cortisol in Reaktion auf eine ACTH-Gabe, mit der die Stimulationsfähigkeit der HPA-Achse gemessen wurde, signifikant positiv miteinander. Inwieweit Veränderungen der morgendlichen Cortisolaktivität unter Belastung die Flexibilität und Dynamik der HPA-Achsen-Funktion widerspiegeln und inwiefern Art und Ausmaß der Veränderungen mögliche Dysregulationen darstellen, muss zukünftig näher untersucht werden.

Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen Referenz- und Prüfungstag stehen in keinem linearen Zusammenhang zu Veränderungen in der mittleren Morgenausschüttung zwischen diesen Tagen. So gibt es keine Person, die auf beiden Cortisolparametern am Morgen des Prüfungstages eine Zunahme um mehr als 2.5nmol/l aufweist. Lediglich bei einer Person nehmen sowohl der mittlere Morgenanstieg wie auch die durchschnittlich ausgeschütteten Menge an Cortisol am Morgen der Prüfung um mehr als -2.5nmol/l ab. In zukünftigen Forschungsarbeiten ist zu klären, warum sich bei einigen Personen in Antizipation eines bevorstehenden Ereignisses die morgendliche Profilgestalt, bei anderen die durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge verändert und welche Determinanten dies bestimmen. Leider kann dies aufgrund der geringen Personenzahl in der vorliegenden Studie nicht näher untersucht werden.

Während in zahlreichen Labor- und Feldstudien Cortisolreaktionen auf einen akuten Stressor in Art und Ausmaß zwischen Personen verglichen wurden und dabei so genannte Cortisol-Responder von Non-Respondern identifiziert werden konnten (z.B. Schommer et al., 2003; Smyth et al., 1998; siehe hierzu Abschnitt 3.1.3.1), wurden interindividuelle Unterschiede in der morgendlichen Cortisol-Aufwachreaktion in Bezug auf eine Belastungssituation kaum untersucht. In der Studie von Hewig und Kollegen (2008), in der Veränderungen der morgendliche Cortisolausschüttung nach dem Erwachen an jeweils einem Tag vor, zu Beginn und nach Ende einer sechswöchigen Prüfungsphase bei Studenten untersucht wurde, änderte sich der mittlere Cortisol-Morgenanstieg und die durchschnittlich in der ersten Stunde nach dem Erwachen ausgeschüttete Cortisolmenge in der Gesamtstichprobe über die Messtage kaum. In Abhängigkeit der vorherrschenden links- oder rechtsseitigen centro-parietalen Aktivierung im EEG konnten allerdings Personen mit unterschiedlichen Reaktionsmustern in der morgendlichen Cortisolausschüttung über die Messtage identifiziert werden. So war bei Studenten mit größerer rechtsseitiger

centro-parietalen Aktivierung an einem Tag in der Vorbereitungsphase ein signifikant höherer mittlerer Cortisol-Morgenanstieg als zu Beginn und am Ende der sechswöchigen Prüfungsphase zu beobachten. Personen mit vorherrschender linksseitiger centro-parietaler Asymmetrie wiesen hingegen am Ende der Prüfungsphase einen deutlich höheren Cortisol-Morgenanstieg als zu Beginn der Prüfungsphase und in der Vorbereitungszeit auf. Nach Meinung der Autoren können eine erhöhte Ängstlichkeit in Antizipation der Prüfung, Qualität und Umfang der Prüfungsvorbereitungen sowie die Bewältigung der Prüfung mögliche Erklärungen für die gefundenen interindividuellen Unterschiede in den Cortisol-Aufwachreaktionen über die Messtage sein. Bei Personen mit größerer linksseitiger centro-parietalen Asymmetrie sollte im Vorfeld die Zustandsangst vor einer Prüfung gering ausgeprägt sein, weshalb diese Personen weniger intensiv auf die Prüfungen lernen und in der Vorbereitungsphase keine höheren morgendlichen Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen aufweisen. In der Prüfungsphase könnten hingegen stärkere Stressreaktionen und eine schlechtere Bewältigung Folge der mangelnden Vorbereitung sein, weshalb sich der mittlere Cortisol-Morgenanstieg erhöht und am Ende der Prüfungswochen höher ist als zu Beginn und in der Vorbereitungsphase. Personen mit einer vorherrschenden rechtsseitigen centro-parietalen Aktivierung haben hingegen eine höhere Zustandsängstlichkeit in Antizipation der Prüfungen und bereiten sich in Folge besser und intensiver darauf vor, weshalb sie in der Vorbereitungsphase einen höheren Cortisolanstieg als vor und nach den Prüfungswochen aufweisen. Diese Interpretation steht in Gegensatz zu Studien, die in mehrwöchigen Belastungsphasen niedrigere Cortisolwerte am Morgen nach dem Erwachen nachgewiesen haben (z.B. Clow et al., 2006). Ähnlich wie in der vorliegenden Untersuchung konnten Dahlgren und Kollegen (2004) in einer Studie unterschiedliche Reaktionsweisen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität auf erhöhte Arbeitsbelastung bei 34 Büroangestellten beobachten. So stiegen bei 32% der Personen die morgendlichen Cortisolkonzentrationen 15 Minuten nach dem Erwachen an einem Tag in einer stressreichen Arbeitswoche im Vergleich zu einem Tag in einer weniger arbeitsintensiven Woche um mindestens 1nmol/l an. Auch über den Tag zeigten diese Personen höhere Cortisolkonzentrationen in der Woche mit hoher Arbeitsbelastung. 41% der Personen wiesen hingegen an einem Tag in einer arbeitsintensiven Woche um mindestens 1nmol/l geringere morgendliche Cortisolwerte auf als an einem Tag in einer weniger arbeitsreichen Woche. Bei diesen Probanden war der Cortisolwert zu T(15) in der wenig stressreichen Woche signifikant höher als in der Woche mit hoher Arbeitsbelastung, während sich zu den Messzeitpunkten um 10:00, 13:00 und 16:00 Uhr sowie vor dem zu Bettgehen keine Unterschiede in der Cortisolausschüttung zwischen den beiden Tagen zeigte. Bei vier Personen (12%) veränderte sich die morgendliche Cortisolausschüttung zwischen den beiden Messtagen weniger als 1nmol/l. Die beiden Untersuchungswochen

wurden von den Probanden anhand der für diese Wochen antizipierte Arbeitsbelastung im Voraus festgelegt und nicht anhand objektiver Kriterien oder bestimmter in dieser Woche gehäuft auftretender Ereignisse während des Arbeitstages ausgewählt. Demnach könnten die unterschiedlichen Reaktionsweisen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zwischen den Personen auch durch Unterschiede in der objektiven Arbeitsbelastung sowie in der Qualität der Anforderungen begründet liegen. Allerdings unterschieden sich die Personengruppen nicht in ihrem aktuellen Stresserleben oder ihrem Schlafverhalten während der beiden Untersuchungswochen. Personen, deren morgendliche Cortisolkonzentrationen in der arbeitsintensiven Woche sanken, berichteten allerdings während beiden Untersuchungswochen eine höhere subjektive Arbeitsbelastung und ein größeres Ausmaß an Erschöpfung. Eventuell ist eine Abnahme der morgendlichen Cortisolausschüttung in Belastungsphasen Indiz einer vorliegenden chronischen Überbeanspruchung sowie Überforderung der Regelkapazitäten der an der Allostase beteiligten Körpersysteme, die in Folge zu Dysregulationen und pathologische Veränderungen führen können (siehe z.B. McEwen & Norton Lasley, 2002 sowie Abschnitt 3.1.1.3). Die Cortisol-Aufwachreaktion wurde in dieser Studie nicht explizit untersucht.

Bisher wurden in keiner Studie mögliche interindividuelle Unterschiede in der morgendlichen Cortisolausschüttung nach dem Erwachen in Reaktion auf einen singulären, antizipierten Stressor näher untersucht. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung legen nahe, dass sich Personen in der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität während einer kurzfristigen Belastungsphase unterscheiden können. So weisen Auszubildende, die am Morgen des Prüfungstages eine höhere mittlere Cortisol-Morgenausschüttung im Vergleich zum Referenztag zeigen, auch am Vortag höhere durchschnittliche Cortisolkonzentrationen nach dem Erwachen auf als Personen, die am Prüfungstag im Durchschnitt weniger Cortisol freisetzen als am Baseline-Tag. Auch steigt bei diesen Auszubildenden die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag stärker, während sich bei Personen mit einer Abnahme der durchschnittlichen Cortisolkonzentrationen am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum Referenztag die mittlere Cortisolausschüttung zwischen Vortag und Tag der Prüfung kaum verändert. Inwieweit eine Abnahme der morgendlichen Cortisolkonzentrationen in Antizipation eines unmittelbar bevorstehenden Ereignisses in Zusammenhang mit einer weniger reaktiven HPA-Achse steht, sollten in weiteren Forschungsvorhaben repliziert und analysiert werden. Dabei sollte eine mehrtägige Messung der morgendlichen Cortisolreaktion in einer Baseline-Phase angestrebt werden, um die personentypische Cortisol-Aufwachreaktion abzubilden und den Einfluss situativer Faktoren und Zufallsschwankungen zu minimieren.

Warum einige der Personen keine Veränderungen im morgendlichen Cortisolanstieg oder der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge am Tag der Prüfung im Vergleich zum Baseline-Tag zeigen, muss in weiteren Untersuchungen näher überprüft werden. Möglicherweise stellt die praktische Abschlussprüfung für diese Personen, z.B. aufgrund guter Vorbereitung oder Verdrängungsprozessen, keine unmittelbare Bedrohung dar, so dass die Antizipationsphase verkürzt und psychologische wie auch physiologische Stressreaktionen erst unmittelbar vor Beginn der Prüfung einsetzen. Die Vertrautheit mit einer Situation kann ebenso das Ausmaß endokriner Stressreaktionen bestimmen. In einer Studie von Martinek und Kollegen (2003) zeigten alle 19 untersuchten Schüler eine Erhöhung der Cortisolkonzentrationen vor der mündlichen Abiturprüfung, einer nach Meinung der Autoren neuen und ungewohnten Stresssituation, während die Cortisolreaktionen vor gewöhnlichen Klassenarbeiten unterschiedlich ausfielen und nur bei einem Teil der Schüler zu einer Zunahme des Cortisolspiegels führte. Da in der praktischen Abschlussprüfung berufstypische Routineaufgaben vom Prüfling zu erledigen sind, könnte – je nach Vorbereitung, Aufgabenvielfalt der Tätigkeit in den Lehrbetrieben etc. – die praktische Abschlussprüfung für einige Auszubildende eine routinemäßige und bekannte Belastungssituation darstellen und zu keiner oder einer geringeren bzw. später beginnenden antizipatorischen Aktivierung der HPA-Achse führen. Bei wiederholter Konfrontation mit einem Stressor konnten in vielen Untersuchungen bei einem Teil der Probanden abgeschwächte Cortisolreaktionen im Sinne einer Habituation beobachtet werden (z.B. Deinzer et al., 1997, Gerra et al., 1997; Kudielka et al., 2006a, Schommer et al., 2003; Wüst et al., 2005). Auch können Übung und Lernerfahrung die physiologischen Stressreaktionen mediiieren (Houtman & Bakker, 1991b).

### **3.5.3 Der Einfluss stabiler Personenmerkmale und situativ bedingter Faktoren des Erlebens und Verhaltens auf die HPA-Achsen-Aktivität an Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung**

Zunächst wird in Abschnitt 3.5.3.1 erörtert, inwieweit relativ stabile Personenmerkmale, wie die somatische und psychische Beschwerdelast oder die chronisch empfundene Stressbelastung Art und Ausmaß der Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung beeinflussen. Inwiefern situativ bedingte Faktoren des Erlebens und Verhaltens, wie die Zustandsangst, die empfundene Belastung durch die Prüfung oder der aktuelle Zigarettenkonsum bei Rauchern, die morgendliche und abendliche Cortisolausschüttung sowie ihre Veränderungen am Vortag, Tag sowie Tag nach der Prüfung modulieren, wird in Abschnitt 3.5.3.2 diskutiert

### 3.5.3.1 Stabile Personenmerkmale und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor und nach der praktischen Abschlussprüfung

Bisher ist nicht geklärt, warum sich Personen in Art und Ausmaß ihrer HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf einen akuten Stressor unterscheiden. Während das Geschlecht und die sportliche Fitness einen geringen Einfluss auf akute endokrine Stressreaktionen zu haben scheinen (Dickerson & Kemeny, 2004; Rimmele et al., 2009), wurden bei Rauchern geringere Cortisolreaktionen auf einen akuten psychosozialen Stressor im Vergleich zu Nicht-Rauchern beobachtet (z.B. al'Absi et al., 2006). Kurzfristige Nikotinabstinenz hatte darauf keinen Einfluss (al'Absi, et al., 2003). In der vorliegenden Studie konnten in Voranalysen keine systematischen Unterschiede in den Cortisol-Einzelwerten sowie -parametern über die Tage in Abhängigkeit des Geschlechts, der Einnahme oraler Kontrazeptiva, der Berufszugehörigkeit, des Raucherstatus oder der sportlichen Aktivität an den Messtagen gefunden werden. Die Wirkung einer antizipierten, biographisch relevanten Belastung auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität wird demnach nicht durch diese Faktoren moderiert.

Im Folgenden wird der Einfluss stabiler gesundheitsrelevanter Personenmerkmale, wie psychische und somatische Beschwerden, das Vorliegen einer Allergiediagnose oder die subjektive chronische Stressbelastung auf die HPA-Achsen-Aktivität und ihren Veränderungen an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung diskutiert.

**Psychische Beschwerden und Störungen.** Während in Abhängigkeit einer depressiven Störung teilweise Dysregulationen in der basalen HPA-Achsen-Aktivität sowie gestörte Feedbackmechanismen nachgewiesen werden konnten (siehe z.B. Bale et al., 2006), ist nach wie vor unklar, inwiefern bei depressiven Patienten die HPA-Achsen-Reaktivität auf einen akuten Stressor verändert ist. Burke und Kollegen (2005) konnten anhand einer Metaanalyse zeigen, dass bei Vorliegen einer depressiven Störung die HPA-Achse in Abhängigkeit des Schweregrades und des Alters der Patienten weniger dynamisch und responsiv auf einen akuten Stressor reagiert als bei Gesunden. Auch in einer Studie von Peeters und Kollegen (2003) wiesen Patienten mit einer majoren Depression auf negative Ereignisse im Alltag keine oder geringere Cortisolerhöhungen im Vergleich zu Gesunden auf. In der vorliegenden Untersuchung unterscheiden sich Auszubildende mit und ohne Verdacht auf eine depressive Störung nicht in der zentralen Tendenz des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs oder der mittleren Cortisolausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen über die vier Messtage. Allerdings weisen Personen mit einer Verdachtsdiagnose am Vortag einen signifikant höheren mittleren Morgenanstieg auf als Personen ohne Verdachtsdiagnose, wie Einzelvergleiche ergaben. Aufgrund des nicht signifi-

kanten Overall-Tests wird dieser Befund jedoch nicht weiter interpretiert und sollte in weiteren Studien überprüft werden.

Drei der vier Personen mit einer möglichen depressiven Störung, von denen aufgrund vollständiger Cortisolwerten ein mittlerer Cortisolanstieg zu allen Tagen berechnet werden konnte, zeigen nur sehr geringfügige Veränderungen im mittleren Cortisol-Morgenanstieg zwischen Vortag und Tag der Prüfung. So verändert sich der Cortisolanstieg bei ihnen um weniger als 2.5nmol/l am Prüfungsmorgen im Vergleich zum Vortag, wohingegen alle Auszubildenden ohne eine Verdachtsdiagnose eine Zunahme des mittleren Morgenanstiegs um mehr als 2.5nmol/l am Morgen der Prüfung im Vergleich zum Vortag aufweisen. Prinzipiell sind bei Personen mit einer Verdachtsdiagnose geringere, wenn auch nicht signifikante Veränderungen im mittleren Morgenanstieg zwischen den übrigen Messtagen auf als Personen ohne Verdacht auf eine depressive Störung zu beobachten. Dies könnte auf eine weniger dynamische HPA-Achsen-Aktivität in Zusammenhang mit einer möglichen depressiven Störung hindeuten, wie Burke und Kollegen (2005) postulieren. Entgegen der Annahme unterscheiden sich Personen mit und ohne eine Verdachtsdiagnose allerdings weder am Prüfungstag noch an einem der anderen Tage in der im Durchschnitt freigesetzte Menge an Cortisol in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte darin liegen, dass in der vorliegenden Studie gesunde Personen untersucht wurden, bei denen im Vorfeld keine depressive Störung nach klinischen Kriterien diagnostiziert wurde. So wurde lediglich der Verdacht auf eine mögliche depressive Störung anhand eines Zwei-Item-Screeninginstrumentes (Löwe et al., 2005) überprüft. Ob die Auszubildenden tatsächlich an einer depressiven Störung nach klinischen Maßstäben leiden, kann damit nicht geklärt werden. Auch weisen nur zwei der insgesamt sechs Personen mit einer Verdachtsdiagnose einen kritischen Summenwert über 23 auf der „Allgemeinen Depressivitätsskala“ von Hautzinger und Bailer (1993) auf. In weiteren Studien sollte daher die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf einen antizipierten Stressor an einer klinischen Stichprobe mit depressiven Patienten nochmals näher untersucht werden. Dabei sollte auch der Schweregrad der Erkrankung sowie das Alter der Patienten mitberücksichtigt werden, da diese Faktoren auf die HPA-Achsen-Reaktivität bei Depressiven einen Einfluss haben, wie Burke und Kollegen (2005) zeigen konnten.

