

# **Biologische Korrelate der Selbstregulation**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Akademischen Grades

eines Dr. phil.,

vorgelegt dem Fachbereich 02 - Sozialwissenschaften, Medien und Sport

der Johannes Gutenberg-Universität

Mainz

von

Lara Gomille

aus Pirmasens

Mainz

2017

Referent:

Korreferent:

Tag des Prüfungskolloquiums: 04. Juli 2017





# Inhaltsverzeichnis

## **Inhaltsverzeichnis**

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VII
Anhangsverzeichnis.....	VIII
Abstract.....	IX
Zusammenfassung .....	X
1 Einleitung .....	1
2 Theoretischer Hintergrund.....	4
2.1 Selbstregulation .....	4
2.1.1 Begriff und Abgrenzung.....	5
2.1.2 Empirie.....	6
2.1.3 Selbstregulationsversagen: Ego Depletion.....	7
2.1.4 Limitationen.....	20
2.1.5 Fazit.....	25
2.2 Biologische Korrelate der Selbstregulation .....	26
2.2.1 Selbstregulation und Blutglukose.....	28
2.2.2 Selbstregulation und Herzratenvariabilität.....	48
2.3 Zusammenfassung und Ableitung der Fragestellung.....	60
2.4 Fragestellung und Hypothesen.....	64
3 Studie 1: Replikation von Ego Depletion .....	67

## Inhaltsverzeichnis

3.1 Methode .....	67
3.1.1 Design.....	67
3.1.2 Stichprobe.....	68
3.1.3 Ablauf.....	70
3.1.4 Instrumente und Variablen. ....	72
3.1.5 Datenauswertung.....	78
3.1.6 Analysen.....	79
3.2 Ergebnisse.....	81
3.2.1 Einfluss der Aufgabenlänge. ....	81
3.2.2 Explorative Analysen. ....	83
3.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse. ....	85
4 Studie 2: Biologische Korrelate.....	87
4.1 Methode.....	87
4.1.1 Design.....	87
4.1.2 Stichprobe.....	88
4.1.3 Ablauf.....	95
4.1.4 Instrumente und Variablen. ....	104
4.1.5 Datenauswertung.....	110
4.2 Ergebnisse.....	124
4.2.1 Ego Depletion.....	124
4.2.2 Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation.....	124
4.2.3 Glukoseverbrauch.....	125

## Inhaltsverzeichnis

4.2.4 Herzratenvariabilität.....	126
4.2.5 Zusammenhänge mit anderen Trait-Maßen. ....	129
4.2.6 Explorative Analysen. ....	130
4.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse. ....	132
5 Diskussion .....	134
5.1 Einordnung der Befunde .....	135
5.1.1 Ego Depletion.....	135
5.1.2 Trait-Selbstregulation.....	140
5.1.3 Blutglukosestoffwechsel. ....	141
5.1.4 Herzratenvariabilität.....	146
5.2 Stärken und Schwächen der Untersuchung .....	149
5.2.1 Studie 1.....	150
5.2.2 Studie 2.....	152
5.2.3 Gesamtuntersuchung .....	155
5.3 Implikationen für zukünftige Forschung .....	158
5.4 Zusammenfassung und Fazit .....	160
6 Literaturverzeichnis.....	163
7 Anhang .....	192
Erklärung .....	236
Curriculum vitae .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### Abkürzungsverzeichnis

AF	Auslassungsfehler (Auswertungsmaß der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe)
BIS	Barratt Impulsiveness Scale (Barratt, 1959)
BFI-K	Big Five Inventory, Kurzform (Rammstedt & John, 2005)
BMI	Body Mass Index
CERQ	Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (Loch, Hiller & Witthöft, 2011)
COLT	Crossing out letters-task (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe)
EG	Experimentalgruppe
FAM	Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation und Lern- und Leistungssituationen (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001)
FEV	Fragebogen zum Essverhalten (Pudel & Westenhöfer, 1989)
GIR	Glukoseinfusionsrate
GZ	Gesamtzahl aller bearbeiteter Zeichen (Auswertungsmaß der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe)
HbA1c	Anteil des roten Blutfarbstoffs (Hämoglobin) am gesamten Blutfarbstoffs, an den Glukose gebunden ist
HF	High Frequency-Frequenzband der Herzrate
HOMA	Homeostasis Model Assessment (Berechnungsmodell der Insulinsensitivität)
HRV	Herzratenvariabilität
KG	Kontrollgruppe
LF	Low Frequency-Frequenzband der Herzrate
<i>M</i>	Mean, Mittelwert

## Abkürzungsverzeichnis

MDBF	Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (Steyer, Schwenkmezger, Notz, & Eid, 1997)
NVI	Theorie der Neuroviszeralen Integration nach Thayer (2009)
RMSSD	Root Mean Square Standard Deviation, Quadratwurzel des Mittelwerts der Summe der quadrierten Differenzen der Inter-Beat Intervalle (Maß der Herzratenvariabilität)
RT	Reaction Time, Reaktionszeit
SCS	Self Control Scale (Bertrams & Dickhäuser, 2009)
<i>SD</i>	Standard Deviation, Standardabweichung
SDNN	Standard Deviation of Normal-to-Normal-Intervals, Standardabweichung der Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen (Maß der Herzratenvariabilität)
VF	Verwechslungsfehler (Auswertungsmaß der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe)

## Abbildungsverzeichnis

### **Abbildungsverzeichnis**

- Abbildung 1. Instruktion und Wortzeilen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe nach dem Übungsdurchgang in der Version der Experimentalgruppe..... 73
- Abbildung 2. Reaktionszeitdifferenzen in Millisekunden zwischen kongruenten und inkongruenten Items der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) innerhalb der einzelnen Bedingungen (5 min und 10 min)..... 82
- Abbildung 3. Drop Outs beim Telefonscreening, der Voruntersuchung und dem Experiment. Die ein- und ausgeschlossenen Teilnehmer unterscheiden sich mit Ausnahme des Geschlechterverhältnisses nicht voneinander. .... 94
- Abbildung 4. Veränderung der Glukoseinfusionsrate über die Experimentphasen Steady State, task 1 (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe), task 2 (Stroop-Test), post-task 1 und 2 (unterteilte Nachbeobachtungsphase) zwischen Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) ..... 126
- Abbildung 5. Veränderung der Herzratenvariabilität innerhalb Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) über die Experimentphasen Steady State, Aufgabe 1 (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe) und Aufgabe 2 (Stroop-Test)..... 128
- Abbildung 6. Leistungsveränderung in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe über die Zeit. Dargestellt wird die Differenz der Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen und den fehlerfreien bearbeiteten Zeichen der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG). .... 131

## Tabellenverzeichnis

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1	Aufgabentypen in der Metaanalyse von Carter und Kollegen (2015).....	18
Tabelle 2	Probandenanzahl in den Zeit- und Gruppenbedingungen .....	69
Tabelle 3	Mittelwerte (Standardabweichung) des Alters der Probanden und prozentualer Anteil weiblicher Probanden innerhalb von Experimental- und Kontrollgruppe und den beiden Zeitbedingungen 5 Minuten und 10 Minuten .....	70
Tabelle 4	Varianzaufklärung der beiden Regressionsmodelle .....	84
Tabelle 5	Mittelwerte ( <i>M</i> ) und Standardabweichungen ( <i>SD</i> ) der Fehlerprozentwerte der vier Subgruppen in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe.....	85
Tabelle 6	Ein- und Ausschlusskriterien der Studie .....	90
Tabelle 7	Gründe für Nichteinschluss in die Studie .....	92
Tabelle 8	Zulässige Blutwerte im HOMA-2-Modell .....	105
Tabelle 9	Experimentalphasen zur Datenauswertung .....	113
Tabelle 10	Maße der Herzratenvariabilität .....	117
Tabelle 11	Statistische Analysen und die zugrunde liegenden Stichproben .....	120
Tabelle 12	Stichprobencharakteristika .....	121
Tabelle 13	Korrelationen der Trait-Selbstregulation (erfasst über die Fragebögen SCS und BIS), Insulinsensitivität (HOMA-2) und Baseline-HRV (RMSSD).....	130

## Anhangsverzeichnis

### **Anhangsverzeichnis**

Anhang A. Durchführungsprotokoll/ Visitenbogen .....	193
Anhang B. Protokoll zur Durchführung des Glukose-Clamps .....	200
Anhang C. Informationsbroschüre für die Probanden.....	205
Anhang D. Einverständniserklärung zur Studienteilnahme .....	210
Anhang E. Fragebögen .....	211
Anhang F. Probandenausweis mit Informationen zu Hypoglykämien.....	226
Anhang G. Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, Versionen für Kontroll- und Experimentalgruppe .....	228
Anhang H. Informationsblatt des Herstellers zum Glucostator.....	236

## Abstract

### **Abstract**

Self-regulation is considered as an ability to control one's own thoughts, emotions and actions. Self-regulation is not domain-specific and is based on a limited strength resource. A depletion of this resource by the exertion of self-regulation is supposed to cause a state of reduced willpower called ego depletion. It is still questionable whether there are biological correlates of self-regulation that can explain this depletion. Prior research has considered glucose metabolism and heart rate variability to be such correlates. However, recent studies suggest that ego depletion is not a general phenomenon, but only occurs under certain conditions. The present study aimed to fill that gap in literature. Therefore experimental requirements for ego depletion and the relationship between blood glucose metabolism, heart rate variability, and self-regulation were investigated.

Study 1 compared two versions of the first self-regulatory task of a dual task experiment, which differed in their length. It was shown that ego depletion occurred only in the shorter task. Affect and motivation were also measured, however did not contribute to the prediction of ego depletion. In Study 2, no correlation between self-regulation and glucose metabolism was found, although, under conditions of stable blood glucose, ego depletion did not occur. Heart rate variability in the resting state significantly contributed to the prediction of the later self-regulation performance.

Overall, the current results could not support assumptions of previous research regarding self-regulation and biological correlates, and give prominence to doubts about the strength model and the assumption that glucose metabolism is linked to self-regulation. However, further research on the relationship between self-regulation and heart rate variability is needed for a better understanding of biological correlates of self-regulation. The main findings are integrated and implications for research on self-regulation and its biological correlates are discussed.

## Zusammenfassung

### **Zusammenfassung**

Selbstregulationsleistung gilt als die domänenunspezifische Fähigkeit, eigene Gedanken, Gefühle und Handlungen zu kontrollieren und wird als begrenzte Ressource angesehen. Ein Aufbrauchen erfolgt durch das Ausüben von Selbstregulation und führt zu einem Erschöpfungszustand, der als Ego Depletion bezeichnet wird. Bisher wurde noch nicht ausreichend untersucht, ob diesem Effekt biologische Korrelate zugrunde liegen. Dafür in Betracht gezogen wurden der Blutglukosestoffwechsel und die Herzratenvariabilität. Befunde neuerer Studien legen nahe, dass Ego Depletion kein generelles Phänomen ist, sondern nur unter bestimmten Voraussetzungen auftritt. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, unter welchen experimentellen Bedingungen es zu Ego Depletion kommt und ob es Zusammenhänge zwischen Blutglukosestoffwechsel, Herzratenvariabilität und der Selbstregulation gibt.

In der ersten Studie wurden zwei Aufgaben eines Dual Task-Experiments miteinander verglichen, die sich in ihrer Länge unterschieden. Es konnte gezeigt werden, dass Ego Depletion nur bei der kürzeren Aufgabe auftrat. Affekt und Motivation der Probanden konnten nicht zur Varianzaufklärung dieses Unterschieds beitragen. In der zweiten Studie konnte kein Zusammenhang zwischen Selbstregulation und Blutglukosestoffwechsel gefunden werden. Unter der Bedingung eines stabilen Blutglukosespiegels trat Ego Depletion jedoch nicht auf. Die Herzratenvariabilität im Ruhezustand trug signifikant zur Vorhersage der späteren Selbstregulationsleistung bei.

Die vorliegenden Ergebnisse konnten bestehende Annahmen zu Selbstregulation und biologischen Korrelaten nicht bestätigen sondern untermauern Zweifel am Stärkemodell der Selbstregulation und der Annahme, dass Selbstregulation mit dem Blutglukosestoffwechsel assoziiert ist. Zur Untersuchung des Zusammenhangs von Selbstregulation und Herzratenvariabilität bedarf es weiterer Forschung. Die Befunde werden eingeordnet und Implikationen diskutiert.

# Einleitung

## 1 Einleitung

Um das alltägliche Leben gut bewältigen zu können, ist an einigen Stellen eine gewisse Disziplin vonnöten. Diese ist notwendig, um beispielsweise einen gesunden Lebensstil umzusetzen oder Pflichten nachzugehen, anstatt sich mit erfreulicheren Alternativen abzulenken. Gelingt dies nicht, kommt es in den meisten Fällen zu negativen Folgen. Ein ungesunder Lebensstil beispielsweise kann zu Übergewicht und Folgeerkrankungen führen, die inzwischen zu den sogenannten Volkskrankheiten zählen. Etwa jeder elfte Mensch weltweit leidet unter Diabetes (International Diabetes Federation, 2015) und sogar jeder vierte Erwachsene hat Bluthochdruck (Kearney et al., 2005). Die Entstehung eines großen Anteils dieser Krankheitsfälle ist dabei auf Lebensstilfaktoren zurückzuführen. Der in der psychologischen Forschung am weitesten verbreitete Begriff, der beschreibt, was allgemein hin unter Disziplin verstanden wird, lautet Selbstregulation. Die Fähigkeit zur Selbstregulation scheint maßgeblichen Einfluss auf die Umsetzung eines gesundheitsfördernden Lebensstils zu nehmen. Belegt wurde dies in vielen Studien, beispielsweise im Falle von Übergewicht (Keller & Hartmann, 2016; Tan & Holub, 2011). Meistens gelingt es Betroffenen nicht gut, Veränderungen zur Verbesserung ihres Gesundheitsstatus umzusetzen, selbst wenn sie sich diese vornehmen (Fitzpatrick et al., 2016; Mc Namara et al., 2015). Die Bedeutsamkeit einer erfolgreichen Selbstregulation für Gesundheit und Sozialleben wirft die Frage auf, wann und wieso es zu einem Erfolg oder einem Scheitern von Selbstregulationsversuchen kommt.

Die Fähigkeit zu Selbstregulation wurde über mehrere Jahrzehnte erforscht und maßgeblich durch Arbeiten von Baumeister geprägt. Selbstregulation kann trainiert werden, sodass künftig eine bessere Leistung erzielt werden kann, ähnlich den

## Einleitung

Eigenschaften eines Muskels (Gailliot, Plant, Butz, & Baumeister, 2007b; Muraven, Baumeister & Tice, 1999). Daher wurde angenommen, dass die Fähigkeit zur Selbstregulation erschöpfbar ist, so wie es im Fall der Muskelkraft beobachtbar ist. Das bedeutet, dass nach erfolgreicher Selbstregulation für einige Zeit eine verschlechterte Selbstregulationsleistung zu erwarten wäre (Baumeister, Bratslavsky, Muraven & Tice, 1998). Eine solche Erschöpfung wird als *Ego Depletion* bezeichnet. Zu dieser Erschöpfungshypothese gibt es allerdings kontroverse Studienbefunde. Experimentelle Untersuchungen ließen bisher offen, unter welchen Voraussetzungen es zu einer Erschöpfung kommt. Das Phänomen Ego Depletion wurde als Hinweis darauf interpretiert, dass die Ressource Selbstregulation eng mit physiologischen Prozessen verbunden ist. Tatsächlich wurde gezeigt, dass das Ausüben von Selbstregulation den Blutglukosespiegel von Probanden verringert und dass ein niedrigerer Blutglukosespiegel die spätere Selbstregulationsleistung beeinträchtigt (Gailliot et al., 2007a). Der Blutglukosestoffwechsel wurde daher als mögliches biologisches Korrelat von Selbstregulation diskutiert. Daneben ergänzen Theorien und Befunde zu Zusammenhängen von Selbstregulation und Herzratenvariabilität die Annahme von biologischen Korrelaten der Selbstregulation (Appelhans & Luecken, 2006; Segerstrom & Nes, 2007). Hinweise auf einen Zusammenhang von Herzratenvariabilität und Selbstregulation lieferten zudem Befunde, die zeigten, dass eine höhere Herzratenvariabilität mit einem besseren allgemeinen Gesundheitsstatus assoziiert ist.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich zum einen mit der Frage, unter welchen Voraussetzungen Ego Depletion experimentell nachweisbar ist. Zum anderen werden der Blutglukosespiegel und die Herzratenvariabilität als mögliche biologische Korrelate von Selbstregulation überprüft. Dabei sollte unter anderem untersucht werden,

## Einleitung

ob eine Aufgabe, die Selbstregulation erfordert, und in der bisherigen Forschung häufig eingesetzt wurde, messbare Auswirkungen auf den Blutglukosespiegel der Probanden hat. Auch sollte geprüft werden, ob sich die Herzratenvariabilität der Probanden beim Bearbeiten der Selbstregulationsaufgaben verändert. Um diese Fragestellungen zu untersuchen, wurde erstmals eine spezielle Methode verwendet, die geeignet war, messfehlerarm geringfügige Veränderungen des Blutglukosespiegels nachzuweisen, das Glucose-Clamp-Verfahren (DeFronzo, Tobin & Andres, 1979).

### **2 Theoretischer Hintergrund**

Die Annahme einer generellen Fähigkeit zur Selbstdisziplin, Selbstkontrolle oder Selbstregulation ist ein älteres Konstrukt in der psychologischen Forschung. Die Forschungstradition zu Selbstregulation basiert auf unterschiedlichen Begriffen, die zuerst geklärt werden müssen. Bisher wurden viele Studien und einige Metaanalysen zu Selbstregulation veröffentlicht. Den experimentellen Untersuchungen wurden methodische Designs zugrunde gelegt, die sich teilweise stark voneinander unterscheiden. Die Befunde fielen demnach auch sehr kontrovers aus.

#### **2.1 Selbstregulation**

Im Allgemeinen bezeichnet Selbstregulation die Leistung, die aufgebracht werden muss, um Impulsen zu widerstehen, zielgerichtet zu handeln und Emotionen und Gedanken zu unterdrücken (Baumeister, 1998). Selbstregulation stellt eine domänenunspezifische Fähigkeit dar. Die Bedeutsamkeit einer guten Selbstregulation geht über ein erfolgreiches Gesundheitsmanagement hinaus und zeigt sich im Bewältigen vielfältiger Alltagsanforderungen (Baumeister, Vohs & Tice, 2007). Beispielsweise wird Selbstregulation für das Zurückhalten aggressiver Impulse oder inadäquater Emotionen benötigt. Die Definition der Selbstregulation geht auf Baumeister (1998) zurück und beschreibt die verbreitete Konstruktvorstellung von Selbstregulation umfassend. Baumeisters Vorstellung des Konstrukts Selbstregulation war Ausgangspunkt für viele Arbeiten, die das Konstrukt erforschten und an die vorliegende Arbeit anknüpft.

### **2.1.1 Begriff und Abgrenzung.**

Die Forschung zu Selbstregulation wurde durch viele unterschiedliche Begriffe und Konzepte gekennzeichnet. Baumeisters (1998) Definition von Selbstregulation schloss an ältere Konstrukte an. Die meisten Definitionen beschrieben allerdings nur Teilgebiete der späteren generalisierten Definition von Selbstregulation. Ein älterer und enger eingegrenzter Begriff war die mentale Kontrolle, also die Fähigkeit zur Gedankenkontrolle, und ging auf die Arbeitsgruppe um Wegner (1987) einige Jahre zuvor zurück. Etwas später wurde der Begriff Selbstkontrolle als die wahrgenommene Fähigkeit verstanden, Ereignisse maßgeblich zu beeinflussen (Burger, 1989). Muraven und Kollegen (1998) sprachen in ihren ersten Arbeiten von einer Regulationsstärke. Der Begriff der Regulation war dabei allgemeiner gefasst als der Begriff der Kontrolle, da er über eine Unterdrückung bestimmter Impulse hinausgehen kann.

Die bis zu diesem Zeitpunkt existierende Vielfalt von unterschiedlichen Begrifflichkeiten mit inhaltlichen Überlappungen und Diskrepanzen brachte ebenso eine heterogene Methodik hervor. Daher existierte kein eindeutig definiertes Selbstregulationskonstrukt, das experimentell gut überprüft werden konnte. Baumeister und Kollegen (1998) griffen das Konstrukt der Regulationsstärke auf. Nach den Autoren basiert Selbstregulation auf, grundsätzlich der Volition wie gleichermaßen der Motivation unterliegenden, automatischen oder unbewussten psychischen Prozessen. Selbstregulation stellt demnach die grundlegende Fähigkeit dar, zielgerichtet zu entscheiden, zu handeln und gegebenenfalls Emotionen, Gefühle und Handlungsimpulse, die nicht zielführend wären, zu unterdrücken. Selbstregulation als Fähigkeit, die eigenen Gedanken, Gefühle und das eigene Verhalten zu kontrollieren wird laut der Arbeitsgruppe beispielsweise dann angewandt, wenn kontrolliert wird, wie

## Theoretischer Hintergrund

viel man isst oder ob man sich aufdrängenden Gedanken und Gefühlen nachgibt (Baumeister, Heatherton & Tice, 1994). Entlang dieser Definition wird neben der Gedankenkontrolle, wie bei Wegner (1987), auch die Gefühls- und Handlungskontrolle miteinbezogen und der Fokus auf eine grundsätzliche situations- und domänenunspezifische Regulationsfähigkeit ausgeweitet. Diese Fähigkeit umfasst gleichermaßen beispielsweise Essverhalten, Delinquenz, Emotionsregulation und Gedankenunterdrückung (vgl. Baumeister et al., 1998). Die Autoren lieferten damit eine umfassende und augenscheinvalide Konstruktdefinition von Selbstregulation, auf der sich künftige Forschungsdesigns aufbauen konnten.

### **2.1.2 Empirie.**

Gepüft wurde diese Modellvorstellung in vielen experimentellen Studien, indem Probanden durch unterschiedliche Aufgabendesigns herausgefordert wurden, Selbstregulation aufzubringen. Daneben wurden in Form von Selbstberichtsuntersuchungen Probanden zu Selbstregulation im Alltag befragt. Unterschieden werden müssen die sogenannte State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation. State-Selbstregulation beschreibt die experimentell messbare, im jeweiligen Moment aufgewandte Selbstregulation. Als Trait-Selbstregulation wird die situationsübergreifenden Fähigkeit einer Person zur Selbstregulation bezeichnet.

In der bisherigen Forschung wurde implizit angenommen, dass State- und Trait-Selbstregulation eng zusammenhängen (vgl. Baumeister et al., 2007; Inzlicht & Gutsell, 2007). Experimentelle Designs wurden daher auf Basis von Annahmen zur Trait-Selbstregulation im Alltag hergeleitet, z.B. gesundes Essverhalten, Zurückhalten von sexuellen oder aggressiven Impulsen. Umgekehrt wurde die experimentell erbrachte Selbstregulationsleistung wiederum als Indikator für das Ausmaß der grundsätzlichen

## Theoretischer Hintergrund

Fähigkeit zur Selbstregulation angesehen. Damit wurde keine Trennung der Konstrukte State- und Trait-Selbstregulation vorgenommen. Vielmehr wurden experimentelle State-Messungen und Trait-Erhebungen in Form von Selbstauskünften häufig als gleichermaßen geeignete Erfassungsmöglichkeiten der Selbstregulationsfähigkeit einer Person angesehen, was jedoch nicht belegt wurde.

Das alltagspsychologische Phänomen, dass Personen unterschiedlich „diszipliniert“ sind, konnte auch in den durchgeführten Studien nachgewiesen werden. Neben interindividuellen Unterschieden beim Versuch, Selbstregulation aufzuwenden, wurden auch intraindividuelle Erfolge berichtet. Es wurden Situationen beobachtet, in denen Personen Selbstregulationsaufgaben schlechter bearbeiten, wenn sie zuvor bereits eine Selbstregulationsaufgabe bearbeitet hatten (Muraven et al., 1998; Muraven, Collins, Shiffman & Paty, 2005). Auch wurde beobachtet, dass manche Personen eine grundsätzlich verringerte Selbstregulationsfähigkeit berichteten, als von ihnen zu erwarten wäre (Tangney, Baumeister & Boone, 2004). Diese inter- und intraindividuellen Unterschiede im Ausmaß des Selbstregulationserfolgs reichen bis hin zu einem Scheitern beim Versuch, Selbstregulation aufzubringen. Dieses Scheitern wird als *Ego Depletion* bezeichnet.

### **2.1.3 Selbstregulationsversagen: Ego Depletion.**

Dass es zu einem Versagen von Selbstregulation kommen kann, lässt vermuten, dass von dieser Fähigkeit nicht unbegrenzt Gebrauch gemacht werden kann, anders als beispielsweise vom Denkvermögen in einem wachen und gesunden Zustand angenommen wird. Wie diese Begrenzung modelltheoretisch zu erklären ist, wurde von Muraven und Kollegen (1998) thematisiert. Die Autoren verglichen drei

## Theoretischer Hintergrund

unterschiedliche Modellvorstellungen, um Selbstregulation und ihre Charakteristiken einordnen zu können.

Zum einen könnte Selbstregulation als Fähigkeit oder Kompetenz verstanden werden, die vom Menschen in seiner individuellen Entwicklung nach und nach ausgebildet wird. Diese wäre, etwa vergleichbar mit dem Sprechen einer bereits erlernten Sprache, bis auf weitere kleine Lerneffekte in ihrer Ausübung konstant. Einmal erlernt, was im Normalfall in der Kindheit geschieht, sollte diese Fähigkeit immer wieder angewandt werden können. Übertragen auf eine experimentelle Untersuchungssituation, in der Personen Selbstregulation aufbringen müssen, würde dies bedeuten, dass das konsekutive Selbstregulieren im Rahmen mehrerer aufeinander folgenden Aufgaben demnach in allen Aufgaben ähnlich gut gelingen sollte. Falls von Unterschieden ausgegangen würde, wäre allenfalls von einer leichten Verbesserung auszugehen, sodass vor dem Hintergrund einer solchen Modellvorstellung das Scheitern eines Selbstregulationsversuchs nicht erklärt werden könnte.

In einer alternativen Konstruktvorstellung wird die Selbstregulationsfähigkeit als die Kenntnis einer bestimmten Problemlösestrategie betrachtet. Analog zu einem bestimmten Wissen, das abgerufen wird, wird im Falle einer Selbstregulationsanforderung ein Handlungsschema aktiviert. Dieses war vorher in einer Art „Standby“-Modus. Das bedeutet, dass nach einiger Zeit oder bei aufeinanderfolgender Selbstregulationsanforderung das Erbringen umso besser gelingen würde, da dieses Schema bereits aktiviert wurde. Als Beispiel kann für diese Vorstellung das Fahrradfahren herangezogen werden: die erste Fahrt nach langer Pause verläuft anfangs noch etwas unsicher, jedoch je länger sie andauert, desto besser funktioniert das Fahren. Eine solche Aktivierung der früheren Kenntnisse funktioniert

## Theoretischer Hintergrund

beim nächsten Mal kurze Zeit später besser. Ein Selbstregulationsversagen wäre entlang dieser Vorstellung auf ein noch nicht aktiviertes Schema zurückzuführen. Dies wäre nur erklärbar, wenn das Versagen bei den ersten Versuchen, Selbstregulation aufzubringen, eintritt. Übertragen auf zwei konsekutive Selbstregulationsaufgaben wäre daher zu erwarten, dass entweder in beiden eine vergleichbare Leistung oder jedoch in der ersten Aufgabe eine schlechtere Selbstregulationsleistung erbracht wird.

In der dritten Konzeptvorstellung wird Selbstregulation als Ressource betrachtet, die, ähnlich wie beispielsweise körperliche Energie, nur begrenzt verfügbar ist und temporär aufgebraucht werden kann. Genauso wie es zu einer Ermüdungsreaktion nach körperlicher Aktivität kommt oder wie die Erschöpfung wahrgenommen wird, die man nach einem langen Tag verspürt, wäre auch Selbstregulation nur begrenzt auszuüben. Übertragen auf das Aufbringen von aufeinanderfolgenden Selbstregulationsleistungen würde dies bedeuten, dass eine schlechtere Leistung in der späteren Anforderung oder Aufgabe zu erwarten wäre. Erst nach einer Phase der Erholung, vergleichbar mit Schlaf oder einer Ruhepause, wird die Verfügbarkeit als wiederhergestellt erwartet. Diese Eigenschaften ähneln denen eines Muskels, der trainiert werden kann, um zukünftig mehr Leistung zu erbringen. Demnach existierten zum einen intraindividuelle Unterschiede in der Fähigkeit, Leistung zu erbringen, zum Beispiel in Form einer verbesserten Fähigkeit nach vorheriger Erholungsphase oder einer eingeschränkten Fähigkeit nach Erschöpfung. Zum anderen existierten auch interindividuelle Unterschiede, da sich einzelne Personen in ihrer „Ausstattung“ unterscheiden, vergleichbar mit der unterschiedlichen Muskelmasse und Muskelstärke bei verschiedenen Personen. Muraven und Kollegen (1998) stützen diese Annahme auch auf Beobachtungen, dass Selbstregulation im Rahmen von Emotions- oder

## Theoretischer Hintergrund

Verhaltensunterdrückung mit physiologischem Arousal einhergeht und sehen dies als Hinweis für eine zugrunde liegende Kraftanstrengung.

Insgesamt wurde von den Autoren diese dritte Modellvorstellung als die vermutlich zutreffende bewertet und fortan im Rahmen des sogenannten Stärkemodels von Selbstregulationsstärke gesprochen (Gross & Levenson, 1993; Pennebaker & Chew, 1985). Im Stärkemodel werden die Mechanismen von muskulärer Anstrengung auf selbstreguliertes Handeln übertragen. Die Ausübung strengt das Individuum an und ist nur begrenzt möglich, da die Ressource nur in einem bestimmten Maße verfügbar ist. Muraven und Kollegen (1998) fassen drei Eigenschaften im Stärkemodel zusammen. Zum einen verbraucht der Selbstregulationsprozess eine Ressource, die sich dadurch erschöpft, also Ego Depletion verursacht. Ein erfolgreicher Selbstregulationsversuch hängt zum anderen von der Verfügbarkeit dieser Ressource ab und Selbstregulation kann als lineare Funktion dieser Ressource angesehen werden.

Selbstregulation im Rahmen des Stärkemodels wurde bisher meist als bipolare, eindimensionale Fähigkeitskonzeption verstanden, mit den Polen gute Selbstregulationsfähigkeit und schlechte Selbstregulationsfähigkeit. Allerdings liefern die Ergebnisse einer faktorenanalytischen Arbeit Hinweise auf eine zweidimensionale Struktur der Fähigkeit. Auf Basis von Selbstberichtsfragebögen wurde eine zweifaktorielle Struktur des Konstrukts Selbstregulation nachgewiesen, mit den Faktoren gute Selbstregulation, also erfolgreiche Kontrolle, vs. schlechte Selbstregulation in Form von Impulsivität (Wills, Isasi, Mendoza & Ainetto, 2007). In dieser Untersuchung war Selbstregulation mit mehr Obst- und Gemüsekonsum, weniger Sitzen und mehr sportlicher Betätigung assoziiert. Schlechte Selbstkontrolle war mit dem Konsum von mehr gesättigten Fetten und mit einer geringeren Frequenz intensiver

## Theoretischer Hintergrund

Bewegung verbunden. Weitere Hinweise auf eine Zwei-Faktoren-Struktur lieferten Arbeiten aus der Persönlichkeitspsychologie (Carver, 2005), zu Resilienz im Kindesalter (Eisenberg et al., 2004) und zum Sozialverhalten (Strack & Deutsch, 2004). Dies macht es notwendig, zwischen den beiden Facetten der Trait-Selbstregulationsfähigkeit zu unterscheiden und beide zu erfassen.

### *2.1.3.1 Experimentelle Operationalisierung.*

Wie bereits angemerkt wurde, bestätigten viele experimentelle Untersuchungen das Stärkemodell. In zahlreichen der veröffentlichten Studien zum Stärkemodell wurde das sogenannte Dual Task- Paradigma dem Experimentdesign zugrunde gelegt (Baumeister et al., 1998; Muraven et al., 1998; Tice, Baumeister, Shmueli & Muraven, 2007). Das Dual Task-Aufgabendesign beschreibt eine Abfolge zweier konsekutiver Aufgaben, die zur Selbstregulationsinduktion geeignet sind. Zu Beginn wird von den Probanden eine Aufgabe bearbeitet, die je nach Ausgestaltung Selbstregulation erfordern kann oder nicht. Ausgehend von der domänenunspezifischen Definition nach Baumeister (1998) können eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgabentypen verwendet werden, wie weiter unten dargestellt wird. Diese erste Aufgabe wird dann von einer weiteren Aufgabe gefolgt, deren Bearbeitung in jedem Fall Selbstregulation benötigt. Zur Hypothesenüberprüfung muss die erste Aufgabe so gestaltet werden, dass nur in einer von zwei Gruppen, der Experimentalgruppe, Selbstregulation erfordert wird. Die andere Kontrollgruppe bekommt eine vergleichbare Aufgabe, die allerdings keine Selbstregulation erfordert. Die Annahme, dass Selbstregulation domänenunspezifisch ist, spiegelt sich in der Vielfalt der gewählten Aufgaben in der Literatur wieder, die den Bereichen Aufmerksamkeitskontrolle, Gefühlskontrolle, Impulskontrolle,

## Theoretischer Hintergrund

Gedankenkontrolle, kognitive Prozesse, Wahl und Wille, soziales Handeln zuzuordnen sind (Hagger, Wood, Stiff & Chatzisarantis, 2010).

Diese Vielfalt an verwendeten Aufgabentypen soll an dieser Stelle in groben Zügen wiedergegeben werden. In einigen Untersuchungen wurde Selbstregulation in Form von Aufmerksamkeitskontrolle untersucht und durch die Persistenzmessung, also die Zeit, die es Probanden aushielten, in einem unangenehmen Zustand zu verbringen, operationalisiert (Baumeister et al., 1998; Webb & Sheeran, 2003). Dies wurde etwa in Form eines Hand Grip-Tests, dem ausdauernden Zusammendrücken einer Fingerhantel (Tice et al., 2007) oder dem Nachziehen von Linien (Tice et al., 2007), Gedankenkontrolle oder Gedankenunterdrückung (Baumeister et al., 1998; Baumeister et al., 2007; Dahm et al., 2011; Tice et al., 2007) umgesetzt. In anderen Untersuchungen wurde von Probanden Impulskontrolle als Facette von Selbstregulation in Form einer gezielten Nahrungsmittelwahl oder im Umlernen von Gewohnheiten (Tice et al., 2007) gefordert. Die Arbeitsgruppe um Tice (2007) verwendeten dafür eine Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, in der die Selbstregulationsleistung darin besteht, entgegen einem vorher erlernten Ausstreichschema zu handeln. Dies wird dadurch erfordert, indem nach einem Übungsdurchgang nur noch bestimmte Zielreize auszustreichen sind, also Impulse zugunsten einer Diskrimination unterdrückt werden müssen.

Ähnliche Ausstreichaufgaben wurden auch in anderen Arbeiten als erstes Experiment im Dual Task-Paradigma zur Selbstregulationsmanipulation eingesetzt (Baumeister et al., 1998; DeWall, Baumeister, Stillman & Gailliot, 2007; Job, Dweck & Walton, 2010; Wheeler, Briñol & Hermann, 2007) und erwiesen sich als geeignet. Viele der anderen Studien nutzten eine meist computerbasierte Form des Stroop-Tests (DeWall et al., 2007; Gailliot et al., 2007a; Inzlicht & Gutsell, 2007; Inzlicht, McKay &

## Theoretischer Hintergrund

Aronson, 2006; Webb & Sheeran, 2003). Dabei werden Farbwörter präsentiert, deren Darstellungsfarbe von den Probanden angegeben werden soll. Eine von der Wortfarbe abweichende Wortbedeutung hat eine längere Reaktionszeit zur Folge, da die unterschiedlichen Informationsquellen während des kognitiven Prozesses interferieren. Eine gezielte Aufmerksamkeitslenkung auf die Wortfarbe und dem Ausblenden der Wortbedeutung erfordert entlang der Definition Selbstregulation. Dabei wurden verschiedene Maße beschrieben und ausgewertet, die die Selbstregulationsstärke im Rahmen des Stroop-Tests angeben. Häufig wurden die Reaktionszeiten der inkongruenten und kongruenten Items beziehungsweise deren Differenz (Fairclough & Houston, 2004; Inzlicht & Gutsell, 2007) ausgewertet. Daneben wurde der Anteil von falschen Antworten oder fehlenden Antworten, die aufgrund zu kurzer oder zu langer Reaktionszeit nicht berücksichtigt wurden, herangezogen (Fairclough & Houston, 2004; Job et al., 2010; Webb & Sheeran, 2003). Insgesamt erwies sich auch der Stroop-Test als gut umsetzbar und dazu geeignet, bei den Probanden Selbstregulation zu erfordern.

Die verwendeten unterschiedlichen Aufgaben zur experimentellen Überprüfung von Selbstregulation und Ego Depletion führten zu einer heterogenen Methodik, die Selbstregulation in unterschiedlichen Fähigkeitsdomänen untersucht. Die im Dual Task-Paradigma verwendeten Aufgaben unterscheiden sich stark voneinander, weswegen zur Bestätigung der Konstruktannahmen eine Vielzahl von Befunden, die die unterschiedlichen Ausgestaltungen berücksichtigen, vonnöten war.

### ***2.1.3.2 Empirie.***

Zur Untermauerung ihres Stärkemodells führte die Arbeitsgruppe um Baumeister (1998) erste Befunde an, die Hinweise auf Ego Depletion lieferten. In einer Studie wurden hungrige Probanden nach mindestens drei Stunden Fastenzeit vor die

## Theoretischer Hintergrund

Entscheidung zwischen Radieschen oder Schokoladenkekse gestellt. Die Selbstregulationsgruppe wurde dazu angewiesen, Radieschen auszuwählen, die Kontrollgruppe wurde gebeten, sich für die Kekse zu entscheiden. Angenommen wurde, dass die Entscheidung für das gesündere und somit unattraktivere Lebensmittel Radieschen Selbstregulation erfordert. Anschließend wurde die Persistenz beim Bearbeiten eines unlösbaren Puzzles gemessen. Probanden in der Experimentalbedingung, welche die Radieschen wählen mussten, hatten eine signifikant kürzere Ausdauer in der Bearbeitung als Probanden der Kontrollgruppe, die Kekse aßen. Die Autoren sahen darin die Annahme von Ego Depletion bestätigt. Die Probanden, die sich vorher regulieren mussten, indem sie auf die schmackhaftere Nahrungsalternative verzichteten, hatten in der folgenden Aufgabe weniger Erfolg darin, Selbstregulation über einen längeren Zeitraum aufzubringen. In zwei weiteren Studien im Rahmen von Baumeisters (1998) Arbeit wurde Ego Depletion auch in einem anderen experimentellen Design nachgewiesen. Das Ausmaß der aufzubringenden Selbstregulation wurde manipuliert, indem die Probanden eine einstellungskonforme oder nicht einstellungskonforme Rede halten mussten oder ihre Emotionen unterdrücken mussten. Als zweite Aufgabe wurde ein unlösbares Anagramm verwendet, wobei wieder die Bearbeitungsdauer gemessen wurde. Den Befunden von Baumeister schlossen sich viele weitere Studien an, die Ego Depletion im Dual Task-Paradigma in verschiedenen Designs experimentell belegten (vgl. Muraven et al., 1998; Schmeichel, Vohs & Baumeister, 2003; Tice et al., 2007; Vohs et al., 2008; Webb & Sheeran, 2003; Wheeler et al., 2007).