Das Ausmaß an depressiven Beschwerden hängt lediglich mit der durchschnittlich ausgeschütteten Cortisolmenge am Tag nach der Prüfung signifikant negativ zusammen, was jedoch auf zwei Personen mit sehr hohen Depressivitätswerten zurückzuführen ist. An den übrigen Tagen sowie hinsichtlich der Veränderungen auf den Cortisolparameter zwischen den Tagen zeigen sich keine bedeutenden Zusammenhänge zwischen der HPA-



Achsen-Aktivität und dem Ausmaß der Depressivität. In vielen Labor- und Feldstudien hingen das Ausmaß an depressiven Beschwerden nicht mit den akuten Cortisolreaktionen auf einen Stressor zusammen (z.B. Schommer et al., 2003; van Eck et al., 1996a, b). Auch konnten in Studien, in denen die morgendliche Cortisolausschüttung an Tagen ohne besondere Ereignisse in Abhängigkeit der depressiven Beschwerden untersucht wurde, bei gesunden Personen keine oder geringe Beziehungen festgestellt werden. So fand Bernhardt (2007) in einer Untersuchung von über 400 Arbeitnehmern weder mit dem Cortisolanstieg in den ersten 30 Minuten nach dem Erwachen noch mit der in diesem Zeitraum durchschnittlich ausgeschütteten Cortisolmenge signifikante Zusammenhänge mit dem Ausmaß berichteter depressiver Beschwerden. Prüssner und Kollegen (2003) konnten nur schwache positive Korrelationen zwischen dem Grad der Depressivität und dem Cortisolanstieg nach dem Erwachen bei gesunden jungen Männern beobachten. Nach den vorliegenden Ergebnissen zu urteilen, hat das Ausmaß an berichteten depressiven Beschwerden bei gesunden Personen keinen Einfluss auf die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf eine bevorstehende oder am Tag zuvor bewältigte Belastungssituation.

Die dispositionelle Ängstlichkeit hängt nicht mit dem mittleren Cortisolanstieg an einem der Tage zusammen. Allerdings weisen die drei Personen, deren mittlere Cortisolzunahme sich in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag um weniger als 2.5nmol/l verändert, eine dispositionelle Ängstlichkeit über 85% auf. Bei Auszubildenden, deren durchschnittlicher Morgenanstieg um mehr als 2.5nmol/l am Tag der Prüfung im Vergleich zum Vortag steigt, zeigen sich jedoch keine systematischen Zusammenhänge zur dispositionellen Ängstlichkeit. Am Tag vor sowie am Tag der Prüfung ist die durchschnittliche Morgenausschüttung umso geringer ausgeprägt, je höher die dispositionelle Ängstlichkeit ist. An den übrigen Tagen zeigen sich keine Zusammenhänge zwischen der Ängstlichkeit und der mittleren Cortisolausschüttung am Morgen. Veränderungen der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge in der ersten dreiviertel Stunde nach dem Erwachen korrelieren nicht mit der dispositionellen Ängstlichkeit. Der Einfluss einer möglichen Angststörung auf die HPA-Achsen-Reaktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung lässt sich mit den vorliegenden Daten nicht überprüfen, da bei lediglich zwei Personen eine mögliche Angststörung vorliegt. Zugleich weisen diese Personen auch eine Verdachtsdiagnose auf Depression auf.

Nach bisherigen Befunden zeigen Personen mit einer Angststörung keine veränderten Cortisolreaktionen auf einen akuten, nicht-phobischen Stressor (z.B. Gerra et al., 2000, Martel et al., 1999; Young et al., 2004). Zwar konnte in einigen Untersuchungen die dispositionelle Ängstlichkeit das Ausmaß akuter Cortisolreaktionen positiv vorhersagen (z.B. Chatterton et al., 1997). In vielen Studien wiesen Personen mit einer hohen

Trait-Ängstlichkeit jedoch keine höhere Cortisolproduktion in Folge eines akuten Stressors auf als Probanden mit einer niedrig ausgeprägten dispositionellen Ängstlichkeit (z.B. Schoof et al., 2008; Takahashi et al., 2005; van Eck et al., 1996a, b). In einer Studie von Jezova und Kollegen (2004) wurden Probanden mit sehr hoher vs. sehr niedriger Trait-Ängstlichkeit hinsichtlich ihrer physiologischen Stressreaktionen verglichen. Dabei setzten Probanden mit hoher Ängstlichkeit eine geringere Menge an Cortisol in Folge des TSSTs frei als Personen mit niedriger Ängstlichkeit, was auf eine verminderte HPA-Achsen-Reaktivität im Zusammenhang mit einer hoch ausgeprägten dispositioneller Ängstlichkeit hindeutet. In der vorliegenden Studie ist die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung am Vortag und Tag der Prüfung umso geringer, je höher die dispositionelle Ängstlichkeit ausgeprägt ist. Am Prüfungstag verändert sich der mittlere Cortisol-Morgenanstieg bei Auszubildenden mit sehr hoher Ängstlichkeit im Vergleich zum Vortag kaum; bei Personen mit geringerer Ängstlichkeit zeigt sich hingegen keine systematische Beziehung bezüglich der Veränderungen des mittleren Cortisolanstiegs zwischen diesen Tagen. Nach diesen und den Ergebnissen von Jezova und Kollegen (2004) zu urteilen, wirkt sich unter Umständen erst ein sehr hohes Maß an Trait-Ängstlichkeit auf die HPA-Achsen-Aktivität aus, wohingegen bei normal oder niedrig ausgeprägter Ängstlichkeit die HPA-Achsen-Reaktivität davon unbeeinflusst ist. Dies sollte in weiteren Studien näher überprüft werden.

***Somatische Beschwerden, Erschöpfung und chronisch empfundene Stressbelastung.*** Die somatische Beschwerdelast und das Ausmaß an unspezifischer Erschöpfung zeigen entgegen der Annahmen keine Zusammenhänge mit der Höhe des mittleren Cortisol-Morgenanstiegs oder der durchschnittlich ausgeschütteten Cortisolmenge an einem der vier Messtage. Signifikant negativ korrelieren hingegen Beschwerdelast und Erschöpfung mit dem Ausmaß an Veränderungen der mittleren Cortisolzunahme in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zwischen Vortag und Tag der Prüfung. Je höher das Ausmaß an Beschwerden und Erschöpfung desto weniger verändert sich der Morgenanstieg zwischen diesen beiden Tagen. Die drei Personen, deren mittlerer Cortisolanstieg am Prüfungsmorgen um weniger als 2.5nmol/l im Vergleich zum Vortag zunimmt, weisen sowohl hinsichtlich der somatischen Beschwerden wie auch im Hinblick auf die unspezifische Erschöpfung die höchsten Werte in der Stichprobe auf. Die chronisch empfundene Stressbelastung wirkt sich nicht auf die HPA-Achsen-Reaktivität am Morgen aus. Lediglich am Vortag der Prüfung korreliert die durchschnittliche Cortisol-Morgenausschüttung signifikant negativ mit der chronischen Stressbelastung. Der Zusammenhang gewinnt an Stärke, wenn man die Person mit der geringsten Stressbelastung ausschließt. Je belasteter sich die Auszubildenden in den letzten drei Monaten vor der Prüfung fühlten, um so weniger Cor-

tisol wird in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen am Tag vor der Prüfung freigesetzt.

Inwieweit sich chronische Erschöpfung und Stressbelastung auf akute Stressreaktionen auswirken, ist nach wie vor umstritten. Teilweise konnte bei Personen mit hoher unspezifischer Erschöpfung oder während einer chronisch bestehenden und/oder empfundenen Belastungsphase abgeschwächte Cortisolreaktionen auf einen Stressor im Vergleich zu Kontrollprobanden beobachtet werden (z.B. Kristenson et al., 1998; Matthews et al., 2001). In anderen Untersuchungen zeigten sich diese Zusammenhänge jedoch nicht (z.B. Kudielka et al., 2006b; Nicholson & van Diest, 2000; Pilke et al., 1997). Hinsichtlich der Cortisol-Morgenausschüttung nach dem Erwachen konnte in vielen Studien die Sensitivität der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität gegenüber länger andauernden Belastungsphasen sowie empfundener Arbeitsbelastung nachgewiesen werden (eine ausführliche Darstellung siehe Miller et al., 2007). Dabei scheint die Dauer der Belastung negativ mit der HPA-Achsen-Aktivität in Beziehung zu stehen, wie Miller und Kollegen (2007) in einer Metaanalyse von 119 Studien herausfanden. Demnach scheint bei längerfristiger Konfrontation mit einer Belastung zunächst ein Hypercortisolismus einzutreten, der mit der Zeit in eine verminderte Cortisolausschüttung, einen Hypocortisolismus, übergeht. Inwieweit das Ausmaß an unspezifischer Erschöpfung sowie die allgemeine Stresswahrnehmung die morgendliche Cortisolausschüttung beeinflusst, ist bis dato nicht eindeutig geklärt (eine ausführliche Darstellung siehe Hjortskov et al., 2004 sowie Kudielka et al., 2006). Dahlgren und Kollegen (2004) fanden bei Personen mit einem hohen Maß an chronischer Erschöpfung sowie einer hohen subjektiver Arbeitsbelastung an einem Tag in einer arbeitsintensiven Woche niedrigere Cortisolwerte 15 Minuten nach dem Erwachen als zu einem Tag in einer weniger arbeitsreichen Woche. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung konnten die daraus abgeleiteten Annahmen nur teilweise bestätigen. So fand sich lediglich am Morgen des Vortags ein geringerer durchschnittlicher Cortisolspiegel in Zusammenhang mit einer hohen chronisch empfundenen Stressbelastung. Dies stützt die Annahme, dass die Cortisolausschüttung in den Wochen vor der praktischen Abschlussprüfung aufgrund der Vorbereitungen des bevorstehenden Ausbildungsabschlusses und der damit einhergehenden Belastungen sinkt und daher am Tag vor der Prüfung signifikant niedrigere Cortisol-Morgenwerte zu beobachten sind als am Referenz- und Prüfungstag (siehe hierzu Abschnitt 3.5.1). Am Tag der Prüfung hing die chronische Stressbelastung nicht mit der morgendlichen Cortisolausschüttung zusammen. An diesem Morgen könnte die aktivierende Wirkung der antizipierten Abschlussprüfung die Effekte einer vorhandenen chronischen Stressbelastung auf die morgendliche HPA-Achse überdecken. Möglicherweise wirkt sich eine chronische Belastung auch erst ab einer gewissen Dauer und Schwere auf

die HPA-Achsen-Reaktivität aus. So lag die chronisch empfundene Stressbelastung in der vorliegenden Stichprobe im Durchschnitt und war bei keiner Person übermäßig stark ausgeprägt (vgl. auch Schulz et al., 2004). Das Ausmaß der somatischen Beschwerdelast sowie der unspezifischen Erschöpfung hängen an keinem Tag mit der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität zusammen. Allerdings verändert sich der Cortisol-Morgenanstieg bei Personen mit hohen somatischen Beschwerden und Erschöpfung zwischen Prüfungstag und tags zuvor kaum. Eventuell deutet dies auf eine eingeschränkte HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf eine antizipierte Belastung bei diesen Personen hin, was allerdings in weiterführenden Studien näher untersucht werden sollte.

**Körpermaße.** Ob übergewichtige Personen veränderte physiologische Stressreaktionen haben, ist noch nicht eindeutig geklärt (Björntorp, 2001). Auch hinsichtlich der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität sind die Befunde uneinheitlich. So konnten in Studien sowohl keine, positive als auch negative Korrelationen zwischen dem WHR und dem BMI und der morgendlichen Cortisolausschüttung gefunden werden (z.B. Bernhardt, 2007; Daniel et al., 2006; Laederach-Hofmann et al., 2000; Wallerius et al., 2003).

In der vorliegenden Untersuchung zeigen sich bis auf den Tag nach der Prüfung signifikant negative Zusammenhänge zwischen dem mittleren Cortisolanstieg und dem BMI. Je höher der BMI ausgeprägt ist, desto flacher ist der Cortisolzunahme in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen an diesen Tagen. Die durchschnittlich ausgeschüttete Cortisolmenge korreliert hingegen nur am Baseline-Tag signifikant negativ mit dem BMI. Das Ausmaß der Veränderungen in der mittleren Cortisol-Morgenausschüttung am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag hängt tendenziell negativ mit dem BMI zusammen. Je höher der BMI einer Person umso weniger erhöhte sich die durchschnittliche Cortisolproduktion am Prüfungsmorgen. Zusammengenommen deuten diese Ergebnisse auf eine weniger reaktive HPA-Achse am Morgen und im Hinblick auf eine antizipierte Belastung bei prä-adipösen und adipösen Personen hin, sollten aber in weiteren Studien näher untersucht werden.

Das WHR zeigt keine bedeutenden Zusammenhänge mit der morgendlichen Cortisolaktivität an den vier Messtagen. Auch auf die Veränderungen der morgendlichen Cortisolausschüttung zwischen den Tagen hat das WHR keinen Einfluss. Geschlechtsspezifische Effekte, wie sie teilweise in Studien gefunden wurden, zeigten sich nicht (Kunz-Ebrecht et al., 2003; Steptoe et al., 2004; Therrien et al., 2007).

**Allergiediagnose.** Während Allergiker keine Dysregulationen in der basalen HPA-Achsen-Aktivität im Vergleich zu Gesunden vorweisen (z.B. Buske-Kirschbaum et al., 2002; Buske-Kirschbaum et al., 2006; Wamboldt et al., 2003), wurden in mehreren La-

borstudien abgeschwächte Cortisolreaktionen auf einen psychosozialen Stressor, wie dem TSST, gefunden (z.B. Buske-Kirschbaum et al., 1997; Buske-Kirschbaum et al., 2002; Buske-Kirschbaum et al., 2003; Buske-Kirschbaum et al., 2006; Wamboldt et al., 2003). Dabei wird angenommen, dass eine abgeschwächte Cortisolreaktion auf einen Stressor Entzündungsprozesse begünstigen und die allergische Symptomatik verstärken kann (eine ausführliche Darstellung siehe z.B. Buske-Kirschbaum, 2006; Chrousos, 2000; Elenkov & Chrousos, 2006; Schleimer, 2000). Entgegen der Vermutung weisen Allergiker in der vorliegenden Studie keine niedrigere morgendliche Cortisolaktivität am Tag der Prüfung auf als Nicht-Allergiker. Auch an den übrigen Tagen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im mittleren Cortisolanstieg oder der durchschnittlichen Cortisolausschüttung in Abhängigkeit einer Allergiediagnose. Personen mit einer allergischen Erkrankung unterscheiden sich nicht im Ausmaß der Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität zwischen den Tagen. Eventuell sind die Ergebnisse durch die Vielfalt der allergischen Erkrankungen in der vorliegenden Stichprobe erklärbar. Während in Laborstudien zu akuten physiologische Stressreaktionen ausschließlich Personen mit Neurodermitis, allergischer Rhinitis oder allergischem Asthma untersucht wurden, bei denen zumeist dauerhafte Entzündungen vorliegen, unterscheiden sich die Auszubildenden in der vorliegenden Untersuchung in Art und Schweregrad der Allergie sehr. So wiesen zwei Personen eine Allergie gegen Pollen und Gräser oder gegen Hausstaub auf. Von den übrigen drei Allergikern hat eine Person eine Lebensmittelallergie gegen Erdbeeren, Tomaten und Fisch, zwei weitere geben eine Sonnenallergie an. In weiterführenden Studien sollte die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität an einer einheitlichen Allergiker-Stichprobe unter Berücksichtigung des Schweregrades sowie der Dauer der allergischen Erkrankung untersucht werden.

### **3.5.3.2 Situativ bedingte Faktoren des Erlebens und Verhaltens und die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung**

Im Folgenden wird der Einfluss emotionaler Empfindungen sowie kognitiver Bewertungen im Hinblick auf die Prüfung sowie die Anzahl gerauchter Zigaretten auf die HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung diskutiert.

*Prüfungsangst sowie antizipatorische und retrospektive Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung.* Am Abend vor der Prüfung beträgt die aktuelle Prüfungsangst im Durchschnitt 2.5 auf einer Skala von 1 bis 4. Im Mittel ändert sich die momentane Angst am nächsten Morgen nicht. Zur dispositionellen Ängstlichkeit weist die aktuelle Angst vor der Prüfung lediglich am Vorabend der Prüfung einen signifikant positiven Zusammenhang auf, was allerdings hauptsächlich auf drei Personen mit sehr geringen Werten auf beiden Angstmaßen zurückzuführen ist. Am Morgen der Prüfung korrelieren Zu-

standsangst und die Trait-Ängstlichkeit nicht miteinander. Dies bestätigt Befunde, die ebenfalls nur geringe oder keine Zusammenhänge zwischen der dispositionellen Ängstlichkeit und der aktuellen Angst vor einer Belastungssituation nachweisen konnten (Glanzmann, 1985; Huwe et al., 1998). Auch zeigen sich keine Zusammenhänge zwischen der Prüfungsangst am Morgen und der Depressivität, den somatischen Beschwerden, der chronischen Stressbelastung oder dem Ausmaß an Erschöpfung. Weder die antizipatorische noch die retrospektive Bewertung der Stresshaftigkeit hängen mit der dispositionellen Ängstlichkeit, dem Ausmaß an Depressivität oder Erschöpfung, den somatischen Beschwerden oder dem chronischen Stresserleben zusammen.

Die Zustandsangst am Vorabend steht weder in Zusammenhang mit der abendlichen Cortisolkonzentration noch beeinflusst sie die HPA-Achsen-Aktivität am nächsten Morgen. Hingegen korreliert die momentane Angst am Morgen der Prüfung signifikant negativ mit der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge in der ersten dreiviertel Stunde nach dem Erwachen. Je größer die momentane Angst ausgeprägt ist, desto geringer ist die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung am Tag der Prüfung. Auch verändert sich die durchschnittliche Cortisolausschüttung zwischen Vortag und Tag der Prüfung bei Personen mit einer höheren Zustandsangst am Morgen vor der Prüfung signifikant weniger. Veränderungen in der Prüfungsangst zwischen Vortag und Tag der Prüfung stehen in keinem Zusammenhang mit der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität am Prüfungsmorgen.

Am Vortag der Prüfung bewerten die Probanden die Belastung durch die Prüfung im Durchschnitt mit 5.5 auf einer zehnstufigen Skala. Nach der Prüfung ändert sich die Bewertung der Stresshaftigkeit nicht signifikant. Entgegen der Annahmen von Gaab und Kollegen (2005b) zeigt die antizipatorische Bewertung der Belastung keinen Zusammenhang mit dem Cortisolspiegel am Vorabend der Prüfung oder mit der HPA-Achsen-Aktivität am nächsten Morgen. Auch in anderen Studien hingen die im Voraus erlebten Emotionen oder Bewertungen der Stresshaftigkeit nicht immer mit dem Ausmaß akuter Cortisolreaktionen zusammen (z.B. Berger et al., 1987; Cohen et al., 2000; Gaab et al., 2006; Jacobs et al., 2007; Martinek et al., 2003). Lacey und Kollegen (2000) fanden bei Doktoranden keine Unterschiede in der Stresswahrnehmung zu Kontrollpersonen weder direkt vor der mündlichen Doktorprüfung noch sechs bis acht Wochen zuvor. Die Cortisolkonzentrationen bei den Doktoranden war hingegen eine Stunde vor der Prüfung deutlich erhöht. In einer Studie von Vedhara und Kollegen (2000) berichteten Personen in einer Prüfungsphase deutlich mehr Stress, ein Zusammenhang mit der Cortisolausschüttung wurde jedoch nicht gefunden. Huwe und Kollegen (1998) konnten zwischen Personen, die vor einer akademischen Prüfung eine hohe Zustandsangst aufwiesen, und Personen, deren momentane Angst gering ausgeprägt war, keine Unterschiede in den Cortisolreakti-

onen auf die Prüfung finden. Die mangelnde Kovariation emotionaler sowie kognitiver und endokriner Stressreaktionen könnte durch zeitlich unterschiedlich ablaufenden Reaktionsprozesse und -dynamiken erklärt werden. So konnten Schlotz und Kollegen (2008) anhand einer Laborstudie nachweisen, dass während einer akuten Belastungssituation psychologische und physiologische Stressreaktionen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihre maximale Ausprägung erreichen. Psychologische Prozesse können innerhalb von Sekunden auftreten, wohingegen die Cortisolproduktion erst 15 bis 25 Minuten nach Aktivierung ihr Maximum erreicht und auch innerhalb kurzer Zeiträume weitaus weniger variabel und dynamisch ist als psychologische Stressreaktionen. So konnten Huwe und Kollegen (1998) zeigen, dass die aktuelle Zustandsangst direkt vor einer Prüfung am größten ausgeprägt war, während erst am Ende der Prüfung deutlich erhöhte Cortisolspiegel zu messen waren. Eine weitere Erklärung für die Dissoziation psychologischer und endokriner Stressreaktionen könnte darin zu finden sein, dass Personen zwar ein ähnliches Ausmaß an subjektiver Beanspruchung und/oder Zustandsangst im Hinblick auf einen Stressor berichten, allerdings aufgrund von genetischer Disposition und/oder unterschiedlicher frühkindliche Lernerfahrung verschiedene physiologische Reaktionen darauf zeigen (Cacioppo et al., 1998; Cohen & Harmick, 2003; Steckler, 2005; Stowell, 2003). In einigen Studien konnte gezeigt werden, dass interindividuelle Unterschiede in der Cortisolresponsivität auf Stressoren durch genetische Faktoren und frühkindliche Erfahrungen erklärbar sind (Fries, 2008; Levine, 2005; Meany, 2001; Wüst et al., 2004) und man von einer dispositionellen Stressreaktivität der HPA-Achse als stabiles Personenmerkmal ausgehen kann (z.B. Cohen & Harmick, 2003). Diese erworbenen oder genetischen dispositionellen Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität auf einen Stressor müssen sich jedoch nicht zwangsläufig in den subjektiv empfundenen und berichteten psychologischen Stressreaktionen widerspiegeln.

Auszubildende, die im Nachhinein die Prüfung als ziemlich bis sehr stressig und belastend bewerten, weisen am Morgen des Prüfungstages einen signifikant niedrigeren Cortisolanstieg nach dem Erwachen auf als Probanden, die die Prüfung retrospektiv als weniger belastend einstufen. Eventuell ist dies ein Hinweis darauf, dass Personen, die am Morgen einer bevorstehenden Belastung geringere Cortisolreaktionen zeigen, diese weniger gut bewältigen, sollte aber in weiter Studien näher untersucht werden.

Warum in der vorliegenden Untersuchung eine höhere Zustandsangst am Morgen der Prüfung mit einer geringeren mittleren Cortisolausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen und einer geringeren Veränderung der morgendlichen Cortisolaktivität im Vergleich zum Vortag in Zusammenhang steht, kann nicht geklärt werden. Möglicherweise besteht hier eine Konfundierung mit Drittvariablen, die in der vorliegen-

den Untersuchung nicht überprüft wurden. In weiteren Studien sollte der Verlauf der Zustandsangst zusammen mit dem Cortisolprofil an Tagen mit einer zu bewältigenden Belastung zu mehreren Messzeitpunkten sowie unmittelbar vor und nach dem Stressor näher untersucht werden, um mögliche zugrunde liegenden Mechanismen aufzudecken.

**Anzahl gerauchter Zigaretten.** In der vorliegenden Studie wurden keine Unterschiede in der morgendlichen Cortisolaktivität über die vier Messtage zwischen Rauchern und Nichtrauchern gefunden. Gemäß der Vermutung variiert die Anzahl gerauchter Zigaretten der zehn Raucher signifikant zwischen den Messtagen. So werden gemäß der Hypothese am Tag der Prüfung durchschnittlich  $4.7 \pm 4.6$  Zigaretten mehr geraucht als am Kontrolltag und  $3.7 \pm 3.7$  Zigaretten mehr als am Vortag. Am Tag nach der Prüfung geht der Zigarettenkonsum um durchschnittlich  $4.3 \pm 4.1$  Zigaretten wieder zurück. Die Anzahl gerauchter Zigaretten über den Tag wirkt sich nicht auf die abendlichen Cortisolkonzentrationen aus. Am Prüfungsmorgen ist die durchschnittlich ausgegeschüttete Cortisolmenge hingegen umso geringer, je mehr Zigaretten am Vortag geraucht wurden. Auch verändert sich die mittlere Cortisol-Morgenausschüttung umso weniger zwischen den Tagen um die praktische Abschlussprüfung, je mehr Zigaretten am Vortag konsumiert wurden. Dies könnte auf eine verminderte Reaktivität der HPA-Achsen-Aktivität bei hohem Nikotinkonsum hindeuten. So wurde in einigen Studien bei Rauchern geringere Cortisolreaktionen auf einen akuten psychologischen Stressor als bei Nichtrauchern beobachtet (al'Absi et al., 2006; Kirschbaum et al., 1993; Kirschbaum et al., 1994; Rohleder & Kirschbaum, 2006). Auch zeigten in einer Studie von al'Absi und Kollegen (2003) Raucher im Vergleich zu Nichtrauchern signifikant geringere Cortisolreaktionen auf das Halten einer freien Rede. Der vorherige Zigarettenkonsum bei Rauchern wirkte sich allerdings nicht auf die HPA-Achsen-Aktivität aus. So unterschieden sich Raucher, die seit der Nacht zuvor keine Zigarette mehr geraucht hatten, in ihrer akuten Cortisolausschüttung auf den Stressor nicht von Rauchern, die keiner Nikotinabstinenz vor dem Experiment ausgesetzt waren. Allerdings wurden hier nicht die morgendliche Cortisolausschüttung nach dem Erwachen in Abhängigkeit der Anzahl gerauchter Zigaretten untersucht. In weiteren Studien sollte die Wirkung des aktuellen Zigarettenkonsums auf die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität bei Rauchern in Belastungsphasen näher untersucht werden.



### **3.5.4 Die HPA-Achsen-Aktivität und die subjektive und objektive Bewältigung der praktischen Abschlussprüfung**

In der Literatur ist bisher nicht geklärt, welchen Einfluss akute Cortisolreaktionen auf die erfolgreiche Bewältigung einer Belastungssituation haben. In der vorliegenden Untersuchung liegen von 13 Personen die Abschlussnote sowie subjektive Angaben zur Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung vor. Die Durchschnittsnote beträgt  $2.6 \pm 1.1$ . 69.2% der Auszubildenden haben eine Note besser als „3“. Überwiegend sind die Personen mit ihrer Leistung zufrieden. Die Note korreliert nicht signifikant mit der Zufriedenheit, was allerdings auf eine weibliche Auszubildende des Hotelfachs zurückzuführen ist, die trotz der Note „5“ sehr mit ihrer Leistung zufrieden ist. Während der mittlere Cortisol-Morgenanstieg am Tag der Prüfung nicht mit der Note oder der Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung zusammenhängt, wirkt sich die durchschnittliche Cortisolausschüttung in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen signifikant auf die Prüfungsnote aus. So schneiden Personen mit einer höheren morgendlichen Cortisolproduktion besser in der Prüfung ab. Auf die Zufriedenheit mit der eigenen Leistung hat die am Morgen der Prüfung freigesetzte Cortisolmenge hingegen keinen Einfluss. Veränderungen in der morgendlichen Cortisolaktivität am Prüfungstag im Vergleich zu Vor- oder Kontrolltag wirken sich nicht auf die Zensur oder die Zufriedenheit mit der Leistung aus.

Weder Note noch Zufriedenheit mit der Leistung haben einen Einfluss auf die Cortisolwerte am Abend nach der Prüfung oder auf die Cortisolausschüttung am nächsten Morgen. Auch Rohleder und Kollegen (2007) fanden bei Tänzern keine Auswirkungen der subjektiven Zufriedenheit sowie der Wettkampfergebnisse auf die Cortisolausschüttung zwei bis acht Stunden nach einem Tanzturnier. Nach diesen Befunden wirkt sich die objektive und subjektive Bewältigung einer Belastungssituation nicht direkt auf die Erholungsfähigkeit der HPA-Achse nach Konfrontation mit einem Stressor aus. Die Cortisolaktivität in den Stunden und am Tag nach einer erlebten Belastung scheint von der Art der Bewältigung unbeeinflusst.

Bisher wurden die Auswirkungen der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität auf die Bewältigung einer während des Tages auftretenden Belastungssituation noch nicht untersucht. In einzelnen Studien wurde lediglich der Einfluss akuter Cortisolreaktionen unmittelbar vor und während einer Belastungssituation auf die Bewältigung der Situation überprüft. Teilweise konnten positive Effekte einer künstlich erhöhten Cortisolproduktion bei Konfrontation mit dem TSST auf die emotionale Verarbeitung des Stressors nachgewiesen werden (z.B. Het & Wolf, 2007). Inwiefern sich die akute Cortisolaktivität auf sportliche und akademische Leistungen auswirkt, ist jedoch bis dato nicht geklärt. So hingen in man-

chen Studien die Cortisolkonzentrationen vor einem Wettkampf oder einer akademischen Prüfung negativ mit dem Abschneiden zusammen, in anderen Untersuchungen zeigten sich positive oder keine Zusammenhänge zwischen den endokrinen Reaktionen und den Ergebnissen (z.B. Filaire et al., 2009; Ng et al., 2003; Rohleder et al., 2007; Schoofs et al., 2008). Es wird angenommen, dass je nach Art der geforderten Leistung sowie Qualität und Verlauf der Belastungssituation die HPA-Achsen-Reaktivität die emotionale und objektive Bewältigung der Situation unterschiedlich beeinflussen kann. Dies muss allerdings in weiteren Studien systematisch überprüft werden. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deuten darauf hin, dass eine erhöhte Cortisolproduktion in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen das Abschneiden in der Prüfungssituation positiv beeinflussen kann. Eventuell wird der Organismus durch einen hohen Cortisolspiegel am Morgen auf die bevorstehende Anforderung vorbereitet und kann in Folge durch adäquate physiologische Reaktionen genügend Energiereserven zur erfolgreichen Bewältigung der Belastungssituation bereitstellen. Der Zusammenhang zwischen der morgendlichen Cortisolaktivität nach dem Erwachen und akuten physiologischen Stressreaktionen während des Tages sollte daher in zukünftigen Forschungsarbeiten näher untersucht werden. Ob sich die morgendliche Cortisolprofilgestalt auf die Bewältigung einer im späteren Tagesverlauf auftretende Belastung auswirkt, sollte ebenfalls anhand detaillierter Analysen der morgendlichen Cortisol-Einzelwerte näher überprüft werden. In der vorliegenden Studie zeigte sich kein Zusammenhang zwischen dem mittleren Cortisolanstieg am Morgen des Prüfungstages und der Note. Möglicherweise ist dieses Maß allerdings zu unscharf, um geringe Profilunterschiede zwischen einzelnen Messzeitpunkten abzubilden. So kann durch diese Cortisolquantifizierung z.B. nicht danach differenziert werden, ob die Cortisolausschüttung nach 30 bis 45 Minuten wieder zu sinken beginnt oder weiter ansteigt (siehe hierzu Abschnitt 3.5.1).

Auf die Zufriedenheit mit der Prüfungsleistung wirkt sich die morgendliche Cortisolaktivität nicht aus. Ein möglicher Grund hierfür könnte die zeitversetzte Abfrage der subjektiven Bewertung der eigenen Leistung in der vorliegenden Studie sein. So wurde diese erst zwei bis drei Monate nach der Prüfung zusammen mit der Note erfasst. Aufgrund der bis dahin vergangenen Zeit sowie die Kenntnis der Note ist nicht nachvollziehbar, ob dieses Urteil der Zufriedenheit direkt nach der Prüfung entspricht. Die subjektive Zufriedenheit mit der eigenen Leistung könnte sich z.B. nach Bekanntgabe der Note verändert haben. So wurden zwischen der Zensur und der Beurteilung der eigenen Leistung wurden nach Ausschluss einer Person signifikant positive Zusammenhänge gefunden. Auch könnten in der Zwischenzeit stattgefundene Attributions- und Copingprozesse die Zufriedenheit mit der Leistung einige Monate nach der Prüfung beeinflusst und verändert haben.

### 3.5.5 Stärken und Schwächen der Studie

Die vorliegende Untersuchung weist einige methodische und konzeptionelle Schwächen auf. So schieden während der Untersuchung 50% der Teilnehmer aus, weshalb von nur 19 Personen zu beiden Untersuchungsphase Daten vorlagen. Zwei weitere Personen konnten aufgrund einer hohen Anzahl fehlender Cortisolproben und starker zeitlicher Abweichungen vom Messprotokoll von den Analysen nicht berücksichtigt werden. Eine mögliche Stichprobenselektion kann dahingehend nicht ausgeschlossen werden, dass Studienabbrecher aufgrund einer zu hohen Belastung gerade vor und während der Prüfungsphase nicht weiter an der Studie teilnahmen. Allerdings unterschieden sich Personen, die die Studie abbrachen, weder hinsichtlich soziodemographischer Merkmale noch im Hinblick auf die berichteten psychischen und somatischen Beschwerden signifikant von Probanden, die zu beiden Untersuchungsphasen alle Messungen durchführten. Auch die subjektiv angegebene chronische Stressbelastung zur Baseline-Phase lag bei Dropouts nicht höher als bei Non-Dropouts. Weder in der Cortisolausschüttung noch im Hinblick auf BMI und WHR zeigten sich Unterschiede. Im Vergleich zu Non-Dropouts weisen Studienabbrecher allerdings einen signifikant niedrigeren systolischen und diastolischen Blutdruck auf. Acht der Dropouts, von denen Informationen über die Note vorlagen, schnitten im Durchschnitt in der praktischen Abschlussprüfung tendenziell schlechter ab. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass bereits zu Beginn der Untersuchung eine Selektion stattfand und sich Auszubildende, die in ihrer aktuellen Lebenssituation besonders belastet sind, nicht für eine Studienteilnahme entschieden.

Die aktuellen Forschungsfragen wurden an einer Modellstichprobe junger Auszubildender des Back- und Gastronomiegewerbes untersucht. Eine Generalisierbarkeit der Befunde auf andere Populationen ist daher nicht zulässig und muss in weiteren Studien mit entsprechenden Stichproben zunächst überprüft werden.

Hinsichtlich der Auswertungen musste wegen der geringen Stichprobengröße und der Schiefe der Verteilungen einige Einschränkungen in Kauf genommen werden. So wurde aufgrund der Verletzung der Voraussetzungen der Einsatz komplexer inferenzstatistischer Verfahren, die die hierarchische Datenstruktur besser abgebildet hätten, wie z.B. Verfahren aus der Gruppe der Mixed Models, als nicht sinnvoll erachtet und ausschließlich nonparametrische Testmethoden verwandt. Auf die Testung komplexer Wechselwirkungen mehrerer Einflussfaktoren auf die HPA-Achsen-Aktivität wurde wegen der geringen Fallzahlen und der damit verbundenen geringen Teststärke sowie aufgrund bisher fehlender Forschungshypothesen ebenso verzichtet. Dies sollte in weiteren Untersuchungen überprüft werden. So zeigte sich gerade zwischen den stabilen Personenmerkmalen, wie

z.B. den psychischen und somatischen Beschwerden, hohe Zusammenhänge, weshalb in zukünftigen Studien Kollinearitäten und Mediationseffekte berücksichtigt werden sollten. Interessanterweise wirkten sich in der vorliegenden Untersuchung jedoch die verschiedenen Merkmale auf unterschiedliche Aspekte der HPA-Achsen-Aktivität an den Tagen um die praktische Abschlussprüfung aus.