Insgesamt werden mehr als 200 experimentelle Studien angeführt, die das Stärkemodell der Selbstregulation bestätigen (Chatzisarantis & Hagger, 2015a). Daher

## Theoretischer Hintergrund

galt das Stärkemodelle längere Zeit als eindeutig belegt. Auch die Eigenschaften der Selbstregulationsstärke, die entlang der Theorie den Eigenschaften der Muskelkraft ähneln, wurden bestätigt. Gailliot und Kollegen (2007b) prüften die Annahme, dass Selbstregulation auch trainierbar ist. Sie untersuchten, ob Ego Depletion bei einer Aufgabe zum Unterdrücken von Stereotypen immer noch auftritt, wenn sie zuvor ein zweiwöchentliches Trainingsprogramm zur Verbesserung der Selbstregulationsfähigkeit durchliefen. Nach dem Training stellte sich jedoch keine Erschöpfung mehr ein. Die Autoren schlussfolgerten, dass Selbstregulation trainierbar ist, bis sich die Fähigkeit nicht mehr erschöpft (Gailliot et al., 2007b). Ein solcher Trainingseffekt konnte auch nach einer zweimonatigen Trainingsperiode mittels körperlicher Fitnessübungen (Aerobic oder Hanteltraining) (Oaten & Cheng, 2006b) und sogar in Stressphasen beobachtet werden (Oaten & Cheng, 2006a). Es konnte zudem gezeigt werden, dass eine zehnminütige Erholungspause zwischen den Aufgaben dazu führt, dass den Ego Depletion-Effekt verringert. Die erschöpften Probanden konnten nach einer Pause wieder im gleichen Maße selbstreguliert handeln wie Probanden, deren Fähigkeit zur Selbstregulation nicht erschöpft war (Tyler & Burns, 2008). Diese Befunde konnten das Stärkemodelle zusätzlich untermauern.

Im Jahr 2010 wurde eine erste Metaanalyse zu Ego Depletion und dem Stärkemodelle der Selbstregulation veröffentlicht (Hagger et al., 2010). Die Autoren bezogen 83 Studien mit unterschiedlichen Designs in die Analysen ein. Sie fanden einen mittleren bis großen signifikanten Effekt von  $d = 0.62$ , der die Existenz von Ego Depletion bestätigte. Dadurch, dass sich dieser Effekt durch Befunde aus verschiedene Domänen und Aufgabentypen ergab, spricht dies für die Annahme, dass Selbstregulation eine unspezifische Leistung darstellt, die sich domänenunabhängig

## Theoretischer Hintergrund

zeigt und verbraucht. Insgesamt konnte das Stärkemodell der Selbstregulation also anhand einer großen Anzahl experimenteller Studien und einer Metaanalyse bestätigt werden. Der Ego Depletion-Effekt wurde vielfach nachgewiesen, ebenso konnte die Trainierbarkeit von Selbstregulation bestätigt werden und einige Untersuchungen zeigten, dass eine Erholungsphase die Ressource Selbstregulation wieder aufzufüllen scheint, was das theoretische Konstrukt untermauert.

Allerdings wurden später auch einige Befunde veröffentlicht, die dem Stärkemodell widersprechen. In einigen wenigen Studien wurde mittels Verwendung des Dual Task-Studiendesigns anhand unterschiedlicher Aufgaben kein Ego Depletion-Effekt gefunden. Eine Untersuchung verwendete den Stroop-Test und Hand Grip-Test (Murtagh & Todd, 2004), in einer anderen wurde eine Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und der Stroop-Test verwendet (Xu et al., 2014). Zur Einordnung dieser gegenläufigen Befunde vor dem Hintergrund der Vielzahl der bestätigenden Studien muss kritisch angemerkt werden, dass eher Studien veröffentlicht werden, die Hypothesen bestätigen und signifikante Ergebnisse berichten, was als *publication bias* bezeichnet wird (Ferguson & Brannick, 2012). Es ist daher anzunehmen, dass der Effekt von Ego Depletion eher überschätzt wird (Carter & McCullough, 2013b). Carter (2015) führte eine weitere Metaanalyse zu Ego Depletion auf Basis eines anderen Studiensamples durch, das sich von dem der oben genannten Metaanalyse von Hagger und Kollegen (2010) wesentlich unterscheidet. An der Studienausswahl von Hagger (2010) kritisieren die Autoren die unklare Validität der ausgewählten Experimentdesigns. In dessen Metaanalyse wurden Studien mit sehr heterogenen Designs eingeschlossen, die teilweise nur einmalig verwendet und geprüft wurden und in ihrer Validität nicht bestätigt sind. Auch wurde von Carter und Kollegen (2015) kritisiert, dass beim

## Theoretischer Hintergrund

Studieneinschluss wenig Beachtung fand, inwieweit untermauert ist, ob die verwendeten Aufgaben tatsächlich Selbstregulation erfordern und Ego Depletion verursachen können oder als Indikator für Ego Depletion dienen können.

Daneben führen die Autoren an, dass in Hagers (2010) Analysen auch Experimente miteinbezogen werden, in deren Rahmen die Auswirkungen von Ego Depletion betrachtet wurden, die Existenz von Ego Depletion selbst allerdings ohne Überprüfung vorausgesetzt wurde. Verzerrungen, wie etwa durch *publication bias* und *small study effects*, also die häufig geringe Effektstärke von Studien mit kleinen Stichproben und die Ergebnisverzerrung durch deren Größe, wurden nicht kontrolliert. Dies lässt den Befund eines mittleren bis großen Effekts von Ego Depletion anzweifeln (Carter & McCullough, 2014). In die Analysen von Carter und Kollegen (2015) wurden demnach nur neuere Untersuchungen mit etablierten und validen Aufgaben mit eingeschlossen. Dabei berücksichtigten die Autoren publizierte wie nicht publizierte Studien und korrigierten in den Analysen für die genannten Verzerrungseffekte. Berücksichtigt wurden nur oft beschriebene und geeignete Testdesigns, die in Tabelle 1 aufgeführt werden. Replikationsversuche des Ego Depletion-Effekts sollten auf Basis dieser Eignungsprüfung von Carter und Kollegen (2015) bei der Gestaltung ihres Dual Task-Designs auch auf diesen Aufgabenpool zurückgreifen.

## Theoretischer Hintergrund

Tabelle 1

*Aufgabentypen in der Metaanalyse von Carter und Kollegen (2015)*

Aufgabe 1	Aufgabe 2
Aufmerksamkeitskontrolle beim Schreiben eines Aufsatzes (Klaphake, 2011)	Ausdauer bei unlösbaren Anagrammen (Dvorak & Simons, 2009)
Aufmerksamkeitskontrolle beim Schauen eines Videos (Carter & McCullough, 2013a)	Ausdauer bei unlösbaren Puzzles (Baumeister et al., 1998)
Buchstabenausstreichen (Tice et al., 2007)	Hand Grip-Test (Tice et al., 2007)
Emotionsunterdrückung beim Schauen eines Videos (Dvorak & Simons, 2009)	Bearbeiten möglicher Anagramme (Dvorak & Simons, 2009)
Impulsunterdrückung Nahrungsmittelschränkung (Baumeister et al., 1998)	Arbeitsgedächtnisanforderungen (Schmeichel et al., 2003)
Mathematikaufgaben (Darowski, 2011)	Nahrungsmittelwahl (Tice et al., 2007)
Stroop-Test (Dahm et al., 2011)	Stroop-Test (Inzlicht & Gutsell, 2007)
Aufgabenbearbeitung während sozialem Ausgeschlossenenseins (Baumeister, DeWall, Ciarocco & Twenge, 2005)	
Gedankenunterdrückung (Muraven et al., 1998)	
Transkription mit/ohne Einschränkung der verwendeten Tasten (Uziel & Baumeister, 2012)	
Arbeitsgedächtnisaufgaben mit hoher vs. geringer Anforderung (Schmeichel, 2007)	

Diese Liste der in den Dual Task-Experimenten verwendeten Aufgaben unterlag bereits strengeren Einschlusskriterien und weist dennoch eine große Heterogenität auf. An der Stelle soll erneut erwähnt werden, dass Haggars (2010) Metaanalyse ein noch heterogeneres Studiensample hinsichtlich der gewählten Aufgabendesigns zugrunde lag. Es wurden auch Studiendesigns mit eingeschlossen, die nicht hinsichtlich ihrer Eignung zur Testung des Stärkemodels überprüft wurden. Mit den gewählten

## Theoretischer Hintergrund

Einschlusskriterien von Carter (2015) konnten die Autoren den Befund von Hagger (2010), dass experimentell aufgebrachte Selbstregulation eine limitierte Ressource ist, nicht replizieren. Sie fanden keinen signifikanten Effekt für Ego Depletion. Zudem berichteten sie von einer großen Varianz zwischen den Experimenttypen und zwischen publizierten und nicht publizierten Artikeln, was den Zweifel an der Aussagefähigkeit der älteren Metaanalyse unterstreicht.

Hagger und Kollegen (2016) reagierten auf Carters Metaanalyse (2015) mit einem groß angelegten Replikationsprojekt. Mit einer multizentrischen Studie sollte die Frage beantwortet werden, ob die Diskrepanz der Befunde der beiden Metaanalysen durch Biases verursacht wurde oder ob Ego Depletion tatsächlich nicht replizierbar ist. Durchgeführt wurde eine internationale Studie, bei der die Hypothese zu Ego Depletion anhand 2141 Probanden im Rahmen eines einheitlichen standardisierten, experimentellen Dual Task-Design untersucht wurde. Verwendet wurde als erste Aufgabe eine „letter e-Task“, bei der die Probanden analog zur Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe bestimmte Zielreize per Tastendruck beantworten mussten. Als zweite Aufgabe diente der Multi Source Interference-Task, ein computerbasierter Reaktionszeitentest, bei dem die Probanden ähnlich wie beim Stroop-Test Interferenzen ausblenden müssen, um korrekt zu antworten (Bush, Shin, Holmes, Rosen & Vogt, 2003). Anhand diesem Design fanden die Autoren ebenfalls lediglich eine Effektstärke im Konfidenzintervall von  $d = -0.07$  bis  $d = 0.14$  für Ego Depletion. Lediglich in zwei der 24 Labore, in denen die Daten erhoben wurden, konnte ein signifikanter Effekt gefunden werden. Die Autoren verweisen auf die generelle Replikationsproblematik psychologischer Effekte (Open Science Collaboration, 2015) und wiesen die geäußerte Kritik an ihren Analysen und Interpretationen teilweise zurück (Hagger, 2016). An der

## Theoretischer Hintergrund

im Replikationsprojekt verwendeten ersten Aufgabe wurde kritisiert, dass kein Übungsdurchgang in der Depletion-Bedingung vorgeschaltet wurde. Bei einem Übungsdurchgang lernen die Probanden für gewöhnlich in einem ersten Schritt, alle „e“s als Zielreize zu werten, um dann anschließend durch die einschränkenden Bedingungen, nur noch bei bestimmten „e“s eine Taste zu drücken. Dies erfordert im Sinne einer „breaking a habit“-Anforderung Selbstregulation. Fehlt die Anforderung des Umlernens bei der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, müssen Probanden keine durch frühere Gewohnheit bestehenden Impulse unterdrücken, sondern lediglich eine komplexere Diskriminierungsaufgabe bearbeiten. Eine solche Aufgabe wäre vergleichbar mit dem d2-Konzentrationstest (Brickenkamp, Schmidt-Atzert & Liepmann, 2010). Entlang Selbstregulationstheorien und der validierten Konstruktvorstellung dieser vergleichbaren Aufgabe könnte erwartet werden, dass eine solche Konstruktion vielmehr Konzentration und Aufmerksamkeit als Selbstregulation erfordert, was die Aussagekraft der Replikationsstudie einschränken könnte. Zwar schmälert der Befund dennoch die Evidenz für das Vorliegen von Ego Depletion, für künftige Dual Task-Designs sollte diese Kritik am Aufgabendesign jedoch berücksichtigt werden.

Es existieren also widersprüchlichen Befunde zu Selbstregulation und eine nur eingeschränkte methodische Eignung einiger Untersuchungsdesigns wurde deutlich. Daher besteht weiterer Forschungsbedarf zur Beantwortung der Frage, was Personen befähigt, sich selbst in bestimmten Situationen zu regulieren.

### **2.1.4 Limitationen.**

Bisher wurde der Befund, dass sich Ego Depletion über viele sehr unterschiedliche Aufgabendesigns hinweg zeigt, als Indiz für das Vorliegen einer

## Theoretischer Hintergrund

domänenübergreifenden Selbstregulationsfähigkeit gewertet. Anhand der Kritik am Design des eben angesprochenen Replikationsprojektes zeigte sich jedoch die Notwendigkeit einer Prüfung dessen, ob die verwendeten Designs überhaupt geeignet sind, um das Stärkemodell zu überprüfen. Diese Unklarheit findet sich neben den gewählten Aufgaben auch in der grundsätzlichen Operationalisierung der Selbstregulationserforschung. Ein Aspekt dabei ist, dass weitestgehend ungeklärt ist, wie hoch der Zusammenhang zwischen State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation ausfällt.

### *2.1.4.1 Trait- vs. State-Selbstregulation.*

In vielen Arbeiten wurde keine Unterscheidung von Selbstregulation als überdauernder Eigenschaft und der erbrachten Selbstregulationsleistung im Experiment vorgenommen. Im Rahmen der durchgeführten Studien wurde meist ein State-Maß untersucht, was intraindividuelle Unterschiede in der Selbstregulation zwischen zwei Aufgaben nachweisen kann. Entlang der Muskelmetapher gibt es zudem interindividuelle Unterschiede in der Fähigkeit zu Selbstregulation. Diese werden in der Literatur weitestgehend über retrospektive Selbstberichte mittels Fragebogen erfasst, die die Probanden zu einem einzigen Zeitpunkt tätigen. Es gibt jedoch bisher wenige Untersuchungen, die den zu Grunde gelegten Zusammenhang von State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation untersuchten. Dies ist möglicherweise auf die hohe Augenscheinvalidität der Zusammenhgangsannahme zurückzuführen. Imhoff und Kollegen (2014) kritisieren die bisher unzureichende empirische Bestätigung dieser Annahme und führten drei Studien durch, die einen gegenläufigen Befund erbrachten. Sie fanden entgegen der allgemeinen Erwartung, dass eine höhere Trait-Selbstregulation mit einem größeren Ego Depletion-Effekt, also einer verringerten State-Selbstregulation

## Theoretischer Hintergrund

in der zweiten Aufgabe im Dual Task-Paradigma, assoziiert ist. Sie erklären den Befund dadurch, dass eine höhere Trait-Selbstregulationsfähigkeit mit einer selteneren Notwendigkeit zur aktiven Impulsunterdrückung im Alltag einhergeht. Die daraus resultierende fehlende Übung könnte dann eine schlechtere Leistung erklären als bei Personen, die regelmäßig aktiv interferierende Impulse unterdrücken müssen. Dennoch fehlen weitere Studien, die die Fragestellung untersuchen, wie groß und in welche Richtung der Zusammenhang zwischen State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation ausfällt.

### *2.1.4.2 Aufgabendesigns.*

Daneben müssen einige der gängige Aufgabentypen, die Selbstregulation erfordern, aus unterschiedlichen Gründen hinsichtlich ihrer Eignung infrage gestellt werden, wie dies auch von Carter und Kollegen (2015) bereits aufgegriffen wurde. Zum einen muss bei bestimmten Aufgaben von einer Konfundierung mit anderen Personenvariablen ausgegangen werden. So etwa bei Aufgaben, die mit körperlichen Leistungen einhergehen, wie die Schmerzpersistenz im Eiswassertest (Vohs et al., 2008) oder die Persistenz im Hand Grip-Test (Tice et al., 2007). Solche Aufgaben werden abhängig von verschiedenen körperlichen Parametern wie Muskel- und Fettmasse, nervliche Sensibilität, Temperaturempfinden und Erfahrung mit ähnlichen Bewegungen mehr oder weniger erfolgreich bearbeitet und sind daher eher ungeeignet. Auch sind Aufgaben, die die Entscheidung zwischen Nahrungsmitteln beinhalten, z.B. zwischen Keksen und Karotten, vermutlich vom situativen Hungergefühl, Blutglukosespiegel und dem Motiv der Probanden abhängig. Motive, die Einfluss auf eine solche Entscheidung nehmen könnten, könnten etwa sein, ob die Person gerade dem Wunsch nach Gewichtskontrolle folgt oder Bedarf an Emotionsregulationsstrategien im Sinne eines

## Theoretischer Hintergrund

„emotional eating“ hat (Elfhag & Morey, 2008). Ebenso ist anzunehmen, dass die Restriktivität des Essverhaltens und der momentane Stress einen Einfluss hat, sowie ein vorheriges Priming des Ziels, gesund zu leben (Eertmans, Victoir, Vansant & van den Bergh, 2005; Habhab, Sheldon & Loeb, 2009; Sellahewa & Mullan, 2015; Sproesser, Strohbach, Schupp & Renner, 2011). Es kann angenommen werden, dass der Verzicht auf Süßigkeiten zugunsten von Obst oder Gemüse für gesundheitsbewusste Probanden eine Fortführung ihres gewohnten Ernährungsschemas darstellen würde und daher keine Selbstregulation benötigt. Dies legt auch eine Untersuchung von Hankonen und Kollegen (2014) nahe, die bei Probanden mit hoher Trait-Selbstkontrolle ein gesünderes Essverhalten nachweisen konnten. Dies wurde auf eine größere Selbstwirksamkeit, positivere Geschmackserwartungen und ein stärkeres Vorhaben, gesund zu essen, zurückgeführt (Hankonen, Kinnunen, Absetz & Jallinoja, 2014). Diese Personen müssten demnach keine große State-Selbstregulationsleistung aufbringen, um sich für die gesündere Alternative zu entscheiden. Die eigenen Essgewohnheiten in Richtung eines emotionsregulierendem Essen von bevorzugt Kohlenhydrate- und fetthaltigen Lebensmitteln muss als komplexes Produkt von Modelllernen, der Erfahrungen mit Funktion von Essen in der Kindheit und essensbezogener Selbstkontrolle angesehen werden (Tan & Holub, 2015). Die Annahme, dass Menschen grundsätzlich Süßigkeiten statt Obst oder Gemüse bevorzugen, ist schwer haltbar, stellt allerdings die Basis für die Setzung dar, dass es sich hier um einen Selbstregulationsprozess handelt. Die Attraktivität eines Lebensmittels wird zudem durch den momentanen Blutglukosespiegel der Person beeinflusst und demnach variiert auch die Selbstregulationsleistung, die erforderlich ist, um die Aufgabe zu bewältigen (Strachan, Ewing, Frier, Harper & Deary, 2004). Um Ego Depletion zu untersuchen, sollten daher

## Theoretischer Hintergrund

keine Aufgaben zur Nahrungsmittelwahl verwendet werden. Die Bedeutsamkeit alternativer Einflussfaktoren auf die Bearbeitung solcher Aufgaben in Selbstregulationsexperimenten unterstreicht die Notwendigkeit, die Eignung der verwendeten Aufgaben zu prüfen.

Bei einigen Aufgabendesigns muss bemängelt werden, dass das Aufbringen von Selbstregulation lediglich auf Basis von Anweisungen erfordert wird und nicht durch festgelegte Aufgaben gesichert ist. Dies ist etwa bei gedanklicher oder emotionaler Selbstregulation der Fall (Baumeister et al., 1998; Muraven et al., 1998). In welchem Ausmaß die Probanden in solchen Fällen Selbstregulation aufbringen, kann dabei nicht geprüft werden und unterscheidet sich vermutlich stark. Für eine saubere Untersuchung von Selbstregulation ist es daher notwendig, dass die verwendeten Aufgaben in ihrem Ausmaß, Selbstregulation zu erfordern, standardisiert sind.

Die willkürliche Aufgabenauswahl auf Basis der Annahme, dass Selbstregulation eine domänenunspezifische Fähigkeit ist, muss insgesamt also kritisiert werden und die Aufgabenwahl eingegrenzt werden. Auch ist es notwendig, mögliche Einflussvariablen auf Selbstregulation zu berücksichtigen, um keine Fehlinterpretationen eines Effekts von nachlassender Selbstregulationsfähigkeit im Dual Task-Paradigma anzustellen.

### ***2.1.4.3 Moderatoren von Ego Depletion.***

Bisher wurde Ego Depletion als von anderen Einflüssen unabhängiges Phänomen die Rede, das immer auftritt, wenn Selbstregulation ausgeübt wird. Allerdings ist vielmehr davon auszugehen, dass auch die Auftretenswahrscheinlichkeit von Ego Depletion von unterschiedlichen Bedingungen abhängt.

## Theoretischer Hintergrund

In der Metaanalyse von Hagger und Kollegen (2010) wurden Hinweise auf Moderatorvariablen gefunden, welche die Ausprägung von Ego Depletion beeinflussen. Zum einen fand sich für die wahrgenommene Schwierigkeit der bearbeiteten Aufgaben als Moderator für Ego Depletion ein großer Effekt, ebenso für den Blutglukosespiegel der Probanden. Auch ein negativer Affekt der Probanden wies einen signifikanten Einfluss mit geringer Effektstärke auf. Zudem wurde ein kleiner Effekt für die Aufgabenlänge als Moderator von Ego Depletion gefunden. Eine neuere Arbeit von Dang und Kollegen (2013) konnte ebenfalls zeigen, dass nur Selbstregulationsaufgaben einer bestimmten Kürze, nämlich einer Dauer von fünf Minuten, dafür geeignet waren, Ego Depletion verursachen zu können. Bei einer längeren Aufgabendauer konnte Ego Depletion nicht nachgewiesen werden. Erklärt wurde dieser Befund damit, dass die Probanden bei längerer Aufgabendauer an die Anforderung adaptieren, indem sie interferierende Reize gezielt ausblenden. Diese Erklärung wurde jedoch nicht weiter überprüft. Auch fehlen weitere Replikationen des Befundes, dass das Auftreten von Ego Depletion von der Aufgabenlänge der ersten Aufgabe im Dual Task-Design abhängt. Um darüber hinaus feststellen zu können, ob es zu ähnlichen Effekten kommt, auch wenn eine Adaption nicht möglich ist, bedarf es einer Replikation im Rahmen eines Designs, das sich von Dangs (2013) Design unterscheidet. Auch steht eine Überprüfung von Ego Depletion unter Kontrolle der anderen angeführten Moderatorvariablen nach Hagger (2010) aus.

### **2.1.5 Fazit.**

Das Stärkemodelle der Selbstregulation wurde vielfach zitiert und experimentell sowie metaanalytisch belegt. Demnach ist Selbstregulation eine in vielen Bereichen zum erfolgreichen Leben notwendige Ressource, die sich nach Inanspruchnahme erschöpft,

## Theoretischer Hintergrund

was als Ego Depletion bezeichnet wird. Insgesamt scheint Ego Depletion ein replizierbares Phänomen zu sein, was weitestgehend unabhängig von dem Design der verwendeten Aufgaben im Dual Task- Paradigma nachweisbar ist. An der Operationalisierung vieler Studien wurde jedoch Kritik geübt, da bei vielen Studiendesigns ein beobachteter Selbstregulations-Leistungsabfall auch auf andere, unkontrollierte Variablen wie den Blutglukosespiegel zurückzuführen wäre. In vielen Fällen war die Aufgabendurchführung nicht ausreichend standardisiert und Einflüsse von konfundierenden Variablen können nicht ausgeschlossen werden. Auch wurden inzwischen widersprechende Befunde und gescheiterte Replikationsversuche berichtet, deren Ursachen diskutiert werden und die Ego Depletion und das Stärkemodell grundsätzlich anzweifeln. Zudem wurden Hinweise gefunden, dass der Effekt von Ego Depletion nur unter bestimmten Bedingungen eintritt und andere Faktoren eine größere Rolle spielen als bisher angenommen wurde. Insbesondere die Aufgabenlänge scheint wesentlich dafür verantwortlich zu sein, ob der Ego Depletion-Effekt eintritt oder nicht. Auch ist der Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation noch nicht hinreichend untersucht. Insgesamt besteht also für die vorliegende Arbeit ein genereller Replikationsbedarf von Ego Depletion. Der Replikationsversuch muss im Rahmen eines geeigneten Designs umgesetzt werden, um beurteilen zu können, ob das Stärkemodell verworfen werden muss, oder ob Ego Depletion auch unter unterschiedlichen Bedingungen im Rahmen eines bewährten Dual Task-Designs auftritt.

### **2.2 Biologische Korrelate der Selbstregulation**

Wie bereits erwähnt wurde, wurde bei manchen der verwendeten Studiendesigns nicht für den Einfluss von biologischen Faktoren kontrolliert. Dies kann problematisch sein, da Hagger und Kollegen (2010) beispielsweise einen Einfluss des Blutglukosespiegels

## Theoretischer Hintergrund

auf die Selbstregulationsleistung gefunden haben. Daher ist davon auszugehen, dass auch ein Einfluss anderer biologischer Faktoren nicht ausgeschlossen werden kann.

Ein solcher Einfluss physiologischer Prozesse auf die Selbstregulationsleistung der Probanden wurde jedoch in den meisten Fragestellungen nicht berücksichtigt. Dabei wirft allein der Befund, dass Selbstregulation eine begrenzte Ressource darstellt, die Frage auf, ob dieser Eigenschaft ein biologisches Korrelat zugrunde liegt, welches sich durch Beanspruchung verbraucht, was eine Ermüdung zur Folge hat. Wie schon durch die Muskelmetapher ausgedrückt, die eine Erschöpfung der Selbstregulationsfähigkeit durch Anstrengung analog zu einem ermüdenden Muskel beschreibt, war ein solcher Zusammenhang naheliegend (Muraven et al., 1999). Als mögliche biologische Korrelate wurde bisher neben dem Blutglukosestoffwechsel die Herzratenvariabilität diskutiert.

Beim Blutglukosestoffwechsel wurde der mögliche Effekt von Nahrungsaufnahme und der daraus resultierenden Glukosezufuhr in den Organismus auf die Ausübung von Selbstregulation betrachtet. Es wurde untersucht, ob sich das Aufbringen von Selbstregulation auf die Blutglukose auswirkt und wie sich die Höhe der Blutglukose auf die Ausübung von Selbstregulation auswirkt (Gailliot et al., 2007a). Die Herzratenvariabilität gibt das Ausmaß an, in dem die Herzfrequenz variiert und hängt eng mit den zentralnervösen Strukturen zusammen, die auch für die Exekutivfunktionen, wie etwa der Handlungssteuerung, verantwortlich sind (Thayer, Hansen, Saus-Rose & Johnsen, 2009). Dabei wurde betrachtet, ob es einen Zusammenhang zwischen Selbstregulationsfähigkeit oder situativ aufgebrachtener Selbstregulation und der Herzratenvariabilität beziehungsweise deren Veränderung gibt.

### **2.2.1 Selbstregulation und Blutglukose.**

Zur Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs von Selbstregulation und Blutglukose wurden in der bisherigen Forschung verschiedene Fragestellungen geprüft. Eine Hypothese war, dass das Aufbringen von Selbstregulation den Blutglukosespiegel stärker senkt, als vergleichbare kognitive Aufgaben ohne Selbstregulationsanforderung und dass eine verringerte Blutglukose eine schlechtere Selbstregulationsleistung vorhersagt (DeWall, Pond, & Bushman, 2010; Gailliot et al., 2007a). Durchgeführt wurden Studien, die unterschiedliche Designs und Methoden verwendeten. Um die Plausibilität der geprüften Hypothesen und die Eignung der verwendeten Methoden beurteilen zu können, ist es notwendig, zuerst die biologischen Hintergründe des Blutglukosestoffwechsels zu kennen.

#### ***2.2.1.1 Glukosemetabolismus.***

##### *2.2.1.1.1 Glukoseversorgung.*

Glukose stellt einen wichtigen Energielieferanten des gesamten Organismus dar und wird über die Blutbahn transportiert. Damit Körperzellen und Gehirn mit Glukose versorgt werden können, ist ein ausreichend hoher Blutglukosespiegel notwendig. Im Gegensatz dazu führen Hypo- oder Hyperglykämien, also zu niedrige oder zu hohe Blutglukosespiegel, zu kurz- und langfristigen körperlichen und psychischen Beeinträchtigungen und Schäden (Deutsche Diabetes-Gesellschaft, 2004). Solche Blutzuckerentgleisungen kommen in der Regel nur bei Menschen mit Diabetes mellitus oder anderen Erkrankungen, die den Blutglukosestoffwechsel betreffen, vor. Hyperglykämien können zu Konzentrationsschwäche, Müdigkeit und auf Dauer zu Nervenschädigungen und Gefäßschädigungen führen. Bei einem zu geringem Blutglukoselevel kommt es in den meisten Fällen zu kognitiven und emotionalen

## Theoretischer Hintergrund

Beeinträchtigungen (Hermanns, Kubiak, Kulzer & Haak, 2003; Wright, Frier & Deary, 2009). Neben Heißhunger (Strachan et al., 2004) kommt es bei solchen Hypoglykämien zu einer adrenergen Körperreaktion mit vielfältigen Symptomen wie Schwitzen, Zittern, Herzrasen und zu neuroglykopenischen Symptomen, die Beeinträchtigungen des Denkvermögens (Wright et al., 2009), Konzentrationsschwierigkeiten, Gedächtnisschwierigkeiten (Sommerfield, Deary, McAulay & Frier, 2003, Warren, Zammitt, Deary & Frier, 2006), Stimmungsverschlechterungen (Hermanns et al., 2003) und Bewusstseinstörungen bis hin zu Bewusstlosigkeit miteinschließen können. Das Gehirn ist nachweislich auf eine stetige Glukosezufuhr über die Blutbahn angewiesen, um funktionieren zu können (Donohoe & Benton, 1999).

### *2.2.1.1.2 Blutglukoseregulation.*

Eine solche Versorgung des Gehirns mit Glukose wird darüber gewährleistet, dass der Blutglukosespiegel beim stoffwechselgesunden Menschen relativ stabil gehalten wird und die Glukose schnell in die Zellen und zum Gehirn transportiert wird. Als wichtigster Energielieferant des Gehirns passiert die Glukose aus dem Blut auch die Blut-Hirn-Schranke, eine physiologische Barriere, die Rückenmark und Gehirn vor möglichen Schadstoffen im Blut schützt, und kann direkt vom Gehirn als Energie genutzt werden (Wolf, Seehaus, Minol, & Gassen, 1996). In die Zellen des Körpers gelangt die Blutglukose durch das Hormon Insulin, das in den Inselzellen der Bauchspeicheldrüse gebildet wird. Insulin wird kontinuierlich in kleinen Mengen und nach Nahrungsaufnahme beziehungsweise bei Hyperglykämien zusätzlich in einer größeren Menge ausgeschüttet. Nach der Ausschüttung in das Blut bindet Insulin an die Zellrezeptoren, was zu einer Glukoseaufnahme in die Zellen führt. Bei zu niedrigen Blutglukosewerten wird Glucagon ausgeschüttet. Glucagon ist ein Hormon, das

## Theoretischer Hintergrund

ebenfalls in der Bauchspeicheldrüse gebildet wird und den Abbau von Glykogen, einem Mehrfachzucker, aus Leber und Skelettmuskulatur und die Neogenese von Glukose verursacht. Dies führt zu einer Erhöhung des Blutglukosespiegels. Dieser Mechanismus wird bei erhöhter Insulinkonzentration im Blut gehemmt. Durch die kontinuierliche Insulinausschüttung und den Glykogenabbau bei zu niedrigen Blutglukosewerten wird verhindert, dass es zu Blutglukoseentgleisungen kommt. Stattdessen wird ein konstanter Blutglukosespiegel im Bereich von ca. 70 mg/dl (3.9 mmol/l) im nüchternen Zustand und 160 mg/dl (8.9 mmol/l) nach Nahrungsaufnahme aufrechterhalten, der kognitive und körperliche Prozesse ermöglicht.

### *2.2.1.1.3 Glukose-Clamp-Verfahren.*

Diese engmaschige Blutglukoseregulation beim stoffwechselgesunden Menschen kann über externe Insulingabe außer Kraft gesetzt werden, um einen konstanten Blutglukosespiegel aufrecht zu erhalten. Durch die erhöhte Insulinkonzentration wird keine Glukose über die Glykogenfreisetzung synthetisiert, sodass keine körpereigene Blutglukoseerhöhung eintritt. Ebenso kommt es zu keiner größeren Insulinausschüttung, da keine Hyperglykämie vorliegt. Um unter diesen Bedingungen einen euglykämischen Blutglukosespiegel, also einen Blutglukosespiegel im Normbereich, zu erhalten, ist zusätzlich eine Glukosegabe vonnöten.

Diese Prozedur wird beim sogenannten hyperinsulinämisch-euglykämischen Glukose-Clamp durchgeführt. Das Glukose-Clamp-Verfahren wurde bisher hauptsächlich für klinisch-endokrinologische Studien verwendet, etwa um die Auswirkungen einer bestimmten Menge infundierten Insulins auf den Blutzuckerspiegel von Patienten mit Diabetes zu untersuchen (Heise et al., 2016). Dennoch bietet es auch für Fragestellungen der Grundlagenforschung ein messgenaues Verfahren zur

## Theoretischer Hintergrund

Untersuchung von Blutglukoseveränderungen. Beim Glukose-Clamp werden den Probanden über mehrere Stunden sowohl eine Insulin- als auch eine Glukoselösung in solchen Mengenverhältnissen infundiert, dass nach einiger Zeit ein konstanter, euglykämischer Blutglukosespiegel erreicht wird. Die notwendigen Mengen werden anhand einer kontinuierlichen Blutglukosemessung errechnet. Die Messgenauigkeit wird dabei durch mehrmalige Rekalibrierung durch Anpassung an einen labordiagnostisch gemessenen Blutglukosewert aus arteriellem Blut gewährleistet. Sie liegt deutlich über der Messgenauigkeit von handelsüblichen Blutzuckermessgeräten. Bei solchen Messgeräten wird die Glukosekonzentration in kapillarem Blut bestimmt. Solche Messungen weisen, verglichen mit Labormessungen des arteriellen Blutes, größere Schwankungen und Abweichungen vom Laborwert auf. Solche Schwankungen sind im Rahmen von bis zu zwanzig Prozent zulässig sind, fallen vereinzelt allerdings auch höher aus (Inoue, Egi, Kotani & Morita, 2013), was für der Einordnung der Befunde, die weiter unten dargestellt werden, von Bedeutung ist.

An der Stelle soll angemerkt werden, dass der Blutglukosespiegel von unterschiedlichen Faktoren abhängt. Neben den beiden Hormonen Insulin und Glucagon nehmen auch andere Hormone Einfluss auf die Blutglukoseregulation, wie etwa Schilddrüsenhormone oder das Stresshormon Cortisol. Bei Untersuchungen einer möglichen Veränderung des Blutglukosespiegels sollte daher gewährleistet werden, dass keine sonstigen endokrinen Erkrankungen vorliegen und dass die Probanden keinem starken Stress ausgesetzt sind. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Insulinsensitivität der Zellen.

### *2.2.1.1.4 Insulinsensitivität.*

Die Glukoseaufnahme in die Zellen gelingt je nach der Insulinsensitivität unterschiedlich gut. Je sensitiver die Körperzellen sind, desto weniger Insulin ist notwendig, um die Glukoseaufnahme zu ermöglichen. Daher ist die Insulinsensitivität ein einflussreiches Maß, welches neben dem Blutglukosespiegel nötig ist, um bestimmen zu können, wie gut Zellen mit Glukose versorgt werden. Eine sehr geringe Insulinsensitivität der Zellen wird auch als Insulinresistenz bezeichnet und hängt maßgeblich vom Body Mass Index (BMI), dem Verhältnis von Körpergewicht zu Körpergröße ( $BMI = \frac{kg}{m^2}$ ), ab (Wang et al., 2009). Einer erhöhter BMI ist mit einer verringerten Insulinsensitivität assoziiert. Daneben zählt das Konzept der zerebralen Insulinsensitivität als entscheidender Wirkfaktor in den Mechanismen des Hunger- und Sättigungserleben und ist bei übergewichtigen Probanden verändert (Tschritter et al., 2006). Dies geht darauf zurück, dass Insulinausschüttung eine Veränderung der beta- und theta-Hirnwellen bei gesunden, normalgewichtigen Personen bewirkt und daher für das Sättigungserleben mitverantwortlich gemacht wird. Dieser Effekt ist bei übergewichtigen Personen verringert (Borissova, Tankova & Koev, 2004). Zur Grundlagenforschung des Zusammenhangs von Blutglukosestoffwechsel und Selbstregulation sollte daher für den BMI kontrolliert oder alternativ gezielt Probanden in einem gesunden BMI-Bereich untersucht werden. Die Insulinsensitivität liefert Informationen über die Funktionalität des Glukosestoffwechsels und kann ermittelt werden, indem im Blut des nüchternen Probanden die Plasmaglukose und das Plasmainsulin gemessen werden. Im Fall von Insulinresistenz oder Insulinmangel kommt es zu erhöhten Blutglukosekonzentrationen.

## Theoretischer Hintergrund

Zuletzt ist noch anzumerken, dass die Insulinsensitivität von Fett- und Muskelmasse beeinflusst wird, die wiederum teilweise vom früheren Ess- und Bewegungsverhalten abhängen (Martins, Morgan & Robertson, 2009). Auf Basis der Annahme, dass diese Verhaltensmuster stark durch die selbstregulatorischen Fähigkeiten einer Person beeinflusst werden, ist von Wechselwirkungen zwischen Selbstregulation und Aspekten des Blutglukosestoffwechsels auszugehen, weswegen eine grundsätzliche Erforschung des Zusammenhangs von Selbstregulation und Insulinsensitivität aussteht.

### ***2.2.1.2 Empirie: Bestätigung der Glukosehypothese.***

Ein möglicher Zusammenhang zwischen Selbstregulation und dem Blutglukosestoffwechsel erscheint aufgrund basaler Zusammenhänge von Hirnfunktionen und Blutglukose nicht unwahrscheinlich. Dass jedoch auch über die Grundversorgung des Gehirns mit Glukose hinausgehende Zusammenhänge zwischen bestimmten kognitiven Leistungen und dem Blutglukosestoffwechsel existieren, war Hypothese in weiterführenden Untersuchungen. Diese Annahme wird bei der Untersuchung in Form von sequentiellen Selbstregulationsaufgaben vereinfacht auch als Glukosehypothese bezeichnet. Um zu beurteilen, ob die Glukosehypothese zutrifft, wurden bisher unterschiedliche Fragestellungen untersucht. Einerseits wurde geprüft, ob ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Blutglukosespiegels und dem Selbstregulationserfolg existiert, ob eine orale Aufnahme von Glukose die Selbstregulationsleistung verbessert und welche Auswirkungen die Ausübung von Selbstregulation andererseits auf den Blutglukosespiegel hat.