Angesichts des stark explorativen Charakters der Untersuchung wurde ungeachtet multipler Testung auf die Adjustierung des  $\alpha$ -Niveaus verzichtet, um trotz geringer Stichprobengröße auch kleine Effekte aufdecken zu können. Ebenso wurden Befunde ab einem Signifikanzniveau von .10 als bedeutend gewertet. Nicht auszuschließen ist daher, dass bei einigen Ergebnissen fälschlicherweise die Nullhypothese verworfen wurde. Allerdings dient die vorliegende Untersuchung der Generierung neuer Hypothesen bzgl. der HPA-Achsen-Reaktivität auf antizipierte Belastungssituationen im natürlichen Umfeld und stellt ein Wegweiser für neue Forschungsvorhaben auf diesem Gebiet dar. Es wird kein Anspruch auf Generalisierbarkeit der Ergebnisse erhoben.

Zwar wurde die zeitlich korrekte Entnahme der Speichelproben mit Hilfe elektronischer Compliance-Monitore kontrolliert. Allerdings kann mit dieser Methode nicht überprüft werden, ob die erste Speichelprobe am Tag direkt nach dem Aufwachen durchgeführt wurde. Da alle vier Cortisolmessungen am Morgen relativ zur Aufwachzeit vorgenommen werden sollten, muss sich hier auf die subjektiven Angaben der Personen hinsichtlich der Aufwachzeit verlassen werden. Lediglich die Einhaltung der zeitlichen Abstände von 15 Minuten zwischen den vier Messungen konnte mit Hilfe der Monitore überprüft werden. Intraindividuelle Schwankungen der Cortisol-Morgenwerte zwischen Tagen könnten möglicherweise auf eine verspätet durchgeführte erste Messung zurückzuführen sein. Allerdings konnten Dockray und Kollegen (2008) zeigen, dass der Cortisol-Aufwachwert nicht beeinflusst wird, wenn die erste Messung innerhalb von 15 Minuten nach dem Erwachen erfolgt. Auch führt das Wissen um die elektronische Kontrolle der zeitlich korrekten Probenentnahme zu einer höheren Compliance der Probanden (Kudielka et al., 2003).

Aufgrund von Schichtarbeit kam es während der drei Tage der Baseline-Phase bei einigen Probanden zu deutlichen Verschiebungen des Schlaf-Wach-Rhythmus, weshalb eine Aggregation der morgendlichen Cortisolwerte über die drei Tage zur Minimierung situativ bedingter Zufallsschwankungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität aus biologischer Sicht nicht sinnvoll war. So war bei vielen der Personen, die nachts aufstehen mussten, die Cortisolkonzentrationen in der ersten dreiviertel Stunde stark erniedrigt. Auch blieb die typische Cortisol-Aufwachreaktion aus. Daher wurde derjenige der drei Messtage als Kontrolltag ausgewählt, der von den Aufwach- und Messzeiten dem Prü-

fungstag am ähnlichsten war. Inwiefern die Verschiebungen der Schlaf-Wachzeiten in der Baseline-Phase bei einigen Auszubildenden Auswirkungen auf die Cortisolaktivität an diesem ausgewählten Tag haben, konnte aufgrund der geringen Fallzahlen nicht überprüft werden. Aus einigen Untersuchungen ist bekannt, dass durch Veränderungen des Schlaf-Wach-Zyklus, z.B. durch Schichtwechsel oder Jetlag, die circadiane Rhythmik der Cortisolausschüttung gestört werden kann (z.B. Hennig et al., 1998; Kirschbaum et al., 1991; Kudielka et al., 2007; Lac & Charmoux, 2003; Leese et al., 1996). Allerdings war in der Gesamtstichprobe am Referenztag ein typischer Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen zu beobachten, was gegen diese Annahme spricht. In Anbetracht der teilweise nur moderaten Stabilität der morgendlichen Cortisolausschüttung sowie der starken Situationsabhängigkeit der Cortisol-Aufwachreaktion (z.B. Bernhardt, 2007; Hellhammer et al., 2007; Wüst et al., 2000b) ist fraglich, inwieweit am Kontrolltag die personentypische HPA-Achsen-Aktivität unter alltäglichen Bedingungen abgebildet werden konnte. Unklar bleibt, ob Veränderungen in der morgendlichen Cortisolaktivität am Morgen des Prüfungstages im Vergleich zum Referenztag eine reliable Quantifizierung der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität auf einen antizipierten Stressor darstellen. Unsystematische Zufallsschwankungen der Cortisolwerte an den Messtagen können nicht ausgeschlossen werden. In zukünftigen Forschungsarbeiten sollte daher eine mehrtägige Messung der morgendlichen Cortisolausschüttung mehrere Wochen vor der Belastungssituation durchgeführt werden, um die personentypische Cortisol-Aufwachreaktion abzubilden.

Leider war aus technischen Gründen die Erfassung und Kontrolle der Prüfungszeiten nicht möglich. Die Prüfungen fanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Tages statt. In weiteren Forschungsbemühungen sollte daher untersucht werden, inwieweit das Zeitintervall vom Aufwachen bis zum Beginn der Belastungssituation die morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität in Antizipation des Ereignisses beeinflusst. In einigen Studien konnten bereits am Morgen mehrere Stunden vor Beginn des Stressors deutlich erhöhte Cortisolspiegel nachgewiesen werden (Filaire et al., 2009; Rohleder et al., 2007). Demnach können sich auch am Nachmittag oder Abend stattfindende Belastungssituationen bereits auf die HPA-Achsen-Aktivität am Morgen auswirken.

Um den Prüfungsablauf nicht zu gefährden, war es nicht möglich, Cortisolmessungen unmittelbar vor, während und nach der praktischen Abschlussprüfung durchzuführen. In zukünftigen Studien sollte daher nach Möglichkeit der Zusammenhang der Cortisolaktivität nach dem Erwachen und akuten physiologischen Stressreaktionen während des Tages untersucht werden, um zu klären, inwieweit die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität den Organismus auf die Bewältigung der bevorstehenden Herausforderung vorbereitet.

Für einige Auszubildende stellte die praktische Abschlussprüfung möglicherweise keine unmittelbare Bedrohung dar, so dass die psychologischen und physiologischen Stressreaktionen nicht oder erst unmittelbar vor Beginn der Prüfung einsetzten. So war bei einem Teil der Personen keine Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung im Vergleich zum Kontroll- und Vortag zu beobachten. Dies stand jedoch nicht in Zusammenhang mit einer geringeren Zustandsangst oder einer geringer wahrgenommenen Belastung durch die Prüfung. Eventuell wurde das Ausmaß der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität durch die Vertrautheit mit der Situation beeinflusst (z.B. Martinek et al., 2003). Je nach Vorbereitung und Aufgabenvielfalt der Tätigkeiten in den Lehrbetrieben könnte die in der Abschlussprüfung zu bewältigenden routinemäßigen Aufgaben der jeweiligen Berufszweige für manche Auszubildende eine bekannte Belastungssituation gewesen sein, die keine oder eine geringere antizipatorische Aktivierung der HPA-Achse zur Folge hatte. So können bei wiederholter Konfrontation mit demselben Stressor abgeschwächte Cortisolreaktionen im Sinne einer Habituation auftreten (z.B. Deinzer et al., 1997; Gerra et al., 1997; Kudielka et al., 2006a; Schommer et al., 2003; Wüst et al., 2005). Allerdings ist diese Annahme aufgrund des stark sozial-evaluativen Charakters sowie die für den weiteren Berufsweg große Bedeutung der praktischen Abschlussprüfung eher unwahrscheinlich.

Neben diesen Einschränkungen weist die vorliegende Untersuchung einige entscheidende Stärken auf. Nach Wissen der Autorin ist dies die erste Studie, die in einem Feldexperiment den Einfluss einer im Voraus bekannten Belastungssituation im Arbeitskontext auf die morgendliche und abendliche HPA-Achsen-Aktivität unter natürlichen Bedingungen überprüft. Dabei kann die vorliegende Untersuchung als Wegweiser einer neuen Richtung in der Erforschung der HPA-Achsen-Aktivität unter Belastung angesehen werden. Sowohl am Tag der praktischen Abschlussprüfung wie auch am Vortag und Tag danach wurden systematische Veränderungen der morgendlichen und abendlichen Cortisolaktivität untersucht und mit einem mehrere Wochen zuvor erhobenen Kontrolltag verglichen. Dadurch konnte die zeitliche Auswirkung eines Stressors in der Antizipations- sowie in der Erholungsphase auf die circadiane HPA-Achsen-Aktivität näher analysiert und der Einfluss situativer Faktoren des Erlebens und Verhaltens sowie stabiler Personenmerkmale betrachtet werden. Nach Wissen der Autorin wurde bis dato die Cortisolaktivität an den Tagen um eine reale arbeitsbezogene Belastungssituation noch nicht näher betrachtet. Dabei ist zum Verständnis der zugrunde liegenden Mechanismen dauerhafter Veränderungen der circadianen Cortisolausschüttung, z.B. in Folge von chronischer Belastung, die detaillierte Untersuchung der HPA-Achsen-Reaktionen auf einen antizipierten Stressor im natürlichen Umfeld und dabei ablaufende adaptive Prozesse besonders wichtig. In bisherigen

Feldstudien wurden mit Hilfe der Experience-Sampling-Methode entweder bereits bestehende Veränderungen der Cortisolausschüttung über den Tag in einer chronischen Belastungsphase untersucht oder die Auswirkung berichteter Ereignisse seit der letzten Messung auf die aktuellen Cortisolkonzentrationen überprüft (z.B. Peeters et al., 2003; Jacobs et al., 2007). Das Auftreten eines akuten Stressors war dabei in der Regel nicht im Voraus bekannt, so dass Veränderungen in der HPA-Achsen-Aktivität in der Antizipationsphase oder nach Ende des Stressors nicht differenziert erfasst werden konnten. In quasi-experimentellen Feldstudien wurden bis dato physiologische Stressreaktionen unmittelbar vor, während und nach einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung an Schülern und Studenten oder bei Sportlern in Bezug auf einen Wettkampf untersucht (z.B. Alix-Sy et al., 2008; Martinek et al., 2003; Salvador et al., 2003; Spangler et al., 2002). Kaum wurde dabei die Wirkung eines bevorstehenden Examens oder sportlichen Ereignisses auf die HPA-Achsen-Aktivität mehrere Stunden vor Beginn bzw. nach Ende der Belastungssituation oder auf die morgendliche Cortisol-Aufwachreaktion überprüft (Gaab et al., 2006; Filaire et al., 2009; Rohleder et al., 2007).

Inwieweit akademische Prüfungen und sportliche Wettkämpfe eine repräsentative Abbildung alltäglicher Stressoren im beruflichen Kontext darstellen und die gefundenen Ergebnisse auf nicht-studentische Stichproben und arbeitsbezogene Belastungssituationen übertragen werden können, ist fraglich. In der vorliegenden Untersuchung wurde als Stressor die praktischen Abschlussprüfungen von Auszubildenden des Gastronomie- und Backgewerbes gewählt. Die Auszubildenden mussten in einem bestimmten Zeitfenster berufstypische Routineaufgaben und Anforderungen unter möglichst realen Bedingungen, wie z.B. das Kochen eines viergängigen Menüs für vier geladene Gäste, absolvieren. Dadurch wird eine typische Belastungssituation des Berufsalltags, die arbeitsspezifische Tätigkeiten und Anforderungen beinhaltet, abgebildet.

Die Auswirkungen dieser berufstypischen Belastungssituation wurden auf verschiedene Aspekte der HPA-Achsen-Aktivität untersucht. Neben der abendlichen Cortisolkonzentrationen wurden sowohl die Art der Veränderungen des Cortisolspiegels in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen anhand des mittleren Morgenanstiegs wie auch die durchschnittlich in diesem Zeitraum freigesetzte Cortisolmenge als Maß für das durchschnittliche Aktivitätsniveau der HPA-Achse am Morgen überprüft. Ebenso wurden detaillierte Analysen der Cortisol-Morgenprofile an den einzelnen Messtagen vorgenommen. Durch diese differenzierte Betrachtungsweise der morgendlichen Cortisolaktivität sollten unterschiedliche Wirkmechanismen einer kurzfristigen Belastungsphase auf die HPA-Achsen-Funktion näher analysiert werden. Auch wurde die Bedeutung verschiedener situativer Faktoren und stabiler Personenmerkmale auf verschiedene Aspekte der morgendlichen

Cortisolausschüttung in Antizipation eines Stressors näher untersucht, um Determinanten der Adaptionsprozesse zu identifizieren.

Neben intraindividuellen Veränderungen wurden auch interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität auf die praktische Abschlussprüfung untersucht. Dadurch sollten verschiedene Reaktionsweisen der HPA-Achse auf eine antizipierte, arbeitsbezogene Belastungssituation sichtbar gemacht werden. Diese differenzierte Herangehensweise sollte in zukünftigen Studien weiterverfolgt werden, um dauerhafte Veränderungen der HPA-Achsen-Aktivität und die zugrunde liegenden psychopathologische Prozesse sowie mögliche Risikofaktoren und Determinanten besser zu verstehen und geeignete präventive Maßnahmen oder diagnostische Instrumente zur Früherkennung daraus abzuleiten.



## 4. Synopsis und Ausblick

---

In der vorliegenden Dissertation werden Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität unter Alltagsbedingungen sowie während einer kurzfristigen Belastungsphase an einer Modellstichprobe an Auszubildenden des Back- und Gastronomiegewerbes untersucht. Dabei wird der Frage nachgegangen, inwieweit tägliche Variationen der morgendlichen Cortisolausschüttung eine adaptive Reaktion an veränderte innerorganische oder situativ bedingte Zustände und umweltbedingte Anforderungen darstellen und inwiefern die morgendliche Cortisolaktivität den Organismus auf die Bewältigung einer bevorstehenden Belastungssituation während des Tages vorbereitet.

Unter Alltagsbedingungen wird die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität der Auszubildenden nicht systematisch von situativ bedingten Faktoren oder stabilen Personenmerkmalen beeinflusst. Die Cortisolaktivität weist über drei Messtage ohne besondere Belastungen eine moderate Stabilität auf. Sowohl zwischen wie auch innerhalb der Personen sind teilweise große Schwankungen in der Cortisolausschüttung zwischen den Tagen zu beobachten. Das Ausmaß der Schwankungen sowie die durchschnittliche Cortisolausschüttung über die Tage hängen dabei signifikant positiv zusammen. Stabile Personenmerkmale, wie die chronische Stressbelastung, haben keinen bedeutenden Einfluss auf die mittleren Schwankungen. Es gibt Hinweise, dass die täglichen Cortisolschwankungen durch situative Faktoren des Erlebens und Verhaltens beeinflusst werden können, wie z.B. Veränderungen in der Aufwachzeit und Schlafdauer oder erlebte Ereignisse am Vortag. Die Ergebnisse sind hierzu allerdings nicht eindeutig und müssen in weiteren Studien repliziert werden. So scheint die morgendliche Cortisolaktivität erst auf starke Veränderungen in der Aufwachzeit sowie Schlafdauer sensitiv zu reagieren. In der vorliegenden Stichprobe treten hingegen nur sehr geringe Variationen auf diesen Faktoren innerhalb der Personen auf.

In der zweiten Studie wird der Einfluss einer realen, sozial-evaluativen Belastungssituation im beruflichen Kontext auf die morgendliche HPA-Achsen-Aktivität überprüft. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass um die Tage der Belastungssituation, der praktischen Abschlussprüfung der Auszubildenden, systematische Veränderungen in der morgendlichen Cortisolaktivität auftreten. So ist am Tag der Prüfung sowohl der absolute Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen wie auch die durchschnittlich in diesem Zeitraum freigesetzte Cortisolmenge signifikant im Vergleich zum Vortag erhöht. Auch gibt es Hinweise, dass die Cortisolkonzentrationen nach 45 Minuten nicht wieder zu sinken beginnen. Dies kann als mögliche Anpassungsreaktion auf die bevorstehende Herausforderung gedeutet werden. Die abendliche Cortisolaktivität reagiert hingegen nach den vorliegenden Befunden nicht sensitiv auf eine am nächsten Tag bevorstehende Belastung. Auch sind die abendlichen Cortisolkonzentrationen nach der Prüfung nicht erhöht. Zwischen Personen können deutliche Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die bevorstehende Prüfung beobachtet werden. So zeigen einige Personen einen steileren Cortisolanstieg am Morgen der Prüfung im Vergleich zu einem Referenztag, bei anderen sind keine Veränderungen oder gar schwächere Cortisolzunahmen zu beobachten. Vergleichbare interindividuelle Unterschiede treten auch hinsichtlich der durchschnittlich freigesetzten Cortisolmenge auf. In zukünftigen Forschungsvorhaben sollten mögliche Ursachen dieser Unterschiede eingehender untersucht werden. Es gibt Hinweise, dass Personen, bei denen sich die morgendliche Cortisolaktivität am Prüfungstag im Vergleich zum Vortag wenig verändert, höhere psychische und somatische Beschwerden sowie eine höhere Zustandsangst am Morgen der Prüfung aufweisen. Auch deuten die Ergebnisse darauf hin, dass ein erhöhter Nikotinkonsum am Vortag eine verminderte morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität zur Folge haben kann. Die antizipatorische Bewertung der Stresshaftigkeit der Prüfung beeinflusst die morgendliche Cortisolaktivität hingegen nicht. Aufgrund des stark explorativen Charakters der vorliegenden Studie müssen diese Zusammenhänge allerdings in weiteren Untersuchungen überprüft werden. Personen mit einer höheren morgendlichen Cortisolproduktion am Prüfungstag schnitten in der Prüfung besser ab. Auch weisen Auszubildende, die retrospektiv die Prüfung als sehr belastend bewerten, am Morgen des Prüfungstages einen geringen Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen auf. Demnach könnte der Organismus durch einen hohen Cortisolspiegel am Morgen auf die Herausforderung vorbereitet werden und in Folge durch adäquate physiologische Reaktionen genügend Energiereserven zur erfolgreichen Bewältigung der Belastungssituation bereitstellen. In zukünftigen Studien sollten daher die Beziehungen zwischen der morgendlichen Cortisolaktivität nach dem Erwachen und akuten Cortisolreaktionen während des Tages näher untersucht werden.