## Theoretischer Hintergrund

### *2.2.1.2.1 Zusammenhang von Blutglukosestoffwechsel und kognitiver Leistung.*

Die Annahme, dass Zusammenhänge zwischen kognitiver Leistungsfähigkeit und dem Blutglukosestoffwechsel bestehen, besitzt, wie bereits erwähnt, eine gewisse Augenscheinvalidität. Da Selbstregulation seit den Arbeiten von Baumeister und Kollegen (1998) als begrenzte Ressource gilt, wurde seitens einiger Autoren postuliert, dass dieser Ressource die körperliche Ressource der Blutglukose zugrunde liegt.

Experimentelle Untersuchungen konnten zeigen, dass der Blutglukosespiegel eng mit der kognitiven Leistungsfähigkeit zusammenhängt. In einer Untersuchung von Donohoe (1999) konnte eine Korrelation des Blutglukosespiegels, der zu Beginn der Bearbeitung verschiedener Problemlöseaufgaben gemessen wurde, mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit der Teilnehmer gefunden werden. Dabei betrachtete die Arbeitsgruppe verschiedene kognitive Aufgaben, die mathematische, logische und sprachliche Fähigkeiten sowie räumliches Denken, jedoch keine Selbstregulation per definitionem erfordern. Je höher die Blutglukosekonzentration war, desto schneller konnten die Probanden die gestellten Aufgaben bearbeiten. Damit konnten die Autoren nachweisen, dass die Höhe des Blutglukosespiegels mit den kognitiven Fähigkeiten zusammenhängt. Sünram-Lea und Kollegen (2001) fanden in ihrer Untersuchung ebenfalls, dass ein höherer Blutglukosespiegel mit verbesserter Leistung einhergeht und zeigten dies bei Tests des verbalen und räumlichen Langzeitgedächtnisses, was die untersuchten Aufgabenbereiche von Donohoe (1999) noch ergänzte. Die Arbeitsgruppe von Perlmutter (2009) fand in ihrer Arbeit mit älteren Männern mit Typ 2-Diabetes, dass der Glukoseabfall während kognitiver Aufgaben die Leistung vorhersagt und lieferten damit einen weiteren Hinweis, dass eine gute kognitive Leistungsfähigkeit von dem Blutglukosespiegel abhängt. Im speziellen Fall der Selbstregulationsaufgaben konnte

## Theoretischer Hintergrund

später gezeigt werden, dass ein geringer Blutglukosespiegel auch eine schlechtere Selbstregulationsleistung vorhersagen konnte (Gailliot et al., 2007a). Inwieweit dieser Zusammenhang manipulierbar ist, sollte in weiteren Untersuchungen überprüft werden.

Ergänzend zu den dargelegten Befunden zu Selbstregulation und dem Blutglukosespiegel haben auch einige wenige Studien interindividuelle Unterschiede hinsichtlich des Glukosestoffwechsels und den Zusammenhang mit Trait-Selbstregulation untersucht. Als Maße für interindividuelle Untersuchungen zum Glukosestoffwechsel wurden die Insulinsensitivität (Zahn, Tug, Wenzel, Simon & Kubiak, 2016) und die orale Glukosetoleranz (Eriksson, Gustavsson, Hilding, Granath, Ekblom & Östenson, 2012; Gluck et al., 2013) herangezogen. Die Zusammenhangshypothese von Insulinsensitivität und Trait-Selbstregulation stützt sich auf die Beobachtung, dass auch zerebrale Unterschiede je nach unterschiedlicher Insulinsensitivität zu finden sind (McNay & Recknagel, 2011). Diese hängen wiederum mit kognitiven Leistungsdifferenzen zusammen, sodass möglicherweise eine reduzierte Insulinsensitivität auch mit einer verringerten Selbstregulationsfähigkeit verknüpft sein könnte. Eine kürzlich veröffentlichte Untersuchung konnte Hinweise auf einen signifikanten Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und Insulinsensitivität (Zahn et al., 2016) nachweisen. Auch zeigten sich Unterschiede in der Impulsivität zwischen Personen mit gesunder oraler Glukosetoleranz und Personen mit einer Glukosestoffwechselstörung (wie Prädiabetes oder Diabetes mellitus Typ 2, vgl. Eriksson et al., 2012). Der Effekt erwies sich allerdings nur als gering.

### *2.2.1.2.2 Auswirkungen von Glukoseaufnahme.*

Es fanden sich einige Hinweise darauf, dass der Blutglukosespiegel einen wesentlichen Einfluss auf die kognitive Fähigkeit hat. In einer Studie von Sünram-Lea und Kollegen

## Theoretischer Hintergrund

(2001) konnte beobachtet werden, dass es zu einer Verbesserung der kognitiven Leistung kommt, wenn Glukose in Form eines Süßgetränks oral aufgenommen wurde. Eine solche Leistungsverbesserung zeigte sich jedoch nicht, wenn das eingenommene Getränk glukosefrei gesüßt war. In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass Probanden Gedächtnisaufgaben nach dem Konsumieren einer Glukoselösung besser bearbeiten konnten (Scholey, Harper & Kennedy, 2001). Dies spricht dafür, dass eine Glukoseaufnahme die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit verbessern kann.

Ob eine orale Glukoseaufnahme auch die Selbstregulationsleistung verbessern kann, wurde in späteren Studien untersucht. Eine solche Beobachtung hätte eine große alltagspsychologische Relevanz, da sich so sehr aufwandsarm Verbesserungen in der Regulationsfähigkeit erreichen ließen. In ihrer Untersuchung konnten Galliot und Kollegen (2007a) auch tatsächlich nachweisen, dass durch die orale Glukoseaufnahme Ego Depletion verhindert wurde. Die zu erwartende Verschlechterung der Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe trat nach Glukosekonsum nicht mehr auf. In einer weiteren Untersuchung gelang es zudem, durch Glukoseverzehr aggressive Reaktionen nach Provokationen zu verhindern beziehungsweise abzumildern (Denson, Hippel, Kemp & Teo, 2010). Eine aggressive Reaktion wurde dabei als Selbstregulationsversagen betrachtet. DeWall und Kollegen (2010) fanden ergänzend, dass die Symptome eines niedrigen Blutglukosespiegels mit rachesuchendem Verhalten assoziiert sind. Zwar wurden in ihrer Studie nur Menschen mit Diabetes mellitus untersucht, dennoch konnten die Befunde als Hinweis auf eine geringe Regulationsfähigkeit feindseliger Impulse bei mangelnder Verfügbarkeit von Blutglukose gewertet werden. In einer späteren Arbeit zeigten die Autoren außerdem nochmals, dass der Verzehr von glukosehaltiger Limonade aggressives Verhalten

## Theoretischer Hintergrund

verringern konnte (DeWall, Deckman, Gailliot & Bushman, 2011). Das Trinken eines glukosehaltigen Getränks konnte in dieser Untersuchung eine Erschöpfung der Selbstregulationsfähigkeit verhindern. Der Verzehr eines Kontrollgetränks, welches durch einen glukosefreien, synthetischen Süßstoff gesüßt war, konnte Ego Depletion hingegen nicht verhindern. Ein ähnlicher Befund wurde auch von einer anderen Arbeitsgruppe angeführt (Masicampo & Baumeister, 2008).

Die bisher dargestellten Befunde wurden herangezogen, um die Hypothese zu belegen, dass der Blutglukosespiegel mit dem Ausüben von Selbstregulation zusammenhängt. Dass die orale Verabreichung eines glukosehaltigen Nahrungsmittels oder Getränks automatisch zu einer Veränderung des Blutglukosespiegels führt, wurde in den beschriebenen Studien jedoch nachweislos vorausgesetzt. Einerseits ist unumstritten, dass Glukoseverzehr zu einem zeitweisen Anstieg des Blutglukosespiegels führt, sofern keine anderen, blutglukosesenkenden Tätigkeiten ausgeführt werden. Allerdings muss andererseits dennoch angenommen werden, dass die Höhe dieses Anstiegs stark zwischen unterschiedlichen Personen variiert. Ob und wie sehr der Blutglukosespiegel nach einer Glukoseaufnahme ansteigt, ist abhängig von der Körpermasse und der Stoffwechsellage derjenigen Person sowie dem Grad der momentanen und vorherigen körperlichen Aktivität. Um gesicherte Aussagen treffen zu können, muss daher überprüft werden, ob die Manipulation erfolgreich war, indem auch der Blutglukosespiegel gemessen wird. Daneben sollte die Blutglukosemanipulation über ein Verfahren erfolgen, mit dem oben genannten Variablen kontrolliert werden können.

### *2.2.1.2.3 Veränderungen im Blutglukosespiegel durch Selbstregulation.*

Eine Messung des Blutglukosespiegels beziehungsweise der Blutglukoseveränderung, die durch die Bearbeitung kognitiver oder insbesondere selbstregulationserfordernder Aufgaben erwartet wird, wurde bereits in einigen Studien vorgenommen. Genutzt wurden dabei Blutglukosemessegeräte, die üblicherweise in der Diabetesbehandlung verwendet werden. Dabei wird der Glukosegehalt von kapillarem Blut gemessen, welches in der Regel der Fingerkuppen entnommen und auf einen Teststreifen appliziert wird. In diesen Untersuchungen zeigte sich grundsätzlich, dass die Bearbeitung kognitiver Aufgaben den Blutglukosespiegel signifikant senkte, was wiederum zu einer schlechteren Leistung in einem folgenden Test führte (Scholey, Laing & Kennedy, 2006). Eine generelle mentale Beanspruchung führte ebenfalls in einer Untersuchung von Fairclough und Kollegen (2004) zu einem Absinken des Blutglukosespiegels über die Zeit. Die mentale Beanspruchung wurde in dieser Studie dadurch gefordert, indem die Probanden inkongruente Items eines Stroop-Tests beantworteten, also Wort-Farb-Interferenzen ausblenden mussten. Beim Bearbeiten inkongruenter Stimuli sank der Blutglukosespiegel signifikant mehr ab, als dies beim Bearbeiten der kongruenten Items der Fall war. Wie weiter oben berichtet, wird davon ausgegangen, dass das gezielte Ausblenden von Interferenzen eine Impulsunterdrückung im Sinne selbstregulierten Handelns notwendig macht (vgl. Dahm et al., 2011; Inzlicht & Gutsell, 2007). Der unterschiedliche Glukoseverbrauch bei der Bearbeitung von kongruenten im Vergleich zu inkongruenten Items kann daher als Hinweis darauf gewertet werden, dass die aufgebrauchte Selbstregulation diesen Unterschied verursacht. Diese Annahme vertraten auch Galliot und Kollegen (2007) und fanden eine empirische Bestätigung in neun Studien. Die Autoren zeigten, dass Selbstregulation bei stoffwechselgesunden

## Theoretischer Hintergrund

Menschen eine blutglukosesenkende Wirkung hat. Daneben wurde gezeigt, dass ein niedriger Blutglukosespiegel eine schlechtere Selbstregulationsleistung im Folgeexperiment prädiziert. Auch Dvorak und Kollegen (2009) konnten zeigen, dass der Blutglukose ihrer Probanden durch die Ausübung von Selbstregulation signifikant sank und den Ego Depletion-Effekt teilweise mediiieren konnte. Die Höhe des Blutglukoseabfalls schien in ihrer Untersuchung nicht mit der Trait-Selbstregulation zusammenzuhängen, wohingegen eine gute Trait-Selbstregulation allerdings den Ego Depletion-Effekt dämpfen konnte. Es zeigte sich also ein Zusammenhang zwischen dem Ausüben von Aufgaben, die Selbstregulation erfordern, und einem Absinken des Blutglukosespiegels.

### *2.2.1.2.4 Limitationen.*

Die berichteten Befunde bestätigen die Glukosehypothese, bei der von einem Zusammenhang von Selbstregulation und Blutglukose ausgegangen wird. Allerdings gibt es einige methodische Kritikpunkte, die die Aussagefähigkeit einschränken. In den Studien, in welchen der Blutglukosespiegel erfasst wurde, wurde dieser, wie bereits erwähnt, durch handelsübliche Blutglukosemessgeräte gemessen. Diese Art der Blutglukosemessung stellt eine aufwandarme und kostengünstige Methodik dar, die ohne medizinisches Personal durchgeführt werden kann. Für Forschungszwecke weist sie allerdings keine zufriedenstellende Messgenauigkeit auf, sodass Befunde, die durch Untersuchungen mit solchen Messverfahren gewonnen wurden, nicht belastbar sind. Daneben steht der Blutglukosestoffwechsel als mögliches Korrelat von Selbstregulation in wechselseitigem Zusammenhang mit vielen biologischen und lebensstilassozierten Variablen. Die Erforschung des grundsätzlichen Zusammenhangs von Blutglukose und Selbstregulation sollte in einer gesunden Stichprobe erfolgen, um allgemeingültige

## Theoretischer Hintergrund

Aussagen treffen zu können. Einige der publizierten Studien untersuchten klinische Stichproben, beispielsweise ausschließlich Menschen mit Diabetes. Die dadurch gewonnenen Befunde können daher nur eingeschränkt zur Beurteilung des grundsätzlichen Zusammenhangs von Selbstregulation und Blutglukose herangezogen werden. Bisher gibt es zudem wenig theoretische Annahmen oder empirische Befunde zur Frage, wie schnell sich ein möglicher Glukoseverbrauch durch Selbstregulation auch im Blut der Körperperipherie finden lässt. Es wird vermutet, dass von einer zeitlichen Verzögerung ausgegangen werden muss. Die Glukosekonzentration unterscheidet sich zudem zwischen den verschiedenen Blutgefäßregionen (Rostami, 2011). Die fehlende Berücksichtigung einer eventuellen Zeitverzögerung des zerebralen Glukoseverbrauchs zu dessen Auswirkungen in der Peripherie, wie es in den bisherigen Untersuchungen der Fall war, stellt daher einen methodischen Mangel dar.

Grundsätzlich wurden bisher nur sehr wenige Studien zum Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und dem Glukosestoffwechsel auf interindividueller Ebene veröffentlicht. Daher sind Befunde aus diesem Forschungsbereich noch nicht generalisierbar und sollten repliziert werden.

### ***2.2.1.3 Empirie: Ablehnung der Glukosehypothese.***

Bisher wurden einige Studien angeführt, die auf einen Zusammenhang des Blutglukosespiegels und Selbstregulationsleistung sprechen. Allerdings stehen diesen Befunden auch Überlegungen entgegen, die die Glukosehypothese grundsätzlich anzweifeln. Ebenso wurden auch Studien veröffentlicht, die ein widersprüchliches Ergebnis erzielten.

Kurzban (2010) stellte in einem Artikel vor einigen Jahren die theoretische Herleitung der Glukosehypothese infrage. Er beurteilt es als fragwürdig, dass die

## Theoretischer Hintergrund

Ausübung von Selbstregulation zu einem erhöhten Glukoseverbrauch führt. Er argumentiert damit, dass bereits der Gesamtenergieverbrauch des Gehirns sehr gering sei. Der Energieverbrauch der einzelnen Gehirnareale, die für das Aufbringen von Selbstregulation relevant sind, sei demnach noch wesentlich geringer, sodass eine fünfminütige Selbstregulationsaufgabe weit unter einer Kilokalorie Energie verbrauche. Ein solch niedriger Verbrauch könne demnach den Blutglukosespiegel noch nicht messbar beeinflussen. Kurzban (2010) stellte zudem einen Replikationsversuch der Befunde von Galliot (2007a) auf weitestgehend gleicher Datenbasis an, was jedoch nicht gelang. Er sieht sogar die eigenen Hypothesen der Autoren durch die methodischen Voraussetzungen von Galliot (2007) widerlegt. Galliot und Kollegen (2007) gingen von einer grundsätzlichen Glukoseabhängigkeit von Selbstregulation aus. Andererseits setzten sie jedoch voraus, dass die Probanden die Untersuchung nüchtern durchführten. Dadurch untersuchten die Autoren lediglich die Auswirkungen von Selbstregulationsaufgaben im nüchternen Zustand, sodass eine Diskrepanz zwischen theoretische Annahme und Studiendesign zu bemängeln ist.

In den bisher dargestellten Untersuchungen wurde davon ausgegangen, dass das Vorhandensein von ausreichend Glukose im Blut ausreicht, um selbstregulierend zu handeln. Dabei wurde nicht infrage gestellt, dass die vorhandene Blutglukose für das Aufbringen von Selbstregulation verwendet werden kann. Beedie und Kollegen (2012) warfen die Annahme auf, dass fehlende Selbstregulationsfähigkeit keine Frage des Vorhandenseins von Blutglukose, sondern vielmehr ein Problem der Ressourcenbereitstellung sei. Wird nicht ausreichend Glukose für das Ausüben von Selbstregulation bereitgestellt, sehen sie die Ursache dafür in einem Zusammenspiel von physiologischen Aspekten, dem Blutglukosespiegel selbst und der

## Theoretischer Hintergrund

Glukosefreisetzung durch die Leber sowie dem Grad der individuellen Motivation, Selbstregulation zu erbringen (Beedie & Lane, 2012). Laut den Autoren führt eine mangelhafte Bereitstellung dazu, dass die vorhandene Glukose nicht genutzt werden kann und es dadurch zu einer verringerten Selbstregulationsfähigkeit kommt. Mit dieser Betrachtung, insbesondere der Bezugnahme auf die Motivation der Personen, erweitern Beedie und Kollegen (2012) die Hypothese der Arbeitsgruppe um Baumeister (2007). Diese berücksichtigt in ihrer Erklärung der Selbstregulationsfähigkeit zwar auch die Rolle motivationaler Aspekte, berufen sich jedoch hauptsächlich auf das Vorhandensein von Glukose im Blut als Energiequelle für Selbstregulation. Die Energiebereitstellung, also die Verfügbarkeit von Glukose für kognitive Prozesse, ließe sich, im Falle dass Beedies (2012) Auffassung zuträfe, nicht durch die Messung des Blutglukosespiegels feststellen. Für den Fall, dass Beedies (2012) Hypothese zutreffend ist, wären andere Maße zur Erfassung der Bereitstellungsqualität notwendig. Ein geeignetes Maß hierfür wäre die Insulinsensitivität. Eine hohe Insulinsensitivität ermöglicht einen schnellen Glukosetransport aus dem Blut in die Zellen.

Neben diesen theoretisch begründeten Ablehnungen der Glukosehypothese wurden auch Studienbefunde veröffentlicht, bei denen experimentell kein Zusammenhang zwischen Blutglukose und Selbstregulation gefunden werden konnte. Molden und Kollegen (2012) konnten in ihrem Experiment keinen Zusammenhang von Selbstregulation und Blutglukose nachweisen. Der Blutglukosespiegel der Probanden aus ihrer Untersuchung wurde vor und nach dem Bearbeiten einer Wahrnehmungsaufgabe gemessen. Dies wurde mittels präziser Labormessung vorgenommen statt wie oben beschrieben mit einem handelsüblichen Blutglukosemessgerät. Diejenige Aufgabe, die viel Selbstregulation erforderte, ließ den

## Theoretischer Hintergrund

Blutglukose der Probanden allerdings nicht wie erwartet stärker absinken als die andere Aufgabenversion. Beobachtet wurde stattdessen ein leichter Blutglukoseanstieg in beiden Gruppen. Die Autoren führten diesen Befund darauf zurück, dass gegebenenfalls die Aufgabensituation zu Stress und somit vermehrter Cortisolausschüttung geführt haben kann. Eine vermehrte Cortisolausschüttung hätte einen Blutglukoseanstieg zur Folge. In einem zweiten Experiment von Molden und Kollegen (2012) spülten die Probanden ihren Mund entweder mit zuckerhaltiger Mundspülung oder mit einer süßstoffhaltigen Lösung aus, ohne die Flüssigkeit zu schlucken. Das Ausspülen mit der glukosehaltigen Mundspülung führte dazu, dass beim Bearbeiten zweier Aufgaben kein Ego Depletion-Effekt eintrat. In der Kontrollgruppe mit der süßstoffhaltigen Mundspülung konnte Ego Depletion hingegen nachgewiesen werden. Dies fand sich sowohl in einem Design, in dem eine der beiden Aufgaben körperliche Anstrengung erforderte, der Hand Grip-Test, als auch in einem Design, in dem die Probanden neben der Wahrnehmungsaufgabe eine kognitiv fordernde Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe bearbeiteten. Daher lässt sich der Effekt nicht allein auf die Modalität der verwendeten Aufgaben zurückführen, sondern wurde einem Effekt durch die Glukosemundspülung zugeschrieben. Im Rahmen der Glukosehypothese wird allerdings von einer Leistungsverbesserung durch einen Ressourcenzuwachs ausgegangen, welcher über eine Glukoseaufnahme in den Stoffwechsel erfolgt. Dies würde jedoch die Aufnahme der Nahrungsglukose in die Blutbahn voraussetzen, was größtenteils über den Dünndarm geschieht. Durch das bloße Ausspülen des Mundes mit einer Glukoselösung werden zwar orale Glukoserezeptoren aktiviert, aber es wird noch nicht ermöglicht, dass die Glukose in das Blut aufgenommen werden konnte.

## Theoretischer Hintergrund

Das Phänomen, dass alleine eine glukosehaltige Mundspülung ähnliche oder sogar bessere Effekte als eine tatsächliche Glukosezufuhr in den Organismus auf die Selbstregulationsleistung hat wurde auch an anderen Stellen berichtet (Chambers, Bridge & Jones 2009; Pottier, Bouckaert, Gilis, Roels & Derave, 2010). Wenn eine Glukoseaufnahme und die folgenden Stoffwechselprozesse nicht nötig sind, um zu besseren Selbstregulationsleistungen zu gelangen, kann die Glukosehypothese nicht zur Erklärung herangezogen werden. An dieser Stelle könnte einen alternativen Erklärungsansatz darstellen, dass die Glukose über Rezeptoren im Mund das Belohnungssystem im Gehirn mit den Arealen des Inselkortex, dem orbitofrontalen Kortex und dem Striatum aktiviert und dadurch motivationale und affektive Faktoren die Selbstregulation verbessern (de Ataide e Silva et al., 2014). Ein solches Erklärungsmodell könnte wiederum auch die Befunde anderer Studien zu einem positiven Zusammenhang von oraler Glukoseaufnahme und einer Verbesserung der Selbstregulationsfähigkeit erklären. Um für einen Effekt der motivationalen Komponente kontrollieren zu können, muss daher für eine künftige Überprüfung der Glukosehypothese eine nicht-orale Aufnahmeform gewählt werden.

Lange und Eggert (2014) führten eine Studie zur Untersuchung der Glukosehypothese durch, bei der sie mittels Manipulation Check prüften, ob die oral aufgenommene Glukose ins Blut gelangt ist. Ihr Studiendesign bestand aus einer initialen Aufmerksamkeitslenkungsaufgabe, um Unterschiede in der Ressourcenverfügbarkeit der Selbstregulation zu Beginn des Experiments zu verringern. Zur Messung des Blutglukosespiegels wurde eine kapillare Blutglukosemessung vorgenommen. Es folgte die Durchführung eines klassischen Dual Task-Paradigmas mit Aufgaben, bei denen die Probanden vor die Herausforderung gestellt wurden, sich für

## Theoretischer Hintergrund

einen Belohnungsaufschub entscheiden zu müssen. Zwischen der ersten Aufgabe und der zweiten wurde den Probanden entweder ein glukosehaltiges Süßgetränk oder ein süßstoffhaltiges Getränk mit dem gleichen Geschmack verabreicht. Zur Ermöglichung der Zuckeraufnahme ins Blut wurde eine Pause von zehn bis fünfzehn Minuten zur Beantwortung von Fragebögen eingefügt. Anschließend wurde nochmals der Blutglukosespiegel der Probanden bestimmt und sie bearbeiteten die zweite Aufgabe. Die Probanden, die das zuckerhaltige Getränk zu sich nahmen, hatten wie erwartet einen höheren Blutglukosespiegel als die Kontrollgruppe. Die entlang der Glukosehypothese postulierte erwartete Interaktion zwischen Gruppenbedingung und Aufgabenleistung zeigte sich allerdings nicht. Der Effekt von Ego Depletion wurde durch den Konsum von Glukose nicht verringert. Die Autoren berücksichtigten durch die Pause zwischen Trinken und der zweiten Aufgabe die zeitliche Verzögerung der Glukoseaufnahme über die Nahrung in das Blut. Die dadurch entstandene Pause zwischen den Aufgaben im Paradigma könnte allerdings auch dazu geführt haben, dass die Einflüsse der ersten Aufgabe durch Erholung verschwinden, wie dies die Muskelmetapher nahelegt. Auch ist unklar, inwiefern die dem Dual Task-Paradigma vorangestellte Selbstregulationsaufgabe mögliche Effekte beeinflussen könnte. Die Erwartung, dass damit ein gleiches Anfangsniveau der Verfügbarkeit von Selbstregulation hergestellt werden kann, kann nicht ausreichend begründet und belegt werden. Zudem wurde am Studiendesign kritisiert, dass erste und zweite Aufgabe gleich waren, was dazu führen könnte, dass Probanden weniger für den zweiten Durchlauf motiviert seien (Chatzisarantis & Hagger, 2015a). Motivation für die Aufgabenbearbeitung wird von Chatzisarantis und Kollegen (2015b) als einflussreicherer Wirkfaktor auf das Ausüben von Selbstregulation angesehen als etwa

## Theoretischer Hintergrund

der Konsum von Glukose. Insgesamt kann also gesagt werden, dass die Studie von Lange (2014) einerseits zwar Befunde lieferte, die gegen die Glukosehypothese sprechen, andererseits methodische Unklarheiten mitbringt, die die Aussagekraft des Befundes schmälern.

Eine kürzlich veröffentlichte Metaanalyse lieferte allerdings auf Basis einer p-Kurven-Analyse zusätzliche Hinweise darauf, dass die gefundenen Zusammenhänge zwischen Blutglukose und Selbstregulation aufgrund von statistischen Schwierigkeiten wie einem *publication bias* überschätzt wurden (Vadillo, Gold & Osman, 2016). Die ausgewerteten Signifikanzniveaudaten der gefundenen Effekte unterschieden sich nicht von denen, die beim Zutreffen der Nullhypothese zu erwarten wäre. Dies belastet die bisherige Studienlage zusätzlich und lässt den gefundenen Zusammenhang zwischen Blutglukose und Selbstregulation anzweifeln. Die Glukosehypothese muss daher anhand eines Studiendesigns ohne die beschriebenen methodischen Mängel überprüft werden. Dabei sind insbesondere ein genaues Messverfahren sowie eine direkte Manipulierbarkeit des Blutglukoselevels von Bedeutung, die wiederum überprüft werden muss. Wie bereits erwähnt, könnte dies mittels Glukose-Clamp-Verfahren gewährleistet werden, welches jedoch bisher noch nicht zur Untersuchung des Zusammenhangs von Selbstregulation und dem Blutglukosespiegel eingesetzt wurde.

### **2.2.1.4 Fazit.**

Das Stärkemodell der Selbstregulation, wonach reguliertes Handeln, Denken und Fühlen auf einer begrenzten Ressource basiert, die sich nach einiger Zeit der Ausübung erschöpft und erst nach einer Phase von Erholung wieder zur Verfügung steht, wurde von einigen Autoren um die Glukosehypothese ergänzt. Dabei wurde angenommen,

## Theoretischer Hintergrund

dass Glukose, die vom Gehirn beim Bearbeiten mentaler Aufgaben verbraucht wird, die biologische Ressource für Selbstregulation darstellt (Gailliot et al., 2007a).

Studien konnten zeigen, dass die Ausübung von Selbstregulation den Blutglukosespiegel senkt. Ebenso konnte orale Glukosezufuhr die Selbstregulationsleistung verbessern und teilweise sogar Ego Depletion verhindern. Allerdings wurde dieser Effekt auch bei bloßer Mundspülung mit einer Glukoselösung festgestellt und spätere Untersuchungen konnten die Befunde, die für die Glukosehypothese sprechen, nicht replizieren. Bisher ist also unklar, ob Blutglukose tatsächlich die biologische Ressource von Selbstregulation darstellt. Bei allen Studien sind methodische Mängel anzuführen, sowohl was die Glukosemanipulation durch orale Glukoseaufnahme, als auch was deren Messung mittels gängiger Messgeräte, wie sie in der Selbstmessung der Blutglukose verwendet werden, betrifft.

Zur experimentellen Überprüfung der Glukosehypothese muss daher eine Methode gewählt werden, die Veränderungen im Glukoseverbrauch abbildet (vgl. DeFronzo et al., 1979; Brehm & Roden, 2007). Dafür eignet sich die Durchführung eines hyperinsulinämisch-euglykämischen Clamps, wie unter 2.2.1.1 beschrieben. Bei dieser Methode wird den Probanden über einen längeren Zeitraum eine geringe Menge Insulin injiziert, um damit den körpereigenen Glukosestoffwechsel, insbesondere die körpereigene Insulin- und Glucagonausschüttung, außer Kraft zu setzen und eine variable Menge Glukose injiziert, um einen stabilen Blutglukose im Normbereich aufrecht zu erhalten. In diesem Zustand kann durch die erfasste Glukoseinfusionsrate bestimmt werden, wie viel Glukose der Organismus, etwa durch das Bearbeiten bestimmter Aufgaben, verbraucht. Anhand dieser Methodik soll dann überprüft werden, ob das Ausführen von Selbstregulation zu einem Mehrverbrauch an Glukose führt.

## Theoretischer Hintergrund

Auf Basis theoretischer Gegenannahmen zur Hypothese des Glukosemehrerbrauchs sowie der Veröffentlichung einiger Studien, die die Glukosehypothese nicht bestätigen konnten, bedarf es einer ergänzenden Untersuchung von interindividuellen Unterschieden. Wenige Studien konnten Hinweise darauf liefern, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Glukosestoffwechsel und der Trait-Selbstregulation gibt. Die Replikation des Zusammenhangsbefundes von Insulinsensitivität und Trait-Selbstregulation von Zahn und Kollegen (2016) steht aus.

### **2.2.2 Selbstregulation und Herzratenvariabilität.**

Wie bereits erwähnt wurde, wird neben dem Blutglukosespiegel die Herzratenvariabilität als mögliches biologisches Korrelat der Selbstregulation in Betracht gezogen. Die Herzratenvariabilität (HRV) ist die Fähigkeit des autonomen Nervensystems, die Herzfrequenz über unterschiedliche Situationen hinweg oder auch im Ruhezustand spontan zu variieren. Unterschieden werden muss dabei zwischen der Trait-HRV, der dispositionellen und situationsübergreifenden Herzratenvariabilität im Ruhezustand und der State-HRV, die die jeweilige Veränderung in einer bestimmten Situation angibt. Eine hohe Trait-HRV zeigt eine gute Anpassungsfähigkeit auf unterschiedliche Anforderungen an und gilt als gesund (vgl. Wang & Huang, 2012). Die State-HRV sinkt bei Stress und ist bei Entspannung erhöht (Castaldo et al., 2015; de Geus, Willemsen, Klaver & van Doornen, 1995).

Die Annahme eines Zusammenhangs zwischen Herzratenvariabilität und Selbstregulation geht auf die Theorie der Neuroviszeralen Integration (NVI) zurück. Diese liefert eine plausible Erklärung für den Zusammenhang von reguliertem Handeln und Herzratenvariabilität auf Basis der physiologischen Zusammenhänge (Thayer et al., 2009). Neben der NVI sollen im Folgenden die bisherigen Befunde zum möglichen

## Theoretischer Hintergrund

Zusammenhang von Selbstregulation und der HRV dargelegt werden, nachdem zuvor die physiologischen Grundlagen und betrachteten Maße der Herzratenvariabilität erläutert werden.

### *2.2.2.1 Physiologische Hintergründe.*

Die Theorie der Neuroviszeralen Integration von Thayer und Kollegen (2009) beschäftigt sich mit den physiologischen Grundlagen sowohl von Herzratenvariabilität als auch mit denen von reguliertem Handeln. Reguliertes Handeln ist entlang der Theorie auf die zentralnervöse Inhibitionsfähigkeit zurückzuführen, die die Auswahl von konkurrierenden Impulsen und die Hemmung derjenigen Impulse ermöglicht, die von zielgerichtetem Handeln abhalten. Diese Fähigkeit kann der inhibitorischen Funktion des präfrontalen Kortex zugeordnet werden. Diese Hirnstruktur ist eingebettet in das Zentrale Autonome Nervensystem, welches neben kognitiven, affektiven und behavioralen Regulationsprozessen über den Nervus vagus und dem parasympathischen System auch Einfluss auf die kardiale Aktivität nimmt und somit die Herzratenvariabilität mitbestimmt (Thayer et al., 2009). Dieser parasympathisch-vagale Einfluss auf die Herzrate wird als vagaler Tonus bezeichnet (Laborde & Mosley, 2016). Demnach sind die autonome Herzratenvariabilität und die Fähigkeit Selbstregulation aufzubringen auf Ebene des Nervensystems eng miteinander verbunden. Die Autoren führen eine Vielzahl an Studienbefunden an, die diese Assoziation bestätigen und zeigen, dass eine Manipulation der Trait-HRV zu einer Verbesserung der Handlungskontrolle führen kann.

Dass diese enge Verknüpfung auch einen biologischen Nutzen mit sich bringt und im Rahmen eines Evolutionsprozesses entstanden ist, davon geht Porges (2001) im Rahmen seiner Polyvagalen Theorie aus. Nach Porges (2001) stieg im Laufe der

## Theoretischer Hintergrund

menschlichen Evolution und Sozialisation die Bedeutsamkeit, in sozialen Situationen ungünstigen Impulsen zu widerstehen. Es zeigte sich, dass das Nervensystem von Säugetieren ursprünglich eindimensionale Reaktionsmuster ermöglichte, um in Bedrohungssituationen schnell reagieren zu können. Phylogenetisch am ältesten war hierbei eine einfache und schnelle Nervenverbindung von zerebralen und viszeralen Strukturen, die im Falle einer Bedrohung ermöglichte, Stoffwechselprozesse zu stoppen. Eine solche sogenannte Immobilisation könnte im Verletzungsfall Schaden verringern und eine Heilung beschleunigen. Später wurde diese Verbindung komplexer, da sich das sympathische Nervensystem ausbildete, was im Bedrohungsfall durch die Mobilisierung von Energie eine schnelle „Fight or Flight“-Reaktion ermöglichte. Eine weitere Fortentwicklung stellte letztlich die Myelinisierung des Nervus vagus und seine Verbindung zu anderen Hirnnerven, die soziales Verhalten steuern. Auf diese Weise konnten autonom-nervöse Reaktionen je nach sozialen Anforderungen angepasst werden und auf unterschiedlichem Weg nach außen kommuniziert werden, beispielsweise über Mimik oder Körpersprache. Es ist davon auszugehen, dass dieser evolutionäre Prozess das soziale Miteinander von Säugetieren ermöglicht hat. Es handelt sich hierbei um ein Steuerungssystem, welches an vielen unterschiedlichen Prozessen beteiligt ist, so auch an der Regulation der Herzfrequenz.

Auf Basis der Polyvagalen Theorie von Porges (2001) und der Theorie der Neuroviszeralen Integration nach Thayer (2009) wird angenommen, dass es zwischen selbstreguliertem Handeln und autonomen Veränderungen wie der Herzratenvariabilität eine starke Assoziation gibt. Genauer betrachtet ergibt sich die Herzratenvariabilität aus der unterschiedlich ausgeprägten Regulation der Herzfrequenz über den Sinusknoten, dem „Taktgeber“ des Herzens. Dieser wird durch Nervenbahnen des vegetativen

## Theoretischer Hintergrund

Nervensystems gesteuert, indem der Sympathikus aktivierend und der Parasympathikus hemmend einwirken (Schmidt & Schaible, 2006).

Für die Bestimmung der Herzratenvariabilität können verschiedene Maße herangezogen werden, die sich auf Basis der gemessenen Herzfrequenz auf unterschiedliche Arten berechnen lassen (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Zum einen können Maße verwendet werden, die sich auf die Inter-Beat-Intervalle des EKGs der Probanden beziehen. Dabei handelt es sich zum einen um die Standardabweichung der Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen (SDNN) und zum anderen um die Quadratwurzel des Mittelwertes der Summe der quadrierten Differenzen dieser Intervalle (RMSSD). Daneben gibt es frequenzanalytische Maße, die die sogenannten low frequency- und high-frequency- Komponenten darstellen (LF und HF), sowie dem Verhältnis beider Komponenten (LF/HF). Es wird davon ausgegangen, dass die Komponenten der HRV, die im niederfrequenten Bereich bestehen, hauptsächlich durch die sympathische, die Komponenten im hochfrequenten Bereich hauptsächlich durch die parasympathische Aktivität zustande kommen. Dies konnte jedoch nicht eindeutig belegt werden (Billman, 2013). In einigen Untersuchungen wird den Analysen auch das Ausmaß der respiratorischen Sinus-Arrhythmie, also der Herzratenveränderung, die durch die Atmung entsteht, zugrunde gelegt. Insgesamt gibt es also viele Analysemethoden, um auf Basis der gemessenen Herzrate Maße der Herzratenvariabilität zu ermitteln, weswegen auch in den durchgeführten Studien zur Untersuchung der HRV unterschiedliche Maße verwendet wurden.

### *2.2.2.2 Empirie.*

Befunde zum Zusammenhang von Selbstregulationsleistungen und Herzratenvariabilität wurden teilweise aus klinischen Untersuchungen gewonnen, teilweise aus experimentellen Studien.

#### *2.2.2.2.1 Klinische Untersuchungen*

Zur Überprüfung der Annahme, dass zwischen Herzratenvariabilität und Selbstregulationsfähigkeit Zusammenhänge existieren, können Ergebnisse aus unterschiedlichen Untersuchungsdesigns herangezogen werden. Einige Studien untersuchten die HRV bei Personen, die Selbstkontrollversagen in klinischem Ausmaß aufwiesen, wie etwa im Rahmen von Alkoholmissbrauch, Depression oder Binge Eating. In einer Untersuchung wurde die Trait-Herzratenvariabilität von Probanden mit chronischem Alkoholmissbrauch mit der Trait-HRV von Kontrollprobanden ohne auffälligen Alkoholkonsum verglichen. Es wurde eine erniedrigte Trait-HRV bei den Alkohol missbrauchenden Probanden gefunden (Ingjaldsson, Laberg & Thayer, 2003). Die Autoren beobachteten zudem in der Gruppe der Probanden mit schädlichem Alkoholgebrauch einen Anstieg in der State-HRV während der Konfrontation mit alkoholassozierten Stimuli. Die Befunde lassen offen, ob die verringerte Trait-HRV Ursache oder Folge des Alkoholmissbrauchs ist, sprechen jedoch für eine enge Verknüpfung der Trait-HRV und Selbstregulation beziehungsweise deren Versagen. Die Autoren fanden daneben einen negativen Zusammenhang von State-HRV und negativer Stimmung sowie chronischer Gedankenunterdrückung und bei alkoholabhängigen Personen konnte die Trait-HRV einen signifikanten Anteil der Varianz des starken Alkoholverlangens, dem Craving, aufklären konnte (Quintana, Guastella, McGregor, Hickie & Kemp, 2013).