Die HPA-Achse spielt eine wichtige Rolle bei der Adaption des Organismus an interne und externe Herausforderungen und der Bewahrung oder Wiederherstellung des homöostatischen Gleichgewichts im Körper (z.B. Sapolsky, 2004). Des Weiteren wird ihr eine wichtige Mediatorfunktion in den Wirkbeziehungen zwischen psychosozialen Stressoren und Belastungen und gesundheitlichen Konsequenzen zugesprochen (McEwen, 1998). So kann sowohl eine chronische Über- wie auch eine Unterstimulation der HPA-Achse in Folge ständig wiederkehrender oder überdauernder Stressoren oder mangelnder Erholung den Organismus langfristig schädigen und die Gesundheit beeinträchtigen (Miller et al., 2007). Art und Ausmaß der täglichen Schwankungen in der Cortisolaktivität können wichtige Informationen über die Funktionsweise und Reaktivität der HPA-Achse beinhalten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien liefern entscheidende Hinweise darauf, dass die tägliche HPA-Achsen-Aktivität deutlichen Variationen unterliegt, die zumindest teilweise als eine adaptive Reaktion auf veränderte Umweltbedingungen und bevorstehende Herausforderungen gedeutet werden können. In zukünftigen Studien sollten die Beschaffenheit und Funktion dieser täglichen Veränderungen in der circadianen HPA-Achsen-Aktivität sowie mögliche Einflussfaktoren darauf in natürlichem Umfeld weiter untersucht werden. Auf diese Weise könnten wichtige Erkenntnisse über die Funktionsweise und das dynamische Verhalten der HPA-Achse im Alltag sowohl in kurz- als auch längerfristigen Belastungsphasen gewonnen werden. Dabei sollten interindividuelle Unterschiede in der HPA-Achsen-Reaktivität näher erforscht werden, um mögliche Vulnerabilitäts- und Risikofaktoren für dauerhafte Dysregulationen der HPA-Achsen-Aktivität, wie sie in Folge chronischer Belastung auftreten können (z.B. Miller et al., 2007), zu identifizieren und geeignete präventive Maßnahmen daraus abzuleiten. Zusammengenommen sollte dies zu einem besseren Verständnis der zugrunde liegenden psychopathologischen Prozesse und Mechanismen einer dauerhaften Veränderung und verminderten Reagibilität der HPA-Achsen-Funktion und die sich daraus ergebenden gesundheitlichen Folgen führen.



## 5. Zusammenfassung

---

Die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HPA-Achse) ist eines der zentralen neuroendokrinen Stresssysteme des Organismus. Ihr Endprodukt, das Steroidhormon Cortisol; spielt eine bedeutende Rolle bei der Adaption des Organismus an interne und externe Herausforderungen sowie bei der Bewahrung und Wiederherstellung des homöostatischen Gleichgewichts im Körper. Die morgendliche Cortisolausschüttung, die einer typischen circadianen Rhythmik in Form eines starken Anstiegs der Cortisolkonzentration in der ersten Stunde nach dem Erwachen unterliegt, gilt als reliables Maß für die Reagibilität der HPA-Achsen-Aktivität. Die genaue Funktionsweise dieser so genannten Cortisol-Aufwachreaktion ist bis dato jedoch noch nicht zufriedenstellend geklärt. Angenommen wird, dass der morgendliche Cortisolanstieg den Organismus auf die Anforderungen des Tages vorbereitet und durch die Antizipation kommender Ereignisse und Anforderungen beeinflusst wird. Art und Ausmaß täglicher Veränderungen in der circadianen Cortisolsekretion können daher wichtige Informationen über die neuroendokrinen Adaptionsmechanismen an sich verändernde interne und externe Anforderungen sowie mögliche Dysregulationen der HPA-Achsen-Aktivität beinhalten.

In zwei Feldstudien werden an jungen Auszubildenden des Back- und Gastronomiegewerbes die täglichen Variationen der circadianen Cortisolausschüttung unter natürlichen Bedingungen im Alltag (Studie I) sowie während einer realen und antizipierten Belastungsphase (Studie II) in Abhängigkeit verschiedener situativer Faktoren sowie stabiler Personenmerkmale näher untersucht. Dabei soll geklärt werden, inwieweit tägliche Schwankungen in der circadianen Cortisolsekretion eine adaptive Reaktion an sich verändernde innerorganismische Zustände oder situativ bedingte Anforderungen darstellen und in Zusammenhang mit relativ stabilen personenspezifischen Merkmalen stehen. Des Weiteren wird überprüft, inwiefern die morgendliche Cortisolaktivität den Organismus auf

die Bewältigung einer bevorstehenden und antizipierten Belastungssituation während des Tages vorbereitet.

Unter Alltagsbedingungen (Studie I) weist die Cortisolaktivität der Auszubildenden (N = 74) über drei aufeinanderfolgenden Tage ohne besondere Vorkommnisse oder Belastungen eine moderate Stabilität auf. Sowohl zwischen wie auch innerhalb der Personen sind teilweise große Schwankungen in der Cortisolausschüttung zu beobachten, besonders hinsichtlich des dynamischen Cortisol-Morgenanstiegs. Weder die absolute morgendliche Cortisolproduktion noch das Ausmaß der täglichen Schwankungen in der Cortisolaktivität wird dabei systematisch durch stabile Personenmerkmale, wie z.B. der chronischen Stressbelastung, beeinflusst. Die Ergebnisse deuten allerdings darauf hin, dass die täglichen Cortisolschwankungen durch situative Faktoren des Erlebens und Verhaltens, wie z.B. Veränderungen in der Schlafdauer, dem aktuellen Befinden oder erlebten Ereignissen am Vortag, beeinflusst werden können.

Um die Tage einer persönlich relevanten, sozial-evaluativen Belastungssituation (Studie II) im beruflichen Kontext, die praktische Abschlussprüfung in der Ausbildung, zeigen sich systematische Veränderungen in der morgendlichen HPA-Achsen-Aktivität bei Lehrlingen des Back- und Gastronomiegewerbes (N = 19). Am Tag der Prüfung sind sowohl der absolute Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen wie auch die durchschnittlich in diesem Zeitraum freigesetzte Cortisolmenge signifikant im Vergleich zum Vortag erhöht. Auch gibt es Hinweise, dass an diesem Tag die Cortisolkonzentrationen nach 45 Minuten nicht wie üblich zu sinken beginnen. Die abendliche Cortisolaktivität reagiert hingegen nicht sensitiv auf eine am nächsten Tag bevorstehende Belastung. Auch sind die abendlichen Cortisolkonzentrationen nach der Prüfung nicht erhöht. Zwischen Personen können deutliche Unterschiede in der morgendlichen HPA-Achsen-Reaktivität in Bezug auf die bevorstehende Prüfung beobachtet werden. Bei Personen mit hohen somatischen oder psychischen Beschwerden verändert sich die morgendliche Cortisolaktivität am Tag der Prüfung im Vergleich zum Vortag kaum. Ein erhöhter Nikotinkonsum am Vortag hat ebenso eine verminderte morgendliche HPA-Achsen-Reaktivität zur Folge. Personen, die am Morgen des Prüfungstages einen höheren Cortisolspiegel haben, schneiden in der Prüfung besser ab. Auch weisen Auszubildende, die retrospektiv die Prüfung als sehr belastend bewerten, am Morgen des Prüfungstages einen geringen Cortisolanstieg in den ersten 45 Minuten nach dem Erwachen auf.

Nach diesen Befunden sind tägliche Veränderungen in der morgendlichen Cortisolausschüttung zumindest teilweise eine Reaktion der HPA-Achse auf bevorstehende Herausforderungen und veränderte innerorganismische und situative Zustände. Eine Erhöhung der Cortisolaktivität am Morgen begünstigt zudem die erfolgreiche Bewältigung ei-

ner antizipierten Belastungssituation im weiteren Tagesverlauf. Somatische und psychische Beschwerden sowie ein erhöhter Nikotinkonsum können sich hingegen negativ auf die HPA-Achsen-Reaktivität auswirken.





## 6. Literaturverzeichnis

---

- Adam EK. Transactions among adolescent trait and state emotion and diurnal and momentary cortisol activity in naturalistic settings. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 664-679.
- Adam EK, Hawkley LC, Kudielka BM, Cacioppo JT. Day-to-day dynamics of experience-cortisol associations in a population-based sample of older adults. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2006; 103: 17058-17063.
- al'Absi M. Altered psychoendocrine responses to psychological stress and smoking relapse. *International Journal of Psychophysiology* 2006; 59: 218-227.
- al'Absi M, Bongard S, Buchanan T, Pincomb GA, Licinio J, Lovallo WR. Cardiovascular and neuroendocrine adjustment to public speaking and mental arithmetic stressors. *Psychophysiology* 1997; 34: 266-275.
- al'Absi M, Wittmers LE, Erickson J, Hatsukami D, Crouse B. Attenuated adrenocortical and blood pressure responses to psychological stress in ad libitum and abstinent smokers. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior* 2003; 74: 401-410.
- Alix-Sy D, Le Skanff C, Filaire E. Psychophysiological responses in the pre-competition period in elite soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine* 2008; 7: 446-454.
- Alpers GW, Abelson JL, Wilhelm FH, Roth WT. Salivary cortisol response during exposure treatment in driving phobics. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 679-687.
- Alpers GW, Wilhelm FH, Roth WT. Psychophysiological assessment during exposure in driving phobic patients. *Journal of Abnormal Psychology* 2005; 114: 126-139.
- Altman DG, Bland JM. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *The Statistician* 1983; 32: 307-317.
- Armario A, Marti O, Molina T, de Pablo J, Valdes M. Acute stress markers in humans: response of plasma glucose, cortisol and prolactin to two examinations differing in the anxiety they provoke. *Psychoneuroendocrinology* 1996; 21: 17-24.
- Back SE, Waldrop AE, Saladin ME, Yeatts SD, Simpson A, McRae AL, Upadhyaya HP, Contini Sisson R, Spratt EG, Allen J, Kreek MJ, Brady KT. Effects of gender and cigarette smoking on reactivity to

- psychological and pharmacological stress provocation. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 560-568.
- Backhaus J, Junghanns K, Hohagen F. Sleep disturbances are correlated with decreased morning awakening salivary cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 2004; 29: 1184-1191.
- Badrick E, Kirschbaum C, Kumari M. The relationship between smoking status and cortisol secretion. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2007; 92: 819-824.
- Bale TL. Stress sensitivity and the development of affective disorders. *Hormones and Behavior* 2006; 50: 529-533.
- Bartels M, de Geus E, Kirschbaum C, Sluyter F, Boomsma D. Heritability of daytime cortisol levels in children. *Behavior Genetics* 2003b; 33: 421-433.
- Bartels M, Van den Berg M, Sluyter F, Boomsma DI, De Geus EJC. Heritability of cortisol levels: review and simultaneous analysis of twin studies. *Psychoneuroendocrinology* 2003a; 28: 121-137.
- Bartko JJ. The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychological Reports* 1966; 19: 3-11.
- Baus D. Chronische Schmerzen: Psychoendokrine Stressreaktion, Schmerzwahrnehmung und Komorbidität. Dissertation. Universität Mannheim, 2007.
- Bellingrath S, Weigl T, Kudielka BM. Cortisol dysregulation in school teachers in relation to burnout, vital exhaustion, and effort-reward-imbalance. *Biological Psychology* 2008; 78: 104-113.
- Benson S, Arck PC, Tan S, Mann K, Hahn S, Janssen OE, Schedlowski M, Elsenbruch S. Effects of obesity on neuroendocrine, cardiovascular, and immune cell responses to acute psychosocial stress in premenopausal women. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 181-189.
- Berger M, Bossert S, Krieg JC, Dirlich G, Ettmeier W, Schreiber W, von Zerssen D. Interindividual differences in the susceptibility of the cortisol system: an important factor for the degree of hypercortisolism in stress situations? *Biological Psychiatry* 1987; 22: 1327-1339.
- Bernhardt A. Saliva cortisol profiles in field research: internal structure, confounding factors, quantification, and stability. Dissertation. Universität Mannheim, 2007.
- Bhagwagar Z, Hafizi S, Cowen PJ. Increased salivary cortisol after waking in depression. *Psychopharmacology* 2005; 182: 54-57.
- Björntorp P. Do stress reactions cause abdominal obesity and comorbidities? *Obesity Reviews* 2001; 2: 73-86.
- Björntorp P, Rosmond R. Obesity and cortisol. *Nutrition* 2000; 16: 924-936.
- Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-310.
- Bohnen N, Nicolson N, Sulon J, Jolles J. Coping style, trait anxiety and cortisol reactivity during mental stress. *Journal of Psychosomatic Research* 1991; 35: 141-147.
- Born J, Hansen K, Marshall L, Molle M, Fehm HL. Timing the end of nocturnal sleep. *Nature* 1999; 397: 29-30.

- Bortz J, Lienert GA. Kurzgefaßte Statistik für die Klinische Forschung. Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben. Berlin: Springer-Verlag, 2003.
- Bouma EM, Riese H, Ormel J, Verhulst FC, Oldehinkel AJ. Adolescents' cortisol responses to awakening and social stress: Effects of gender, menstrual phase and oral contraceptives. The TRAILS study. *Psychoneuroendocrinology*, in press.
- Brähler E, Scheer JW. Gießener Beschwerdebogen – Handbuch. Bern: Huber, 1995.
- Brant A. Baker's asthma. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology* 2007; 7: 152-155.
- Broderick JE, Junghaenel DU, Turk DC. Stability of patient adaption classifications on the multidimensional pain inventory. *Pain* 2004; 109: 94-102.
- Buchanan TW, al'Absi M, Lovallo WR. Cortisol fluctuates with increases and decreases in negative affect. *Psychoneuroendocrinology* 1999; 24: 227-241.
- Buchanan TW, Kern S, Allen JS, Tranel D, Kirschbaum C. Circadian regulation of cortisol after hippocampal damage in humans. *Biological Psychiatry* 2004; 56: 651-656.
- Burke HM, Davis MC, Otte C, Mohr DC. Depression and cortisol responses to psychological stress: a meta-analysis. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 846-856.
- Buske-Kirschbaum A, Ebrecht M, Kern S, Hellhammer DH. Endocrine stress responses in TH1-mediated chronic inflammatory skin disease (psoriasis vulgaris) – do they parallel stress-induced endocrine changes in TH2-mediated inflammatory dermatoses (atopic dermatitis)? *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 439-446.
- Buske-Kirschbaum A, Geiben A, Höllig H, Morschhauser E, Hellhammer DH. Altered responsiveness of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis and the sympathetic adrenomedullary system to stress in patients with atopic dermatitis. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2002b; 87: 4245-4251.
- Buske-Kirschbaum A, Gierens A, Höllig H, Hellhammer DH. Stress-induced immunomodulation is altered in patients with atopic dermatitis. *Journal of Neuroimmunology* 2002a; 129: 161-167.
- Buske-Kirschbaum A, Hellhammer DH. Endocrine and immune responses to stress in chronic inflammatory skin disorders. *Annals New York Academy of Science* 2003a; 992: 231-240.
- Buske-Kirschbaum A, Jobst S, Psych D, Wustmans A, Kirschbaum C, Rauh W, Hellhammer DH. Attenuated free cortisol response to psychosocial stress in children with atopic dermatitis. *Psychosomatic Medicine* 1997; 59: 419-426.
- Buske-Kirschbaum A, von Auer K, Krieger S, Wies S, Rauh W, Hellhammer DH. Blunted cortisol responses to psychosocial stress in asthmatic children: a general feature of atopic disease? *Psychosomatic Medicine* 2003b; 65: 806-810.
- Cacioppo JT, Berntson GG, Malarkey WB, Kiecolt-Glaser JK, Sheridan JF, Poehlmann KM, Bursleson MH, Ernst JM, Hawkley LC, Glaser R. Autonomic, neuroendocrine, and immune responses to psychological stress: the reactivity hypothesis. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1998; 840: 664-673.
- Carlsson Eek F, Garde AH, Hansen AM, Persson R, Orbaek P, Karlson B. The cortisol awakening response – an exploration of intraindividual stability and negative response. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 2006; suppl. 2: 15-21.