## Theoretischer Hintergrund

Im Vergleich von übergewichtigen Probanden mit einer Binge Eating Störung und übergewichtigen Kontrollprobanden ohne Essstörung wurde geprüft, ob die State-HRV im Falle von Stress zwischen den Probandengruppen unterscheidet. Binge Eating zeichnet sich durch anfallartiges Überessen aus, über das Betroffene keine Kontrolle erleben und welches in vielen Fällen zu Übergewicht führt (Castonguay, Eldredge & Agras, 1995). Es zeigte sich, dass die übergewichtigen Probanden, die unter einer Essstörung litten, eine stärker verringerte State-HRV während der Stressphasen aufwiesen als die Kontrollprobanden (Friederich et al., 2005). Da sich die übergewichtigen Probanden darin unterschieden, ob sie ihr Essverhalten als kontrolliert wahrnahmen oder mehrmals wöchentlich einen Kontrollverlust erlebten, kann geschlussfolgert werden, dass die stärkere HRV-Reduktion mit dem Selbstregulationsversagen einhergeht. Dennoch bleibt auch hier offen, wie der tatsächliche Kausalzusammenhang zwischen den beiden Faktoren ausfällt.

In einem Review führte Taylor (2010) an, dass die Trait-HRV negativ mit Depressivität und der Entwicklung kardiovaskulärer Erkrankungen assoziiert ist. Mit einer zunehmenden Depressivität und dem Auftreten kardiovaskulärer Krankheiten geht eine verringerte HRV einher. In den meisten Fällen ist mit Depressivität ein Mangel an Antrieb verbunden und erschwert es den Betroffenen, ihre Vorhaben umzusetzen. Auch auf emotionaler und kognitiver Ebene ist Depressivität mit Selbstregulationseinbußen verknüpft (Beesdo-Baum & Wittchen, 2011). Daher liefert dieser Befund weitere Hinweise auf einen positiven Zusammenhang zwischen HRV und erfolgreicher Selbstregulation. In einer Metaanalyse konnte gezeigt werden, dass bei Patienten ohne kardiovaskuläre Störungen die Trait-HRV mit zunehmendem Schweregrad der Depressivität sinkt (Kemp et al., 2010). Umgekehrt können Verbesserungen der Trait-

## Theoretischer Hintergrund

HRV etwa mittels gesünderen Lebensstils oder auch durch die Einnahme von Medikamenten erzielt werden (vgl. Jurca, Church, Morss, Jordan, & Earnest, 2004; Stein, Ehsani, Domitrovich, Kleiger & Rottman, 1999). Das Umsetzen und Aufrechterhalten eines gesünderen Lebensstils kann als regelmäßige Ausübung und Training von Selbstregulation eingestuft werden, sodass dieser Befund auf Trait-Ebene Hinweise darauf liefert, dass Selbstregulationsausübung zu einer Erhöhung der HRV führt.

### *2.2.2.2 Experimentelle Untersuchungen.*

Neben diesen Untersuchungen an klinischen Stichproben weisen auch experimentelle Studien an nichtklinischen Stichproben auf Zusammenhänge zwischen Selbstregulation und HRV hin.

Vor dem Hintergrund des Rubikonmodells der Handlungsphasen (Gollwitzer, Heckhausen & Ratajczak, 1990) untersuchten Geisler und Kubiak (2009) den Zusammenhang von HRV und selbstregulierter Zielverfolgung bei Misserfolgserebnissen. Sie fanden ein erhöhtes Selbstvertrauen vor der Handlung und anschließend verringertes Ruminieren über den Misserfolg bei den Probanden, die eine höhere HRV aufwiesen (Geisler & Kubiak, 2009). Geisler und Kollegen (2013) fanden außerdem einen Zusammenhang zwischen der respiratorischen Sinusarrhythmie, also der atmungsabhängigen Herzratenvariabilität, und der Fähigkeit zu sozial angemessener Emotionsregulation. Ebenso konnte eine erhöhte HRV bei Probanden in einer Ego Depletion-Bedingung im Vergleich mit einer Non Depletion-Kontrollgruppe gefunden werden (Geisler, Kleinfeldt & Kubiak, 2016). Aufgabe der Probanden in der Depletion-Bedingung war es, Emotionen zu unterdrücken. Diese Studienergebnisse konnten also zeigen, dass das Aufbringen von Selbstregulation zu einer Erhöhung der State-HRV

## Theoretischer Hintergrund

führt. Auch konnte gezeigt werden, dass die Trait-HRV die Fähigkeit zur Gedankenunterdrückung vorhersagen kann (Gillie, Vasey & Thayer, 2015). Sowohl Emotionsunterdrückung als auch Gedankenunterdrückung stellen entlang dem Selbstregulationskonzept von Baumeister (1998) Teilgebiete von Selbstregulation dar.

Die Trait-HRV scheint zudem positiv mit Lebenszufriedenheit korreliert zu sein, was durch die Fähigkeit zur Emotionsregulation mediiert wird (Geisler, Vennewald, Kubiak & Weber, 2010). Appelhans und Luecken (2006) weisen in ihrem Review auf einen stabilen Zusammenhang zwischen adaptiver Emotionsregulation, Copingstrategien und der HRV hin. Die Autoren empfehlen den Einbezug der HRV als non-invasiven biologischen Marker funktionaler Emotionsregulation in künftige Untersuchungen. Ein Zusammenhang von HRV und Diäterfolg, also einer erfolgreichen Selbstregulation im Bereich Ernährung und Bewegung, wurde ebenfalls nachgewiesen (Meule, Lutz, Vögele, & Kübler, 2012). Auch konnte in einer Metaanalyse gezeigt werden, dass sozial angepasstes, funktionales Verhalten von Kindern mit einer erhöhten HRV assoziiert ist (Graziano & Derefinko, 2013). Die Resultate von 26 experimentellen Studien zum Zusammenhang von HRV und Selbstregulation wurden ebenfalls im Rahmen einer aktuellen Metaanalyse von Zahn und Kollegen (2016) ausgewertet. Gefunden wurde ein signifikanter, kleiner Effekt des Zusammenhangs von Trait-HRV und der Selbstregulationsleistung. Die Autoren fanden jedoch auch Hinweise auf einen *publication bias*. Wird für diesen korrigiert, findet sich kein signifikanter Zusammenhang mehr.

Seegerstrom und Solberg Nes (2007) untersuchten den Zusammenhang zwischen State-HRV und State-Selbstregulation in einem Dual Task-Design mit einer Aufgabe zur Nahrungsmittelwahl und unlösbaren Anagrammen. In ihrer Studie zeigte sich eine

## Theoretischer Hintergrund

erhöhte State-HRV während beiden Aufgaben in der Experimentalgruppe, die Karotten statt Kekse verzehren sollten. Die Autoren berichteten zudem, dass die Baseline-HRV zu Beginn eines Dual Task-Experiments neben der Gruppenbedingung Prädiktor für die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe war. Eine höhere Baseline-HRV war in Segerstroms (2007) Untersuchung mit einer längeren Ausdauer beim Bearbeiten der unlösbaren Anagramme verbunden. Die Autoren lieferten damit einen Befund, den Gillie und Kollegen (2015) bei der Aufgabe der Gedankenunterdrückung replizieren konnten. Die HRV wurde als gut messbarer Selbstregulationsindikator eingestuft, der einen besonderen Informationszugewinn liefert. Da sich Probanden ihrer Selbstregulationsleistung nicht bewusst sind und daher über diese keine valide Aussage treffen können, sehen die Autoren in der HRV einen valideren Indikator als in einem Selbstbericht. Die Ergebnisse zur Baseline-HRV und ihrem Zusammenhang mit der Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe konnten in einem abgewandelten Design zudem repliziert werden (Reynard, Gevirtz, Berlow, Brown & Boutelle, 2011).

Reynard und Kollegen (2011) konnten zwar einen Zusammenhang der Trait-HRV mit der Selbstregulationsleistung bestätigen, allerdings fanden sie keine erhöhte State-HRV bei Probanden, die Selbstregulation erbringen mussten. In ihrem Design wurde Selbstregulation ausgeübt, indem die Probanden ihre Gedanken unterdrückten (Reynard et al., 2011). Die Autoren kritisierten Segerstroms (2007) Aufgabendesign mit Nahrungsmittelwahl und -verzehr, mit welchem eine erhöhte State-HRV beim Aufbringen von Selbstregulation gefunden wurde. Diese Nahrungsaufnahme könnte entlang der Glukosehypothese Einfluss auf die Selbstregulationsleistung genommen haben. Mit ihrer Untersuchung versuchten Reynard und Kollegen (2011) die Ergebnisse von Segerstroms (2007) Experiment bei veränderter ersten Aufgabe zu replizieren. Die

## Theoretischer Hintergrund

Probanden sollten nun Gedanken unterdrücken sollten, ohne dass es zu einer Konfundierung mit dem Einfluss der Nahrungsaufnahme kommen konnte. Auch Beute und Kollegen (2014) konnten grundsätzlich keinen Unterschied in der State-HRV zwischen Probanden nachweisen, die entweder in einer Ego Depletion-Bedingung oder in einer No Depletion-Bedingung klassische Dual Task-Aufgaben bearbeiteten. Dies spricht gegen einen Zusammenhang von State-HRV und State-Selbstregulation. Die heterogene Befundlage macht weitere Forschung notwendig. Auch hier bleibt offen, wie viele unveröffentlichte Studien keinen Zusammenhang von HRV und Selbstregulation finden konnten, was einen Replikationsversuch notwendig macht.

Die Präzizierbarkeit der Selbstregulationsleistung aufgrund des physiologischen Parameters der HRV, wie von Segerstrom und Solberg Nes (2007) gefunden, könnte eine gewisse Determination der Fähigkeit zur Selbstregulation implizieren und die Bedeutsamkeit beispielsweise von HRV-Training unterstreichen. Dass ähnlich wie die Selbstregulationsfähigkeit auch die Herzratenvariabilität trainierbar ist, wurde bereits nachgewiesen. Ein Trait-HRV-Training ist mittels Biofeedback möglich und kann im Fall von chronischen körperlichen Erkrankungen sowie psychischen Erkrankungen nachweislich Verbesserungen der HRV erzielen (Reynard et al., 2011). Eine aufgrund Biofeedbacktraining erhöhte HRV kann zudem die Rate der erlebten Essattacken verringern (Meule, Freund, Skirde, Vögele & Kübler, 2012). Auch gibt es Hinweise darauf, dass regelmäßige körperliche Aktivität als Puffer für die Erschöpfung von Selbstregulation dienen kann (Reynard et al., 2011). Gerade also für den Zusammenhang von Trait-HRV und Selbstregulationsleistung bei unterschiedlichen Anforderungen wurden belastbare Befunde publiziert. Bezüglich eines möglichen Zusammenhangs zwischen Selbstregulationsleistung, wie sie in einem klassischen Dual

## Theoretischer Hintergrund

Task-Paradigma erfordert wird, und der State-HRV wurden widersprüchliche Befunde publiziert. Segerstrom & Solberg Nes (2007) beobachteten eine signifikant erhöhte State-HRV beim Bearbeiten von Selbstregulationsaufgaben, was Reynard und Kollegen (2001) allerdings nicht bestätigen konnten.

### *2.2.2.2.3 HRV und Glukosestoffwechsel.*

Wie unter 2.2.1 beschrieben, untersuchten einige Arbeitsgruppen die Hypothese, dass Selbstregulation mit dem Blutglukosestoffwechsel assoziiert ist. Im Falle, dass beide Korrelathypothesen zutreffend sind, wäre denkbar, dass auch ein Zusammenhang zwischen der HRV und dem Blutglukosestoffwechsel existiert. Dies war Forschungsgegenstand in einigen weiteren Arbeiten. Gefunden werden konnte, dass eine verringerte Trait-HRV mit einem erhöhten Blutglukosespiegel im nüchternen Zustand korreliert ist (Singh, 2000). Dieser stellt einen Hinweis auf einen gestörten Glukosestoffwechsel dar. Dieser Zusammenhang wird jedoch stark durch andere Variablen beeinflusst, wie dem Alter, Geschlecht, BMI, Herzrate und pathologischem Blutdruck und kann daher nicht generalisiert werden. Allerdings ist ein möglicher Zusammenhang von HRV und Blutglukosespiegel nach der Theorie der Neuroviszeralen Integration naheliegend, da beides über das Zentrale Autonome Nervensystem geregelt wird (Thayer et al., 2009). Die Energiebereitstellung wird unter anderem über sympathische Bahnen reguliert, was wiederum Einfluss auf den Blutglukosespiegel hat.

Es wurden auch einige Befunde veröffentlicht, die für einen generellen Zusammenhang von Herzaktivität und dem Glukosestoffwechsel sprechen. Filipovsky und Kollegen (1996) berichteten von einem Zusammenhang zwischen Blutdruck und Blutglukosespiegel und auch einer erhöhten Herzrate. Auch fanden sie höhere

## Theoretischer Hintergrund

Blutglukosewerte bei gleichzeitigem Vorliegen von Bluthochdruck. Festa und Kollegen (2000) konnten nachweisen, dass die Trait-Herzratenvariabilität in Zusammenhang mit der körpereigenen Insulinproduktion sowie der Insulinsensitivität steht.

In einer weiteren Untersuchung wurde gezeigt, dass ein linearer negativer Zusammenhang zwischen der Trait-HRV und der Plasmaglukose im nüchternen Zustand sowie dem HbA1c-Wert, dem Blutglukose-Langzeitwert, besteht (Jarczok, Li, Mauss, Fischer & Thayer, 2013). Ford und Kollegen (2002) beobachteten bei ihren Probanden einen Unterschied in der Herzrate beim Abruf von emotionalem Gedächtnismaterial in Abhängigkeit dessen, ob eine Placebo- oder Glukoselösung verabreicht wurde. Je nach Veränderung des Blutglukosespiegels veränderte sich also auch die kardiale Aktivität. Beim Bearbeiten von kognitiven Aufgaben wurde in einer früheren Untersuchung nach Glukosegabe ebenfalls eine Erhöhung der Herzrate festgestellt (Kennedy & Scholey, 2000). Auch eine andere Untersuchung zeigte, dass die kardiale sympathische Aktivität einige Zeit nach Glukosegabe ansteigt (Kamiya, 1990). Auch wurde nachgewiesen, dass Nahrungsdeprivation in Form von Fasten zu einer erhöhten sympathischen Aktivität führt (Herbert et al., 2012). Diese Befunde stützen die Annahme eines beiden Parametern zugrunde liegenden Faktors, der gleichermaßen kardiale Aktivität und Glukosestoffwechsel beeinflusst. Solche möglichen Wechselwirkungen müssten bei einer gleichzeitigen Untersuchung beider Parameter, wie es in der vorliegenden Arbeit vorgenommen wurde, berücksichtigt werden.

### **2.2.2.3 Fazit.**

Die Annahme, dass einer generellen Selbstregulationsfähigkeit und der Herzratenvariabilität eine gemeinsame Struktur des zentralen autonomen

## Theoretischer Hintergrund

Nervensystems zugrunde liegt, wurde mittels Untersuchungen zum Zusammenhang von Selbstregulation und HRV untersucht. Diese Hypothese geht auf die Theorie der Neuroviszeralen Integration (Thayer et al., 2009) zurück. In einigen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass signifikante Zusammenhänge von situationsübergreifender Trait-HRV und Selbstregulation bestehen. Dabei ergibt sich ein heterogenes Bild an betrachteten Größen. So wurden beispielsweise Untersuchungen zu Gedankenunterdrückung oder Emotionsregulation, bei gesunden Probanden gleichermaßen wie beim Vorliegen einer Suchterkrankung und bei Übergewicht durchgeführt. Standardisierte experimentelle Designs, die den Zusammenhang von Selbstregulationsleistung mit der Trait-HRV untersuchen, gab es bisher nur wenige. Ebenso fehlen Untersuchungen, die sowohl Zusammenhänge mit Trait-HRV als auch mit State-HRV berichten. Bei der Betrachtung von State-HRV und State-Selbstregulation gibt es bisher Hinweise auf einen positiven Zusammenhang, wobei eine Replikation auf Basis eines bewährten Dual Task-Designs zur Untermauerung hilfreich wäre. In der vorliegenden Untersuchung soll ein solcher Replikationsversuch des Zusammenhangs von State-Selbstregulation und State-HRV vorgenommen werden. Außerdem soll geprüft werden, ob auch der Befund, dass die Trait-HRV die spätere Selbstregulationsleistung vorhersagen kann, repliziert werden kann.

### **2.3 Zusammenfassung und Ableitung der Fragestellung.**

Das Stärkemodell der Selbstregulation und der Effekt von Ego Depletion wurden theoretisch begründet und häufig bestätigt (Hagger et al., 2010). Allerdings wurden auch Studien veröffentlicht, die das Modell anzweifeln lassen. Es wurde gezeigt, dass Ego Depletion nicht unter allen unterschiedlichen experimentellen Bedingungen gleichermaßen auftritt. Bisherige Studiendesigns waren häufig methodisch anfechtbar.

## Theoretischer Hintergrund

Ein groß angelegter Replikationsversuch des Stärkemodells und von Ego Depletion konnte den Effekt nicht replizieren (Hagger, 2016). Dieser Replikationsstudie wurden ein standardisiertes, störvariablenarmes experimentelles Studiendesign und eine ausreichend große Stichprobe zugrunde gelegt. Allerdings ist fraglich, ob die verwendete Aufgabe der Replikationsstudie tatsächlich Ego Depletion verursachen kann und ob das Scheitern des Replikationsversuchs auf generelle Probleme der psychologischen Forschung zurückzuführen ist. Andernfalls könnte es sich dabei um ein Indiz dafür handeln, dass Ego Depletion nicht oder zumindest nicht in der bisher angenommenen Form existiert. Auch wurde den bisherigen Untersuchungen meist zugrunde gelegt, dass die situationsübergreifende Fähigkeit zur Selbstregulation mit der Leistung in einzelnen Situationen und Experimenten stark zusammenhängt. Dies ist allerdings bisher noch nicht belegt, weswegen die Untersuchung des Zusammenhangs von Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation noch aussteht.

Neben den offenen Fragen in der Grundlagenforschung zu Selbstregulation ist noch ungeklärt, ob die Annahme von biologischen Korrelaten der Selbstregulation zutrifft. Vielversprechende Hypothesen haben bisher heterogene Befunde und Forschungsdesigns hervorgebracht. Es wurden zahlreiche Studien veröffentlicht, die Hinweise darauf lieferten, dass eine gute Selbstregulation ausreichend Blutglukose benötigt und auch verbraucht (Gailliot et al., 2007a). Allerdings konnten andere Studien die Befunde nicht replizieren (Molden et al., 2012) und es ist bisher unklar, ob der anzunehmende geringe Glukoseverbrauch durch das Aufbringen von Selbstregulation durch die bisher verwendete Methodik überhaupt nachweisbar wäre (Kurzban, 2010). Daneben wurde die Herzratenvariabilität als vielversprechendes biologisches Korrelat diskutiert. Zusammenhänge zwischen Trait-HRV und Selbstregulation konnten

## Theoretischer Hintergrund

experimentell auch nachgewiesen werden (Seegerstrom & Solberg Nes, 2007), was sich allerdings in manchen Designs nicht bei der State-HRV wiederfand (Reynard et al., 2011). Auch gibt es Hinweise darauf, dass der Zusammenhang von HRV und Selbstregulation teilweise auf einen *publication bias* zurückgeführt werden muss (Zahn et al., 2016). Bisher konnte noch nicht eindeutig nachgewiesen werden, dass das Aufbringen von Selbstregulation zu einer erhöhten State-Herzratenvariabilität führt. Auch die Replikation des Zusammenhangbefundes von Selbstregulationsfähigkeit und der Trait-HRV steht noch aus.

Insgesamt stellt sich für die vorliegende Untersuchung die Frage, ob Ego Depletion wie bisher angenommen existiert oder ob andernfalls auch Replikationsversuche scheitern, die mittels geeigneter Methode durchgeführt wurden. Ebenso ist zu klären, ob ebenfalls in einem anderen Design der Befund repliziert werden kann, dass die Aufgabenlänge der ersten Aufgabe im Dual Task-Paradigma bestimmt, ob es zu Ego Depletion kommt. Für einen erneuten Replikationsversuch müssen Aufgaben verwendet werden, die sich als geeignet erwiesen haben, Selbstregulation experimentell zu erfordern. Daneben ergibt sich die Fragestellung, ob Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation tatsächlich so zusammenhängen, wie es in den meisten Untersuchungen implizit angenommen wurde.

Hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Selbstregulation und biologischen Korrelaten bleiben für die vorliegende Untersuchung verschiedene Fragestellungen zu klären. Einerseits muss überprüft werden, ob das Aufbringen von Selbstregulation im Rahmen eines Dual Task-Designs tatsächlich mit einem zusätzlichen Blutglukoseverbrauch einhergeht, wie er über das messgenaue Glukose-Clamp-Verfahren festzustellen wäre. In diesem Zusammenhang soll zudem geprüft werden, ob

## Theoretischer Hintergrund

der Befund repliziert werden kann, dass Trait-Selbstregulation mit der Insulinsensitivität zusammenhängt. Andererseits stellt sich die Frage, ob der teilweise nachgewiesene Zusammenhang zwischen dem Aufbringen von State-Selbstregulation und der Erhöhung der State-HRV replizierbar ist. Und letztlich soll außerdem geprüft werden, ob neben der State-HRV auch die Trait-HRV im Zusammenhang mit der Selbstregulation steht.

### 2.4 Fragestellung und Hypothesen

Auf Basis des bisherigen Forschungsstands und dem resultierenden Forschungsbedarf ergaben sich für die vorliegende Untersuchung folgende Fragestellungen.

Zum einen stellt sich die Frage nach dem Einfluss der Aufgabenlänge auf Ego Depletion. Durch die Überprüfung dieser Fragestellung kann beurteilt werden, ob Ego Depletion nur bei einer bestimmten Aufgabenlänge eintritt. Falls dies der Fall ist, ist es notwendig für die Überprüfung der folgenden Hypothesen das Design dementsprechend anzupassen, weswegen die Durchführung von zwei konsekutiven Studien notwendig ist.

Zum anderen ist fraglich, ob zwischen Trait- und State-Selbstregulation ein so großer Zusammenhang besteht, wie er bisher meist implizit angenommen wurde. Vor dem Hintergrund der Forschung zu biologischen Korrelaten der Selbstregulation stellt sich die Frage, ob State-Selbstregulation zu einem Mehrverbrauch an Blutglukose und zu einer Erhöhung der State-Herzratenvariabilität führt. Ebenso soll untersucht werden, ob die Trait-Maße der beiden biologischen Parameter, die Trait-Herzratenvariabilität und die Insulinsensitivität, ebenfalls mit Trait-Selbstregulation assoziiert sind.

Um dies zu überprüfen, soll zuerst der Einfluss der Aufgabenlänge in einer größeren Stichprobe im Rahmen eines Dual Task-Designs mit den bewährten Aufgaben Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und Stroop-Test überprüft werden. In der zweiten Studie soll mittels Glukose-Clamp-Verfahren der Blutglukose der Probanden konstant gehalten werden und die körpereigene Blutglukoseregulation außer Kraft gesetzt werden, um anschließend die gleichen Selbstregulationsaufgaben wie in der ersten Studie darzubieten. Gleichzeitig soll die Herzrate der Probanden aufgezeichnet werden, um einerseits die Auswirkungen der Selbstregulation auf den Blutglukosespiegel, andererseits auf die Herzratenvariabilität nachweisen zu können. Daneben sollen

## Theoretischer Hintergrund

gängige Fragebögen die Trait-Selbstregulation der Probanden erfassen und eine Labordiagnostik des Blutes soll die Insulinsensitivität erheben.

Folgende Hypothesen sollen geprüft werden:

(1) Beim Vergleich zweier unterschiedlicher Aufgabenlängen (fünf Minuten vs. zehn Minuten) der ersten Aufgabe (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe) im Dual Task-Paradigma wird Ego Depletion nur bei Verwendung der kürzeren Aufgabenversion erwartet.

(2) Zwischen der selbstberichteten Trait-Selbstregulation und der gemessenen State-Selbstregulation wird ein positiver Zusammenhang erwartet, da von Selbstregulation als domänenübergreifender Fähigkeit ausgegangen wird.

(3) Experimentelle Selbstregulationsleistung verbraucht mehr Glukose als kognitive Tätigkeit, die keine Selbstregulationsleistung erfordert. Im Vergleich zweier Gruppen wird für die Gruppe mit der Version der ersten Aufgabe, die Selbstregulation erfordert, ein höherer Glukoseverbrauch als in der Gruppe, die nur eine vergleichbare kognitive Aufgabe ohne Selbstregulation bearbeiten muss, erwartet.

(4) Selbstregulationsleistung führt zu einer Erhöhung der State-Herzratenvariabilität.

4a. Es wird ein signifikanter Mittelwertunterschied in der State-Herzratenvariabilität während der ersten Aufgabe zwischen den Gruppen erwartet. Die State-HRV in der Experimentalgruppe wird höher erwartet.

4b. Im Vergleich zur Baseline-HRV vor Beginn des Experiments wird bei allen Probanden eine Erhöhung der State-HRV während der zweiten Aufgabe erwartet.

## Theoretischer Hintergrund

4c. Es wird davon ausgegangen, dass die Baseline-HRV (Trait-HRV), gemessen vor Beginn des Experiments, die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe (Stroop-Test) vorhersagt, wenn für die Gruppenbedingung (Experimental- vs. Kontrollgruppe) kontrolliert wird.

(5) Es wird angenommen, dass ein positiver Zusammenhang der selbstberichteten, stabilen Trait-Selbstregulationsfähigkeit im Alltag und der Trait-HRV sowie der Insulinsensitivität besteht.

### **3 Studie 1: Replikation von Ego Depletion**

Zur Überprüfung der dargestellten Hypothesen wurden zwei aufeinanderfolgende Studien durchgeführt. Die erste Studie diente dem Replikationsversuch von Ego Depletion im Rahmen eines bewährten Dual Task-Aufgabendesigns. Dies wurde mit unterschiedlichen Längenbedingungen der ersten Aufgabe durchgeführt, um den Einfluss der Aufgabenlänge auf Ego Depletion (Hypothese 1) untersuchen zu können. Anschließend wurde die zweite Studie zur Untersuchung der Hypothesen zu den biologischen Korrelaten und der Hypothese zum Zusammenhang von State- und Trait-Selbstregulation durchgeführt. Hierbei wurden die Befunde der ersten Studie genutzt, um eine geeignete Aufgabenlänge zu identifizieren, die Ego Depletion verursachen kann. Das Studiendesign zur Überprüfung der Korrelathypothesen wurde dann entlang dieser Befunde angepasst. Für die Durchführung beider Studien lag ein positives Votum der Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz vor.

#### **3.1 Methode**

Die erste Studie wurde in zwei Erhebungszeiträumen im Frühjahr 2014 und Frühjahr 2015 am Psychologischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz durchgeführt. Alle erhobenen Daten wurden dann zu einem Datensatz zusammengefasst und gemeinsam ausgewertet.

##### **3.1.1 Design.**

Die Studie wurde in einem  $2 \times 2$ -Design umgesetzt. Getestet wurden zwei unterschiedlich lange Bearbeitungszeiten der ersten Aufgabe des Dual Task-Paradigmas, eine fünfminütige Aufgabenlänge wurde mit einer zehnminütigen Aufgabenlänge verglichen. Probanden wurden einer Experimental- und einer

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Kontrollbedingung zugewiesen, wovon nur in der Experimentalbedingung in der ersten Aufgabe Selbstregulation erfordert wurde. In Anlehnung an Dang und Kollegen (2013) wurden die Zeitbedingungen fünf Minuten und zehn Minuten gewählt. Die Teilnehmer wurden den Versuchsbedingungen zugelost. Gelost wurde immer die Gruppen- und Zeitbedingung für die gesamte Gruppe der im jeweiligen Durchgang getesteten Probanden. Dies wurde so gehandhabt, damit es nicht zu unterschiedlich langen Experimentlängen zwischen den gleichzeitig getesteten Probanden kam. Dadurch sollte verhindert werden, dass es trotz der parallelen Testung mehrerer Probanden nicht zu Verzögerungen im Versuchsablauf und dadurch entstehenden Pausen zwischen den beiden Aufgaben kommt, die den Effekt von Ego Depletion nivellieren könnten.

### **3.1.2 Stichprobe.**

A priori wurde eine Power-Analyse mittels Berechnungsprogramm G\*Power in der Version 3.1.9.2 durchgeführt (Faul, Erdfelder, Lang & Buchner, 2007), um die notwendige Stichprobengröße zum Nachweis mittlerer Effektstärken zu ermitteln. Allen Powerberechnungen wurde ein Alphafehler von 0.05 zugrunde gelegt. Es zeigte sich, dass mit einer Teststärke von 0.95 mittlere Effekte von  $f = 0.3$  ( $d = 0.6$ ) eine Gesamtstichprobengröße von  $N = 147$  erforderlich ist und zum Nachweis eines Effekts von  $f = 0.23$  ( $d = 0.5$ ) eine Stichprobe von  $N = 210$  Probanden notwendig wäre. Daher wurde angestrebt, eine Stichprobe zu rekrutieren, die mindestens aus  $N = 147$  Probanden besteht, jedoch bestenfalls aus  $N = 210$  Probanden.

Die Probanden wurden per Email über den Studierendenverteiler des Psychologischen Instituts der Johannes Gutenberg-Universität Mainz sowie über Aushänge und Besuche in Vorlesungen rekrutiert. Für ihre Teilnahme erhielten sie die Bescheinigung über die abgeleistete Zeit als Versuchspersonen, die sie für ihr Studium

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

benötigten. Die Teilnahme war freiwillig und die Probanden erklärten sich nach ausführlicher mündlicher Aufklärung schriftlich dazu bereit. Nicht teilnehmen konnten Probanden, die unter Konzentrations- oder Aufmerksamkeitsstörungen, Rot-Grün-Blindheit oder anderen Sehstörungen wie einer extremen Weit- oder Kurzsichtigkeit oder einer Sehbehinderung litten.

Die Stichprobe bestand aus 197 Probanden, von denen 167 weiblich waren. Ausgeschlossen wurden insgesamt 44 Probanden. Die Ausschlussgründe waren zum einen Sehschwierigkeiten (Rot-Grün-Blindheit und Sehbehinderung,  $N = 3$ ), die erst vor Ort bekannt gemacht wurden. Zum anderen wurden Probanden aufgrund Sprach-, Verständnis- oder Konzentrationsschwierigkeiten ( $N = 5$ ) ausgeschlossen, die auf berichtete ADHS-Diagnosen und Sprachbarrieren zurückzuführen waren. Auch technische Probleme (z.B. Bildschirmflackern) oder Unregelmäßigkeiten im Experimentablauf, wie einer entstandenen zu langen Pause zwischen den beiden Aufgaben führten zu einigen Drop Outs ( $N = 13$ ). Daneben wurden Datensätze ausgeschlossen, wenn eine zu große Fehler- oder Itemausreißeranzahl in den beiden Aufgaben des durchgeführten Dual Task-Designs vorlag ( $N = 14$  in der ersten Aufgabe,  $N = 9$  in der zweiten Aufgabe). Die verbliebenen Probanden waren wie in Tabelle 2 dargestellt durch Auslosung pseudorandomisiert auf die zwei Gruppen- und Zeitbedingungen verteilt.

Tabelle 2

### *Probandenanzahl in den Zeit- und Gruppenbedingungen*

Gruppe	5 min	10 min
Experimentalgruppe	36	35
Kontrollgruppe	41	41

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

In Tabelle 3 werden die Geschlechterverteilung und die Altersstruktur innerhalb der einzelnen Teilgruppen aufgeführt.

Tabelle 3

*Mittelwerte (Standardabweichung) des Alters der Probanden und prozentualer Anteil weiblicher Probanden innerhalb von Experimental- und Kontrollgruppe und den beiden Zeitbedingungen 5 Minuten und 10 Minuten*

	Bedingung	5 min	10 min
		<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Alter	Experimentalgruppe	22.56 J. (5.29)	24.23 J. (5.09)
	Kontrollgruppe	23.54 J. (6.39)	22.98 J. (4.85)
Geschlecht (Anteil weiblich)	Experimentalgruppe	91.7%	88.6%
	Kontrollgruppe	80.5%	85.4%

Die Stichprobe wies einen überdurchschnittlich hohen Frauenanteil auf, wie er aufgrund des Geschlechterverhältnisses im Psychologiestudium ungefähr erwartet wurde. 45.8% der Probanden wurden im ersten Durchführungszeitraum getestet. Es gab keine signifikanten Unterschiede in Alter und Geschlecht im Vergleich der beiden Durchführungszeiträume (Geschlecht:  $t(150) = -.25$ ,  $p = .803$ ,  $d = -.041$ ; Alter:  $t = -1.518$ ,  $d = -.247$ ).

### 3.1.3 Ablauf.

Die Experimentteilnehmer fanden sich in einem hellen Laborraum des Psychologischen Instituts ein. An den beiden gegenüberliegenden Wänden des Raumes waren jeweils drei Computer aufgebaut, die auf beiden Seiten durch Trennwände von den anderen

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Arbeitsplätzen abgetrennt waren, sodass es nicht zu Ablenkungen kam. Es nahmen gleichzeitig nur maximal vier Probanden an der Untersuchung teil, damit der Versuchsleiter allen Probanden gegebenenfalls ausreichend Hilfestellung leisten konnte. Der Versuchsleiter löste vor Experimentbeginn die Gruppenbedingung (Experimentalgruppe vs. Kontrollgruppe) und die Zeitbedingung (Dauer der ersten Aufgabe: fünf Minuten vs. zehn Minuten) aus und war bei der Testung anwesend und verhielt sich ruhig. Anschließend wurde an den Computern mit dem Programm „Inquisit 4“ das Experiment gestartet. Die Probanden wurden am Bildschirm über den Ablauf aufgeklärt. Der Versuchsleiter erfragte das Alter des jeweiligen Probanden und er wies den Teilnehmern einen Probandencode zu. Die Darstellung am PC begann mit einer Instruktion und einer anschließenden Abfrage des aktuellen Affekts und der aktuellen Motivation. Anschließend wurden die Probanden per Bildschirminstruktion dazu aufgefordert, nun den vor sich liegenden Bogen mit der ersten Aufgabe, einer Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, zu bearbeiten. Nach Ablauf der festgelegten Zeit wurden die Bögen eingesammelt und die Probanden wurden angewiesen, nun den weiteren Instruktionen am Computer zu folgen. Auf der folgenden Bildschirmanzeige wurde die Schwierigkeit der gerade bearbeiteten Aufgabe abgefragt. Es folgten erneut Abfragen von Affekt und Motivation und die Teilnehmer bearbeiteten anschließend eine computerbasierte Version des Stroop-Tests. Zuletzt wurden die Probanden gebeten, computerbasierte Formen verschiedener Fragebögen zur Erfassung von dispositioneller Selbstkontrolle und Impulsivität zu bearbeiten.

### **3.1.4 Instrumente und Variablen.**

#### ***3.1.4.1 Unabhängige Variablen.***

Zur Untersuchung des Einflusses von Aufgabenlänge und Gruppenbedingung der ersten Aufgabe auf die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe wurde neben der Aufgabenlänge der ersten Aufgabe grundsätzlich variiert, ob die erste Aufgabe Selbstregulation erforderte oder nicht.

##### *3.1.4.1.1 Selbstregulationsmaß in der ersten Aufgabe.*

Je nach Gruppenbedingungen erhielten die Probanden unterschiedliche Versionen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe. Diese unterschieden sich insofern in ihrer Instruktion, dass nur bei den Probanden in der Experimentalgruppe Selbstregulation erforderlich war, um die Aufgabe erfolgreich zu bearbeiten. Die Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe wurde schon in verschiedenen Arbeiten erfolgreich eingesetzt, um Ego Depletion zu verursachen (Baumeister et al., 1998; Tice et al., 2007). Auch der Anforderung der Störvariablenarmut wird die Aufgabe gerecht, da sich das Design an dem validen, reliablen und objektiven Konzentrationstest d2 orientierte (Brickenkamp, Schmidt-Atzert & Liepmann, 2010), der sich durch ein einfaches und standardisiertes Design und neutrale Reize auszeichnet.

Den Probanden wurde nach einer kurzen mündlichen Instruktion die Aufgabe in Papierform vorgelegt. In einem sechszeiligen Übungsdurchgang strichen die Probanden alle „e“s aus einer Reihe zusammenhanglos aneinander gereihter Wörter aus mit der Anweisung, dies so genau und so schnell wie möglich zu tun. Der Übungsdurchgang dauerte ungefähr eine Minute. Anschließend führten die Probanden aus der Kontrollgruppe die Aufgabe auf dieselbe Weise weiter fort. Die Probanden aus der

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Experimentalgruppe bekamen für die folgenden Wortzeilen zwei neue einschränkende Bedingungen. Sie sollten weiterhin alle „e“s austreichen, bis auf diejenigen, auf die direkt ein Vokal folgte (z.B. „...ei...“) oder bei denen der vorletzte Buchstabe ebenfalls ein Vokal war (z.B. „...are...“). Diese einschränkenden Bedingungen führten dazu, dass dem Impuls, alle „e“s auszustreichen, welcher durch den Übungsdurchgang erlernt wurde, widerstanden werden musste und ein Selektionsprozess anstelle des impulshaften Ausstreichens treten musste (siehe Abbildung 1).

<p><b>Nun beginnt die eigentliche Aufgabe.</b></p> <hr/> <p>Bitte streichen Sie wieder die „e“s durch, <b>außer</b> den „e“s, die</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- durch einen Vokal (a, e, i, o, u, ä, ü, ö) gefolgt werden</li><li>- oder bei denen der Buchstabe, der zwei Stellen vor dem „e“ ist, ein Vokal ist.</li></ul> <hr/> <p>Chiphersteller Monopol Strategie Partei Kaffee Kugel Ausschnitt Leute Forschung Farbe</p> <p>Breite Utensil Währung Sperre verquirlen wortgetreu Abstammung Fabrik Umleitung</p> <p>Kontakt Mengenbegriff Pyrotechniker Seminar Welt Mensa Überprüfbarkeit Deutlichkeit</p>
---

Abbildung 1. Instruktion und Wortzeilen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe nach dem Übungsdurchgang in der Version der Experimentalgruppe.

Es wird davon ausgegangen, dass mit dieser Form der Impulsunterdrückung Selbstregulation erforderlich ist. Die Bearbeitungsdauer betrug fünf oder zehn Minuten je nach Bedingung. Die dargebotenen Wörter wurden so ausgewählt, dass die Valenz möglichst neutral ausfiel (vergleiche Anhang G) um mögliche Interferenzen durch einen Emotionen triggernden Wortinhalt zu vermeiden (vgl. Algom, Chajut, & Lev, 2004). Die Papierbögen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe wurden später anhand einer Musterlösung ausgewertet, indem die bearbeiteten Zeichen, ausgelassene Zielreize und fälschlicherweise angestrichene Distraktoren gezählt wurden. Aus diesen Kennwerten

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

konnte dann ein sogenannter Fehlerprozentwert ermittelt werden, indem der Gesamtfehlerwert, die Summe der Auslassungsfehler (AF) und der Verwechslungsfehler (VF), mit 100 multipliziert und durch die Gesamtzahl aller bearbeiteter Zielzeichen (GZ) dividiert wurde.

$$\text{Fehlerprozentwert} = \frac{AF + VF}{GZ} \times 100$$

Dabei handelt es sich um einen Verhältniswert, der auch über 100% hinausgehen konnte und keinen absoluten Aussagewert besitzt.

### *3.1.4.1.2 Dauer der ersten Aufgabe.*

Der Versuchsleiter stoppte mithilfe einer Stoppuhr die Bearbeitungszeit ab Beginn der Übungsaufgabe bis zum Beenden der Aufgabe, die je nach vorher ausgeloster Zeitbedingung auf fünf Minuten oder zehn Minuten begrenzt war und beendete die Bearbeitung durch das Einsammeln der Bögen.

### *3.1.4.2 Abhängige Variable.*

#### *3.1.4.2.1 Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe.*

Abhängige Variable war die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe, die im Falle von Ego Depletion verringert wäre. Verwendet wurde eine computerbasierte Variante des Stroop-Tests, wie sie schon in mehreren Arbeiten als Selbstregulationsaufgabe in ähnlicher Form eingesetzt wurde (Dahm et al., 2011, Inzlicht & Gutsell, 2007). Dabei wurden nach acht Übungstrials 288 Trials präsentiert, die darin bestanden, dass das Wort „rot“ oder „grün“ abwechselnd in roter oder grüner Farbe präsentiert wurde. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Farbe des

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Wortes anzugeben, ohne sich von der Wortbedeutung irritieren zu lassen. Es wurden kongruente Items, bei denen Wort und Farbe übereinstimmten, sowie inkongruente Items, bei denen keine Übereinstimmung vorlag, dargeboten.

Es wurden gleichviele kongruente und inkongruente Items in festgelegter Reihenfolge präsentiert. Aufgabe der Probanden war es, anhand von zwei Tasten auf der Tastatur die jeweilige Farbe so schnell wie möglich anzugeben. Dabei wurden die Reaktionszeiten der Probanden gemessen. Die Bearbeitungsdauer des Tests inklusive der Instruktion variierte zwischen fünf und zehn Minuten und war abhängig von der Geschwindigkeit, mit der die Probanden die Instruktionen lasen und die Trials bearbeiteten. Abhängige Variable stellte die Differenz der mittleren Reaktionszeiten bei der Beantwortung der inkongruenten und der kongruenten Items dar. In vorherigen Untersuchungen zum Stroop-Paradigma wurde gezeigt, dass die Reaktionszeiten zwischen kongruenten Farben und Farbwörtern geringer ausfallen als bei einer inkongruenten Kombination (MacLeod, 1991). Als mögliche Variable, die angeben kann, wie erfolgreich die Probanden trotz der Inkongruenz die Farbe der Items angeben konnten, also wie gut sie Interferenzen ausblenden konnte, kann die Differenz zwischen inkongruenten und kongruenten Items betrachtet werden. Dieses Ausblenden der Interferenzen stellt hierbei die Selbstregulationsleistung dar. Alternativ zur Differenz der Reaktionszeiten kann der Koeffizient ausgewertet werden, der sich ergibt, wenn diese Differenz durch die gesamte Reaktionszeitensumme dividiert wird. Als abhängige Variable in der vorliegenden Arbeit wurde die Reaktionszeitendifferenz zwischen inkongruenten und kongruenten Items für die Ermittlung der Selbstregulationsleistung im Stroop-Test verwendet.

$$Diff_{RT} = RT_{inkongruent} - RT_{kongruent}$$

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Je größer der Reaktionszeitunterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Items ausfällt, desto größer wird die Differenz beziehungsweise der Stroopkoeffizient. Eine größere Reaktionszeitendifferenz kommt zustande, wenn weniger kognitive Kapazität zum Ausblenden der Interferenzen beim Bearbeiten der inkongruenten Items zur Verfügung steht. Übertragen auf die Theorie der Selbstregulationsstärke würde es bedeuten, dass eine erschöpfte Selbstregulation zu einem größeren Stroopkoeffizienten führt.

Als zweite abhängige Variable, die zur explorativen Analyse der Auswirkung der erfordernten Selbstregulation im Rahmen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe auf die Leistung im Stroop-Test ausgewertet werden sollte, war der prozentuale Anteil an falsch beantworteten Items im Stroop-Test. Dieses Fehlermaß wurde als Kontrollmaß für die Auswirkung verringerter Selbstregulationsfähigkeit herangezogen.

$$error = \frac{100 * (missings + falsch\ beantwortete\ Items)}{Gesamtzahl\ der\ Items}$$

Die Histogrammanalyse ergab Hinweise auf eine fehlende Normalverteilung, weswegen für die Analysen des Fehlermaßes nichtparametrische Verfahren verwendet wurden.

### ***3.1.4.3 Weitere Variablen.***

Daneben wurden noch weitere Variablen erhoben, die laut Hagers (2010) Metaanalyse Einfluss auf den Ego Depletion-Effekt haben können.

#### *3.1.4.3.1 Schwierigkeit der Aufgaben.*

Die wahrgenommene Aufgabenschwierigkeit als Einflussfaktor auf die Leistung und gleichzeitig als mögliche abhängige Variable der Gruppenbedingung wurde mittels fünfstufiger Skala (1 = gar nicht schwer, 5 = sehr schwer) anhand der Frage „Bitte

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

geben Sie an, wie schwierig Sie die Aufgabe fanden“ erfasst. Diese Abfrage entspricht allerdings einem Rating und keinem Instrument, dessen Gütekriterien überprüft werden können.

### *3.1.4.3.2 Momentaner Affekt.*

Wie bereits erwähnt wurde eine Affektmessung vor dem durchgeführten Experiment sowie nach den Aufgaben durchgeführt. Je nach Zeitpunkt stellt der Affekt in den Analysen unabhängige oder abhängige Variable da, auf die sich die grundsätzliche Teilnahme am Experiment sowie die Gruppen- und Zeitbedingung auswirken könnte.

Zur dreimaligen Erfassung der aktuellen Stimmung der Probanden wurde der „Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen“ (Steyer, Schwenkmezger, Notz & Eid, 1997) eingesetzt. Der MDBF erfasst die momentane Stimmung auf drei bipolaren Skalen: „Gute-Schlechte Stimmung“, „Wachheit-Müdigkeit“, und „Ruhe-Unruhe“, zu denen jeweils acht Items zugehörig sind. Die insgesamt 24 Items erfragen auf einer fünfstufigen Skala von „überhaupt nicht“ bis „sehr“ die „augenblickliche Stärke (der) Stimmung“ der Probanden. Dabei wird ein Teil der Items positiv gepolt (z.B. „zufrieden“) und ein Teil negativ gepolt präsentiert (z.B. „schlecht“).

Für die einzelnen Skalen wurden von den Autoren hohe Reliabilitäten zwischen  $\alpha = .86$  und  $\alpha = .94$  (Cronbachs Alpha) berichtet und zugleich vergleichsweise niedrige Retest-Korrelationen, was die Autoren als Bestätigung des Stimmungskonstrukts als starken Schwankungen unterliegend ansehen. In der vorliegenden Untersuchung betrug die Reliabilität der drei Skalen zwischen  $\alpha = .89$  und  $\alpha = .92$ . Die Augenscheinvalidität der Skalen ist auch aufgrund der geringen Komplexität und der alltäglichen Nachvollziehbarkeit gegeben. In unserer Untersuchung wurde der MDBF vor allem aufgrund der differenzierteren Skalenstruktur im Vergleich zu alternativen etablierten

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Stimmungsfragebogen ausgewählt, betrachtet wurde die Skala „Gute-Schlechte Stimmung“.

### *3.1.4.3.3 Aktuelle Motivation.*

Die Motivation für die folgende Aufgabe („Im Folgenden sollen Sie angeben, wie groß Ihre momentane Motivation für die Teilnahme am Experiment ist. Bitte überlegen Sie nicht lange.“) wurde mittels fünfstufiger Skala (1= überhaupt nicht, 5= sehr) erhoben.

### **3.1.5 Datenauswertung.**

Die Datenauswertung erfolgte mit dem Statistikpaket SPSS, Version 22 (IBM Corp., 2013, Version 22.0.0.0). Allen statistischen Tests wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  zugrunde gelegt. Die für die Analysen relevanten erhobenen Daten bestanden aus den Fehlerprozentwerten der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und vorrangig den Reaktionszeiten des Stroop-Tests, sowie die Angaben zu Motivation und Affekt.

Anhand des Kolmogorov-Smirnoff-Tests und einer Histogrammanalyse zeigte sich, dass die Fehlerprozentwerte der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe in einigen der Versuchsbedingungen nicht normalverteilt waren. Aus den Analysen ausgeschlossen wurden die Datensätze von Probanden, deren Fehlerrate in der ersten Aufgabe zu groß war. Dies hatte den Hintergrund, dass sonst nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die erste Aufgabe falsch verstanden wurde und demnach nicht wie beabsichtigt Ego Depletion zur Folge hatte. Gebildet wurde ein Quotient aus der Differenz der Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen abzüglich der Fehlerzahl, dividiert durch die Gesamtzahl. Der Cut-Off-Wert dieses Quotienten wurde auf 0.35 gesetzt, da dieser Wert auf Basis einer Ausreißeranalyse als geeignete Grenze valider Durchführungen erschien. Die erfassten Daten des Stroop-Tests bestanden aus den Reaktionszeiten, in

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

denen die Probanden die jeweiligen Items beantworteten, und der Angabe, ob die Items korrekt beantwortet wurden. Es wurde eine intraindividuelle Datenbereinigung vorgenommen, indem zum einen solche Items ausgeschlossen wurden, die nicht korrekt beantwortet wurden. Zum anderen wurden Items ausgeschlossen, zu deren Beantwortung die Probanden so viel Zeit brauchten, dass nicht davon ausgegangen werden konnte, dass dies bewusst und spontan erfolgt ist. Zu kurze Reaktionszeiten würden eher bei reflexartigen Bewegungen ohne gezielte Steuerung entstehen, zu lange Reaktionszeiten lassen eine unzureichend spontane Beantwortung vermuten. Eine stattdessen gezielt gesteuerte Beantwortung hätte zur Folge, dass sich implizite Auswirkungen nicht bemerkbar machten. Eine Erschöpfung der Selbstregulationsstärke könnte dadurch nicht mehr festgestellt werden. Insgesamt wurden daher alle Reaktionszeiten, die außerhalb dem Bereich von 250 – 2000 ms lagen, ausgeschlossen. Die Übungsitems flossen ebenfalls nicht in die Auswertung mit ein, sondern dienten lediglich dazu, dass sich die Probanden mit der Aufgabenstellung und der Tastenbenutzung vertraut machten. Auch wurden diejenigen Items ausgeschlossen, bei denen Reaktionszeiten zustande kamen, die außerhalb des Wertebereichs des Mittelwerts  $\pm 3$  Standardabweichungen lagen. Des Weiteren wurde eine Box-Plot-Ausreißeranalyse durchgeführt, um zu gewährleisten, dass alle Ausreißeritems ausgeschlossen wurden.

### **3.1.6 Analysen.**

Zur Überprüfung von Hypothese 1, dass sich Ego Depletion nur in der kürzeren Zeitbedingung zeigt, wurde eine ANOVA durchgeführt, bei der die Interaktion zwischen Gruppenbedingung (EG vs. KG) und Zeitbedingung (5 min vs. 10 min) betrachtet wurde. Da die Daten in zwei Messperioden mit unterschiedlichen

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Versuchsleiterteams erhoben wurden, wurde für die Erhebungsperiode kontrolliert, indem sie als Kovariate in die Varianzanalyse mit aufgenommen wurde. Es wurde außerdem eine univariate ANOVA zum Gruppenvergleich der Reaktionszeitdifferenz zwischen Experimental- und Kontrollgruppe innerhalb der zwei relevanten Zeitbedingungen 5 min und 10 min gerechnet.

Daneben wurden weitere explorative Analysen durchgeführt. Der Fehlerprozentwert im Stroop-Test wurde mittels nonparametrischem Mann-Whitney-U-Test analysiert, um einen Unterschied zwischen EG und KG in den beiden Zeitbedingungen zu ermitteln. Außerdem wurde ein Kruskal-Wallis-Test ergänzt, um Unterschiede zwischen den vier Subgruppen zu untersuchen. Für die Untersuchung des Einflusses von Affekt und Motivation auf die Leistung im Stroop-Test wurde eine hierarchische Regression durchgeführt. Zum Vergleich der Fehlerprozentwerte der ersten Aufgabe, der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, zwischen den vier Subgruppen wurde ebenfalls ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

### 3.2 Ergebnisse.

#### 3.2.1 Einfluss der Aufgabenlänge.

*Hypothese 1:* Beim Vergleich zweier unterschiedlichen Längen (5 min vs. 10 min) der ersten Aufgabe (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe) im Dual Task-Paradigma wurde Ego Depletion nur bei Verwendung der kürzeren Aufgabenversion erwartet.

In der durchgeführten  $2 \times 2$ -ANOVA zeigten sich unter Kontrolle für den Durchführungszeitraum keine signifikanten Haupteffekte der Gruppenbedingung,  $F(1,148) = 0.39, p = .532, \eta^2 < .01$  und der Zeit  $F(1,148) = 0.23, p = .632, \eta^2 < .01$ . Es fand sich allerdings eine signifikante Interaktion dieser beiden Faktoren bei der Reaktionszeitdifferenz im Stroop-Test. Ego Depletion, also eine größere Reaktionszeitdifferenz in der Experimentalgruppe, zeigte sich eher in der kürzeren Zeitbedingung, wie in Abbildung 2 dargestellt,  $F(1,148) = 5.46, p = .021, \eta^2 = .04$ , Power = 0.69. Die Variable des Durchführungszeitraumes war dabei ein signifikanter Zwischensubjektfaktor,  $F = 8.922, p = .003, \eta^2 = .057$ .

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

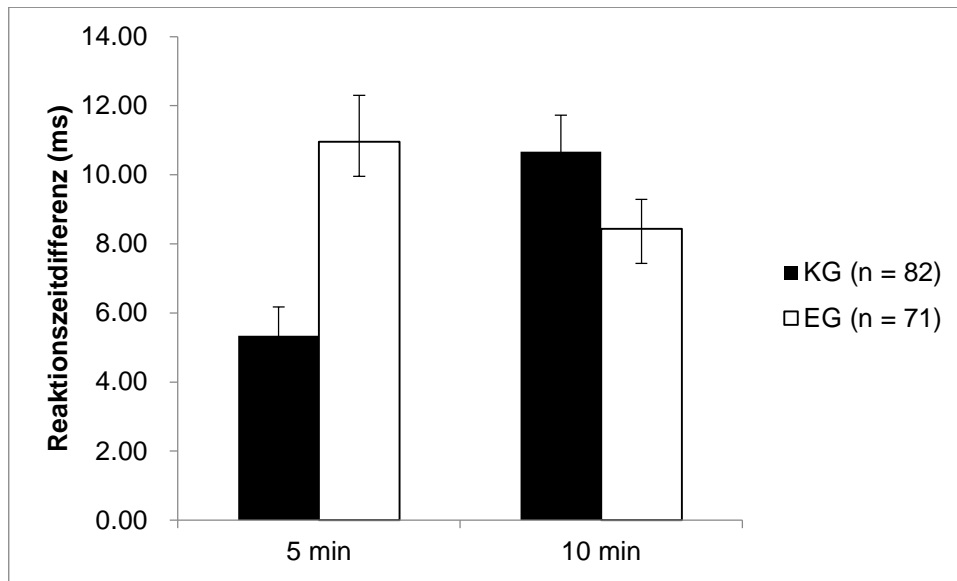


Abbildung 2. Reaktionszeitdifferenzen in Millisekunden zwischen kongruenten und inkongruenten Items der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) innerhalb der einzelnen Bedingungen (5 min und 10 min) Die Fehlerbalken zeigen die Standardfehler an.

Im Vergleich der Reaktionszeitdifferenz von Experimentalgruppe und Kontrollgruppe innerhalb der beiden Zeitbedingungen unter Kontrolle für den Durchführungszeitraum ergab sich kein signifikanter Unterschied in der zehnminütigen Bedingung,  $F(1,73) = 1.51$ ,  $p = .224$ ,  $\eta^2 = .02$ . Die Reaktionszeitendifferenz lag in der Kontrollgruppe bei 10.66 ms (13.13) und in der Experimentalgruppe bei  $M = 8.44$  ms ( $SD = 10.54$ ). Der Durchführungszeitraum war wieder signifikanter Zwischensubjektfaktor,  $F = 4.78$ ,  $p = .032$ ,  $\eta^2 = .06$ .

In der fünfminütigen Bedingung fand sich ein knapp signifikanter, mittlerer Effekt der Gruppe in Richtung einer größeren Reaktionszeitdifferenz bei der Experimentalgruppe  $F(1,74) = 4.02$ ,  $p = .049$ ,  $\eta^2 = .05$ . In der fünfminütigen Bedingung lag die Reaktionszeitendifferenz in der Kontrollgruppe bei  $M = 5.34$  ( $SD = 10,29$ ) und in der Experimentalgruppe bei  $M = 10.96$  ( $SD = 16.67$ ), Auch hier war der Durchführungszeitraum signifikanter Faktor,  $F = 4.09$ ,  $p = .047$ ,  $\eta^2 = .05$ . Ego

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Depletion zeigte sich also nur in der Bedingung der kürzeren Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe.

### **3.2.2 Explorative Analysen.**

#### ***3.2.2.1 Unterschiede im Fehlerprozentwert des Stroop-Tests.***

Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe in der fünfminütigen Bedingung,  $U(36,41) = 750$ ,  $p = .902$ , und in der zehnminütigen Bedingung,  $U(35,41) = 684$ ,  $p = .727$ . Auch zwischen den vier Subgruppen der Gruppen- und Zeitbedingungskombinationen wurden keine signifikanten Unterschiede anhand des Kruskal-Wallis-Tests nachgewiesen,  $H(3) = .429$ ,  $p = .934$ . Der prozentuale Fehleranteil unterschied sich nicht zwischen den Zeitbedingungen und den Gruppenbedingungen.

#### ***3.2.2.2 Einfluss von Affekt und Motivation.***

Es wurde zudem untersucht, ob die Reaktionszeitdifferenz neben der Gruppen- und Zeitbedingung sowie der Versuchsperiode auch durch weitere Variablen vorhergesagt wird. Als relevant erachtet und daher miterhoben wurden die Variablen Affekt und Motivation kurz vor der zweiten Aufgabe, diese zu bearbeiten. Im ersten Schritt der Regression wurden die Prädiktoren Gruppe, Zeit und Versuchsperiode eingefügt und in einem zweiten Schritt wurde der mittlere Affekt, gemessen anhand der Stimmungsskala des MDBF, sowie die Motivation, die zweite Aufgabe zu bearbeiten, eingefügt. Tabelle 4 zeigt die Varianzaufklärung ( $R^2$ ) durch die beiden Modelle, sowie die Beta-Koeffizienten der Variablen des Modells.

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Tabelle 4

### *Varianzaufklärung der beiden Regressionsmodelle*

Modell	$R^2$	Prädiktor	$\beta$	$p$
I	0.053	Gruppe	.052	.517
		Zeitbedingung	.052	.514
		Durchführungszeitraum	-.213	.008
II	0.065	Gruppe	.043	.591
		Zeitbedingung	.035	.662
		Durchführungszeitraum	-.203	.013
		Motivation	-.107	.202
		Affekt	-.018	.826

Das erste Modell wurde signifikant,  $F(3,149) = 2.78$ ,  $p = .043$ , undklärte 5,3% der Varianz auf. Das zweite Modell, in das die berichtete Motivation und der mittlere Affekt hinzugenommen wurdeklärte 6,5% der Varianz auf,  $F(5,147) = 2.05$ ,  $p = .075$ , wurde jedoch nicht mehr signifikant. Die Hinzunahme der Motivations- und Affektvariablen führte zu einer nicht signifikanten Veränderung von  $F(2,147) = .946$ ,  $p = .391$  undklärte einen Varianzanteil von  $R^2 = .012$  zusätzlich auf.

### ***3.2.2.3 Unterschiede im Fehlerprozentwert der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe.***

Die Durchführung eines Kruskal-Wallis-Tests ergab signifikante Unterschiede in den Fehlerprozentwerten der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe zwischen den vier Subgruppen, also den jeweiligen Kontroll- und Experimentalgruppen der beiden Zeitbedingungen,  $H(3) = 48.84$ ,  $p < .001$ . Die Unterschiede der Mittelwerte finden sich in Tabelle 5.

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Tabelle 5

*Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) der Fehlerprozentwerte der vier Subgruppen in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe.*

Gruppe	5-min-Bedingung	10-min-Bedingung
	<i>M (SD)</i>	<i>M (SD)</i>
Experimentalgruppe	21.35 (12.91)	23.60 (12.08)
Kontrollgruppe	9.04 (7.24)	9.68 (8.03)

In der Experimentalgruppe wurden signifikant mehr Fehler erzielt als in der Kontrollgruppe,  $t(112) = 7.69$ ,  $p < 0.001$ ,  $d = 1.29$ , während sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Zeitbedingungen, gemittelt über Experimental- und Kontrollgruppe, fand,  $t(151) = -.664$ ,  $p = .507$ ,  $d = -0.11$ .

### **3.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse.**

Im Rahmen der ersten Studie wurde ein Replikationsversuch von Ego Depletion im Rahmen eines bewährten Dual Task-Designs unternommen. Daneben sollte untersucht werden, ob die Hinweise von Dang und Kollegen (2013) auf die Bedeutsamkeit der Länge der ersten Aufgabe für Ego Depletion bestätigt werden können. Auf Basis einer Stichprobe von  $N = 153$  Probanden wurde daher ein standardisiertes Dual Task-Experiment durchgeführt, mit dem die Länge der ersten Aufgabe von fünf Minuten gegen die Länge von zehn Minuten getestet wurde. Ego Depletion konnte in einem Dual Task-Design mit bewährten experimentellen Aufgaben, einer Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und dem Stroop-Test, wiedergefunden werden, allerdings nur in der fünfminütigen Bedingung. Ähnlich wie in der Untersuchung von Dang und Kollegen (2013) zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Zeit- und Gruppenbedingung.

## Studie 1: Replikation von Ego Depletion

Dadurch erwies sich eine fünfminütige Aufgabe für die weitere Untersuchung als geeignet. Der Fehlerprozentwert des Stroop-Tests lieferte kein Maß, das die Unterschiede in der Selbstregulationsfähigkeit detektieren konnte. Affekt und Motivation konnten nicht signifikant zur Vorhersage der Selbstregulationsleistung im Stroop-Test beitragen. Die Fehlerprozentwerte in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe waren erwartungsgemäß größer in der Experimentalgruppe und stiegen mit zunehmender Aufgabendauer an. Eine Diskussion dieser Ergebnisse findet sich im Abschnitt 5.

#### **4 Studie 2: Biologische Korrelate**

Die Datenerhebung der zweiten Untersuchung fand im Rahmen des DFG-Projekts „Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität“ (ZA 776/1-1) unter der Leitung von XXXXXXXX und XXXXXXXX im Zeitraum April bis Dezember 2014 in Kooperation mit der Medizinischen Klinik I, Endokrinologie, der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz statt. Untersucht werden sollten Zusammenhänge zwischen State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation, State-Selbstregulation und Blutglukose sowie Herzratenvariabilität, außerdem die Zusammenhänge von Trait-Selbstregulation und Insulinsensitivität.

##### **4.1 Methode**

Die Methodik, mit der das geplante Experiment operationalisiert wurde, wurde maßgeblich von der für die Glukosehypothese notwendige Prozedur, dem Glukose-Clamp-Verfahren geprägt. Dabei wurde den Probanden über einige Stunden hinweg intravenös Glukose und Insulin verabreicht, um eine Blutglukosestabilität zu erreichen (vgl. Abschnitte 2.2.1.1 und 4.1.3.3). Um feststellen zu können, ob die Probanden für dieses Vorgehen geeignet waren, wurde nach einem telefonischen Screening erst eine Voruntersuchung durchgeführt. Sofern diese erfolgreich war, wurden die Probanden zum Experiment eingeladen (vgl. Abschnitt 4.1.3).

##### **4.1.1 Design.**

Die Probanden wurden randomisiert einer Experimental- und einer Kontrollgruppe zugewiesen und durchliefen ein standardisiertes, experimentelles Prozedere. Wie auch in Studie 1 unterschied sich die erste Aufgabe des Dual Task-Paradigmas, sodass es sich hierbei bei einem  $2 \times 1$ -Design handelte. Daneben wurden in Form einer

## Studie 2: Biologische Korrelate

Querschnittserhebung zusätzlich Fragebogendaten erhoben. Zur experimentellen Überprüfung der Glukosehypothese wurde die Glukose-Clamp-Technik gewählt, um vergleichsweise genau den Blutglukose manipulieren und bestimmen zu können und den unkontrollierten Einfluss anderer Variablen ausschließen zu können.

### **4.1.2 Stichprobe.**

Ein Großteil der Probanden wurde über einen Probandenpool einer vorherigen Untersuchung (Zahn, Tug, Wenzel, Simon & Kubiak, 2016b) rekrutiert, in deren Rahmen bereits medizinische Daten der Probanden erhoben wurden. Dadurch konnte die Drop out-Rate gesenkt werden konnte, da eine Vorauswahl entlang der Ein- und Ausschlusskriterien getroffen werden konnte. Rekrutiert wurden Probanden im Alter von 18 – 65 Jahren. Ältere Probanden wurden nicht zur Untersuchung eingeladen, um die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung von Ausschlusskriterien zu minimieren. Ergänzend wurden Probanden aus dem Bekanntenkreis der Studienmitarbeiter rekrutiert, sofern die Probanden gesund waren und in der Verwandtschaft ersten und zweiten Grades kein bekannter Diabetes mellitus vorlag. Dies wurde erfragt, um die Wahrscheinlichkeit zu senken, dass die Probanden eine gestörte Insulinsensitivität beziehungsweise Glukosetoleranz hatten. In einem solchen Falle wären die im Glukose-Clamp-Verfahren erhobenen Daten nicht verwertbar. Diesem Ausschluss liegen Befunde zugrunde, dass eine familiäre Belastung mit Diabetes mellitus-Erkrankungen mit der Auftretenswahrscheinlichkeit eines Prädiabetes zusammenhängt (Figueroa et al., 2011). Prädiabetes bezeichnet den Zustand eines erhöhten Blutglukosespiegels zu einem Zeitpunkt noch bevor ein manifester Diabetes mellitus entsteht. Neben dem Ausschluss eines gestörten Blutglukosestoffwechsels wurden zudem nur Probanden mit in die Studie eingeschlossen, bei denen keine kardiovaskulären, chronisch entzündlichen,

## Studie 2: Biologische Korrelate

psychischen Erkrankungen, Schilddrüsenerkrankungen oder ein adipöses Körpergewicht vorlagen, da auch diese einen Einfluss auf Blutglukosestoffwechsel oder Herzratenvariabilität nehmen könnten. Aus dem gleichen Grund wurde vorausgesetzt, dass die Probanden keine Medikamente einnahmen, die Blutglukose oder Herzrate beeinflussen können. Ausreichende kognitive Fähigkeiten, Einwilligungsfähigkeit und Deutschkenntnisse waren notwendig, um zu gewährleisten, dass die Probanden das Prozedere und mögliche Folgen der Teilnahme verstehen konnten. Ein guter Venenstatus war zudem ebenfalls Voraussetzung für die Durchführung des Glukose-Clamps. Ebenso wurde der Ausschluss einer Schwangerschaft vorausgesetzt, um keine Gesundheitsgefährdung des Fötus zu riskieren. Daneben waren die Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten oder eine bekannte Heparinunverträglichkeit Ausschlusskriterien, um das Risiko einer Gesundheitsgefährdung des Probanden durch die Teilnahme zu minimieren. Zuletzt wurden Probanden außerdem von der Teilnahme ausgeschlossen, wenn eine Farbenblindheit vorlag, da dann der Stroop-Test nicht durchgeführt werden kann (siehe Tabelle 6).

## Studie 2: Biologische Korrelate

Tabelle 6

### *Ein- und Ausschlusskriterien der Studie*

<b>Einschlusskriterien</b>	<b>Abklärung</b>
1. Keine kognitiven Beeinträchtigungen oder psychische Störungen	Erfragt/ Einschätzung des Studienmitarbeiters
2. Ausreichende Deutschkenntnisse in Wort und Schrift	Erfragt/ Einschätzung des Studienmitarbeiters
3. Einwilligungsfähigkeit	Einschätzung des Studienmitarbeiters
4. Alter: 18 - 65 Jahre	Erfragt
5. Gute Veneneignung	Ärztliche Untersuchung
<b>Ausschlusskriterien</b>	<b>Abklärung</b>
1. Regelmäßige Einnahme von blutverdünnenden Medikamenten (außer Acetylsalicylsäure), von frequenzregulierenden Medikamenten oder Glukokortikoiden	Ärztliche Anamnese
2. Diabetes mellitus oder andere Stoffwechselerkrankungen	Ärztliche Anamnese/ Blutbild
3. chronische entzündliche Erkrankungen oder immunsuppressive Therapie	Ärztliche Anamnese
4. kardiovaskuläre Erkrankungen	Ärztliche Anamnese
5. Fehlfunktion der Schilddrüse	Ärztliche Anamnese/ Blutbild
6. Bei Frauen: aktuelle Schwangerschaft	Ärztliche Anamnese/ Blutbild
7. Ablehnung der Untersuchung durch den Pb.	
8. Anamnest. Heparinunverträglichkeit	Ärztliche Anamnese
9. Fehlende Einwilligungsfähigkeit oder Zweifel an der Einwilligungsfähigkeit	Ärztliche Anamnese/ Wahrnehmung des Studienmitarbeiters
10. Adipositas (BMI > 30)	Erfassung von Gewicht und Größe
11. Farbenblindheit	Erfragt/ Fehlerrate bei Stroop-Test

## Studie 2: Biologische Korrelate

In der vorliegenden Untersuchung wurden 196 Probanden telefonisch kontaktiert, 97 Voruntersuchungen durchgeführt und 72 Probanden nahmen am Experiment teil. Das verwendete Glukose-Clamp-Verfahren stellte eine methodische Herausforderung der durchgeführten Studie dar, welches nur unter einigen Voraussetzungen erfolgreich durchgeführt und ausgewertet werden konnte. Dabei war eine Fehlerfreiheit des Clamps während der Durchführung des Experiments und teilweise auch in einer Nachbeobachtungsphase für die weitere Datennutzung essentiell. Da dies häufig nicht erreicht werden konnte, kam es zu einer großen Drop Out-Quote.

Die Gründe, weswegen die Datensätze der Probanden ausgeschlossen werden mussten, waren vielfältig (siehe Tabelle 7). Zu den unterschiedlichen Rekrutierungs- und Datenerhebungsstufen kam es zu unterschiedlichen Drop Out-Gründen. Das Rekrutierungsvorgehen wird unter 4.1.3.1 genauer beschrieben.

## Studie 2: Biologische Korrelate

Tabelle 7

### *Gründe für Nichteinschluss in die Studie*

Zeitpunkt	Drop out-Gründe
Telefonscreening ( <i>N</i> = 59)	Kein Interesse Subjektiv unzureichende Veneneignung Erfragtes Ausschlusskriterium verletzt Keine Terminfindung möglich
Voruntersuchung ( <i>N</i> = 25)	unzureichende Veneneignung ( <i>N</i> = 15) Verletzung der Ein- und Ausschlusskriterien durch Blutbild (z.B. erhöhter HbA1c, Schilddrüsenfehlfunktion, <i>N</i> = 5) Auffälliger Befund bei ärztlicher Untersuchung oder Hinweis auf Verletzung der Ein- und Ausschlusskriterien in anamnestischen Gespräch ( <i>N</i> = 2) Fehlender Teilnahmewunsch nach Aufklärung ( <i>N</i> = 3)
Experiment ( <i>N</i> = 26)	Steady State wird nicht erreicht und/ oder Blutflussprobleme ( <i>N</i> = 21) Abbruchwunsch aufgrund Schmerzen durch venöse Zugänge ( <i>N</i> = 1) HRV-Aufzeichnung funktionierte nicht (technischer Fehler am Gerät, <i>N</i> = 4)

Probanden wurden auf Basis des Telefonscreenings in die Studie miteingeschlossen, wenn keine der explorierbaren Ein- und Ausschlusskriterien verletzt wurden und Interesse an einer Teilnahme bestand. Bei Unklarheiten hinsichtlich der Ein- und Ausschlusskriterien wurde mit der Studienärztin Rücksprache gehalten. Auf Basis der Voruntersuchung wurden Probanden ausgeschlossen, wenn die Venen sich aufgrund Abtasten oder dem Legen eines venösen Zugangs als für die Glukose-Clamp-Prozedur als ungeeignet für eine längere Verweildauer der Kanüle erwiesen (*N* = 15),

## Studie 2: Biologische Korrelate

pathologische Blutwerte vorlagen ( $N = 5$ , Hinweis auf Schilddrüsenfehlfunktion oder erhöhter HbA1c), sonstige medizinische Gründe gegen eine Teilnahme sprachen ( $N = 2$ , BMI  $>30$ , Krampfanfall bei Legen des venösen Zugangs) oder wenn nach der Aufklärung durch die Studienärztin kein weiterer Teilnahmewunsch bestand ( $N = 3$ ). Bei der Experimentdurchführung erwiesen sich Blutflussprobleme als häufige Komplikation der Clampdurchführung, die das Stoppen der Insulin- und Glukosepumpe zur Folge hatte. Aufgrund verstopfter Kanülen oder einer Fehllage der Kanüle, die über mehrere Stunden in der Armvene verweilte, wurde kein Blut mehr entnommen, weswegen lediglich die Pufferlösung über den Glukosesensor lief. Der registrierte erhebliche Blutglukoseabfall löste aus Sicherheitsgründen ein Stoppen der Insulin- und Glukosepumpen aus. Kam ein solcher Pumpenstopp während der Experimental- oder Nachbeobachtungsphase vor, konnte der Datensatz nicht in die weitere Auswertung des Glukose-Clamps miteinfließen. Eine genauere Beschreibung der Durchführung findet sich unter 4.1.3.3. Zwischen den in die Auswertung der Clampdaten eingeschlossenen Datensätzen ( $N = 46$ ) und den Drop Outs ( $N = 26$ ) bestand kein signifikanter Unterschied in den Variablen Alter, Geschlecht, Bildung und BMI.

Eine Übersicht über die Drop Outs in den jeweiligen Rekrutierungsstufen liefert Abbildung 3. Zwischen den Probanden, die am Experiment teilgenommen haben ( $N = 72$ , 59,7% männliche Teilnehmer) und denen, die bei der Voruntersuchung (vgl. Abschnitt 4.1.3) ausgeschlossen wurden ( $N = 25$ , 20% männlich) bestand ein signifikanter Unterschied in der Geschlechterverteilung, aber keine Unterschiede in Alter, BMI und Schulbildung.

## Studie 2: Biologische Korrelate

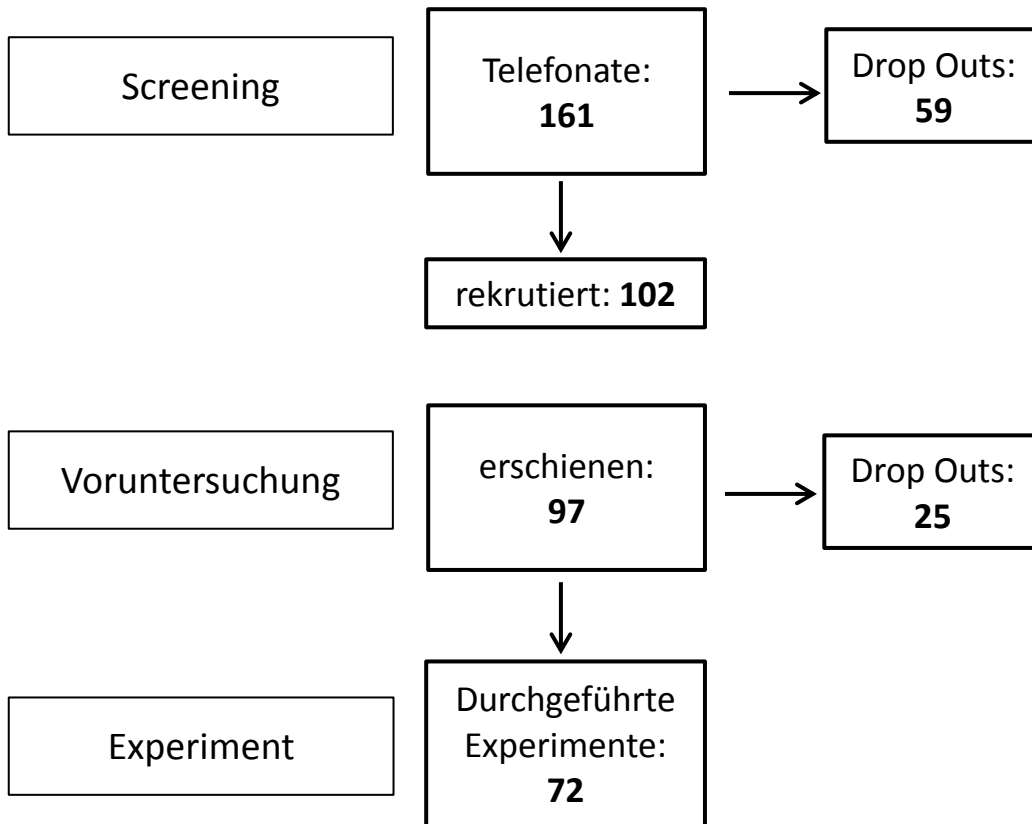


Abbildung 3. Drop Outs beim Telefonscreening, der Voruntersuchung und dem Experiment. Die ein- und ausgeschlossenen Teilnehmer unterscheiden sich mit Ausnahme des Geschlechterverhältnisses nicht voneinander.

Bei zehn Probanden konnte zudem keine HOMA-Berechnung zur Bestimmung der Insulinsensitivität vorgenommen werden konnte, da entweder der Plasmaglukosewert der Probanden zu niedrig war oder die Insulinwerte zu gering waren. Letzteres war der Fall, wenn aufgrund verzögerter Abläufe in der Labordiagnostik das Insulin schon von Enzymen im Plasma abgebaut wurde.