- Chatterton RT, Vogelsong KM, Lu YC, Hudgens GA. Hormonal responses to psychological stress in men preparing for skydiving. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1997; 82: 2503-2509.
- Chrousos GP. The stress response and immune function: clinical implications. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2000a; 917: 38-67.
- Chrousos GP. Stress, chronic inflammation, and emotional and physical well-being: concurrent effects and chronic sequelae. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2000b; 106: 275-291.
- Chrousos GP. The role of stress and the hypothalamic – pituitary – adrenal axis in the pathogenesis of the metabolic syndrome: Neuroendocrine and target tissue-related causes. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 2000c; 24 (suppl. 2): 50-55.
- Chrousos GP, Gold PW. The concepts of stress system disorders: overview of behavioral and physical homeostasis. *Journal of American Association* 1992; 267:1244-1252.
- Chrousos GP, Gold PW. A healthy body in a healthy mind – and vice versa – the damaging power of “uncontrollable” stress. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1998; 83: 1842-1845.
- Clow A, Edwards S, Owen G, Evans G, Evans P, Hucklebridge F, Casey A. Post-awakening cortisol secretion during basic military training. *International Journal of Psychophysiology* 2006; 60: 88-94.
- Clow A, Thorn L, Evans P, Hucklebridge F. The awakening cortisol response: methodological issues and significance. *Stress* 2004; 7: 29-37.
- Cohen JI. Stress and mental health: a biobehavioral perspective. *Issues in Mental Health Nursing* 2000; 21: 185-202.
- Cohen S, Hamrick N. Stable individual differences in physiological response to stressors: implications for stress-elicited changes in immune related health. *Brain, Behavior, and Immunity* 2003; 17: 407-414.
- Cohen S, Hamrick N, Rodriguez MS, Feldman PJ, Rabin BS, Manuck SB. The stability of and intercorrelations among cardiovascular, immune, endocrine, and psychological reactivity. *Annals of Behavioral Medicine* 2000; 22:171-179.
- Condren RM, O’Neill A, Ryan MC, Barrett P, Thakore JH. HPA axis response to a psychological stressor in generalised social phobia. *Psychoneuroendocrinology* 2002; 27: 693-703.
- Dahlgren A, Akerstedt T, Kecklund G. Individual differences in the diurnal cortisol response to stress. *Chronobiology International* 2004; 21: 913-922.
- Daniel M, Moore DS, Decker S, Belton L, DeVellis B, Doolen A, Campbell MK. Associations among education, cortisol rhythm, and BMI in blue-collar women. *Obesity (Silver Spring)* 2006; 14: 327-335.
- Dayas CV, Buller KM, Crane JW, Xu Y, Day TA. Stressor categorization: acute physical and psychological stressors elicit distinctive recruitment patterns in the amygdala and in medullary noradrenergic cell groups. *The European Journal of Neuroscience* 2001; 14: 1143-1152.
- Deinzer R, Kirschbaum C, Gresele C, Hellhammer DH. Adrenocortical responses to repeated parachute jumping and subsequent h-CRH challenge in inexperienced healthy subjects. *Physiology & Behavior* 1997; 61: 507-511.

- De Kloet ER, Vreugdenhil E, Oitzl MS, Joels M. Brain corticosteroid receptor balance in health and disease. *Endocrine Reviews* 1998; 19: 269-301.
- DeRijk RH, Wust S, Meijer OC, Zennaro MC, Federenko IS, Hellhammer DH, Giacchetti G, Vreugdenhil E, Zitman FG, de Kloet ER. A common polymorphism in the mineralocorticoid receptor modulates stress responsiveness. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2006; 91: 5083-5089.
- De Vente W, Olf M, Van Amsterdam JG, Kamphuis JH, Emmelkamp PM. Physiological differences between burnout patients and healthy controls: blood pressure, heart rate, and cortisol responses. *Occupational and Environmental Medicine* 2003; 60 Suppl 1: 54-61.
- de Vugt ME, Nicolson NA, Aalten P, Lousberg R, Jolle J, Verhey FR. Behavioral problems in dementia patients and salivary cortisol patterns in caregivers. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neuroscience* 2005; 17: 201-207.
- Dettenborn L, Rosenloecher F, Kirschbaum C. No effects of repeated forced wakings during three consecutive nights on morning cortisol awakening responses (CAR): a preliminary study. *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 915-921.
- Dickerson SS, Kemeny ME. Acute stressors and cortisol responses: A theoretical integration and synthesis of laboratory research. *Psychological Bulletin* 2004; 130:355-391.
- Dockray S, Bhattacharyya MR, Molloy GJ, Steptoe A. The cortisol awakening response in relation to objective and subjective measures of waking in the morning. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 77-82.
- Droste J, Myny K, van Sprundel M, Kusters E, Bulat P, Braeckman L, Vermeire P, Vanhoorne M. Allergic sensitization, symptoms, and lung function among bakery workers as compared with nonexposed work population. *Journal for Occupational and Environmental Medicine* 2003; 45: 648-655.
- Edwards S, Clow A, Evans P, Hucklebridge F. Exploration of the awakening cortisol response in relation to diurnal cortisol secretory activity. *Life Sciences* 2001b; 68: 2093-2103.
- Edwards S, Evans P, Hucklebridge F, Clow A. Association between time of awakening and diurnal cortisol secretory activity. *Psychoneuroendocrinology* 2001a; 26: 613-622.
- Ehlert U, Gaab J, Heinrichs M. Psychoneuroendocrinological contributions to the etiology of depression, posttraumatic stress disorder, and stress-related bodily disorders: the role of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Biological Psychology* 2001; 57: 141-152.
- Elenkov IJ, Chrousos GP. Stress system – organization, physiology and immunoregulation. *Neuroimmunomodulation* 2006; 13: 257-267.
- Eller NH, Netterstrom B, Hansen AM. Psychosocial factors at home and at work and levels of salivary cortisol. *Biological Psychology* 2006; 73: 280-287.
- Erickson K, Drevets W, Schulkin J. Glucocorticoid regulation of diverse cognitive functions in normal and pathological emotional states. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 2003; 27: 233-246.
- Federenko I, Wust S, Hellhammer DH, Dechoux R, Kumsta R, Kirschbaum C. Free cortisol awakening responses are influenced by awakening time. *Psychoneuroendocrinology* 2004a; 29: 174-184.

- Federenko IS, Nagamine M, Hellhammer DH, Wadhwa PD, Wust S. The heritability of hypothalamus pituitary adrenal axis responses to psychosocial stress is context dependent. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 2004b; 89: 6244-6250.
- Fellmann N, Bedu M, Boudet G, Mage M, Sagnol M, Pequignot J-M, Claustrat B, Brun J, Peyrin L, Couderc J. Interrelationships between pituitary-adrenal hormones and catecholamines during a 6-day Nordic ski race. *European Journal of Applied Physiology*, 1992; 64: 258-265.
- Filaire E, Alix D, Ferrand C, Verger M. Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 150-157.
- Friedman M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistic Association* 1937; 32, 675-701.
- Fries, E. Die biologische Programmierung von späterer Gesundheit und Krankheit durch Erlebnisse in der Kindheit. *Report Psychologie* 2008; 33: 472-484.
- Fries E, Dettenborn L, Kirschbaum C. The cortisol awakening response (CAR): facts and future directions. *International Journal of Psychophysiology*, in press.
- Fries E, Hesse J, Hellhammer J, Hellhammer DH. A new view on hypocortisolism. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 1010-1016.
- Gaab J, Blattler N, Menzi T, Pabst B, Stoyer S, Ehlert U. Randomized controlled evaluation of the effects of cognitive-behavioral stress management on cortisol responses to acute stress in healthy subjects. *Psychoneuroendocrinology* 2003; 28: 767-779.
- Gaab J, Jucker P, Staub F, Ehlert U. Mind over matter: Psychobiologische Effekte einer Konfrontationstherapie bei Spinnenangst. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie* 2005a; 34: 121-132.
- Gaab J, Rohleder N, Nater UM, Ehlert U. Psychological determinants of the cortisol stress response: the role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology* 2005b; 30: 599-610.
- Gaab J, Sonderegger L, Scherrer S, Ehlert U. Psychoneuroendocrine effects of cognitive-behavioral stress management in a naturalistic setting – a randomized controlled trial. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 428-438.
- Gerra G, Zaimovic A, Mascetti GG, Gardini S, Zambelli U, Timpano M, Raggi MA, Brambilla F. Neuroendocrine responses to experimentally-induced psychological stress in healthy humans. *Psychoneuroendocrinology* 2001; 26: 91-107.
- Gerra G, Zaimovic A, Zambelli U, Timpano M, Reali N, Bernasconi S, Brambilla F. Neuroendocrine responses to psychological stress in adolescents with anxiety disorder. *Neuropsychobiology* 2000; 42: 82-92.
- Glanzmann P. Zusammenhänge zwischen Angstneigung und Zustandsangst in unterschiedlichen Stress-Situationen. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie* 1985; 6: 161-173.
- Glaser R, Pearl DK, Kiecolt-Glaser JK, Malarkey WB. Plasma cortisol levels and reactivation of latent Epstein-Barr virus in response to examination stress. *Psychoneuroendocrinology* 1994; 19: 765-772.
- Gold PW, Chrousos GP. Organization of the stress system and its dysregulation in melancholic and atypical depression: high vs. low CRH/NE states. *Molecular Psychiatry* 2002; 7: 254-275.

- Gonzalez A, Jenkins JM, Steiner M, Fleming AS. The relation between early life adversity, cortisol awakening response and diurnal salivary cortisol levels in postpartum women. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 76-86.
- Goodyer IM, Herbert J, Tamplin A, Altham PM. Recent life events, cortisol, dehydroepiandrosterone and the onset of major depression in high-risk adolescents. *The British Journal of Psychiatry* 2000; 177: 499-504.
- Grossi G, Perski A, Ekstedt M, Johansson T, Lindstrom M, Holm K. The morning salivary cortisol response in burnout. *Journal of Psychosomatic Research* 2005; 59: 103-111.
- Gruenewald TL, Kemeny ME, Aziz N, Fahey JL. Acute threat to the social self: shame, social self-esteem, and cortisol activity. *Psychosomatic Medicine* 2004; 66: 915-924.
- Guilford JP. *Psychometric Methods*. New York: Mc Graw Hill, 1954.
- Gunnar MR, Vazquez DM. Low cortisol and a flattening of expected daytime rhythm: potential indices of risk in human development. *Development and Psychopathology* 2001; 13: 515-538.
- Hammerfald K, Eberle C, Grau M, Kinsperger A, Zimmermann A, Ehlert U, Gaab J. Persistent effects of cognitive-behavioral stress management on cortisol responses to acute stress in healthy subjects – a randomized controlled trial. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 333-339.
- Hansen AM, Garde AH, Persson R. Sources of biological and methodological variation in salivary cortisol and their impact on measurement among healthy adults: a review. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 2008; 68: 448-458.
- Harris TO, Borsanyi S, Messari S, Stanford K, Cleary SE, Shiers HM, Brown GW, Herbert J. Morning cortisol as a risk factor for subsequent major depressive disorder in adult women. *The British Journal of Psychiatry* 2000; 177: 505-510.
- Hart J, Gunnar M, Cicchetti D. Salivary cortisol in maltreated children: Evidence of relations between neuroendocrine activity and social competence. *Development and Psychopathology* 1995; 7: 11-26.
- Hautzinger M, Bailer M. *Allgemeine Depressionsskala (ADS)*. Weinheim: Beltz, 1993.
- Hawkley LC, Burlinson MH, Poehlmann KM, Berntson GG, Malarkey WB, Cacioppo JT. Cardiovascular and endocrine reactivity in older females: intertask consistency. *Psychophysiology* 2001; 38: 863-872.
- Heim C, Ehlert U, Hellhammer DH. The potential role of hypocortisolism in the pathophysiology of stress-related bodily disorders. *Psychoneuroendocrinology* 2000a; 25: 1-35.
- Heim C, Newport DJ, Heit S, Graham YP, Wilcox M, Bonsall R, Miller AH, Nemeroff CB. Pituitary-adrenal and autonomic responses to stress in women after sexual and physical abuse in childhood. *Journal of the American Medical Association* 2000b; 284: 592-597.
- Hellhammer DH, Buchtal J, Gutberlet I, Kirschbaum C. Social hierarchy and adrenocortical stress reactivity in men. *Psychoneuroendocrinology* 1997; 22: 643-650.
- Hellhammer DH, Wade S. Endocrine correlates of stress vulnerability. *Psychotherapy and Psychosomatics* 1993; 60: 8-17.

- Hellhammer DH, Wust S, Kudielka BM. Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 163-171.
- Hellhammer J, Fries E, Schweisthal OW, Schlotz W, Stone AA, Hagemann D. Several daily measurements are necessary to reliably assess the cortisol rise after awakening: state- and trait components. *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 80-86.
- Hennig J, Kieferdorf P, Moritz C, Huwe S, Netter P. Changes in cortisol secretion during shiftwork: implications for tolerance to shiftwork? *Ergonomics* 1998; 41: 610-621.
- Herman J, Mueller N, Figueiredo H, Cullinan W. Neurocircuit regulation of the hypothalamo-pituitary-adrenocortical stress response – an overview. In: Steckler T, Kalin N, Reul J. *Handbook of Stress and the Brain. Part 1: The Neurobiology of Stress*. Amsterdam: Elsevier, 2005: 405-418.
- Herman JP, Figueiredo H, Mueller NK, Ulrich-Lai Y, Ostrander MM, Choi DC, Cullinan WE. Central mechanisms of stress integration: hierarchical circuitry controlling hypothalamo-pituitary-adrenocortical responsiveness. *Frontiers in Neuroendocrinology* 2003; 24: 151-180.
- Het S, Wolf OT. Mood changes in response to psychosocial stress in healthy young women: effects of pretreatment with cortisol. *Behavioral Neuroscience* 2007; 121: 11-20.
- Hewig J, Schlotz W, Gerhards F, Breitenstein C, Lurken A, Naumann E. Associations of the cortisol awakening response (CAR) with cortical activation asymmetry during the course of an exam stress period. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 83-91.
- Hjortskov N, Garde AH, Orbaek P, Hansen AM. Evaluation of salivary cortisol as a biomaker of self reported mental stress in field studies. *Stress and Health* 2004; 20: 91-98.
- Holsboer F. The Corticosteroid Receptor Hypothesis of Depression. *Neuropsychopharmacology* 2000; 23: 477-501.
- Holsboer F. Stress, hypercortisolism and corticosteroid receptors in depression: implications for therapy. *Journal of Affective Disorders* 2001; 62: 77-91.
- Hornberger U. Somatopsychische Komorbidität von allergischen Atemwegsbeschwerden. Dissertation. Universität Mannheim, 2007.
- Houba, R., Doekes, G., Heedrik, D. Occupational Respiratory Allergy in Bakery Workers: A Review of the Literature. *American Journal of Industrial Medicine* 1998; 34: 529-546.
- Houtman IL, Bakker FC. Individual differences in reactivity to and coping with the stress of lecturing. *Journal of Psychosomatic Research* 1991a; 35: 11-24.
- Houtman IL, Bakker FC. Stress and coping in lecturing, and the stability of responses across practice. *Journal of Psychosomatic Research* 1991b; 35: 323-333.
- Hruschka DJ, Kohrt BA, Worthman CM. Estimating between- and within-individual variation in cortisol levels using multilevel models. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 698-714.
- Huber TJ, Issa K, Schik G, Wolf OT. The cortisol awakening response is blunted in psychotherapy inpatients suffering from depression. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 900-904.
- Hucklebridge FH, Clow A, Abeyguneratne T, Huezio-Diaz P, Evans P. The awakening cortisol response and blood glucose levels. *Life Sciences* 1999; 64: 931-937.



- Hucklebridge F, Clow A, Rahman H, Evans P. The cortisol response to normal and nocturnal awakening. *Journal of Psychophysiology* 2000; 14: 24-28.
- Hucklebridge F, Hussain T, Evans P, Clow A. The diurnal patterns of the adrenal steroids cortisol and dehydroepiandrosterone (DHEA) in relation to awakening. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 51-57.
- Hucklebridge F, Mellins J, Evans P, Clow A. The awakening cortisol response – no evidence for an influence of body posture. *Life Sciences* 2002; 71: 639-646.
- Huwe S, Hennig J, Netter P. Biological, emotional, behavioral, and coping reactions to examination stress in high and low state anxious subjects. *Anxiety, Stress and Coping* 1998; 11: 47-65.
- Ising M, Lauer CJ, Holsboer, F, Modell S. The Munich vulnerability study on affective disorders: Premorbid neuroendocrine profile of affected high-risk probands. *Journal of Psychiatric Research* 2005; 39: 21-28
- Jacobs N, Myin-Germeys I, Derom C, Delespaul P, van Os J, Nicolson NA. A momentary assessment study of the relationship between affective and adrenocortical stress responses in daily life. *Biological Psychology* 2007; 74: 60-66.
- Jezova D, Makatsori A, Duncko R, Moncek F, Jakubek M. High trait anxiety in healthy subjects is associated with low neuroendocrine activity during psychosocial stress. *Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry* 2004; 28: 1331-1336.
- Kajantie E, Phillips DI. The effects of sex and hormonal status on the physiological response to acute psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 151-178.
- Kapoor D, Jones TH. Smoking and hormones in health and endocrine disorders. *European Journal of Endocrinology* 2005; 152: 491-499.
- Kaspers F, Scholz O. Stress-induced increase in morning cortisol variance. *Stress and Health* 2004; 20: 127-139.
- Kelly SJ, Young R, Sweeting H, Fischer JE, West P. Levels and confounders of morning cortisol collected from adolescents in a naturalistic (school) setting. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 1257-1268.
- Kirschbaum C. Cortisolmessung im Speichel – eine Methode der Biologischen Psychologie. Bern: Huber, 1991.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol in psychobiological research: an overview. *Neuropsychobiology* 1989; 22: 150-169.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications. *Psychoneuroendocrinology* 1994; 19: 313-333.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrindenachse. In: Kirschbaum C, Hellhammer DH. *Psychoendokrinologie und Psychoimmunologie*, vol. 3. Göttingen: Hogrefe, 1999. pp. 79-140.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. Saliva cortisol. *Encyclopedia of Stress* 2000; 3: 379-383.