### **4.1.3 Ablauf.**

#### ***4.1.3.1 Rekrutierung.***

Die Studienteilnehmer wurden durch ein mehrstufiges Rekrutierungsvorgehen ausgewählt. Die Probanden wurden telefonisch kontaktiert (1. Rekrutierungsstufe). Dabei wurde grob der Studienablauf und die damit verbundenen Risiken erklärt und erfragt, ob Interesse an der Teilnahme besteht. Bei Interesse wurden demographische Angaben eingeholt und die mündlich abzuklärenden Ein- und Ausschlusskriterien erfragt.

Nach einem positiven Screeningtelefonat erfolgte eine Randomisierung stratifiziert nach Alter und Geschlecht auf die beiden Gruppen Experimental- und Kontrollgruppe. Dies erfolgte mittels Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel 2010 (Version 14.0.7173.5000), bei dem per Formel je nach Altersgruppe (18 - 25 Jahre, 26 – 34 Jahre, 35 – 44 Jahre, 45-54 Jahre oder 55 - 65 Jahre) und Geschlecht zufällig ausgewählt wurde, ob der Proband der Experimentalgruppe oder der Kontrollgruppe zugeordnet wurde. Zudem wurde ein Termin für eine Voruntersuchung (2. Rekrutierungsstufe) vereinbart. Die Probanden wurden darüber informiert, dass sie zu diesem Termin nüchtern erscheinen müssen. Wenn die Voruntersuchung erfolgreich durchgeführt werden konnte, nahmen die Probanden an der Hauptuntersuchung teil, die ein bis zwei Wochen später stattfand. Die Probanden erhielten für ihre Teilnahme eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 200 Euro.

#### ***4.1.3.2 Voruntersuchung.***

Die Probanden fanden sich zur Voruntersuchung in den Räumlichkeiten der Medizinischen Klinik I der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität

## Studie 2: Biologische Korrelate

Mainz ein. Der Termin fand morgens zwischen 7:30 und 9:00 statt und die Probanden erschienen wie telefonisch besprochen nüchtern. Genauer verzichteten die Probanden seit 22 Uhr des Vorabends auf jegliche Nahrungs-, Flüssigkeits- oder Nikotinaufnahme. Vor Ort wurden sie von einem Studienmitarbeiter mündlich und schriftlich über die Studie aufgeklärt (siehe: Probandeninformation, Anhang C) und das Einverständnis zur Teilnahme wurde in Form einer schriftlichen Erklärung eingeholt (siehe: Einverständniserklärung, Anhang D). Es wurden den Probanden zudem die Räumlichkeiten der Untersuchung gezeigt, damit die medizinischen Geräte und der Durchführungsort schon vor der eigentlichen Untersuchung bekannt waren. Die Untersuchung fand in einem Klinikraum statt, in dem neben einem üblichen Krankenhausbett, Nachttisch, Schränken und einem Schreibtisch verschiedene Ablageflächen mit medizinischem Equipment, sowie der Glucostator, dem Gerät zur Durchführung eines Glukose-Clamps (vgl. Joseph et al., 2009), und eine Infusionshalterung vorhanden waren. Mithilfe der frühzeitigen Raumbegehung sollte verhindert werden, dass beim Untersuchungstermin durch die neue Umgebung und das erstmalige Sehen der Medizintechnik ein hohes stressinduziertes Arousal die psychologischen und physiologischen Testwerte beeinflusst (Appelhans & Luecken, 2006).

Anschließend wurde durch die Studienärztin eine Blutentnahme vorgenommen und eine körperliche Untersuchung durchgeführt sowie ein anamnestisches Gespräch geführt. Zudem wurde die Veneneignung für die anstehende mehrstündige Clamp-Prozedur beurteilt. Die Untersuchung wurde im Rahmen eines sogenannten Visitenbogens dokumentiert (Anhang A). Bei Unklarheit darüber, ob die Venen gut genug hervortreten, um davon ausgehen zu können, dass die mehrstündige

## Studie 2: Biologische Korrelate

Verweildauer der Nadeln kein Problem darstellt, wurde probeweise ein venöser Zugang gelegt. Zur Hauptuntersuchung, bei der das Experiment durchgeführt wurde, wurden dann ausschließlich die Probanden eingeladen, auf die die Einschlusskriterien zutrafen und die die Ausschlusskriterien nicht verletzen (s. Tabelle 6).

Die Probanden erklärten sich schriftlich damit einverstanden, bis zur Hauptuntersuchung keine wesentlichen Veränderungen in ihrem Sport- oder Essverhalten vorzunehmen, insbesondere keine Diät zu halten und keine Kohlenhydratreduktion in ihrer Ernährung umzusetzen. Dies hatte den Hintergrund, dass dies Einfluss auf die Insulinsensitivität nehmen könnte (Fontana, Klein & Holloszy, 2010). Sobald die Blutanalyse im Labor durchgeführt wurde und bei den weiblichen Teilnehmerinnen im Blut keine Hinweise auf eine Schwangerschaft sowie unauffällige Schilddrüsen- und Glukosewerte vorlagen, wurde ein Termin für die Hauptuntersuchung vereinbart. Zu diesem sollten die Probanden ebenfalls nüchtern erscheinen. Den weiblichen Probanden wurde rückgemeldet, dass sie dafür Sorge tragen müssen, bis zur Hauptuntersuchung das Eintreten einer Schwangerschaft zu verhindern. Andernfalls, also falls dass eine neu begonnene Schwangerschaft nicht ausgeschlossen werden könne, könnten sie nicht am Glukose-Clamp teilnehmen. Sie wurden darüber informiert, dass ansonsten eine gesundheitliche Gefährdung nicht ausgeschlossen werden könnte. War ein Proband nicht für die weitere Teilnahme geeignet, wurden ihm die Gründe dafür rückgemeldet und eine Aufwandsentschädigung von 20 Euro für die Teilnahme an der Voruntersuchung ausgezahlt. Bei Untersuchungs- oder Laborbefunden außerhalb der Normbereiche wurde den Probanden diese Abweichung mit kurzer ärztlicher Stellungnahme und der Bitte, hierzu den Hausarzt zu informieren und zu Rate zu ziehen, zurückgemeldet.

#### ***4.1.3.3 Hauptuntersuchung.***

##### *4.1.3.3.1 Vorbereitung.*

Zur Hauptuntersuchung erschienen die Probanden nüchtern und in bequemer Kleidung. Sie fanden sich in der Regel gegen 8:30 im Untersuchungsraum ein. Es wurde nochmal Ausblick auf das Vorgehen gegeben und die Probanden hatten die Möglichkeit, Fragen zu stellen. Es wurde nochmals erfragt, ob die Probanden nüchtern erschienen sind. Dann wurden auf die mit Alkohol gereinigte Haut des Oberkörpers drei vorgelierte Elektroden (Durchmesser 5.5 cm) zur Ableitung des EKGs mittels mobilem Messgerät (VU-AMS, vgl. Thurston et al., 2016) angebracht. Die Probanden begaben sich dann in ein übliches Krankenhausbett. Dieses wurde so eingestellt, dass die Probanden nach eigenen Angaben bequem lagen und beide Arme für das spätere Legen der venösen Zugänge eine passende Lage hatten.

##### *4.1.3.3.2 Glukose-Clamp.*

An der nicht-dominanten Hand wurde ein venöser Zugang gelegt. Dieser wurde dafür genutzt, stetig kleine Mengen Blut zu entnehmen, um den Blutglukose mittels Glukosesensoren des verwendeten Glucostators zu bestimmen. Um die Hand zu erwärmen, wurde sie in eine sogenannte Hot Box, einer Heizapparatur zum Einlegen der Hand mit konstanter Temperatur von ungefähr 55 Grad Celsius, gelegt. Dadurch wurde erreicht, dass das entnommene Blut durch die wärmebedingte Gefäßerweiterungen arterialisiert wurde. Am dominanten Arm wurde ein zweiter venöser Zugang gelegt, an dem später die Glukose- und Insulinlösungen infundiert wurden. Die Prozedur des Glukose-Clamps wurde nach Protokoll von der Studienärztin durchgeführt (siehe Anhang B). Assistent wurde von einer Gesundheits- und

## Studie 2: Biologische Korrelate

Krankenpflegerin. Zur Beschleunigung des Stabilisationsprozesses des Blutglukosespiegels wurde ein sogenanntes Insulinpriming durchgeführt, indem vor Start des Clamps 80 mU Huminsulin normal® pro Minute und Quadratmeter Körperoberfläche für zehn Minuten mittels Spritzenpumpe infundiert wurde. Ein Insulinpriming wurde vorgenommen, um die Unterbrechung der körpereigenen Glukoseregulation durch Insulinausschüttung der Bauchspeicheldrüse und Glykogenfreisetzung der Leber zu beschleunigen. Dies wurde jedoch nur dann gemacht, wenn der vorher durch ein handelsübliches Blutglukosemessgerät an den Kapillaren gemessene Blutglukose deutlich höher als der angestrebte Blutglukosespiegel von 90 mg/dl (5,0 mmol/l) war, was zum Beispiel durch vorherige stressbedingte Blutglukoseerhöhungen der Probanden möglich war. Andernfalls wurde auf das Priming verzichtet, um das Risiko einer Hypoglykämie im Folgeprozess zu verringern. Die abgegebene Insulinmenge wurde dokumentiert. Nach dem Priming wurde mittels Glucostator der eigentliche Clamp und somit die beiden Pumpen gestartet. Eine Pumpe regelte die Infusion einer Lösung aus Wasser, Kochsalz, Glukose und Insulin, die andere Pumpe entnahm stetig kleinste Mengen Blut aus dem venösen Zugang der nicht dominanten Hand. Das Blut wurde dann zusammen mit einer Pufferlösung im Glucostator über einen Glukosesensor geführt, durch den der aktuelle Blutglukosespiegel bestimmt wurde. Das Ziel des Clamps war es, den Blutglukose über einen längeren Zeitraum durch die kontinuierliche Glukosemessung und der entsprechenden abgegebenen Glukosemenge konstant zu halten. Die abgegebene Insulinmenge betrug 40 mU/min/m<sup>2</sup> und veränderte sich im Laufe des Clampverfahrens nicht. Bei starken Blutglukosesprüngen > 20% der vorher gemessenen Werte schalteten sich die Pumpen aus und die Infusion stoppte. Die Glukoseinfusionsrate veränderte sich

## Studie 2: Biologische Korrelate

je nach ermitteltem Blutglukosewert. Veränderungen im Blutglukosespiegel, etwa durch körpereigene Prozesse oder durch bestimmte Aktivitäten, wurden auf diese Weise in hoher zeitlicher Nähe durch Anpassung der Glukoseinfusionsrate kompensiert. Eine Blutglukosemessung durch den Glucostator erfolgte jede Minute. Die Veränderungen der Glukoseinfusionsrate, der Zeitpunkt von weiteren Blutentnahmen und manuelle Glukosemessungen wurden von den Studienmitarbeitern dokumentiert.

### *4.1.3.3.3 Zeit bis zum Erreichen eines Steady States.*

Es folgte eine Phase von bis zu mehreren Stunden des Einpendelns von Blutglukose und Glukoseinfusionsrate, die von den Probanden zum Ausfüllen der Fragebogenbatterie der Studie genutzt wurde. Neben den für diese Untersuchung relevanten Fragebögen zur Erfassung von Trait-Selbstregulation und Trait-Impulsivität füllten unsere Probanden noch weitere Fragebögen aus (BFI-K, CERQ, FEV, Fragebogen zur körperlichen Aktivität, siehe Anhang E). Außerdem wurde eine zehnminütige Baseline-Messung der Herzratenvariabilität vorgenommen, bei der die Probanden gebeten wurden, ruhig liegen zu bleiben und sich zu entspannen. Diese Messung wurde als Wert der Trait-HRV in den Analysen verwendet, die Herzratenvariabilität wurde jedoch durchgängig aufgezeichnet. Sobald ein stabiler euglykämischer Blutglukosespiegel (ca. 90 mg/dl beziehungsweise 5,0 mmol/l) unter einer konstanten Glukoseinfusionsrate länger aufrechterhalten wurde, wurde von einem Steady State gesprochen. War der Steady State erreicht, bearbeiteten die Probanden die zwei selbstregulationserfordernden Experimente. Falls nach einigen Stunden kein Steady State erreicht werden konnte, wurden auch bei instabilem Blutglukosespiegel die Aufgaben bearbeitet, die Daten allerdings aus den Auswertungen ausgeschlossen. Ziel war es, den angekündigten Ablauf beizubehalten, um keine Verunsicherung seitens der Teilnehmer zu verursachen.

## Studie 2: Biologische Korrelate

Das Untersuchungsende wurde aus Sicherheitsgründen unabhängig vom Erfolg der Durchführung zu einem bestimmten Zeitpunkt eingeleitet, damit gewährleistet werden konnte, dass die Insulinzufuhr im Clamp am frühen Nachmittag beendet wurde. Dies sollte verhindern, dass das zugeführte Insulin, das nach Herstellerangaben bis zu fünf bis sieben Stunden wirken kann (vgl. Huminsulin® Normal Präparatinformationen; Pfohl, 2014), nicht noch nach 22 Uhr wirkt, damit eine nächtliche, unbemerkte Hypoglykämie ausgeschlossen werden kann.

### *4.1.3.3.4 Experimentalphase.*

Die Probanden wurden zuerst mündlich über die Reihenfolge und den Inhalt der Experimente informiert. Anschließend wurde ein Notebook auf die Tischfläche des Nachttischs am Bett gestellt und auf dem Bildschirm wurden nun eine Frage zur Motivation ("Wie motiviert fühlen Sie sich momentan für die kommende Aufgabe?") präsentiert, die die Probanden mittels fünfstufiger Skala („überhaupt nicht“ bis „sehr“) beantworteten, sowie die Items des Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF) zur Erfassung des aktuellen Affekts.

Nachdem die Probanden die Fragen beantwortet hatten, wurde die Instruktion für die nächste Aufgabe auf dem Bildschirm präsentiert, mit der Bitte, sich beim Versuchsleiter zu melden, sobald die Instruktion gelesen wurde. Dann wurde das Notebook weggestellt und die erste Aufgabe, die Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, wurde den Probanden auf Papier vorgelegt. Nach dem Bearbeiten der Aufgabe beurteilten die Probanden deren Schwierigkeit („Bitte geben Sie an, wie schwierig Sie die Aufgabe fanden“) mithilfe einer fünfstufigen Skala („gar nicht schwer“ bis „sehr schwer“). Anschließend wurde das Notebook wieder an den Arbeitsplatz der Probanden gebracht, es wurde erneut der Affekt und die Motivation für die kommende Aufgabe

## Studie 2: Biologische Korrelate

erfragt und die Probanden bearbeiteten dann die zweite Aufgabe, den Stroop-Test, am PC. Nach einer erneuten Schwierigkeitseinschätzung dieser Aufgabe erfolgte eine letzte Affektabfragung. Die verwendeten Aufgaben entsprachen weitestgehend den Aufgaben, die auch in der Beschreibung der ersten Untersuchung in ihrem Ablauf und Hintergrund dargestellt wurden.

### *4.1.3.3.5 Nachbeobachtungsphase.*

Nach Beendigung des Experiments wurde das Notebook entfernt. Es gab nun eine dreißigminütige Phase des Nachbeobachtens und Messens der Glukoseinfusionsrate. In dieser Zeit sollten sich die Probanden entspannen und wurden angewiesen, sich nicht anspruchsvoll kognitiv zu betätigen. Die Nachbeobachtungsphase wurde an die Aufgaben angeschlossen, damit mögliche zeitverzögerte Veränderungen des Blutglukosespiegels beziehungsweise der Glukoseinfusionsrate aufgezeichnet werden konnten. Da Selbstregulation wie andere kognitive Leistungen zerebral Glukose verbraucht und die Blutglukosemessung in der Peripherie, den Armvenen, vorgenommen wurde, wurde von einer nicht unwesentlichen Zeitverzögerung der Experimentfolgen auf die Blutglukose ausgegangen (Rostami, 2011). Da jedoch keine Angaben zur ungefähren Dauer in der Literatur existierten, wurde mit 30 Minuten ein großzügiger Zeitraum gewählt, in den mit hoher Wahrscheinlichkeit ein möglicher verzögerter Glukoseverbrauch fallen würde.

### *4.1.3.3.6 Beendigung des Clamps.*

Nach der dreißigminütigen Nachbeobachtungsphase wurde der Clamp beendet, die Zugänge entfernt und die Probanden nahmen eine ihnen zur Verfügung gestellte Mahlzeit ein. Diese bestand in der Regel aus zwei reichhaltig belegten Brötchen,

## Studie 2: Biologische Korrelate

Fruchtsaft und mindestens einer Süßigkeit nach Wahl. Dabei war wichtig, dass die Probanden eine Mischung aus schnell und langsam ins Blut gelangenden Kohlenhydrateen, Fetten und Eiweißen zu sich nahmen, um eine länger anhaltende Stabilisierung eines euglykämischen Blutglukosewertes zu erreichen. Damit sollte das Risiko reduziert werden, dass eine verzögerte Hypoglykämie eintritt. Die Probanden hielten sich dann noch mindestens anderthalb Stunden im Untersuchungsraum unter ärztlicher Beobachtung auf. Alle dreißig Minuten wurde der Blutglukosespiegel im kapillaren Blut der Fingerkuppen bestimmt. Dies diente dazu, eine Hypoglykämie rechtzeitig entdecken und gegebenenfalls gegenregulieren zu können. Die Probanden ausführlich über Besonderheiten des restlichen Tages, insbesondere dem Risiko einer verzögerten Hypoglykämie aufgeklärt. Die Symptome einer Hypoglykämie wurden vorgestellt, ebenso eine Ernährungsanweisung im Falle einer Hypoglykämie (siehe Anhang F). Es wurde den Probanden mitgeteilt, dass sie am Untersuchungstag nicht mehr selbst Auto oder Fahrrad fahren sollten, keinen Sport treiben oder sonstige Anstrengungen unternehmen sollten. Ebenso wurde betont, dass kein Alkohol oder sonstige psychotropen Substanzen konsumiert werden sollten und die Probanden nicht vor 22 Uhr zu Bett gehen sollten. Dieser Zeitpunkt war ausreichend lange von der letzten Insulininfusion entfernt, sodass gewährleistet werden konnte, dass keine unerkannte Hypoglykämie im Schlaf vorkommen würde. Als Richtwert wurde ein zeitlicher Abstand von mindestens acht Stunden zwischen Insulingabe und dem Wirkungsende veranschlagt. Diese Zeitangabe liegt zwischen einer und drei Stunden über der vom Hersteller ausgewiesenen Wirkdauer des Humaninsulins (vgl. Huminsulin® Normal Präparatinformationen; Pfohl, 2014), um die Sicherheit zu erhöhen.

## Studie 2: Biologische Korrelate

Den Probanden wurde ein Probandenausweis ausgehändigt, auf dem Informationen zur Studie und Kontaktdaten der Ansprechpartner abgedruckt waren (siehe Anhang F). Anschließend wurde das Probandenhonorar in Höhe von 200€ ausgezahlt und die Teilnehmer wurden um Rückmeldung bezüglich ihres Wohlbefindens am Folgetag gebeten. Den Probanden wurde die Möglichkeit gelassen sich auch weiterhin in den Räumen des Klinikums unter Betreuung aufzuhalten, wenn sie dies wollten. Fast alle Probanden meldeten weitest gehende Beschwerdefreiheit am Untersuchungstag und völlige Beschwerdefreiheit am Folgetag zurück. Insgesamt kam es bei den Probanden zu keinen gravierenden Nebenwirkungen durch die Studienteilnahme.

### **4.1.4 Instrumente und Variablen.**

Die untersuchten Fragestellungen beziehen sich auf Zusammenhänge der jeweiligen State- und Trait-Maße von Herzratenvariabilität, Glukosestoffwechsel und Selbstregulation.

#### ***4.1.4.1 Unabhängige Variablen.***

##### ***4.1.4.1.1 Trait-Herzratenvariabilität.***

Als Maß der Trait-HRV wurde die Baseline-Messung der Herzratenvariabilität herangezogen, die während der Phase der Vorbereitung des Steady States durchgeführt wurde. Die Probanden wurden für zehn Minuten angewiesen, ruhig liegen zu bleiben und sich zu entspannen, während ihr EKG aufgezeichnet wurde. Als Schätzung der Trait-HRV wurde der Mittelwert des RMSSD während dieser Phase für die weiteren Auswertungen herangezogen.

## Studie 2: Biologische Korrelate

### 4.1.4.1.2 Insulinsensitivität.

Die Insulinsensitivität wurde anhand der während der Voruntersuchung entnommenen Blutproben der Probanden entlang dem Homeostasis Model Assessments, dem HOMA, auf Basis der Plasmaglukose und des Plasmainsulins berechnet. Das HOMA liefert auf Basis des Produkts dieser beiden Werte einen Parameter zur Beurteilung der Insulinsensitivität (Matthews et al., 1985). Zur Berechnung ist notwendig, dass die Werte zu einem Zeitpunkt der relativen Blutglukosestabilität gemessen wurden, was zu niedrige oder hohe Blutglukose- und Insulinwerte ausschließt (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8

#### *Zulässige Blutwerte im HOMA-2-Modell*

Blutwert	Zulässiger Wertebereich
Plasmaglukose	3.5 - 25.0 mmol/L
Plasmainsulin	20 - 400 pmol/L

Das 1996 korrigierte Modell (HOMA-2) liefert eine computerbasierte, nonlineare Berechnung von Insulinsensitivität und Insulinresistenz und wurde in dieser Untersuchung zur Bestimmung der Insulinsensitivität angewandt (Wallace, Levy & Matthews, 2004). Eine hohe Insulinsensitivität zeigt einen gesunden Stoffwechsel an, bei dem die Zellen angemessen mit Glukose versorgt werden können. Dabei entsprechen die Berechnungen Prozentwerten, wobei ein Wert von 100% der Insulinsensitivität einer gesunden Vergleichsstichprobe entspricht (vgl. Rohwedder, Langkilde, Iqbal, Ying & Salsali, 2013).

## Studie 2: Biologische Korrelate

### *4.1.4.1.3 Selbstregulationsmaß in der ersten Aufgabe.*

Analog zur ersten Studie wurde mittels einer Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe in der Experimentalgruppe Selbstregulation gefordert (vgl. Abschnitt 3.1.4). Anders als in der ersten Studie war die Aufgabe in 15 jeweils dreizeilige Wörterblöcke unterteilt. Die Probanden wurden instruiert, dass sie pro Block 20 Sekunden Zeit haben und nach dieser Zeit zum nächsten Block wechseln sollen. Der Versuchsleiter stoppte die Zeit und forderte die Probanden jeweils nach einem Block auf, mit dem nächsten weiterzumachen. Die reine Bearbeitungsdauer betrug daher fünf Minuten. Zuzüglich des Übungsdurchgangs, der Lesezeit für die Instruktion und mögliche Rückfragen, sowie kleine Zeitpuffer zum Umblättern, dauerte die Bearbeitung dieser Aufgabe im Schnitt ca. acht Minuten.

### *4.1.4.1.4 Trait-Selbstregulation.*

Zur Erfassung von Trait-Selbstregulation wurde die deutschsprachige Fassung der Kurzversion der Selbstkontrollskala (SCS-K-D) gewählt. Die englische „Self-Control-Scale“ geht auf Tangney und Kollegen (2004) zurück und beinhaltet eine 36-Items-Langform, sowie eine 13-Items-Kurzform. Diese Kurzform wurde von Bertrams und Dickhäuser (2009) ins Deutsche adaptiert. Dreizehn Aussagen bezüglich der wahrgenommenen Selbstkontrollkapazität, wie beispielsweise „Ich sage unangemessene Dinge“ oder „Ich lehne Dinge ab, die schlecht für mich sind“ werden auf einer fünfstufigen Skala von „völlig unzutreffend“ bis „trifft ganz genau zu“ beurteilt. Eine Überprüfung der faktoriellen Struktur der Selbstkontrollskala ließ die Autoren auf eine einfaktorielle Struktur rückschließen, weswegen der Summenscore aller Items interpretiert wird. Die Reliabilitäten der Skala liegen zwischen Cronbachs  $\alpha = .79$

## Studie 2: Biologische Korrelate

(interne Konsistenz) und  $r_{tt} = .82$  (Retest-Reliabilität). In der vorliegenden Untersuchung betrug Cronbachs  $\alpha = .81$ . Die Kriteriumsvalidität wurde im Vergleich verschiedener anderer kriteriumsnahen und –fernen Fragebögen als gegeben erachtet. In unserer Untersuchung wurde die Selbstkontrollskala als Maß für eine zeitüberdauernde Trait-Selbstregulationsfähigkeit herangezogen.

### *4.1.4.1.5 Trait-Impulsivität.*

Zur Erfassung von schlechter Selbstregulationsfähigkeit oder Impulsivität wurde die deutsche Version der Barratt Impulsiveness Scale in der Kurzfassung verwendet. Diese umfasst 15 Items, die Impulsivität in verschiedenen Kontexten abfragen. Die verwendete BIS geht auf die Originalversion von Barratt (1959) zurück. eingeschätzt wird die Häufigkeit bestimmter Verhaltensweisen, wie beispielsweise „Ich erledige Dinge, ohne darüber nachzudenken“ oder „Ich habe Selbstkontrolle“ anhand einer vierstufigen Ratingskala von „nie/ selten“ bis hin zu „fast immer/ immer“. Die Items lassen sich drei Subskalen zuordnen: nicht-planende Impulsivität, motorische Impulsivität und aufmerksamkeitsbasierte Impulsivität. Die Konstruktvalidität konnte durch Korrelationsberechnungen mit anderen Fragebogen und impulsivitätsabhängigen Maßen bestätigt werden. Die Reliabilität der Gesamtskala wurde mit Cronbachs Alpha  $\alpha = .81$  als zufriedenstellend beschrieben (Meule, Vögele & Kübler, 2011). Die Reliabilitäten der Einzelskalen liegen bei  $\alpha = .68 - .82$ . In der vorliegenden Untersuchung konnte eine vergleichbare Reliabilität der Gesamtskala von  $\alpha = .82$  gefunden werden.

#### ***4.1.4.2 Abhängige Variablen.***

Als abhängige Variablen der Fragestellungen wurden die Selbstregulationsleistung im zweiten Experiment, die je nach Ausprägung Hinweise auf Ego Depletion liefern könnte, der Glukoseverbrauch während der teilweise Selbstregulation erfordernden Experimente sowie die State-Herzratenvariabilität erfasst.

##### *4.1.4.2.1 Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe.*

Die zweite Aufgabe im verwendeten Dual Task-Paradigma erforderte bei allen Probanden gleichermaßen Selbstregulation. Analog zur ersten Studie beinhaltete die Aufgabe wieder acht Übungstrials und 288 Trials eines computerbasierten Stroop-Tests (vgl. Abschnitt 3.1.4). Die tatsächliche Bearbeitungsdauer inklusive der Instruktion schwankte zwischen ungefähr fünf und zehn Minuten. Die Dauer war abhängig von der Geschwindigkeit, mit der die Probanden die Instruktionen lasen und die Trials bearbeiteten.

##### *4.1.4.2.2 Glukoseverbrauch.*

Wie bereits erwähnt, wurde der Glukose-Clamp mithilfe des Geräts „Glucostator“ automatisiert durchgeführt. Der Glucostator zeigte während dem Glukose-Clamp an, wie viel Glukose verabreicht wurde. Genauer wurde angegeben, wie viel Milliliter einer 20%-igen Glukoselösung im jeweiligen Moment infundiert wurde. Diese Glukoseinfusionsrate (GIR, angegeben in ml/h) wurde herangezogen, um den anzunehmenden Glukoseverbrauch durch die Selbstregulationsaufgaben zu bestimmen. Über folgende Berechnungsformel wurde vom Glucostator ermittelt, wie viel Glukoselösung infundiert wird:

## Studie 2: Biologische Korrelate

$$GIR = \frac{(G_z - G_i) \times 10 \times (0,19 * kg)}{G_{inf} \times 15} \times PF + S_m \times \frac{G_i}{G_d} \times F$$

$G_z$ = Ziel-Glukosekonzentration,  $G_i$ = aktuelle Glukosekonzentration,  $G_{inf}$ = Glukosekonzentration in der Infusionslösung in mg/dl, PF= Infusionspumpenfaktor zur Umrechnung in Zieleinheit,  $S_m$ = metabolische Komponente aus vorherigen Messungen, F= Korrekturfaktor zum Ausgleich des Messfehlers

Mittels dieser Formel wird die Glukoseinfusionsrate, abgewandelt nach DeFronzo und Kollegen (DeFronzo et al., 1979), berechnet.

Da der Verbrauch auch vom Körpergewicht einer Person abhängt, wurde in den Analysen der vorliegenden Arbeit die Glukoseinfusionsrate pro Kilogramm Körpergewicht der Probanden ausgewertet (Tschritter et al., 2009). Für die Analysen wurde die mittlere Glukoseinfusionsrate während der beiden Aufgabe und einer 25-minütigen Nachbeobachtungsphase im Anschluss an die Aufgaben ausgewertet, da bei der Glukoseveränderung im Körper Verzögerungen zu erwarten sind (Rostami, 2011), die vor allem im Bereich der Unterschiede zwischen Glukose im Blut und interstitiellen Gewebe nachgewiesen werden konnten (Koutny, 2011).

### *4.1.4.2.3 State-Herzratenvariabilität.*

Neben der Veränderung im Glukoseverbrauch stellte die Veränderung der Herzratenvariabilität durch die aufgewendete Selbstregulation die zweite abhängige Variable der Hypothesen zu den biologischen Korrelaten dar. Als betrachtetes Maß der Herzratenvariabilität wurde als Mittelwert des RMSSD während der beiden Aufgaben erfasst. Verglichen wurden diese Werte mit der Herzratenvariabilität vor den beiden Aufgaben, die während des Steady States erfasst wurde. So wurden alle HRV-Werte gleichermaßen während eines konstanten Blutzuckerspiegels erhoben, sodass es nicht zu einer Konfundierung mit dem Einfluss des Blutzuckerspiegels kommt.

#### **4.1.5 Datenauswertung.**

Nach Abschluss der Datenerhebung lagen die erhobenen Daten der Herzratenvariabilität, dem Glukoseverbrauch, der Insulinsensitivität, Fragebogendaten und die Leistungsdaten der beiden Aufgaben vor. Die Daten zum Glukoseverbrauch, der Herzratenvariabilität und die Daten von Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und Stroop-Test wurden aufbereitet, bevor die Auswertung erfolgte.

##### ***4.1.5.1 Glukose-Clamp-Daten.***

Die vom Glucostator ausgegebenen Daten bestanden aus einer Textdatei pro durchgeführtem Glukoseclamp, in der jeweils ein Wert pro Minute des Blutglukosespiegels, der infundierten Glukosemenge und der infundierten Insulinmenge sowie deren kumulierte Gesamtabgabemenge gespeichert war. Allerdings wurde als Wert der abgegebenen Glukose nur ein gerundeter, mittlerer Wert gespeichert. Hingegen war die Anzeige auf der Pumpe des Glucostators feiner aufgelöst. Da die erwartete Veränderung in der Glukoseinfusionsrate durch das Aufbringen von Selbstregulation als nur gering eingeschätzt wurde, wurde die feiner aufgelöste Angabe der Pumpe des Glucostators während des Experiments notiert und für die Analysen verwendet. Zuvor war, wie bereits erwähnt, notwendig, dass sich ein Steady State einpendelte.

##### ***4.1.5.1.1 Steady State.***

Dieser Zustand wurde angestrebt, um die Auswirkungen der Selbstregulationsaufgaben auf den Blutglukose nachvollziehen zu können, ohne dass Blutglukoseveränderungen, die auf andere Ursachen zurückzuführen sind, fälschlicherweise auf den Einfluss der Selbstregulation zurückgeführt werden. Der Steady State wurde, wie bereits oben

## Studie 2: Biologische Korrelate

beschrieben, häufig nicht erreicht. In den erfolgreichen Fällen lag zwischen dem Start des Einpendelns und dem Beginn der Aufgaben im Mittel eine Dauer von  $M = 174.76$  min ( $SD = 48.44$ ). Dabei reichte die Bandbreite von 77 min bis 276 min. Fälle, in denen der Versuch einen Steady State herzustellen aus den oben beschriebenen Zeitgründen abgebrochen wurde, gingen in diese Statistik nicht mit ein, sodass diese zeitlichen Angaben die mittlere Dauer unterschätzen.

Wann eine Phase der relativen Blutglukosestabilität als Steady State gilt, wurde bisher noch nicht allgemein festgelegt. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Steady State als Phase von mindestens 30 Minuten relativ stabilen euglykämischen Blutglukosespiegels im Bereich zwischen 80 und 100 mg/dl (4,4 – 5,6 mmol/l) definiert. Toleriert wurden für unsere Studie Schwankungen in Höhe von einem Anteil des Standardfehlers am Mittelwert, der  $SEM(M)$ , von 2 % gleichermaßen bei Blutglukose und Glukoseinfusionsrate während der letzten 30 Minuten vor Beginn der ersten Aufgabe.

$$SEM(M) = \frac{SD\sqrt{N}}{M} < 0.02$$

Bezüglich der Kriterien gültiger Steady State-Phasen finden sich in der Literatur nur wenige Angaben, die vielmehr explorative Vorschläge statt Richtlinien liefern (Heinemann & Ampudia-Blasco, 1994). Der Glucostator liefert Messwerte mit einer Genauigkeit von +/- 5%, die in die Beurteilung der Werteeignung miteinfließen muss (vgl. Gerätebeschreibung des Herstellers Dr. Zier, siehe Anhang H). Bei der Kriteriensuche wurde angestrebt, geeignete Steady States von Zeiträumen zu unterscheiden, die nicht als Steady State eingestuft werden können. Es wurden Fälle ausgeschlossen, bei denen auf Basis der Blutglukose- und Glukoseinfusionsratenwerte

## Studie 2: Biologische Korrelate

während des Steady States davon ausgegangen werden musste, dass sich die wahren Werte noch nicht soweit eingependelt haben, dass der körpereigene Glukosemetabolismus außer Kraft gesetzt ist. Zur Findung eines geeigneten Kriteriums wurde zweistufig vorgegangen. Auf theoretischer Basis wurde der Anteil des Standardfehlers vom Mittelwert als geeignet angesehen, da durch die Betrachtung von Standardabweichung und Mittelwert die absoluten Werte keinen Einfluss auf den Koeffizienten haben. Dies erschien sinnvoll, da große interindividuelle Unterschiede in den Level zu beobachten waren. Da in diesem Wert die zugrunde liegende Stichprobengröße berücksichtigt wird, kann bei späterer Replikation eine Vergleichbarkeit der Werte erreicht werden. Auf empirischer Basis wurden post hoc alle infrage kommenden Drop Out Kriterien am Datensatz angelegt und Fälle, die bei den meisten Kriterien zu einem Drop Out wurden, als ungeeignet vorklassifiziert. Die so identifizierten ungeeigneten Datensätze wurden durch das Standardfehlerkriterium  $SEM(M)$  ausgeschlossen, weswegen sich das Kriterium daher auch post hoc als valide erwies.

Als alternative Kriterien wurden eine Maximalabweichung der Einzelwerte vom Mittelwert des Blutglukosespiegels und der Glukoseinfusionsrate bis maximal 5% und der Coefficient of Variation ( $CV = \frac{SD}{M} < 0.05$ ) diskutiert. Je nach mittlerer Werthöhe, die bei der Glukoseinfusionsrate beträchtliche Schwankungen aufweist, ergäbe dann ersteres eine sehr konservative Ausschlussregel, die mitunter sehr geringe Abweichungen auf Basis eines niedrigen Absolutwertes nicht tolerieren würde. Vor dem Hintergrund der berichteten Messungenauigkeit des Glucostators wurde dieses Kriterium als inadäquat beurteilt. Der  $CV$  wird von Heinemann (1994) bei seinen Kriterien zur Qualitätsbewertung des Steady States angeführt und wird auch von Singal

## Studie 2: Biologische Korrelate

und Kollegen (2010) angelegt, entspricht allerdings nicht dem Anspruch der Vergleichbarkeit.

### *4.1.5.1.2 Datenstrukturierung.*

Die erhobenen Glukoseinfusionsratendaten und Blutglukosedaten bestanden aus einem Wert pro Minute. Diese Daten wurden in unterschiedliche Zeitphasen organisiert, um die Mittelwerte während und nach der Aufgabenbearbeitung der Glukoseinfusionsrate ermitteln zu können. Die Blutglukosewerte waren nur für die Beurteilung der Eignung des Steady States relevant, wurden aber nicht in die weiteren Auswertungen einbezogen. Die Glukoseinfusionsratendaten wurden in fünf Zeitphasen eingeteilt, wie in Tabelle 9 aufgeführt wird.

Tabelle 9

### *Experimentalphasen zur Datenauswertung*

Phase	Zeitraum
1: Steady State	25 min vor Beginn der Experimente
2: Aufgabe 1	Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe (12 min)
3: Aufgabe 2	Stroop-Test (13 min)
4: Nachbeobachtung 1	13 min nach Ende der Experimente
5: Nachbeobachtung 2	zweite 12 min nach Ende

Durch Instruktionen und Materialwechsel kamen kurze Pausen zwischen der Bearbeitung der beiden Experimente zustande. Außerdem unterschieden sich die Probanden in ihrer Bearbeitungsgeschwindigkeit der Experimente. Um für die Analysen für jeden Probanden gleiche Zeiträume festzulegen, in denen Selbstregulation erbracht wurde oder nicht, wurde als standardisierte Zeiten die maximale Bearbeitungsdauer in

## Studie 2: Biologische Korrelate

der Stichprobe festgesetzt. Diese betrug zwölf Minuten in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und dreizehn Minuten im Stroop-Test. Dadurch wurden auch die Zeiträume des Steady States und der Nachbeobachtungsphase zeitlich auf je 25 min festgelegt. Die Zeitspanne der Nachbeobachtungsphase wurde allerdings nochmals in zwei ungefähr gleich lange Phasen von dreizehn und zwölf Minuten unterteilt, um im Rahmen von explorativen Analysen eine mögliche Veränderung in der Glukoseinfusionsrate zeitlich genauer verorten zu können.

Eine kleine Pause zwischen den Experimenten existierte auch in anderen Dual Task- Studien, etwa in Form eines Raumwechsels zwischen den beiden Aufgaben oder einem zwischengeschalteten stimmungsauslösenden Videos (Tice et al., 2007). Da dennoch größtenteils ein durch Ego Depletion erklärter Leistungsabfall in der zweiten Aufgabe nachgewiesen wurde, wurde nicht davon ausgegangen, dass diese Pause signifikante Erholungseffekte mit sich bringt, die den Ego Depletion- Effekt und somit die Auswirkung auf den Glukoseverbrauch verfälscht. Die gewonnenen Glukoseinfusionsratendaten wurden an der Berechnungsgrundlage nach Tschritter (2009) angelehnt aufbereitet. Die GIR nach Tschritter gibt die Infusionsrate pro Kilogramm Körpergewicht an, was für unsere Analysen übernommen wurde. Die vorliegenden Daten wurden demnach noch durch das Gewicht der Probanden geteilt.

Im Vorfeld wurde diskutiert, ob andere Maße als die mittlere Glukoseinfusionsrate pro Kilogramm Körpergewicht für die Analysen der vorliegenden Studie geeigneter wären. Dabei wurden die Flächen unter der Kurve (*area under the curve*, im Folgenden als „AUC“ bezeichnet) als eventuell besserer Schätzer als der Mittelwert diskutiert. Hierfür wurden die von Pruessner und Kollegen (2003) vorgeschlagenen Formeln benutzt, mit denen zwei AUCs berechnet werden, einmal in

## Studie 2: Biologische Korrelate

Abhängigkeit vom Ausgangswert, entspricht der Subtraktion des y-Achsenabschnitts des ersten Messzeitpunkts, und einmal das absolute AUC. Die erhaltenen Werte wurden dann noch durch die Anzahl der Messzeitpunkte innerhalb eines Zeitintervalls geteilt, um einen für die Zeitspanne standardisierten Wert zu erhalten. Da es jedoch physiologisch nicht zu einer Anreicherung der infundierten Glukose kommt, wie etwa im Falle verabreichter Medikamente, wurden letztlich die berechneten Mittelwerte als geeigneter betrachtet. Explorativ zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in den durchgeführten Analysen zwischen Mittelwerten und AUCs.

Als Alternativvariable zur Glukoseinfusionsrate wurde eine Glukoseverschwinderate als Quotient der Glukoseinfusionsrate dividiert durch den Blutglukose berechnet, angelehnt an das Vorgehen in der aktuellen Literatur (vgl. Fischer et al., 2013; Giordani et al., 2013; Meissner et al., 2011). Bei einem solchen Vorgehen würde jedoch die zeitliche Verzögerung der Glukoseinfusion und des resultierenden Blutglukoseanstiegs nicht beachtet werden. Dies könnte zu Ungenauigkeiten in den Werten führen, weswegen letztlich die Infusionsrate ausgewertet wurde.

### ***4.1.5.2 HRV-Daten.***

Die Daten der Herzratenaufzeichnung wurden mit dem mobilen EKG-Gerät VU-AMS erhoben. Dabei wurde pro Aufzeichnung eine Datei auf einer Speicherkarte im Gerät erstellt, die anschließend auf einen Computer zur Datenaufbereitung übertragen werden konnte. Bei der Datenaufbereitung wurde sich an der Manualversion 1.1 für die zugehörige Software VU-DAMS v2.2 (Data Analysis and Management Software, DAMS, for the Vrije Universiteit Ambulatory Monitoring System, VU-AMS, 2013) orientiert. Die jeweiligen Daten eines Probanden wurden mit der Software VU-DAMS

## Studie 2: Biologische Korrelate

aufgerufen und es wurde für mögliche Artefakte korrigiert. Dies wurde vorgenommen, indem die Daten auf unklare Aufzeichnungen hin untersucht wurden. Zwei Mitarbeiter prüften unabhängig voneinander die als „suspicious“ gekennzeichnete Stellen in der Herzschlagaufzeichnung. Die durch das Programm automatisch markierten Stellen wurden einzeln aufgerufen und es wurde beurteilt, ob an der Stelle eine fehlerhafte Aufzeichnung vorgenommen wurde, oder ob ein Herzschlag von der Software nicht richtig detektiert wurde. Zur Beurteilung wurden die Inter-Beat-Intervalle und die Amplituden der „suspicious beats“ herangezogen. Gab es darin große Ähnlichkeiten mit denen der sicher detektierten Herzschläge, wurde der „suspicious beat“ als Herzschlag gekennzeichnet, andernfalls wurde die Markierung entfernt. Die Mitarbeiter stimmten in allen Beurteilungen miteinander überein, da in den für die Auswertung relevanten Intervallen keine schwer interpretierbaren Aufzeichnungen vorkamen. Es konnte nun mit der Software Herzraten- und Herzratenvariabilitätsdaten für die festgelegten Intervalle analog zu den Clamp-Intervallen Minutenwerte und Mittelwerte der jeweiligen Intervalle ausgegeben werden. Dabei stellte die Baselinemessung den Trait-HRV-Wert dar, die Werte während der beiden Aufgaben wurden als State-HRV-Ausprägungen ausgewertet. Als mögliche HRV-Maße konnten unterschiedliche Parameter ausgewählt werden. Tabelle 10 liefert einen Überblick über die unterschiedlichen HRV-Parameter.

Tabelle 10

*Maße der Herzratenvariabilität*

HRV-Parameter	Erläuterung
<i>Zeitanalytische Methoden</i>	
IBI (ms)	Inter-Beat-Intervall
SDNN (ms)	Standardabweichung der sukzessiven Herzschlag-Intervalle
RMSSD (ms)	Quadratwurzel des Mittelwerts der Summe der quadrierten Differenzen aufeinanderfolgender Intervalle
<i>Frequenzanalytische Methoden</i>	
LF (ms <sup>2</sup> )	Power des 0.04-0.15 Hz – Frequenzbandes. Diese Frequenzen gehen hauptsächlich auf sympathische Einflüsse zurück.
HF (ms <sup>2</sup> )	Power des 0.15-0.40 Hz – Frequenzbandes. Diese Frequenzen gelten als hauptsächlich parasympathischen Einflüssen unterliegend und atemungskorreliert.
LF/HF	Verhältniswert der Frequenzbänder, der das Verhältnis von sympathische zu parasympathischer Einflüsse wiedergibt

Als meist genutzten Parameter nennen einige Autoren den RMSSD (Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996). Die frequenzanalytischen Maße scheinen anfälliger zu sein für Störeinflüsse auf die HRV-Werte, wie beispielsweise für den Einfluss der Körperposition (Wang & Huang, 2012). Daher wurde für die vorliegende Untersuchung ebenfalls der RMSSD ausgewertet.

## Studie 2: Biologische Korrelate

Durch Softwareprobleme wurden bei vier Probanden keine Herzraten aufzeichnet. Für die Auswertung relevant waren Zeitphasen während der vorherigen Ruhephase, also die Baselinemessung, während des Steady States und während der beiden Aufgaben des Dual Task-Experiments. Es wird davon ausgegangen, dass eine Auswirkung von Selbstregulation auf die HRV ohne messbare Zeitverzögerung geschieht, da die durch zentralnervöse Impulse verursachten sympathischen und parasymphatischen Einflüsse innerhalb von Millisekunden die Herzrate modulieren (vgl. Pumprla, Howorka, Groves, Chester & Nolan, 2002). Insgesamt wurden also die RMSSD- Mittelwerte der zehnminütigen Baseline, einer Phase von zehn Minuten vor den Aufgaben während des Steady States und jeweils die Mittelwerte während der Aufgaben erhoben.

### ***4.1.5.3 Experimentdaten.***

#### *4.1.5.3.1 Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe.*

Die Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe wurde analog zur ersten Studie von den Probanden mittels Stift und Papier bearbeitet und wurde später manuell ausgewertet. Es wurden einerseits wieder die Fehler gezählt, andererseits wurde gezählt, wie viele Gesamtzeichen bearbeitet wurden, also wie weit die Probanden in der vorgegebenen Zeit in den jeweiligen Wörterblöcken mit dem Bearbeiten kamen. Die Auswertung erfolgte analog zu Studie 1. Da die zur Verfügung stehende Bearbeitungsdauer gestoppt wurde und somit nicht variabel war, könnte der Wert für die Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen auch als Maß für die Geschwindigkeit angesehen werden, was allerdings für die Auswertung als Selbstregulationsaufgabe nicht herangezogen wurde. Die Unterteilung der Aufgabe in 15 gleich lange Blöcke ermöglicht die Betrachtung von

## Studie 2: Biologische Korrelate

Fehleranzahl und Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen über die Zeit. Dieser Verhältniswert konnte bei besonders vielen Fehlern auch über 100% hinausgehen und besitzt keine absolute Aussagekraft.

Die Versionen der Aufgabe für die beiden Versuchsgruppen unterschieden sich in der Instruktion, die auf den Übungsdurchgang folgte. Beide Versionen sind der vorliegenden Arbeit angehängt (Anhang G). Durch die unterschiedliche Aufgabenstellung bei Experimental- vs. Kontrollgruppe wird davon ausgegangen, dass es sowohl zeitliche als auch fehlerbezogene systematische Unterschiede zwischen den Gruppen gibt, die nicht nur auf die Selbstregulationserfordernis zurückzuführen sind, sondern auf die Komplexität der Aufgabe. Deshalb ist ein Vergleich der Leistung und der Geschwindigkeit in dieser Aufgabe zwischen den zwei Gruppen unzulässig.

### *4.1.5.3.2 Stroop-Test.*

Der computergestützte Stroop-Test wurde mit der Software Inquisit in der Version 4 (Version 4.0.6.0) erstellt und dargeboten, ebenso lagen die erhobenen Daten als Ausgabedatei von Inquisit vor. Für die Auswertung relevant waren dabei die erfassten Reaktionszeiten der Bearbeitung der einzelnen Items und die Antworten auf die Fragen zu Motivation, Aufgabenschwierigkeit und Affekt. Zur weiteren Aufbereitung der Daten wurde die Ausgabedatei mittels Excel vorbereitet und dann in das Statistikpaket SPSS eingelesen. Die Auswertung der erhobenen Daten des Stroop-Tests entsprach derer aus Studie 1, vergleiche Abschnitt 3.1.5.

### *4.1.5.4 Analysen.*

Wie bereits beschrieben kam es aus unterschiedlichen Gründen zu Drop Outs. Je nachdem, zu welchem Zeitpunkt während des Experiments es zu Ausfällen kam

## Studie 2: Biologische Korrelate

konnten die einzelnen Datensätze der Probanden für bestimmte Analysen verwendet werden und mussten für andere Analysen ausgeschlossen werden. Dies führte dazu, dass den durchgeführten Analysen vier unterschiedlich große Stichproben zugrunde liegen. Diese werden in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11

### *Statistische Analysen und die zugrunde liegenden Stichproben*

Analyse	<i>N</i>	Kriterien
Clamp-Daten (Datensatz 1)	46	keine Clamp-Durchführungsprobleme während Experiment und Nachbeobachtungsphase
HRV-Daten (Datensatz 2)	52	keine Clamp-Durchführungsprobleme während Experiment erfolgreiche Aufzeichnung der HRV
Experimentdaten (Datensatz 3)	53	keine Clamp-Durchführungsprobleme während Experiment
Trait-Maße (Datensatz 4)	67	HRV-Baselinemessung erfolgreich

In Tabelle 12 werden die Stichproben der verschiedenen Datensätze in ihren Charakteristika beschrieben.

## Studie 2: Biologische Korrelate

Tabelle 12

### *Stichprobencharakteristika*

Stichprobe	1	2	3	4
Alter	21-51 J.	21-51 J.	21-51 J.	21-51 J.
<i>M (SD)</i>	26.86 (5.86)	26.75 (5.65)	26.83 (5.63)	27.16 (5.65)
Schulabschluss				
mind. Abitur	95.7%	94.2%	94.3%	95.5%
Geschlecht				
% männliche Pb.	65.2%	61.5%	62.3%	59.7%
Trait-Impulsivität (BIS)	16.19 (5.87)	16.75 (5.94)	16.66 (5.81)	17.35 (6.59)
Trait-Selbstregulation (SCS)	3.19 (.63)	3.16 (.62)	3.16 (.51)	3.12 (.06)
Insulinsensitivität (HOMA-2)	155.73 (52.42)	148.97 (50.54)	150.95 (51.69)	150.47 (53.57)
BMI	22.85 (2.89)	22.96 (2.87)	22.92 (2.85)	23.09 (2.70)

In allen vier beschriebenen Stichproben wurden t-Tests bei unabhängigen Stichproben durchgeführt, um die Mittelwerte von Experimental- und Kontrollgruppe zu vergleichen hinsichtlich Geschlecht, Alter, Schulbildung, sowie den Fragebogendaten und den medizinischen Variablen. In keiner Stichprobe lag ein signifikanter Mittelwertunterschied vor, sodass von einer ausreichenden Stichprobenhomogenität ausgegangen werden kann. Die Effektstärken der einzelnen Mittelwertvergleiche lagen

## Studie 2: Biologische Korrelate

im Bereich von  $d = .02 - .19$ . Die Mittelwerte des BMI liegen im Bereich des Normalgewichts (20 - 25 kg/m<sup>2</sup>). Die hohen Insulinsensitivitätswerte lassen sich dadurch erklären, dass die Einschlusskriterien zu einer Stichprobe stoffwechselgesunder, normalgewichtiger Probanden geführt haben und bestätigen die Eignung unserer Stichprobe für das ausgewählte Glukose-Clamp-Verfahren. Die Datenauswertung wurde mit dem Statistikpaket SPSS in der Version 22 (IBM Corp., 2013) durchgeführt. Im Folgenden werden kurz die verwendeten statistischen Verfahren zur Hypothesenprüfung der Hypothesen zwei bis fünf genannt, da Hypothese 1 im Rahmen der ersten Studie überprüft wurde.

Überprüft werden sollte, ob zwischen der selbstberichteten Trait-Selbstregulation und der gemessenen State-Selbstregulation ein positiver Zusammenhang besteht (Hypothese 2). Hierfür wurde eine partielle Korrelation mit der Gruppenbedingung als Kontrollvariable berechnet, getestet wurde einseitig. Zudem sollte überprüft werden, ob experimentelle Selbstregulationsleistung mehr Glukose verbraucht als kognitive Tätigkeit, die keine Selbstregulationsleistung erfordert (Hypothese 3). Zur Überprüfung dieser Hypothese wurde eine  $2 \times 5$ -ANOVA mit Messwiederholungsdesign durchgeführt mit fünf Zeitstufen (Steady State, Aufgabe 1, Aufgabe 2, Nachbeobachtungsphase Teil 1, Nachbeobachtungsphase Teil 2) als within-Faktor und der Gruppenbedingung (Kontrollgruppe, Experimentalgruppe) als between-Faktor. Die Hypothese, dass Selbstregulationsleistung zu einer Erhöhung der Herzratenvariabilität führt, wurde mittels t-Test bei unabhängigen Stichproben überprüft, um die State-HRV während der ersten Aufgabe von Experimental- und Kontrollgruppe zu vergleichen (Hypothese 4a). Hypothese 4b, die postuliert, dass bei beiden Gruppen eine erhöhte HRV während der zweiten Aufgabe im Vergleich zur

## Studie 2: Biologische Korrelate

HRV vor Beginn der Aufgaben vorliegt, wurde mithilfe einer mixed 2×3-ANOVA mit Messwiederholungsdesign mit der Gruppenbedingung (Experimental- und Kontrollgruppe) als between-Faktor und der Zeit (Steady State, Aufgabe 1, Aufgabe 2) als within-Faktor untersucht. Hypothese 4c, also die Annahme, dass neben der Gruppenbedingung die Baseline-HRV die Selbstregulationsleistung im zweiten Experiment vorhersagt, wurde mittels linearer Regression überprüft. Kriterium stellte der Stroop-Koeffizient dar, Prädiktoren waren die Baseline-HRV während des Steady States und die Gruppenbedingung. Die Annahme eines positiven Zusammenhangs von der Trait-Selbstregulationsfähigkeit und der Trait-HRV und der Insulinsensitivität (Hypothese 5) wurde anhand der Korrelationskoeffizienten (Pearsons  $r$ ) geprüft, zugrunde gelegt wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$ . Getestet wurde zweiseitig.

Für den Manipulation Check wurde ein Mittelwertvergleich des Stroop-Koeffizienten, bestehend aus der Reaktionszeitdifferenz zwischen inkongruenten und kongruenten Items, zwischen Experimental- und Kontrollgruppe mittels univariater ANOVA mit der Gruppenbedingung als between-Faktor berechnet. Daneben wurde im Rahmen einer explorativen Analyse eine 2×15- Messwiederholungs-ANOVA mit den 15 Blöcken in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe als within-Faktor und der Gruppenbedingung als between-Faktor durchgeführt, um Unterschiede in der Zahl der bearbeiteten Zeichen abzüglich der Fehler zu analysieren.

## 4.2 Ergebnisse.

### 4.2.1 Ego Depletion.

Im Vorfeld der Hypothesentestung sollte im Sinne eines Manipulation Checks überprüft werden, ob unter der Bedingung des konstanten Blutglukosespiegels auch Ego Depletion auftritt. Auf theoretischer Basis, der Glukosehypothese folgend, würde nicht davon ausgegangen werden, dass Ego Depletion eintritt. Diese Auswertung erfolgte am Datensatz 3 (vgl. Tabelle 11,  $N = 53$ ), da für diese Analyse die Datensätze miteingeschlossen werden konnten, bei denen das Clamp-Verfahren während des Experiments erfolgreich verlief. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied,  $F(1,51) = .599$ ,  $p = .443$ ,  $\eta^2 = .012$  zwischen Experimental- und Kontrollgruppe in der Reaktionszeitdifferenz zwischen inkongruenten und kongruenten Items des Stroop-Tests. Ego Depletion trat somit unter der Bedingung des konstanten Blutglukosespiegels nicht auf.

### 4.2.2 Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation.

*Hypothese 2:* Zwischen der selbstberichteten Trait-Selbstregulation und der gemessenen State-Selbstregulation wird ein positiver Zusammenhang erwartet.

Zwischen dem Stroop-Koeffizienten, also der Reaktionszeitdifferenz zwischen inkongruenten und kongruenten Items des Stroop-Tests, und der Self Control Scale als Maß der Trait-Selbstregulation fand sich eine signifikante, negative Korrelation von  $r(51) = -.25$ ,  $p = .036$ . Zwischen dem Stroop-Koeffizienten und der Barratt Impulsiveness Scale, dem Maß der Trait-Impulsivität, fand sich eine signifikante, positive Korrelation von  $r(51) = .33$ ,  $p = .009$ . Durch die Berechnung von Partialkorrelationen wurde für den Einfluss der Gruppenbedingung kontrolliert. Eine

höhere Reaktionszeitdifferenz spricht für eine schlechtere Selbstregulationsleistung sodass gute Selbstregulation mit Trait-Selbstregulation (SCS) positiv und Trait-Impulsivität (BIS) in diesen Ergebnissen negativ zusammenhängt, was die Hypothese bestätigte.

### 4.2.3 Glukoseverbrauch.

*Hypothese 3:* Experimentelle Selbstregulationsleistung verbraucht mehr Glukose als kognitive Tätigkeit, die keine Selbstregulationsleistung erfordert.

Betrachtete Outcome-Variable stellte die Glukoseinfusionsrate (berechnet nach Tschritter, 2009) dar. Dabei fand sich jedoch kein signifikanter Haupteffekt der Gruppe,  $F(1,44) = 0.07, p = .785, \eta^2 < .01$ . Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Zeit,  $F(4,41) = 3.99; p = .008; \eta^2 = .28$ , der auf die einzige signifikante Mittelwertdifferenz von 0.156 ( $p = .05$ ) nach Bonferroni-Anpassung zwischen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und dem Stroop-Test zurückgeführt werden kann. Die erwartete Interaktion zwischen Gruppe und Zeit zeigte sich ebenfalls nicht,  $F(4,41) = 0.93; p = 0.454; \eta^2 = .08, \text{Power} = 0.69$ .

Die Version der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, die Selbstregulation erforderte, hat nicht mehr Glukose verbraucht, als die vergleichbare kognitive Aufgabe, bei der keine Selbstregulation erforderlich war (Abbildung 4). Die leichte Zunahme des Glukoseverbrauchs zwischen den beiden Aufgaben unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen.

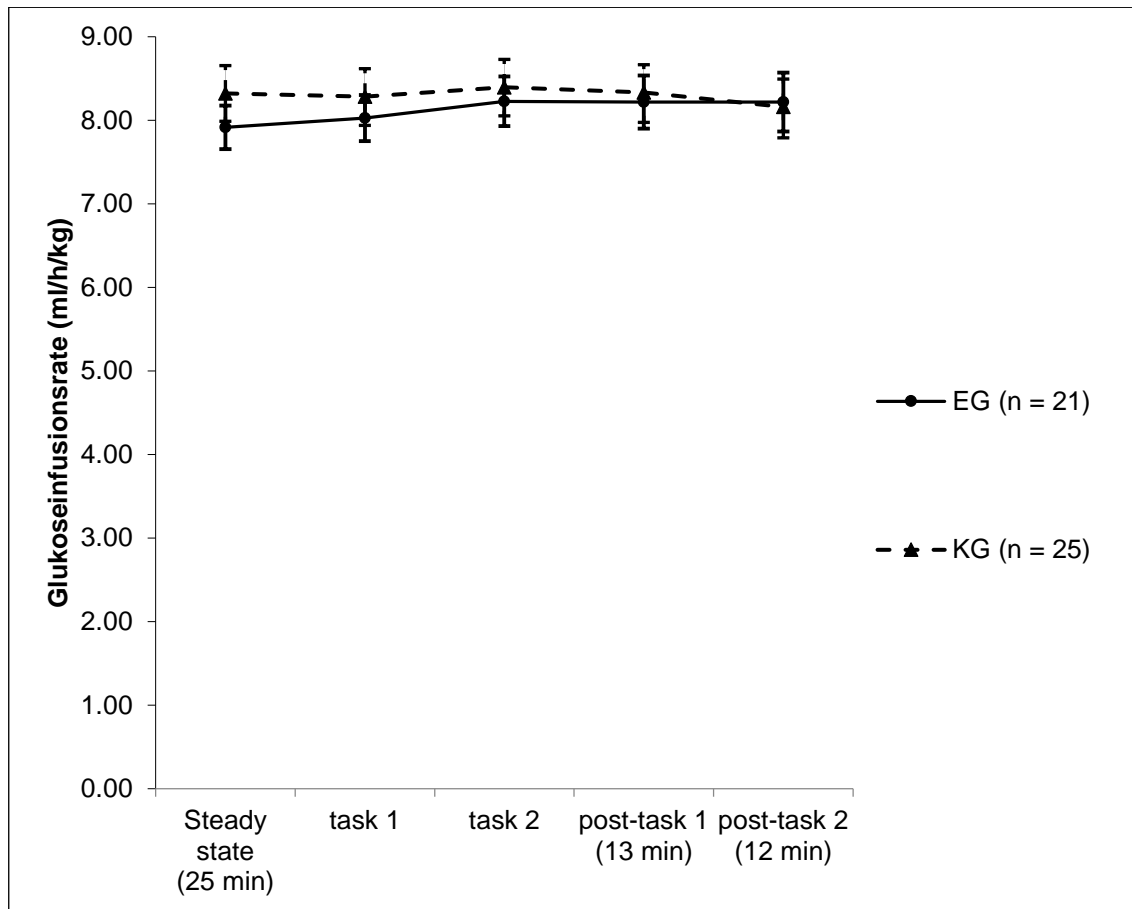


Abbildung 4. Veränderung der Glukoseinfusionsrate über die Experimentphasen Steady State, task 1 (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe), task 2 (Stroop-Test), post-task 1 und 2 (unterteilte Nachbeobachtungsphase) zwischen Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) . Die Balken geben den Standardfehler an.

#### 4.2.4 Herzratenvariabilität.

*Hypothese 4:* Es wurde angenommen, dass Selbstregulationsleistung zu einer Erhöhung der State-Herzratenvariabilität führt.

Da die Nachbeobachtungsphase der Experimente und deren Auswertbarkeit für die Analyse der Herzratenvariabilität keine Relevanz hatte, wurde Datensatz 2 ( $N = 52$ , vgl. Tabelle 11) herangezogen. Wie bereits erwähnt, wurde der RMSSD als HRV-Maß ausgewertet. In unserer Stichprobe waren die RMSSD-Daten nicht normalverteilt, wie

## Studie 2: Biologische Korrelate

sich anhand des Kolmogoroff-Smirnoff-Test und einer Histogrammanalyse zeigte, weswegen eine Log-Datentransformation durchgeführt wurde.

*Hypothese 4a:* Es wurde ein signifikanter Mittelwertunterschied in der Herzratenvariabilität während der ersten Aufgabe zwischen den Gruppen erwartet. Die State-HRV in der Experimentalgruppe wurde höher erwartet.

Es wurde kein signifikanter Mittelwertunterschied zwischen den beiden Gruppen der State-HRV während der erste Aufgabe gefunden,  $t(50) = 1.70$ ,  $p = .094$ ,  $d = .48$ . Der Mittelwert der Experimentalgruppe lag bei  $M = 3.53$  ( $SD = 0.58$ ), in der Kontrollgruppe bei  $M = 3.25$  ( $SD = 0.57$ ). Selbstregulation in der ersten Aufgabe führte demnach nicht zu einer erhöhten Herzratenvariabilität im Vergleich zur Aufgabe, die keine Selbstregulation erforderte.

*Hypothese 4b:* Im Vergleich zur Baseline-HRV vor Beginn des Experiments wurde bei allen Probanden eine Erhöhung der State-HRV während der zweiten Aufgabe erwartet.

Es wurde ein signifikanter Haupteffekt der Zeit auf die State-HRV vor und während der beiden Aufgaben gefunden,  $F(2,49) = 19.21$ ,  $p < .001$ ;  $\eta^2 = 0.44$ , Power = 1. Die drei Zeitstufen unterschieden sich alle nach Bonferroni-Korrektur signifikant von den anderen bei Mittelwertdifferenzen von .335 - .153 ( $p < .001 - .001$ ). Während des Steady States lag die mittlere HRV bei  $M = 3.71$  ( $SD = 0.55$ ), während der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe bei  $M = 3.37$  ( $SD = 0.59$ ) und während des Stroop-Tests bei  $M = 3.52$  ( $SD = 0.57$ ), sodass beobachtet werden konnte, dass die HRV während der ersten Aufgabe erst niedriger und während der zweiten Aufgabe dann

## Studie 2: Biologische Korrelate

wieder etwas höher war, jedoch unter dem Ausgangsniveau blieb. Der Haupteffekt der Gruppe wurde nicht signifikant,  $F = 2.58$ ,  $p = .114$ ,  $\eta^2 = .05$ .

Es konnte allerdings keine signifikante Interaktion zwischen Zeit und Gruppe gefunden werden,  $F(2,49) = .25$ ,  $p = .780$ ;  $\eta^2 = .01$ , Power = 0.4. Die HRV-Veränderung über die Zeit unterschied sich zwischen den Gruppen also nicht signifikant (Abbildung 5). Die HRV zum Zeitpunkt des Steady States war höher als zum Zeitpunkt der beiden Aufgaben. Die HRV während der zweiten Aufgaben war nicht höher als vor Beginn der Aufgaben.

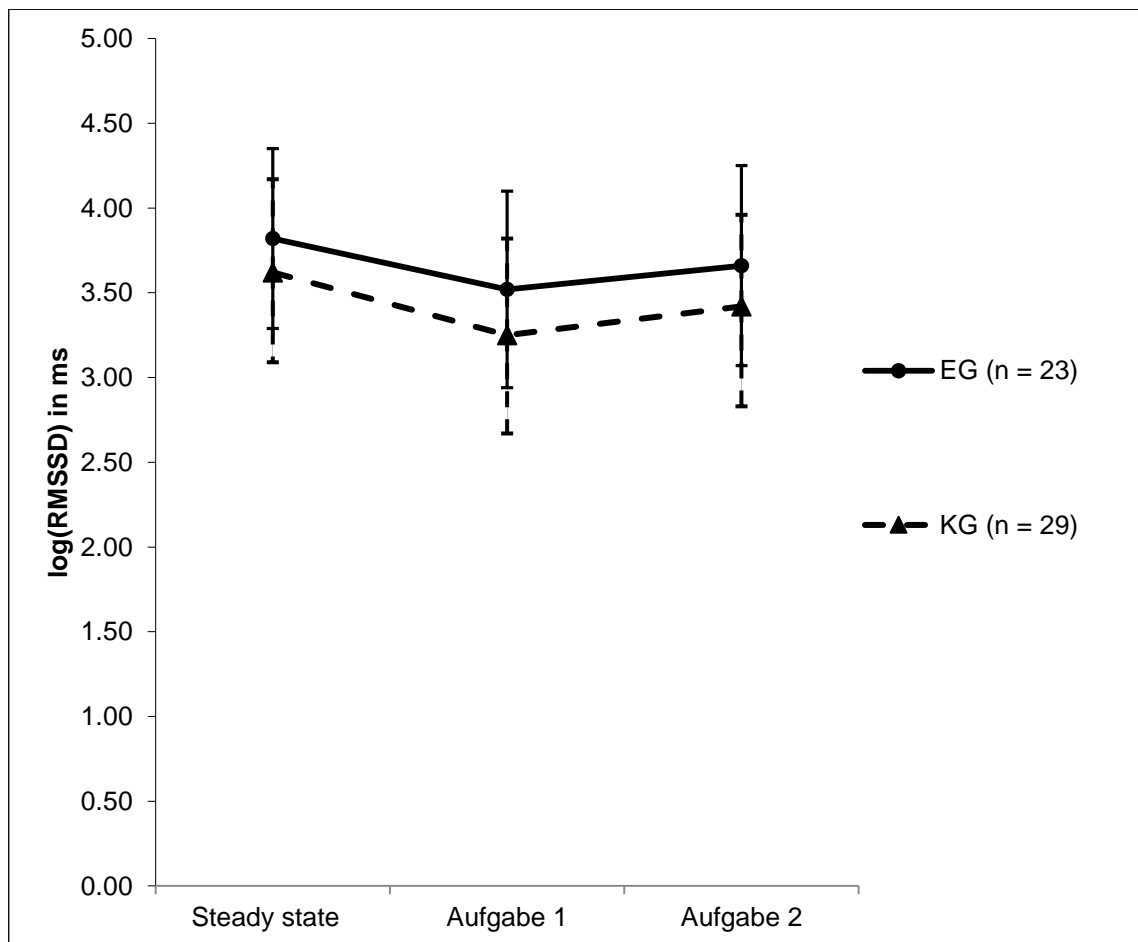


Abbildung 5. Veränderung der Herzratenvariabilität innerhalb Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG) über die Experimentphasen Steady State, Aufgabe 1 (Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe) und Aufgabe 2 (Stroop-Test). Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler.

## Studie 2: Biologische Korrelate

*Hypothese 4c:* Es wurde davon ausgegangen, dass die Baseline-HRV (Trait-HRV) die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe (Stroop-Test) vorhersagt, wenn für die Gruppenbedingung (Experimental- vs. Kontrollgruppe) kontrolliert wird.

Die Baseline-HRV-Messung konnte als Prädiktor für die Selbstregulationsleistung im Stroop-Test ermittelt werden,  $\beta = -.33$ ,  $t(51) = -2.40$ ,  $p = .004$ , die Gruppenbedingung besitzt keinen signifikanten Vorhersagewert,  $\beta = -.17$ ,  $t(51) = -1.21$ ,  $p = .231$ . Das Gesamtmodell mit diesen beiden Prädiktoren erklärt einen signifikanten Anteil der Varianz der Selbstregulationsleistung,  $R^2 = .115$ ,  $F(2,51) = 3.19$ ,  $p < .049$ . Die Trait-HRV konnte also zur Vorhersage der Selbstregulationsleistung beitragen.

### **4.2.5 Zusammenhänge mit anderen Trait-Maßen.**

*Hypothese 5:* Es wurde ein Zusammenhang von Trait-Selbstregulation und Insulinsensitivität und Ruhe-HRV erwartet.

Eine signifikante negative Korrelation fand sich zwischen der Trait-Selbstregulation, gemessen mit dem SCS, und der Trait-Impulsivität, gemessen mit dem BIS. Andere signifikante Korrelationen wurden nicht gefunden. Die Stichprobengrößen sind bei den jeweiligen Korrelationskoeffizienten angegeben (Tabelle 13).

Tabelle 13

*Korrelationen der Trait-Selbstregulation (erfasst über die Fragebögen SCS und BIS),  
Insulinsensitivität (HOMA-2) und Baseline-HRV (RMSSD)*

		BIS	SCS	HOMA-2	RMSSD
BIS	Pearsons <i>r</i>	1	-.64	.24	-.21
	<i>p</i>		.000	.069	.097
	<i>N</i>	68	72	57	67
SCS	Pearsons <i>r</i>	-.64	1	-.14	.14
	<i>p</i>	.000		.267	.265
	<i>N</i>	72	68	61	67
HOMA-2	Pearsons <i>r</i>	.24	-.14	1	.01
	<i>p</i>	.069	.267		.945
	<i>N</i>	57	61	57	56
RMSSD	Pearsons <i>r</i>	-.21	.14	.01	1
	<i>p</i>	.097	.265	.945	
	<i>N</i>	67	67	56	67

#### 4.2.6 Explorative Analysen.

In der berechneten Messwiederholungs-ANOVA zum Vergleich der Leistung in der ersten Aufgabe, der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, zwischen Experimental- und Kontrollgruppe fanden sich signifikante Haupteffekte der Zeit,  $F(14,38) = 22.63$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .31$ , und der Gruppenbedingung,  $F(1,51) = 542.69$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .914$ , sowie eine signifikante Interaktion der beiden Faktoren,  $F(14,38) = 25.76$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .34$ . Die Kontrollgruppe wies deutlich höhere Summen bearbeiteter Zeichen abzüglich der Fehler ( $M = 18.29$ ,  $SD = 3.12$ ) auf als die Experimentalgruppe ( $M = 3.12$ ,  $SD = 3.57$ ). Dabei konnte keine systematische Leistungsveränderung beobachtet werden (vgl. Abbildung 6).

## Studie 2: Biologische Korrelate

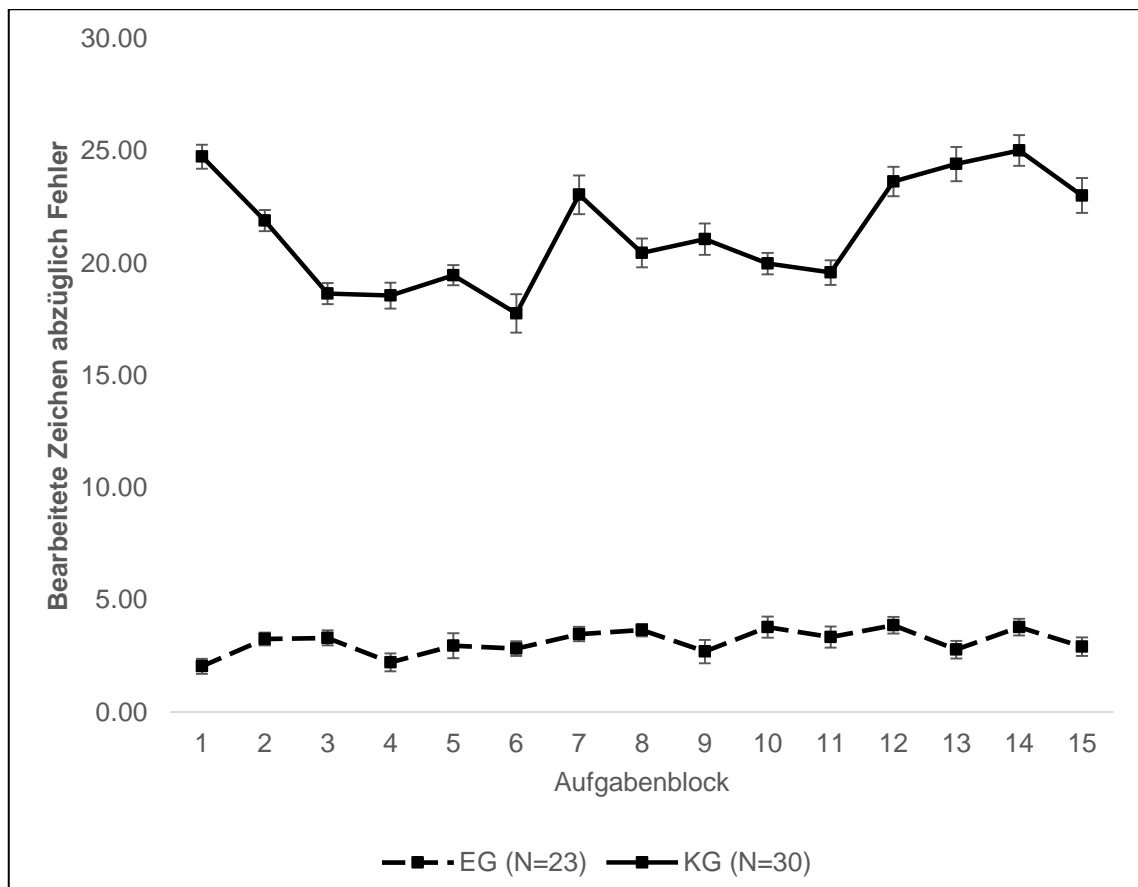


Abbildung 6. Leistungsveränderung in der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe über die Zeit. Dargestellt wird die Differenz der Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen und den fehlerfreien bearbeiteten Zeichen der Experimentalgruppe (EG) und Kontrollgruppe (KG). Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler.

#### **4.2.7 Zusammenfassung der Ergebnisse.**

In der zweiten durchgeführten Studie sollte untersucht werden, ob das Ausüben einer fünfminütigen Selbstregulationsaufgabe zu mehr Glukoseverbrauch und einem größeren Anstieg der Herzratenvariabilität führt, als durch das Ausführen einer vergleichbaren Aufgabe ohne Selbstregulation verursacht wird. Außerdem sollte der Zusammenhang zwischen State- und Trait-Selbstregulation überprüft und Zusammenhänge verschiedener Maße mit der Insulinsensitivität untersucht werden. Konkret wurde davon ausgegangen, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen der State-Selbstregulation und der Trait-Selbstregulation gibt (Hypothese 2). Es wurde außerdem postuliert, dass die Probanden der Experimentalgruppe während der ersten Aufgabe, die sich im Ausmaß der aufgebrauchten Selbstregulation zwischen den Gruppen unterschied, eine höhere Glukoseinfusionsrate sowie eine höhere HRV durch die Selbstregulation aufweist als die Kontrollgruppe (Hypothesen 3 und 4) und dass die Trait-Selbstregulation mit der Trait-HRV und der Insulinsensitivität assoziiert sind (Hypothese 5).

Im durchgeführten Setting mit konstantem Blutglukosespiegel durch das Glukose-Clamp-Verfahren trat Ego Depletion nicht auf. In der verwendeten ersten Aufgabe, der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, wurde zudem keine systematische Leistungsveränderung über die Zeit beobachtet. Wie erwartet fand sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der State-Selbstregulation und der Trait-Selbstregulation. Das Ausüben von Selbstregulation führte jedoch nicht zu einem vermehrten Glukoseverbrauch oder einer ansteigenden Herzratenvariabilität. Die Trait-Herzratenvariabilität sagte allerdings einen signifikanten Anteil der Varianz der State-Selbstregulationsleistung hervor. Zwischen der Trait-Selbstregulation und der

## Studie 2: Biologische Korrelate

Insulinsensitivität wurde kein signifikanter Zusammenhang gefunden, ebenso fand sich kein Zusammenhang zwischen Trait-Selbstregulation und Trait-HRV.