- Kirschbaum C, Kudielka BM, Gaab J, Schommer N, Hellhammer DH. Impact of gender, menstrual cycle phase and oral contraceptives on the activity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis. *Psychosomatic Medicine* 1999; 61: 165-162.
- Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH. The 'Trier Social Stress Test' – a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology* 1993a; 28: 76-81.
- Kirschbaum C, Pirke KM, Hellhammer DH. Preliminary evidence for reduced cortisol responsivity to psychological stress in women using oral contraceptive medication. *Psychoneuroendocrinology* 1995a; 20: 509-514.
- Kirschbaum C, Pruessner JC, Stone AA, Federenko I, Gaab J, Lintz D, Schommer N, Hellhammer DH. Persistent high cortisol responses to repeated psychological stress in a subpopulation of healthy men. *Psychosomatic Medicine* 1995b; 57: 468-474.
- Kirschbaum C, Scherer G, Strasburger CJ. Pituitary and adrenal hormone responses to pharmacological, physical, and psychological stimulation in habitual smokers and nonsmokers. *The Clinical Investigator* 1994; 72: 804-810.
- Kirschbaum C, Steyer R, Eid M, Patalla U, Schwenkmezger P, Hellhammer DH. Cortisol and behavior: 2. Application of a latent state-trait model to salivary cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 1990; 15: 297-307.
- Kirschbaum C, Strasburger CJ, Langkrar J. Attenuated cortisol response to psychological stress but not to CRH or ergometry in young habitual smokers. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior* 1993b; 44: 527-531.
- Kirschbaum C, Wolf OT, Hellhammer DH. Adrenocortical Responsiveness to Psychosocial Stress in Humans: Sources of interindividual differences. In: Krantz D, Baum A. *Technology and Methods in Behavioral Medicine*. Mahwah: Erlbaum, 1998. pp. 29-45.
- Kirschbaum C, Wüst S, Faig HG, Hellhammer DH. Heritability of cortisol responses to human corticotropin-releasing hormone, ergometry, and psychological stress in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1992c; 75: 1526-1530.
- Kirschbaum C, Wüst S, Hellhammer DH. Consistent sex differences in cortisol responses to Psychological Stress. *Psychosomatic Medicine* 1992b; 54: 648-657.
- Kirschbaum C, Wüst S, Strasburger CJ. 'Normal' cigarette smoking increases free cortisol in habitual smokers. *Life Science* 1992a; 50:435-42.
- Kristenson M, Orth-Gomer K, Kucinskiene Z, Bergdahl B, Calkauskas H, Balinkyniene I, Olsson AG. Attenuated cortisol response to a standardized stress test in Lithuanian versus Swedish men: the Li-Vicordia study. *International Journal of Behavioral Medicine* 1998; 5: 17-30.
- Kroenke, K, Spitzer RL, Williams JBW, Monahan PO, Löwe, P. Anxiety disorders in primary care: Prevalence, impairment, comorbidity, and detection. *Annals of Internal Medicine* 2007; 146:317-325.
- Kruskal WH, Wallis WA. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistic Association* 1952; 47: 583-621.
- Kudielka B. Ten years of Research with the Trier Social Stress Test – Revisited. In: Harmon-Jones E, Winkelman P. *Social Neuroscience*. New York: Guilford press, 2007. pp. 56-83.

- Kudielka BM, Bellingrath S, Hellhammer DH. Cortisol in burnout and vital exhaustion: an overview. *Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia* 2006b; 28: 34-42.
- Kudielka BM, Broderick JE, Kirschbaum C. Compliance with saliva sampling protocols: electronic monitoring reveals invalid cortisol daytime profiles in noncompliant subjects. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 313-339.
- Kudielka BM, Buchtal J, Uhde A, Wust S. Circadian cortisol profiles and psychological self-reports in shift workers with and without recent change in the shift rotation system. *Biological Psychology* 2007a; 74: 92-103.
- Kudielka BM, Buske-Kirschbaum A, Hellhammer DH, Kirschbaum C. HPA axis responses to laboratory psychosocial stress in healthy elderly adults, younger adults, and children: impact of age and gender. *Psychoneuroendocrinology* 2004a; 29: 83-98.
- Kudielka BM, Hawkley LC, Adam EK, Cacioppo JT. Compliance with ambulatory saliva sampling in the Chicago health, aging, and social relations study and associations with social support. *Annals of Behavioral Medicine* 2007b; 34: 209-216.
- Kudielka BM, Hellhammer DH, & Kirschbaum C. Sex Differences in human stress response. In: Fink G. (Ed. in chief) *Encyclopedia of Stress*, vol. 3. San Diego: Academic Press, 2000. pp. 424-429.
- Kudielka BM, Hellhammer DH, Wust S. Why do we respond so differently? Reviewing determinants of human salivary cortisol responses to challenge. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 2-18.
- Kudielka BM, Kirschbaum C. Awakening cortisol responses are influenced by health status and awakening time but not by menstrual cycle phase. *Psychoneuroendocrinology* 2003; 28: 35-47.
- Kudielka BM, Kirschbaum C. Sex differences in HPA axis responses to stress: a review. *Biological Psychology* 2005; 69: 113-32.
- Kudielka BM, Schmidt-Reinwald AK, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Psychological and endocrine responses to psychosocial stress and dexamethasone/corticotropin-releasing hormone in healthy postmenopausal women and young controls: the impact of age and a two-week estradiol treatment. *Neuroendocrinology* 1999; 70: 422-430.
- Kudielka BM, Schommer NC, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Acute HPA axis responses, heart rate, and mood changes to psychosocial stress (TSST) in humans at different times of day. *Psychoneuroendocrinology* 2004b; 29: 983-992.
- Kudielka BM, Wüst S. The cortisol awakening response (CAR): a useful tool for ambulant assessment of hypothalamus-pituitary-adrenal (HPA) axis activity. In: Léglise A-L. *Progress in circadian rhythm research*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2008. pp. 223-234.
- Kudielka BM, von Kanel R, Preckel D, Zraggen L, Mischler K, Fischer JE. Exhaustion is associated with reduced habituation of free cortisol responses to repeated acute psychosocial stress. *Biological Psychology* 2006a; 72: 147-153.
- Kumsta R, Entringer S, Koper JW, van Rossum EF, Hellhammer DH, Wust S. Sex specific associations between common glucocorticoid receptor gene variants and hypothalamus-pituitary-adrenal axis responses to psychosocial stress. *Biological Psychiatry* 2007; 62: 863-869.
- Kunz-Ebrecht S, Kirschbaum C, Marmot M, Steptoe A. Differences in cortisol awakening response on work days and weekends in women and men from the Whitehall II cohort. *Psychoneuroendocrinology* 2004b; 29: 516-528.

- Kunz-Ebrecht S, Kirschbaum C, Steptoe A. Work stress, socioeconomic status and neuroendocrine activation over the working day. *Social Science and Medicine* 2004a; 58: 1523-1530.
- Kunz-Ebrecht SR, Mohamed-Ali V, Feldman PJ, Kirschbaum C, Steptoe A. Cortisol responses to mild psychological stress are inversely associated with proinflammatory cytokines. *Brain, Behavior, and Immunity* 2003; 17: 373-383.
- Kupper N, de Geus EJC, van den Berg M, Kirschbaum C, Boomsma DI, Willemsen G. Familial influences on basal salivary cortisol in an adult population. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 857-868.
- Kurina L, Schneider B, Waite L. Stress, symptoms of depression and anxiety, and cortisol patterns in working parents. *Stress and Health* 2004; 20: 53-63.
- Lacey K, Zaharia MD, Griffiths J, Ravindran AV, Merali Z, Anisman H. A prospective study of neuroendocrine and immune alterations associated with the stress of an oral academic examination among graduate students. *Psychoneuroendocrinology* 2000; 25: 339-356.
- Laederach-Hofmann K, Mussgay L, Ruddle H. Autonomic cardiovascular regulation in obesity. *The Journal of Endocrinology* 2000; 164: 59-66.
- Laux L, Glanzmann P, Schaffner P, Spielberger CD. *Das State-Trait-Angstinventar: Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe Verlag, 1981.
- Lazarus RS. *Psychological Stress and the Coping Process*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1966.
- Lazarus RS, Folkman S. *Stress, Appraisal, and Coping*. New York: Springer, 1984.
- Lean MEJ, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *British Medical Journal* 1995; 311:158-161.
- Levine S. Developmental determinants of sensitivity and resistance to stress. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 939-946.
- Lewis RS, Weekes NY, Wang TH. The effect of a naturalistic stressor on frontal EEG asymmetry, stress, and health. *Biological Psychology* 2007; 75: 239-247.
- Liberzon J. Naturalistic stress and cortisol response to awakening: adaption to seafaring. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 1023-1026.
- Löwe B, Kroenke K, Gräfe K. Detecting and monitoring depression with a two-item questionnaire (PHQ-2). *Journal of Psychosomatic Research* 2005; 58: 163-171.
- Lundberg U, Hellström B. Workload and morning salivary cortisol in women. *Work and Stress* 2002; 16: 356-363.
- Lundberg U, Melin B, Fredrikson M, Tuomisto M, Frankenhaeuser M. Comparison of neuroendocrine measurements under laboratory and naturalistic conditions. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior* 1990; 37: 697-702.
- MacMaster FP, Kusumakar V. MRI study of the pituitary gland in adolescent depression. *Journal of Psychiatric Research* 2004; 38: 231-236.
- MacMaster FP, Leslie R, Rosenberg DR, Kusumakar V. Pituitary gland volume in adolescent and young adult bipolar and unipolar depression. *Bipolar Disorders* 2008; 10: 101-104.

- Maina G, Palmas A, Filon FL. Relationship between self-reported mental stressors at the workplace and salivary cortisol. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2008; 81: 391-400.
- Mannie ZN, Harmer CJ, Cowen PJ. Increased waking salivary cortisol levels in young people at familial risk of depression. *The American Journal of Psychiatry* 2007; 164: 617-621.
- Martel FL, Hayward C, Lyons DM, Sanborn K, Varady S, Schatzberg AF. Salivary cortisol levels in socially phobic adolescent girls. *Depression and Anxiety* 1999; 10: 25-27.
- Martinek L, Oberascher-Holzinger K, Weishuhn S, Klimesch W, Kerschbaum HH. Anticipated academic examinations induce distinct cortisol responses in adolescent pupils. *Neuroendocrinology Letters* 2003; 24: 449-453.
- Mason JW. A review of psychoendocrine research on the pituitary-adrenal cortical system. *Psychosomatic Medicine* 1968; 30: 576-607.
- Mason JW. A re-evaluation of the concept of "non-specificity" in stress theory. *Journal of Psychiatric Research* 1971; 8: 323-333.
- Matthews KA, Gump BB, Owens JF. Chronic stress influences cardiovascular and neuroendocrine responses during acute stress and recovery, especially in men. *Health Psychology* 2001; 20: 403-410.
- McEwen BS. *The End of Stress As We Know It*. Washington DC: Joseph Henry Press (JHP), 2002.
- McEwen BS. Protective and damaging effects of stress mediators. *The New England Journal of Medicine* 1998; 338: 171-179.
- McEwen BS. Protection and damage from acute and chronic stress: allostasis and allostatic overload and relevance to the pathophysiology of psychiatric disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2004; 1032: 1-7.
- McEwen BS, Stellar E. Stress and the individual. Mechanisms leading to disease. *Archives of Internal Medicine* 1993; 153: 2093-2101.
- McEwen BS, Wingfield JC. The concept of allostasis in biology and biomedicine. *Hormones and Behavior* 2003; 43: 2-15.
- McRae AL, Saladin ME, Brady KT, Upadhyaya H, Back SE, Timmerman MA. Stress reactivity: biological and subjective responses to the cold pressor and Trier Social stressors. *Human Psychopharmacology* 2006; 21: 377-385.
- Meany MJ. Maternal care, gene expression, and the transmission of individual differences in stress reactivity across generations. *Annual Review of Neuroscience* 2001; 24: 1161-1192.
- Meinlschmidt G, Heim C. Decreased cortisol awakening response after early loss experience. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 568-576.
- Mendelson JH, Sholar MB, Goletiani N, Siegel AJ, Mello NK. Effects of low- and high-nicotine cigarette smoking on mood states and the HPA axis in men. *Neuropsychopharmacology* 2005; 30: 1751-1763.
- Miller DB, O'Callaghan JP. Neuroendocrine aspects of the response to stress. *Metabolism* 2002; 51: 5-10.

- Miller G, Chen E, Zhou E. If it goes up, must it come down? Chronic stress and the hypothalamic- pituitary-adrenocortical axis in humans. *Psychological Bulletin* 2007; 133: 25-45.
- Myllymäki T, Kinnunen M-L, Juuti T, Rusko H. Awakening cortisol is dependent on awakening time but awakening response is not. 12th Annual Congress of the ECSS, 11–14 July 2007, Jyväskylä, Finland
- Nesselroade JR., Salthouse TA. Methodological and theoretical implications of intraindividual variability in perceptual-motor performance. *Journals of Gerontology: Psychological Science* 2004; 59B, P49–P55.
- Netjek VA. High and low emotion events influence emotional stress perceptions and are associated with salivary cortisol response changes in a consecutive stress paradigm. *Psychoneuroendocrinology* 2002; 27: 337-352.
- Newman E, O'Connor DB, Conner M. Daily hassles and eating behaviour: the role of cortisol reactivity status. *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 125-132.
- Ng V, Koh D, Chia SE. Examination stress, salivary cortisol, and academic performance. *Psychological Reports* 2003; 93: 1133-1134.
- Nicolson NA. Measurement of cortisol. In: Luecken LJ, Gallo LC. *Handbook of physiological research methods in health psychology*. SAGE Publications Ltd, 2007. pp. 37-73.
- Nicolson NA, van Diest R. Salivary cortisol patterns in vital exhaustion. *Journal of Psychosomatic Research* 2000; 49: 335-342.
- Nieuwenhuizen AG, Rutters F. The hypothalamic-pituitary-adrenal-axis in the regulation of energy balance. *Physiology and Behavior* 2008; 94: 169-177.
- Nisbett R, Wilson T. Telling more than we can know: verbal reports on mental processes. *Psychological Review* 1977; 84: 231-259.
- Ockenfels MC, Porter L, Smyth J, Kirschbaum C, Hellhammer DH, Stone AA. Effect of chronic stress associated with unemployment on salivary cortisol: overall cortisol levels, diurnal rhythm, and acute stress reactivity. *Psychosomatic Medicine* 1995; 57: 460-467.
- Oskis A, Loveday C, Hucklebridge F, Thorn L, Clow A. Diurnal patterns of salivary cortisol across the adolescent period in healthy females. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 307-316.
- Otte C, Hart S, Neylan TC, Marmar CR, Yaffe K, Mohr DC. A meta-analysis of cortisol response to challenge in human aging: importance of gender. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 80-91.
- Patel RS, Shaw SR, Macintyre H, McGarry GW, Wallace AM. Production of gender-specific morning salivary cortisol reference intervals using internationally accepted procedures. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* 2004; 42: 1424-1429.
- Peeters F, Nicholson NA, Berkhof J. Cortisol responses to daily events in major depressive disorder. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 836-841.
- Peeters F, Nicolson NA, Berkhof J. Levels and variability of daily life cortisol secretion in major depression. *Psychiatry Research* 2004; 126: 1-13.
- Pike JL, Smith TL, Hauger RL, Nicassio PM, Patterson TL, McClintick J, Costlow C, Irwin MR. Chronic life stress alters sympathetic, neuroendocrine, and immune responsivity to an acute psychological stressor in humans. *Psychosomatic Medicine* 1997; 59(4):447-457.

- Polk DE, Cohen S, Doyle WJ, Skoner DP, Kirschbaum C. State and trait affect as predictors of salivary cortisol in healthy adults. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 261-272.
- Poll EM, Kreitschmann-Andermahr I, Langejuergen Y, Stanzel S, Gilsbach JM, Gressner A, Yagmur E. Saliva collection method affects predictability of serum cortisol. *Clinica Chimica Acta* 2007; 382: 15-19.
- Posener JA, Charles D, Veldhuis JD, Province MA, Williams GH, Schatzberg AF. Process irregularity of cortisol and adrenocorticotropin secretion in men with major depressive disorder. *Psychoneuroendocrinology* 2004; 29: 1129-1137.
- Pruessner J, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Burnout, perceived stress, and cortisol responses to awakening. *Psychosomatic Medicine* 1999; 61: 197-204.
- Pruessner J, Wolf O, Hellhammer DH, Buske-Kirschbaum A, von Auer K, Jobst S, Kaspers F, Kirschbaum C. Free cortisol levels after awakening: a reliable biological marker for the assessment of adrenocortical activity. *Life Sciences* 1997; 61: 2539-2549.
- Pruessner M, Hellhammer DH, Pruessner JC, Lupien SJ. Self-reported depressive symptoms and stress levels in healthy young men: associations with the cortisol response to awakening. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 92-99.
- Pruessner M, Pruessner JC, Hellhammer DH, Bruce Pike G, Lupien SJ. The associations among hippocampal volume, cortisol reactivity, and memory performance in healthy young men. *Psychiatry Research* 2007; 155: 1-10.
- Radloff LS. The CES-D Scale: A self-reported depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement* 1977; 3: 385-401.
- Raison CL, Miller AH. When not enough is too much: the role of insufficient glucocorticoid signaling in the pathophysiology of stress-related disorders. *The American Journal of Psychiatry* 2003; 160: 1554-1565.
- Ranjit N, Young EA, Raghunathan TE, Kaplan GA. Modeling cortisol rhythms in a population-based study. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 615-624.
- Rief W., Hiller W, Heuser J. SOMS – Das Screening für Somatoforme Störungen (Manual zum Fragebogen). Bern: Huber, 1997.
- Rimmele U, Seiler R, Marti B, Wirtz PH, Ehlert U, Heinrichs M. The level of physical activity affects adrenal and cardiovascular reactivity to psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 190-198.
- Rimmele U, Zellweger BC, Marti B, Seiler R, Mohiyeddini C, Ehlert U, Heinrichs M. Trained men show lower cortisol, heart rate and psychological responses to psychosocial stress compared with untrained men. *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 627-635.
- Rohleder N, Beulen SE, Chen E, Wolf JM, Kirschbaum C. Stress on the dance floor: the cortisol stress response to social-evaluative threat in competitive ballroom dancers. *Personality and Social Psychology Bulletin* 2007; 33: 69-84.
- Rohleder N, Kirschbaum C. The hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis in habitual smokers. *International Journal of Psychophysiology* 2006; 59: 236-243.

- Rohleder N, Wolf JM, Piel M, Kirschbaum C. Impact of oral contraceptive use on glucocorticoid sensitivity of pro-inflammatory cytokine production after psychosocial stress. *Psychoneuroendocrinology* 2003; 28: 261-273.
- Rohrmann S, Hennig J, Netter P. Changing psychobiological stress reactions by manipulating cognitive processes. *International Journal of Psychophysiology* 1999; 33: 149-161.
- Rose RM, Fogg LF. Definition of a responder: analysis of behavioral, cardiovascular, and endocrine responses to varied workload in air traffic controllers. *Psychosomatic Medicine* 1993; 55: 325-338.
- Rosmalen JG, Oldehinkel AJ, Ormel J, de Winter AF, Buitelaar JK, Verhulst FC. Determinants of salivary cortisol levels in 10-12 year old children; a population-based study of individual differences. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 483-495.
- Rosmond R. Role of stress in the pathogenesis of the metabolic syndrome. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 1-10.
- Roy MP, Kirschbaum C, Steptoe A. Psychological, cardiovascular, and metabolic correlates of individual differences in cortisol stress recovery in young men. *Psychoneuroendocrinology* 2001; 26: 375-391.
- Roy MP, Kirschbaum C, Steptoe A. Intraindividual variation in recent stress exposure as a moderator of cortisol and testosterone activity. *Annals of Behavioral Medicine* 2003; 26: 194-200.
- Roy MP, Steptoe A, Kirschbaum C. Life events and social support as moderators of individual differences in cardiovascular and cortisol reactivity. *Journal of Personality and Social Psychology* 1998; 75: 1273-1281.
- Rubin RT, Phillips JJ, Sadow TF, McCracken JT. Adrenal gland volume in major depression. Increase during the depressive episode and decrease with successful treatment. *Archives of General Psychiatry* 1995; 52: 213-218.
- Salvador A, Suay F, Gonzalez-Bono E, Serrano MA. Anticipatory cortisol, testosterone and psychological responses to judo competition in young men. *Psychoneuroendocrinology* 2003; 28: 364-375.
- Sapolsky RM, Romero LM, Munck AU. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocrine Reviews* 2000; 21: 55-89.
- Sapolsky RM. *Why zebras don't get ulcers*. New York: Henry Holt and Company, 2004.
- Schleimer RP. Interactions between the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and allergic inflammation. *Journal of Allergy & Clinical Immunology* 2000; 62: 286-292.
- Schlott W, Hellhammer J, Schulz P, Stone AA. Perceived work overload and chronic worrying predict weekend-weekday differences in the cortisol awakening response. *Psychosomatic Medicine* 2004; 66: 207-214.
- Schlott W, Kumsta R, Layes I, Entringer S, Jones A, Wust S. Covariance between psychological and endocrine responses to pharmacological challenge and psychosocial stress: a question of timing. *Psychosomatic Medicine* 2008; 70: 787-796.
- Schmidt-Reinwald A, Pruessner JC, Hellhammer DH, Federenko I, Rohleder N, Schurmeyer TH, Kirschbaum C. The cortisol response to awakening in relation to different challenge tests and a 12-hour cortisol rhythm. *Life Sciences* 1999; 64: 1653-1660.



- Schommer N, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Dissociation between reactivity of the hypothalamus-pituitary-adrenal axis and the sympathetic-adrenal-medullary system to repeated psychosocial stress. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 450-460.
- Schoofs D, Hartmann R, Wolf OT. Neuroendocrine stress responses to an oral academic examination: No strong influence of sex, repeated participation and personality traits. *Stress* 2008; 11: 52-61.
- Schulkin J. Allostatis: a neural behavioral perspective. *Hormones and Behaviour* 2002; 43: 21-27.
- Schulkin J. Rethinking homeostasis. Cambridge, MA, US: MIT Press, 2003.
- Schulkin J. Allostasis, homeostasis, and the costs of physiological adaptation. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- Schulz P, Kirschbaum C, Pruessner J, Hellhammer DH. Increased free cortisol secretion after awakening in chronically stressed individuals due to work overload. *Stress and Health* 1998; 14: 91-97.
- Schulz P, Schlotz W, Becker P. Trierer Inventar zum chronischen Stress – Manual. Göttingen: Hogrefe, 2004.
- Schurmeyer T, Jung K, Nieschlag E. The effect of an 1100 km run on testicular, adrenal and thyroid hormones. *International Journal of Andrology* 1985; 7: 276-282.
- Schwabe L, Haddad L, Schachinger H. HPA axis activation by a socially evaluated cold-pressor test. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33: 890-895.
- Selye H. A Syndrome produced by diverse noxious agents. *Nature* 1936; 138: 32-36.
- Selye H. The general adaption syndrom and the diseases of adaption. *Journal of Clinical Endocrinology* 1946; 6: 117-231.
- Selye H. The stress of life. New York: McGraw-Hall, 1956.
- Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin* 1979; 86: 420-428.
- Smyth JM, Ockenfels MC, Gorin AA, Catley D, Porter LS, Kirschbaum C, Hellhammer DH, Stone AA. Individual differences in the diurnal cycle of cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 1997; 22: 89-105.
- Smyth J, Ockenfels MC, Porter L, Kirschbaum C, Hellhammer DH, Stone AA. Stressors and mood measured on a momentary basis are associated with salivary cortisol secretion. *Psychoneuroendocrinology* 1998; 23: 353-370.
- Spangler G. Psychological and physiological responses during an exam and their relation to personality characteristics. *Psychoneuroendocrinology* 1997; 22: 423-441.
- Spangler G, Pekrun R, Kramer K, Hofmann H. Students, emotions, physiological reactions and coping in academic exams. *Anxiety, stress and coping* 2002; 15: 413-432.
- Späth-Schwalbe E. Nocturnal adrenocorticotropin and cortisol secretion depends on sleep duration and decreases in association with spontaneous awakening in the morning. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1992; 75: 1431-1435.
- Spearman, C. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology* 1904; 15: 72-101.

- Spearman, C. 'Footrule' for measuring correlation. *British Journal of Psychology* 1906; 2: 89-108.
- Spielberger CD, Gorsuch RL, Lushene RE. *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, 1970.
- Sprenger HK. *Psychobiologische Beanspruchungsreaktion und chronische Schmerzen bei Auszubildenden: Analyse multidimensionaler Zusammenhänge im Feld*. Dissertation. Universität Mannheim, 2007.
- Stalder T, Hucklebridge F, Evans P, Clow A. Use of a single case study design to examine state variation in the cortisol awakening response: Relationship with time of awakening. *Psychoneuroendocrinology*, in press.
- Steckler T. The neuropsychology of stress. In: Steckler T, Kalin N, Reul J. *Handbook of stress and the brain. Part 1: The neurobiology of stress*. Amsterdam u.a.: Elsevier, 2005. pp. 25-42.
- Step toe A, Brydon L, Kunz-Ebrecht S. Changes in financial strain over three years, ambulatory blood pressure, and cortisol responses to awakening. *Psychosomatic Medicine* 2005b; 67: 281-287.
- Step toe A, Copley M, Griffith J, Kirschbaum C. Job strain and anger expression predict early morning elevations in salivary cortisol. *Psychosomatic Medicine* 2000; 62: 286-292.
- Step toe A, Kunz-Ebrecht SR, Brydon L, Wardle J. Central adiposity and cortisol responses to waking in middle-aged men and women. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 2004b; 28: 1168-1173.
- Step toe, A., Siegrist, J., Kirschbaum. C. & Marmot, M. Effort-reward imbalance, overcommitment, and measures of cortisol and blood pressure over the working day. *Psychosomatic Medicine* 2004a; 66: 323-329.
- Step toe A, Ussher M. Smoking, cortisol and nicotine. *International Journal of Psychophysiology* 2006; 59: 228-235.
- Step toe A, van Jaarsveld CH, Semmler C, Plomin R, Wardle J. Heritability of daytime cortisol levels and cortisol reactivity in children. *Psychoneuroendocrinology* 2009; 34: 273-280.
- Step toe A, Wardle J, Lipsey Z, Mills R, Oliver G, Jarvis M, Kirschbaum C. A longitudinal study of work load and variations in psychological well-being, cortisol, smoking, and alcohol consumption. *Annals of Behavioral Medicine* 1998; 20: 84-91.
- Step toe A, Wardle J, Marmot M. Positive affect and health-related neuroendocrine, cardiovascular, and inflammatory processes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2005a; 102: 6508-6512.
- Sterling P, Eyer J. Allostasis: a new paradigm to explain arousal pathology. In: Fisher S, Reason J, Eds. *Handbook of life stress, cognition and health*. New York: John Wiley & Sons, 1988. pp. 629-649.
- Stetler C, Miller GE. Blunted cortisol response to awakening in mild to moderate depression: regulatory influences of sleep patterns and social contacts. *Journal of Abnormal Psychology* 2005; 114: 697-705.
- Stewart JA. The detrimental effects of allostasis: allostatic load as a measure of cumulative stress. *Journal of Physiological Anthropology* 2006; 25: 133-145.
- Steyer R, Schwenkmezger P, Notz P, Eid, M. *Der mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) – Handanweisung*. Göttingen: Hogrefe, 1997.

- Stowell JR. Use and abuse of academic examinations in stress research. *Psychosomatic Medicine* 2003; 65: 1055-1057.
- Ströhle A, Holsboer F. Stress responsive neurohormones in depression and anxiety. *Pharmacopsychiatry* 2003; 36 Suppl. 3: 207-214.
- Stroud LR, Salovey P, Epel ES. Sex differences in stress responses: social rejection versus achievement stress. *Biological Psychiatry* 2002; 52: 318-327.
- Susman E, Dorn L, Inoff-Germain G, Nottelmann E, Chrousos G. Cortisol reactivity, distress behavior, and behavioral and psychological problems in young adolescents: a longitudinal perspective. *Journal of Research on Adolescence* 1997; 7: 81-105.
- Takahashi T, Ikeda K, Ishikawa M, Kitamura N, Tsukasaki T, Nakama D, Kameda T. Anxiety, reactivity, and social stress-induced cortisol elevation in humans. *Neuroendocrinology Letters* 2005; 26: 351-354.
- Ter Wolbeek M, van Doornen LJ, Coffeng LE, Kavelaars A, Heijnen CJ. Cortisol and severe fatigue: a longitudinal study in adolescent girls. *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 171-182.
- Therrien F, Drapeau V, Lalonde J, Lupien SJ, Beaulieu S, Tremblay A, Richard D. Awakening cortisol response in lean, obese, and reduced obese individuals: effect of gender and fat distribution. *Obesity (Silver Spring)* 2007; 15: 377-385.
- Thorn L, Hucklebridge F, Esgate A, Evans P, Clow A. The effect of dawn simulation on the cortisol response to awakening in healthy participants. *Psychoneuroendocrinology* 2004; 29: 925-930.
- Thorn L, Hucklebridge F, Evans P, Clow A. Suspected non-adherence and weekend versus week day differences in the awakening cortisol response. *Psychoneuroendocrinology* 2006; 31: 1009-1018.
- Thorn L, Hucklebridge F, Evans P, Clow A. The cortisol awakening response, seasonality, stress and arousal: a study of trait and state influences. *Psychoneuroendocrinology*, in press.
- Tsigos C, Chrousos GP. Hypothalamic-pituitary-adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *Journal of Psychosomatic Research* 2002; 53: 865-871.
- Tziomalos K, Charsoulis F. Endocrine effects of tobacco smoking. *Clinical Endocrinology* 2004; 61: 664-674.
- Ursin H. The psychology in psychoneuroendocrinology. *Psychoneuroendocrinology* 1998; 23: 555-570.
- Ursin H, Eriksen H. Sensitization, subjective health complaints, and sustained arousal. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2001; 933: 119-129.
- Van Doornen LJP, Knol DL, Willemsen G, de Geus EJC. The relationship between stress reactivity in the laboratory and in real life: Is reliability the limiting factor? *Journal of Psychophysiology* 1994; 8: 297-303.
- van Eck MM, Berkhof H, Nicolson N, Sulon J. The effects of perceived stress, traits, mood states, and stressful daily events on salivary cortisol. *Psychosomatic Medicine* 1996b; 58: 447-458.
- van Eck M, Nicolson NA, Berkhof H, Sulon J. Individual differences in cortisol responses to a laboratory speech task and their relationship to responses to stressful daily events. *Biological Psychology* 1996a; 43: 69-84.

- van Eekelen AP, Kerkhof GA, van Amsterdam JG. Circadian variation in cortisol reactivity to an acute stressor. *Chronobiology International* 2003; 20: 863-878.
- Varghese FP, Brown ES. The Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis in Major Depressive Disorder: A Brief Primer for Primary Care Physicians. *Primary care Companion to the Journal of Clinical Psychiatry* 2001; 3: 151-155.
- Vedhara K, Cox NK, Wilcock GK, Perks P, Hunt M, Anderson S, Lightman SL, Shanks NM. Chronic stress in elderly carers of dementia patients and antibody response to influenza vaccination. *Lancet* 1999; 353: 627-631.
- Vedhara K, Hyde J, Gilchrist ID, Tytherleigh M, Plummer S. Acute stress, memory, attention and cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 2000; 25: 535-549.
- Vedhara K, McDermott MP, Evans TG, Treanor JJ, Plummer S, Tallon D, Cruttenden KA, Schifitto G. Chronic stress in non elderly caregivers: psychological, endocrine and immune implications. *Journal of Psychosomatic Research* 2002; 53: 1153-1161.
- Vedhara K, Miles J, Bennett P, Plummer S, Tallon D, Brooks E, Gale L, Munnoch K, Schreiber-Kounine C, Fowler K, Lightmann S, Sammon A, Rayter Z, Farndon J. An investigation into the relationship between salivary cortisol, stress, anxiety and depression. *Biological Psychology* 2003; 62: 89-96.
- Wallerius S, Rosmond R, Ljung T, Holm G, Björntorp P. Rise in morning saliva cortisol is associated with abdominal obesity in men: A preliminary report. *Journal of Endocrinological Investigation* 2003; 26: 616-619.
- Wamboldt MZ, Laudenslager M, Wamboldt FS, Kelsay K, Hewitt J. Adolescents with atopic disorders have an attenuated cortisol response to laboratory stress. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 2003; 111: 509-514.
- Waye KP, Clow A, Edwards S, Hucklebridge F, Rylander R. Effects of nighttime low frequency noise on the cortisol response to awakening and subjective sleep quality. *Life Sciences* 2003; 72: 863-875.
- Weekes N, Lewis R, Patel F, Garrison-Jakel J, Berger DE, Lupien SJ. Examination stress as an ecological inducer of cortisol and psychological responses to stress in undergraduate students. *Stress* 2006; 9: 199-206.
- Weitzman ED, Fukushima D, Nogeire C, Roffwarg H, Gallagher TF, Hellman L. Twenty-four hour pattern of the episodic secretion of cortisol in normal subjects. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1971; 33: 14-22.
- Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics* 1945; 1: 80-83.
- Wilcoxon F. Probability tables for individual comparisons by ranking methods. *Biometrics* 1947; 3: 119-122
- Wilhelm I, Born J, Kudielka BM, Schlotz W, Wust S. Is the cortisol awakening rise a response to awakening? *Psychoneuroendocrinology* 2007; 32: 358-366.
- Williams E, Magid K, Steptoe A. The impact of time of waking and concurrent subjective stress on the cortisol response to awakening. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 139-148.
- Wittchen H-U, Perkonig A. DIA-X-Screening Verfahren: Fragebogen DIA-ASQ: Screening für Angststörungen. Frankfurt: Swets & Zeitlinger, 1997.

- 
- Wolf OT. The influence of stress hormones on emotional memory: relevance for psychopathology. *Acta Psychologica* 2008; 127: 513-531.
- Wolf OT, Fujiwara E, Luwinski G, Kirschbaum C, Markowitsch HJ. No morning cortisol response in patients with severe global amnesia. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 101-105.
- World Health Organization (WHO). Wellbeing measures in primary health care / the DEPCARE Project. Report on a WHO Meeting, 12-13 February 1998, Stockholm Sweden. EUR/HFA targets 12, 13.
- World Health Organization (WHO). Obesity: Preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva: World Health Organisation, 2000.
- World Health Organization (WHO). 2003 World Health Organization (WHO) / International Society of Hypertension (ISH) statement on management of hypertension. *Journal of Hypertension* 2003; 21: 1983-1992.
- Wright CE, Steptoe A. Subjective socioeconomic position, gender and cortisol responses to waking in an elderly population. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 582-590.
- Wüst S, Federenko I, Hellhammer DH, Kirschbaum C. Genetic factors, perceived chronic stress, and the free cortisol response to awakening. *Psychoneuroendocrinology* 2000a; 25: 707-720.
- Wüst S, Federenko IS, van Rossum EF, Koper JW, Hellhammer DH. Habituation of cortisol responses to repeated psychosocial stress-further characterization and impact of genetic factors. *Psychoneuroendocrinology* 2005; 30: 199-211.
- Wüst S, Federenko IS, van Rossum EF, Koper JW, Hellhammer DH, Kumsta R, Entringer S. A psychobiological perspective on genetic determinants of hypothalamus-pituitary-adrenal axis activity. *Annals of the New York Academy of Science* 2004: 52-62.
- Wüst S, Wolf J, Hellhammer DH, Federenko I, Schommer N, Kirschbaum C. The cortisol awakening response – normal values and confounds. *Noise and Health* 2000b; 7: 77-85.
- Young EA, Abelson JL, Cameron OG. Effect of comorbid anxiety disorders on the hypothalamic-pituitary-adrenal axis response to a social stressor in major depression. *Biological Psychiatry* 2004; 56: 113-120.
- Young EA, Lopez JF, Murphy-Weinberg V, Watson SJ, Akil H. The role of mineralocorticoid receptors in hypothalamic-pituitary-adrenal axis regulation in humans. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 1998; 83: 3339-3345.



## **Ehrenwörtliche Erklärung**

---

Ich versichere hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und alle benutzten Hilfsmittel angegeben habe. Stellen, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall durch Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Mannheim, den 07.04.2009

Judith Leinweber