### **5 Diskussion**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden zwei Studien durchgeführt. Anhand der Studien sollten Hypothesen zu Ego Depletion und biologischen Korrelaten der Selbstregulation überprüft werden, die vor dem Hintergrund der bisherigen Forschung noch nicht abschließend beantwortet wurden oder erstmals mithilfe der verwendeten Methodik untersucht wurden.

In der ersten Studie wurde mittels zwei etablierter Selbstregulationsaufgaben untersucht, ob Ego Depletion replizierbar ist und nur unter der Bedingung einer kurzen Aufgabenlänge der ersten Aufgabe auftritt. Überprüft wurde diese Fragestellung unter Laborbedingungen an einer größeren Stichprobe von Studierenden. Dabei konnte Ego Depletion nachgewiesen werden, sofern die erste Aufgabe im Dual Task-Experiment fünf Minuten andauerte. Bei einer Länge von zehn Minuten zeigte sich Ego Depletion nicht.

Dieser Befund des Einflusses der Aufgabenlänge der ersten Aufgabe auf das Auftreten von Ego Depletion wurde dazu genutzt, ein geeignetes Design für die zweite Studie auszuwählen. Auf dessen Basis wurden Hypothesen zu den möglichen biologischen Korrelaten Blutglukose und Herzratenvariabilität an einer hinsichtlich Alter und Bildungsgrad heterogenen Stichprobe gesunder Probanden überprüft. Durchgeführt wurde ein Glukose Clamp-Verfahren, um messgenau prüfen zu können, ob das Ausüben von Selbstregulation zu Veränderungen im Glukoseverbrauch führt. Anders als die Glukosehypothese postuliert, fand sich kein erhöhter Glukoseverbrauch bei konstantem Blutglukosespiegel bei den Probanden durch das Ausüben von Selbstregulation. Auch konnte keine erhöhte State-Herzratenvariabilität in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe sowie während des Experiments

## Diskussion

im Vergleich zum Steady State nachgewiesen werden. Die gemessene Trait-HRV stellte sich allerdings heraus als ein signifikanter Prädiktor für die Selbstregulationsleistung im Stroop-Test. Die Trait-Selbstregulation korrelierte nicht signifikant mit der Trait-HRV oder der Insulinsensitivität. Allerdings konnte eine signifikante Korrelation in kleiner Höhe zwischen Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation nachgewiesen werden.

### **5.1 Einordnung der Befunde**

Die Ergebnisse der beiden durchgeführten Studien decken sich teilweise mit älteren Studienergebnissen. Teilweise konnten die auf Basis der Literatur postulierten Hypothesen jedoch nicht bestätigt werden. Daher muss diskutiert werden, wie die Befunde dieser Arbeit vor dem Hintergrund früherer Untersuchungsergebnissen eingeordnet werden können und worauf eine fehlende Übereinstimmung möglicherweise zurückgeführt werden kann.

#### **5.1.1 Ego Depletion.**

Ein Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu untersuchen, ob unterschiedliche Durchführungsbedingungen dazu beitragen können, dass es zu Ego Depletion kommt oder nicht. Konkret wurde angenommen, dass Ego Depletion nur dann eintritt, wenn die erste Aufgabe im Dual Task-Design eine vergleichsweise kurze Dauer aufweist. Diese Annahme stützte sich auf die Befunde von Dang und Kollegen (2013). In der Studie der Arbeitsgruppe kam es nur dann zu Ego Depletion, wenn die erste Aufgabe im Dual Task-Experiment fünf Minuten andauerte. Analog dazu erschöpfte sich auch in der vorliegenden Studie die Fähigkeit zur Selbstregulation der Probanden nur, wenn die Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe nicht länger als fünf Minuten andauerte. Verglichen wurde die fünfminütige Aufgabe sowohl bei Dang (2013) als auch in der vorliegenden

## Diskussion

Untersuchung mit einer zehnmütigen Aufgabe, die sich ansonsten nicht von der kürzeren unterschied. Im Falle der längeren Dauer gab es keinen Unterschied in den Reaktionszeitdifferenzen zwischen Experimental- und Kontrollgruppe. Es zeigte sich somit kein Ego Depletion-Effekt. Dieser ließ sich auch nur nachweisen, wenn die Reaktionszeitdifferenz als ausgewertetes Maß des Stroop-Tests herangezogen wurde. Der Fehlerprozentwert erwies sich hingegen nicht als geeignetes Maß, um Ego Depletion nachweisen zu können. Künftige Untersuchungen sollten dies bei der Auswahl geeigneter Maße des Stroop-Tests berücksichtigen.

Der Befund, dass Ego Depletion nur unter der Bedingung einer bestimmten Aufgabenlänge nachgewiesen werden kann, lässt sich nicht mit der Theorie der Selbstregulationsstärke erklären. Dang und Kollegen (2013), die in ihrem Studiendesign den Stroop-Test als erste Aufgabe verwendeten, erklärten den Befund des Einflusses der Aufgabenlänge damit, dass die Probanden an die Anforderung adaptierten, Interferenzen beim Stroop-Test zu unterdrücken. Diese Erklärung kann jedoch nicht für die vorliegenden Befunde herangezogen werden. In der verwendeten Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe ist keine Interferenzunterdrückung erforderlich, sondern ein zur bisherigen Gewohnheit abweichendes Verhalten. Hierfür ist eine Impulsunterdrückung notwendig. Die Beobachtung des Einflusses der Aufgabenlänge kann also vermutlich nicht auf aufgabenspezifische Erklärungen für das Ausbleiben von Ego Depletion zurückgeführt werden. Hingegen spricht der Befund gegen die grundsätzliche Annahme des Stärkemodells, dass Ego Depletion unabhängig von den verwendeten Aufgaben oder Selbstregulationsanforderungen auftritt.

Diese Schlussfolgerung reiht sich in die Befunde der Metaanalyse von Carter (2015) ein, die gegen die allgemeine Theorie der Selbstregulationsstärke sprechen.

## Diskussion

Stattdessen ist denkbar, dass ab einer bestimmten Dauer des Aufbringens von Selbstregulation domänenübergreifend andere Effekte eintreten, die Ego Depletion nivellieren. Dabei könnte etwa die Motivation der Probanden als ein wesentlicher Moderator für Ego Depletion infrage kommen. Ein signifikanter Einfluss von Affekt oder der momentanen Motivation auf die Selbstregulationsleistung wurde von Hagger (2010) in seiner Metaanalyse nachgewiesen. Dieser Einfluss konnte in der vorliegenden Untersuchung allerdings nicht wiedergefunden werden. Jedoch ist an der Stelle anzumerken, dass die hier verwendete Operationalisierung der Motivationserfassung mittels einzelner Items kritisch gesehen werden muss (vgl. Abschnitt 5.2). Der Befund kann daher lediglich als Hinweis gesehen werden und liefert keine belastbaren Ergebnisse zum Zusammenhang von selbstberichteter Motivation und Selbstregulation. Muraven und Kollegen (2006) postulierten ebenfalls, dass es motivationale Einflussfaktoren auf Ego Depletion gibt. Sie fanden in vier Experimenten, dass auch unter vorheriger Erschöpfung diejenigen Probanden später bessere Leistung erzielten, die wussten, dass sie ihre Fähigkeit über längere Zeit anwenden müssen. Das Bewusstsein darüber, dass im weiteren Verlauf Selbstregulationsstärke notwendig ist, und möglicherweise das resultierende Vorhaben, auch später selbstreguliert zu handeln, scheint also Einfluss auf die Verfügbarkeit der Ressource Selbstregulation zu nehmen.

Daneben werden in anderen Arbeiten noch weitere mögliche Einflussfaktoren auf Ego Depletion diskutiert. Webb und Kollegen (2003) fanden, dass auch Selbstinstruktionen, die sich auf die Problemlösestrategie zur Zielerreichung beziehen, Ego Depletion verhindern können. Erklärt wird dies dadurch, dass sich so der Fokus auf die Aufgabe verstärkt und die Lösungsstrategie unmittelbar abrufbar wird. Dies verhindert, dass automatische Impulse zu stark mit der geplanten Handlung

## Diskussion

interferieren. Erschöpfte Probanden wiesen eine signifikant kürzere Persistenz auf als Probanden, die sich mittels Selbstinstruktionen auf die korrekte Aufgabenbearbeitung konzentrierten. Mögliche Selbstinstruktionen waren etwa „Ich werde, sobald das Wort erscheint, dessen Bedeutung ignorieren und mich auf die Wortfarbe konzentrieren“. Es scheint also auch möglich zu sein, eine Selbstregulationserschöpfung durch eine gezielte Fokussierung zu verhindern.

In einer weiteren Untersuchung wurde außerdem gezeigt, dass das Auftreten von Ego Depletion auch davon abzuhängen scheint, welche impliziten Theorien bezüglich der Verfügbarkeit von Willenskraft vorliegen. Personen, die nicht an die Begrenztheit von Selbstregulationsfähigkeit glauben, erleben demnach keine Erschöpfung der Fähigkeit Selbstregulation. Die Autoren der Studie weisen außerdem darauf hin, dass auch soziale Normen Einfluss darauf nehmen, ob beispielsweise aggressive Handlungen, die auf Ego Depletion basieren könnten, ausgeführt werden (DeWall et al., 2007). Als weitere mögliche Einflussgröße postulierten Dang und Kollegen (2015) die dispositionelle Handlungs- oder Lageorientierung von Personen. Handlungsorientierung wird grundsätzlich als adaptive Copingstrategie bei hohen Anforderungen angesehen. Statt über die herausfordernde Situation nachzudenken, wenden sich handlungsorientierte Personen möglichen Problemlösestrategien zu. Im Vergleich von handlungs- und lageorientierten Probanden wurde Ego Depletion nur bei letzterer Gruppe gefunden. Auch dies spricht wiederum gegen einen generellen Effekt von Ego Depletion, sondern weist auf interindividuelle Unterschiede in funktionaler Anforderungsbewältigung hin.

Dahm und Kollegen (2011) merkten zudem an, dass reguliertes Handeln auf die Aktivität des präfrontalen Kortex zurückgeht. Dieses Hirnareal ist erst in einem Alter

## Diskussion

von ungefähr 25 Jahren voll entwickelt. Die Autoren führten zur Untersuchung des Zusammenhangs von Alter und Selbstregulationsfähigkeit ein Dual Task-Experiment durch und unterteilten die Probanden in verschiedene Altersgruppen. Sie fanden, dass bei jungen Probanden mit einem Alter von unter 25 Jahren eher Ego Depletion nachgewiesen werden konnte als bei älteren Probanden. Demnach muss bezüglich der Generalisierbarkeit des Stärkemodels von Einschränkungen hinsichtlich verschiedener Altersstufen ausgegangen werden. Zudem wurden Hinweise auf einen negativen Zusammenhang von Impulsivität und dem Volumen der Amygdala sowie dem Blutfluss im rechten Gyrus praecentralis gefunden, der für die Bewegungssteuerung verantwortlich ist (Mei, Xu, Carroll & Potenza, 2015). Das bedeutet, dass in präfrontalen Arealen eine geringere Aktivität bei solchen Probanden festgestellt wurde, die eine geringere Selbstkontrolle in Bezug auf Alkoholkonsum berichteten. Dieser Befund legt auch einen maßgeblichen Einfluss hirnorganischer Besonderheiten auf den Erfolg von Selbstregulation nahe und spricht ebenfalls gegen das generelle Selbstregulationsstärkekonzepkt.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die Befunde der ersten vorliegenden Studie die Theorie zur Selbstregulationsstärke weiter anzweifeln lassen. Einerseits konnte der Ego Depletion-Effekt anhand eines Dual Task-Paradigmas mit Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und Stroop-Test repliziert werden. Andererseits gelang dies jedoch nur bei einer Dauer der ersten Aufgabe von fünf Minuten. Andere Befunde lassen zudem anzunehmen, dass neben dem Einfluss der Aufgabenkonstruktion auch der Einfluss von sozial-, persönlichkeits- und neuropsychologischen Faktoren auf Selbstregulation größer als bisher angenommen ist und die Auswirkungen einer möglichen Erschöpfung nivellieren kann.

### 5.1.2 Trait-Selbstregulation.

In der bisherigen Forschung zu Selbstregulation wurde nur wenig über die tatsächlichen Zusammenhänge von State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation untersucht. Dennoch wurde in den meisten Studien implizit von einem starken Zusammenhang ausgegangen (vgl. Baumeister et al., 2007; Inzlicht & Gutsell, 2007). Allerdings wurden auch widersprüchliche Befunde eines negativen Zusammenhangs von Trait-Selbstregulation und State-Selbstregulation, gemessen anhand der Leistung in der zweiten Aufgabe eines Dual Task-Experiments, gefunden (Imhoff et al., 2014). Teilweise wurden Befunde zur Trait-Selbstregulation genutzt, um Hypothesen zur State-Selbstregulation herzuleiten, und damit keine Unterscheidung vorgenommen. In der vorliegenden Untersuchung wurde ein positiver Zusammenhang von State-Selbstregulation und Trait-Selbstregulation sowie ein negativer Zusammenhang mit dem Konstrukt Impulsivität postuliert. Die State-Selbstregulation in der zweiten Aufgabe wies erwartungsgemäß einen positiven Zusammenhang mit der Trait-Selbstregulation, sowie einen negativen Zusammenhang mit der Trait-Impulsivität auf. Dies bestätigt die impliziten Annahmen bisheriger Untersuchungen, dass die State- und Trait-Ausprägungen eng zusammenhängen. Die in der vorliegenden Studie nachgewiesene positive Korrelation zwischen Trait- und State-Selbstregulation lag jedoch nur im Bereich einer mittleren Höhe von  $r = .33$ . Zudem konnte in der vorliegenden Arbeit eine mittlere bis hohe negative Korrelation von  $r = -.64$  zwischen Trait-Selbstregulation und Trait-Impulsivität nachgewiesen werden. Da hier dennoch keine sehr hohe Korrelation gefunden wurde, spricht auch dieser Befund dagegen, Selbstregulation und Impulsivität als zwei Pole der desselben Konstrukts anzusehen (vgl. Wills, Isasi, Mendoza & Ainette, 2007).

## Diskussion

Es scheint also ein deutlicher Zusammenhang zwischen der State-Leistung und der Trait-Selbstregulationsfähigkeit zu existieren. Allerdings muss zwischen dem dispositionellen Trait-Konstrukt und der State-Ausprägung auch in zukünftigen Untersuchungen klar unterschieden werden. Die lediglich moderat ausgeprägte Korrelation von State- und Trait-Selbstregulation verdeutlicht, dass Befunde zu den jeweiligen Konstrukten und deren Implikationen nicht ohne weiteres auf das andere übertragen werden dürfen. Ebenso sollte weiterhin zwischen guter und schlechter Selbstregulation unterschieden werden.

### **5.1.3 Blutglukosestoffwechsel.**

Die Hypothese, dass ein biologisches Korrelat für die begrenzte Ressource Selbstregulation mitverantwortlich ist, wurde in vielen Untersuchungen aufgegriffen und auf den Glukosestoffwechsel bezogen. Unter den Bedingungen eines durch das Glukose-Clamp-Verfahren konstanten Blutglukosespiegels während des Experiments konnte in der vorliegenden Untersuchung kein Ego Depletion nachgewiesen werden. Ein solcher Befund war entlang der Glukosehypothese zu erwarten und deckt sich mit früheren Befunden (Hagger, 2010). Da davon ausgegangen wurde, dass ein verringerter Blutglukosespiegel zu verschlechterter Selbstregulationsleistung führt beziehungsweise ein erhöhter Blutglukosespiegel eine bessere Selbstregulationsleistung ermöglicht, würde ein Eintreten von Ego Depletion gegen eine enge Verknüpfung des Blutglukosespiegels und Selbstregulation sprechen.

Allerdings muss einschränkend angemerkt werden, dass nicht feststellbar ist, ob das Ausbleiben von Ego Depletion nur auf den konstant gehaltenen Blutglukosespiegel zurückzuführen ist. Zum einen ist auf Basis der inzwischen veröffentlichten Gegenbefunde anzuzweifeln, dass generell von Ego Depletion beim Aufbringen von

## Diskussion

Selbstregulation ausgegangen werden kann. Zum anderen kann auch aufgrund des zeitaufwändigen Experimentablaufs, über welches die Probanden informiert waren, ein Konservierungseffekt der Selbstregulationsstärke eingetreten sein (Muraven et al., 2006). Aufgrund dieser möglichen Einschränkungen der Belastbarkeit des Befundes ist dieses Ergebnis nur als Hinweis darauf zu werten, dass Ego Depletion durch eine konstante Blutglukoseversorgung verhindert wird. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass alternative Einflussfaktoren ebenfalls für die Beobachtung verantwortlich sein könnten.

Daneben wurde in der vorliegenden Untersuchung erwartet, dass der Glukoseverbrauch beim Bearbeiten von Selbstregulationsaufgaben steigt. Die Glukoseinfusionsrate im Glukose-Clamp-Verfahren veränderte sich auch signifikant über die Zeit. Dieser Haupteffekt konnte auf einen leichten Anstieg der Glukoseinfusionsrate insbesondere in der Experimentalgruppe zwischen der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe und dem Stroop-Test zurückgeführt werden. Allerdings zeigte sich entgegen der Hypothese keine signifikante Interaktion zwischen der Gruppenbedingung und der Zeit. Probanden, die mehr Selbstregulation aufbringen mussten, bekamen nicht mehr Glukose über die Zeit infundiert, als die Probanden der Kontrollbedingung, um den Blutglukosespiegel konstant zu halten. Die unterschiedliche Selbstregulationsanforderung zwischen den beiden Gruppen führte also nicht zu dem erwarteten Unterschied im Glukoseverbrauch bei konstantem Blutglukosespiegel. Da in der vorliegenden Untersuchung erstmals die Glukose-Clamp-Methode zur Überprüfung der Glukosehypothese angewandt wurde, ist naheliegend, dass die fehlende Deckung mit bisherigen Studienbefunden auf eine möglicherweise ungenaue Methodik früherer Studien zurückzuführen ist. Vor dem Hintergrund möglicher Verzerrungen wie durch

## Diskussion

*small study effects* (Dang, 2016) oder einem *publication bias* (Ferguson et al., 2012) könnte es durch die fehlende Messungsgenauigkeit der verwendeten Blutglukosemessgeräte in früheren Studien zu Fehlbefunden gekommen sein. Vor dem Hintergrund dieser Annahme spricht der vorliegende Befund gegen einen relevanten Zusammenhang von Selbstregulationsleistung und Blutglukosespiegel.

Neben der Hypothese zum Glukoseverbrauch durch State-Selbstregulation wurde ein positiver Zusammenhang zwischen Trait-Selbstregulation und Insulinsensitivität erwartet. Anders als in einer kürzlich veröffentlichten Studie von Zahn und Kollegen (2016b) gefunden wurde, zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung kein signifikanter Zusammenhang von Insulinsensitivität beziehungsweise Insulinresistenz und Trait-Selbstregulation. Stattdessen konnte ein Trend eines positiven Zusammenhangs zwischen Insulinsensitivität und Trait-Impulsivität beobachtet werden ( $r = .24, p = .069$ ), der entgegen der Hypothesenrichtung verläuft. Da von Zahn und Kollegen (2016) die gleichen Fragebogeninstrumente und das gleiche Berechnungsverfahren der Insulinsensitivität wie in der vorliegenden Arbeit verwendet wurden, stellt sich die Frage, wieso die Befunde nicht repliziert werden konnten. Sowohl in der Studie von Zahn und Kollegen als auch in der vorliegenden Studie wurden keine repräsentativen Stichproben, sondern eher junge und gesunde Probanden untersucht. Eine gute Vergleichbarkeit von Studienergebnissen setzt voraus, dass Stichproben aus derselben Population untersucht wurden. Da jedoch keine repräsentativen Stichproben untersucht wurden, ist nicht auszuschließen, dass Unterschiede in den Befunden auf systematische Unterschiede der Stichproben zurückzuführen sind. Einschränkend muss auch erwähnt werden, dass in beiden Studien aufgrund der Berechnungsmethode HOMA-2 einige Datensätze ausgeschlossen wurden.

## Diskussion

Da es sich hierbei aufgrund der Berechnungsgrenzen für Plasmainsulin und Plasmaglukose möglicherweise um Ausreißer handelt, die die Befunde maßgeblich beeinflussen könnten, bleibt offen, ob durch diese Berechnungsmethode systematische Unter- oder Überschätzungen eines Zusammenhangs zustande kamen. Für zukünftige Analysen sollten daher auch alternative Berechnungsverfahren in Erwägung gezogen werden. Es wäre denkbar, den HOMA-2-Index auch bei Ausreißern zu berechnen, allerdings für die Überschreitung des Cut-Offs statistisch zu kontrollieren. Auch wurde bisher keine genaue Dokumentation des Blutentnahmeverfahrens zur Erhebung der Insulinsensitivität veröffentlicht. Da eine unterschiedliche Lagerungsdauer des entnommenen Bluts zu Veränderung der Blutwerte führen kann, wäre für künftige Studien wichtig, diese Zeit festzulegen, zu messen und in den Veröffentlichungen anzugeben. Dies wurde in der vorliegenden Untersuchung ebenfalls versäumt. Ein unterschiedlicher zeitlicher Abstand zwischen Blutentnahme und Laboruntersuchung der vorliegenden Studie und der Studie von Zahn (2016) könnte möglicherweise einen systematischen Unterschied im HOMA-2 erklären. Insgesamt muss gesagt werden, dass der Zusammenhang zwischen Trait-Selbstregulation und Insulinsensitivität also noch nicht abschließend geklärt ist.

Die vorliegenden Ergebnisse sprechen insgesamt nicht dafür, dass Selbstregulation mit dem Blutglukosestoffwechsel assoziiert ist. Dies deckt sich mit den Ergebnissen einer neueren Metaanalyse, die die Glukosehypothese ebenfalls nicht bestätigen konnte (Dang, 2016). Dang (2016) konnte keine bestätigenden Hinweise dafür finden, dass ein Ausüben von Selbstregulation zu reduzierten Blutglukosespiegel führt, der Blutglukosespiegel mit der späteren Selbstregulationsleistung zusammenhängt oder eine Glukoseaufnahme zu einer verbesserten Selbstregulationsleistung führt.

## Diskussion

Stattdessen wurden Hinweise auf *small study effects* bei bisher veröffentlichten Studien berichtet, die die Glukosehypothese bestätigen. Dang (2016) sieht die Motivation und kognitive Interferenz der Probanden als mögliche Faktoren, die statt dem Blutglukosespiegel für das Auftreten oder Ausbleiben von Ego Depletion ursächlich sind. Messier (2004) weist zudem darauf hin, dass anstelle des Blutglukosespiegels neuronale Veränderungen durch die Aktivierung von Glukoserezeptoren im Gehirn eine kognitive Leistungsverbesserung verursachen könnten. Dieser Annahme folgend könnte erklärt werden, wieso in einigen Studien eine Leistungsverbesserung durch Glukoseaufnahme nachgewiesen werden konnte, ohne dass dies auf den tatsächlichen Blutglukosespiegel zurückgeführt wird. Auch bewegt sich der Blutglukosespiegel bei stoffwechselgesunden Personen generell in engen Schranken und der Glukoseverbrauch des Gehirns ist insgesamt gering (Messier, 2004), was gegen die Annahme einer Veränderung des Blutglukosespiegels durch Selbstregulation spricht und die vorliegenden Befunde untermauert.

Insgesamt gibt es einige Hinweise darauf, dass Selbstregulation und Blutglukosespiegel nicht miteinander zusammenhängen. Frühere Befunde dieses Zusammenhangs können auf statistische Verzerrungen, methodische Ungenauigkeiten und andere Variablen zurückgeführt werden. Der Befund eines fehlenden Zusammenhangs, der in der vorliegenden Studie im Rahmen von durchgeführten Glukose-Clamps gefunden wurde, scheint aufgrund der genauen Methodik zuverlässig zu sein, muss jedoch noch vor dem Hintergrund der Limitationen der Untersuchung eingeordnet werden (vgl. Abschnitt 5.2.2).

### **5.1.4 Herzratenvariabilität.**

Neben dem Blutglukosestoffwechsel wurde in der vorliegenden Arbeit die Herzratenvariabilität als weiteres mögliches biologisches Korrelat der Selbstregulation betrachtet. Es wurde postuliert, dass das Ausführen der Selbstregulationsaufgabe zu einer Erhöhung der Herzratenvariabilität führt. Daher wurde davon ausgegangen, dass während der zweiten Aufgabe alle Probanden eine erhöhte HRV aufweisen und die Experimentalgruppe insgesamt eine höhere HRV als die Kontrollgruppe zeigt. Auch wurde davon ausgegangen, dass die Baseline-HRV die Selbstregulationsleistung in der zweiten Aufgabe vorhersagt. Dies würde die Befunde von Segerstrom und Solberg Nes (2007) replizieren, die einen signifikanten Unterschied zwischen Experimental- und Kontrollgruppe in der HRV gefunden hatten. Außerdem konnte in ihrer Studie die Baseline-HRV als signifikanter Prädiktor der späteren Selbstregulationsleistung identifiziert werden.

Anders als angenommen zeigte sich in der vorliegenden Untersuchung jedoch kein signifikanter Unterschied in der State-Herzratenvariabilität zwischen den Probanden der Experimental- und der Kontrollgruppe. Auch wurde die grundsätzlich erwartete State-HRV-Erhöhung durch das Bearbeiten der Selbstregulationsaufgaben nicht beobachtet, sondern tendenziell eher ein Abfall der State-HRV über die Zeit. In der vorliegenden Untersuchung wurde die gleiche Methodik zur Erfassung der Herzratenvariabilität verwendet wie bei Segerstrom und Solberg Nes (2007). Mit dem mobilen EKG-Rekorder VU-AMS wurde die Herzrate aufgezeichnet. Ausgewertet wurde ebenfalls der RMSSD. Aus diesem Grund sind die abweichenden Befunde zwischen der vorliegenden Studie und der Untersuchung von Segerstrom und Solberg Nes (2007) nicht auf die Methodik der HRV-Messung zurückzuführen. Denkbar wäre,

## Diskussion

dass der Unterschied auf die unterschiedlichen Aufgaben im Dual Task-Experiment zurückgeführt werden kann. Wie bereits Reynard und Kollegen (2011) kritisch anmerkten, konsumierten die Probanden in Segerstroms (2007) Experiment unterschiedliche Nahrungsmittel. Die Probanden der Experimentalgruppe verzehrten Karotten, die Probanden der Kontrollgruppe Kekse. Diese Lebensmittel unterscheiden sich wesentlich in ihrem Kohlenhydratgehalt und dem zu erwartenden resultierenden Blutglukoseanstieg, was jedoch nicht in der Interpretation der Befunde berücksichtigt wurde. Frühere Studien zeigten, dass sowohl Fasten als auch ein Glukoseverzehr Auswirkungen auf die sympathische Aktivität und die Herzrate nehmen (Herbert et al., 2012; Kennedy & Scholey, 2000). Daher wäre denkbar, dass der Unterschied in der HRV zwischen der vorliegenden Untersuchung und der Studie von Segerstrom und Solberg Nes (2007) auf den unterschiedlichen Blutglukosespiegel beziehungsweise die unterschiedliche Nahrungsaufnahme der Probanden zurückgeführt werden kann. Die Probanden der vorliegenden Studie waren nüchtern, ihr Blutglukosespiegel wurde jedoch konstant im unteren Durchschnittsbereich gehalten. Die Probanden bei Segerstrom (2007) hingegen waren nicht nüchtern und haben unterschiedliche Nahrungsmittel zu sich genommen, sodass ein deutlicher Unterschied bestand. Um eine zulässige Interpretation der Befunde anstellen zu können, ist eine saubere Methodik mit möglichst wenigen Störeinflüssen vonnöten. Dies wurde durch die Nahrungsaufnahme bei Segerstrom (2007) limitiert, weswegen deren Befunde nur eingeschränkt belastbar sind. Allerdings ist auch anzumerken, dass die Konstanthaltung des Blutglukosespiegels in der vorliegenden Arbeit ein Eingriff in den Organismus darstellt, der ebenfalls Einfluss auf die Herzratenvariabilität genommen haben könnte. Daher ist ebenfalls der Befund der vorliegenden Studie limitiert.

## Diskussion

Der Befund von Segerstrom und Solberg Nes (2007), dass die Baseline-HRV ein relevanter Prädiktor für die Selbstregulationsleistung in der späteren Aufgabe darstellt, konnte allerdings auch in der vorliegenden Untersuchung gefunden werden. Da die Baseline-HRV auch bei Segerstrom (2007) vermutlich vor der Nahrungsaufnahme gemessen wurde, wäre die nur teilweise Übereinstimmung der Befunde mit denen der vorliegenden Studie weiterhin über die unterschiedlichen Blutglukosespiegel zu erklären. Dies bestätigt auch den Befund der Metaanalyse von Zahn und Kollegen (2016), die ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Baseline-HRV und der späteren Selbstregulationsleistung fanden.

Zusätzlich wurde in der vorliegenden Studie untersucht, ob es auch einen Zusammenhang zwischen Trait-HRV und Trait-Selbstregulation gibt. Dieser wurde jedoch nicht gefunden. Es fand sich aber ein Hinweis darauf, dass die Trait-Impulsivität mit der Trait-HRV in Zusammenhang stehen könnte, dieser Zusammenhang wurde allerdings nicht signifikant. Die Ergebnisse liefern keinen einheitlichen Befund zum Zusammenhang zwischen HRV und Selbstregulation. Stattdessen scheint es einen wesentlichen Unterschied zwischen Trait-HRV und State-HRV zu geben. Wie bereits erwähnt wurde, ist der fehlende Zusammenhang zwischen State-HRV und Selbstregulation möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Blutglukosespiegel manipuliert wurde und dadurch vielleicht Einfluss auf die Herzratenvariabilität genommen wurde (Kamiya, 1990). Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Veränderung der HRV und der Glukoseinfusionsrate während den einzelnen Experimentphasen wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht gesondert untersucht. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei der HRV eine prompte Veränderung bei unterschiedlicher Tätigkeit erwartet wurde (Segerstrom & Solberg Nes, 2007), eine

## Diskussion

Veränderung der Glukoseinfusionsrate allerdings erst nach einer zeitlichen Verzögerung auf eine veränderte Anforderung zu erwarten ist (Koutny, 2011).

Insgesamt kann gesagt werden, dass mit der Trait-Herzratenvariabilität ein biologischer Parameter gefunden wurde, der mit der State-Selbstregulationsleistung in Zusammenhang steht. Die State-Herzratenvariabilität scheint jedoch keinen Zusammenhang mit der experimentell erforderten State-Selbstregulation aufzuweisen. Denkbar wäre, dass das Ausüben von zwei fünfminütigen Aufgaben zu geringe Auswirkungen auf den Gesamtorganismus hat, sodass sich dies nicht in der Herzratenvariabilität abbildet. Allerdings wurde diese Dauer auch bei Segerstroms (2007) Experiment nicht überschritten, in dessen Rahmen ein Zusammenhang nachgewiesen werden konnte. Möglicherweise liefert die dispositionelle Herzratenvariabilität der Probanden jedoch einen diagnostischen Marker für dessen Anpassungsfähigkeit, auch an die Anforderungen von Selbstregulationsaufgaben. An dieser Stelle ist weitere Forschung notwendig, um den Zusammenhang von Herzratenvariabilität und unterschiedlichen Selbstregulationsanforderungen zu untersuchen, zum Beispiel dem Verzicht auf gesundheitsschädigende Verhaltensweisen oder das Umsetzen gesundheitsfördernder Tätigkeiten.

### **5.2 Stärken und Schwächen der Untersuchung**

Die Aussagekraft und Belastbarkeit der dargelegten Ergebnisse hängen stark von der gewählten Methodik und Stichprobe der beiden durchgeführten Studien ab. Um dies angemessen einordnen zu können, müssen die Stärken und Schwächen der Untersuchung erwähnt werden.

### 5.2.1 Studie 1

Die Methodik der ersten Studie, dem Replikationsversuch von Ego Depletion, orientierte sich stark an bewährten Dual Task-Experimenten, weist jedoch auch einige methodische Limitationen auf.

Die Zuordnung zu den vier Bedingungen (Zeitbedingung x Gruppenbedingung) der ersten Studie erfolgte pseudorandomisiert, indem die Versuchsbedingung für alle Teilnehmer eines Erhebungsdurchgangs ausgelost wurde. Geeigneter, um systematische Störeinflüsse zu verringern, wäre eine randomisierte Zuordnung der einzelnen Probanden zu den jeweiligen Versuchsbedingungen. Dies hätte bei der vorliegenden Untersuchung dazu geführt, dass alle Probanden nacheinander hätten getestet werden müssen, da Probanden unterschiedlicher Zeitbedingung nicht gleichzeitig getestet werden konnten. In einem solchen Fall wäre es sonst zu Pausen zwischen den beiden Aufgaben gekommen. Da gezeigt werden konnte, dass Pausen zwischen den beiden Aufgaben den Ego Depletion-Effekt verhindern können (Tyler & Burns, 2008), wurde von diesem Vorgehen abgesehen. Daher wurde eine Pseudorandomisierung bei Paralleltestungen zum Zwecke einer schnellen und ökonomischen Datenerhebung gewählt. Für künftige Untersuchungen empfiehlt sich jedoch, randomisierte Einzeltestungen durchzuführen.

Auch ist kritisch anzumerken, dass die Datenerhebung in zwei Zeiträumen dazu geführt hatte, dass es zu Veränderungen im Versuchsleiterteam kam. Dies wurde in den Analysen berücksichtigt, indem mittels Kontrollvariable zum Durchführungszeitraum eine statistische Korrektur für mögliche Einflüsse dieser Veränderung vorgenommen wurde. Dennoch wäre im Sinne einer standardisierten Experimentdurchführung und zur Eindämmung von Versuchsleitereffekten wünschenswert gewesen, dass die

## Diskussion

Bedingungen möglichst gleichbleibend gewesen wären. Dies wurde auch dadurch bestätigt, dass für die Variable des Durchführungszeitraums signifikante Zwischensubjekteffekte nachgewiesen wurden. Für künftige Untersuchungen wird empfohlen, dass die Daten von den gleichen Versuchsleitern erhoben werden, um Versuchsleitereffekte zu verringern (vgl. Rosenthal & Fode, 1963).

Die Stichprobe der ersten Studie zu Ego Depletion kann als ausreichend groß dafür beurteilt werden, Effektstärken im oberen mittleren Bereich nachzuweisen. Probanden, bei denen Durchführungsschwierigkeiten auftraten oder bei denen aufgrund Ausreißer oder einer zu großen Fehlerzahl davon ausgegangen werden musste, dass das Experimentergebnis nicht valide war, wurden großzügig ausgeschlossen. Dies führte jedoch zu einer großen Anzahl an Drop-Outs. Da der gefundene Effekt von  $f = 0.20$  vergleichsweise gering war, konnte letztlich nur eine Teststärke von 0.69 erreicht werden, was zu kritisieren ist. Eine größere Stichprobe hätte belastbarere Ergebnisse erbracht. Für künftige Untersuchungen empfiehlt es sich daher, noch größere Stichproben zu untersuchen oder liberalere Einschlusskriterien anzulegen.

Die Stichprobe, die der Auswertung der ersten Studie zugrunde lag, besteht aus Studierenden der Psychologie und ist daher hinsichtlich Altersstruktur und Bildungsstruktur sowie im Geschlechterverhältnis als nicht repräsentativ für die gesamte Bevölkerung einzustufen. Auch ist denkbar, dass durch das psychologische Vorwissen der Stichprobe von Psychologiestudierenden Annahmen über das Ziel des Studiendesigns existierten, die Einfluss auf Ego Depletion hatten. Die Stichproben der einzelnen Bedingungen waren durch ein niedrigeres mittleres Alter im Bereich von 23 bis 24 Jahren gekennzeichnet. Entlang der Befunde, dass bestimmte Reifungsprozesse des Gehirns erst mit ungefähr 25 Jahren abgeschlossen sind und daher in einem

## Diskussion

jüngeren Alter Ego Depletion häufiger beobachtbar ist, schränkt dies die Aussagekraft der Ergebnisse ein (Dahm et al., 2011). Weitere Replikationsstudien zu Ego Depletion sollten daher hinsichtlich Alter, Geschlecht und Bildung bevölkerungsrepräsentative Stichproben untersuchen.

### 5.2.2 Studie 2

Das Design der zweiten Studie zur Überprüfung der Hypothesen zu biologischen Korrelaten der Selbstregulation basierte auf dem Glukose-Clamp-Verfahren, welches einige Vor- und Nachteile mit sich bringt. Das aufwändige Verfahren wurde erstmalig zur Untersuchung der Glukosehypothese mittels dieser *state of the art*-Methodik eingesetzt und stellte dafür eine vergleichsweise messgenaue Möglichkeit zur Untersuchung von Blutglukoseveränderung dar. Daher ist diese Methodik zur Untersuchung der Auswirkungen von Selbstregulation auf den Blutglukosehaushalt als eindeutige Stärke der Studie herauszustellen. Die parallele Untersuchung der Herzratenvariabilität erfolgte durch ein messgenaues, ambulantes EKG-Gerät und ermöglichte die Prüfung von Hypothesen zu zwei möglichen biologischen Korrelaten an derselben Stichprobe. Dies könnte allerdings auch zu Störeinflüssen geführt haben, etwa durch eine Herzratenvariabilitätsveränderung durch das Glukose-Clamp-Verfahren und das vorherige Fasten (vgl. Herbert et al., 2012; Kennedy & Scholey, 2000). Daher wird für künftige Studien empfohlen, eine HRV-Messung an Stichproben vorzunehmen, bei der keine sonstigen physiologischen Parameter manipuliert werden. Es gibt außerdem Hinweise darauf, dass die Reliabilität der HRV-Daten durch die Kontrolle für die Atmung verbessert werden kann (Wang & Huang, 2012). Dies wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht getan und sollte bei künftigen Untersuchungen berücksichtigt werden.

## Diskussion

Die gewählte Methode des Glukose-Clamp-Verfahrens hat den Nachteil, dass ein medizinisches Setting geschaffen werden musste und die Probanden unter dauerhafter Beobachtung standen. Teilweise wurden durch die venösen Zugänge Schmerzen verursacht und die Teilnehmer mussten lange Zeit auf die Experimentdurchführung warten. Diese Faktoren könnten Einfluss auf die Studienergebnisse genommen haben, auch wenn durch ein standardisiertes Vorgehen und das ausführliche Vorbereiten der Probanden auf die Untersuchung versucht wurde, diese Einflüsse einzudämmen. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass durch das zeitintensive und herausfordernde Setting Störeinflüsse mögliche kleine Effekte der Selbstregulation auf die biologischen Parameter nivelliert haben. An der Stelle fehlen Studien, die den Einfluss eines gleichzeitigen Durchführens eines Glukose-Clamps auf die Ergebnisse klassischer psychologischer Experimente untersuchen. Sofern zukünftige Studien ebenfalls psychologische Hypothesen im Rahmen von Glukose-Clamps überprüfen sollen, wäre es günstig, diese Fragestellung vorab zu klären.

Das verwendete Glukose-Clamp-Verfahren war mit einer hohen Drop-Out-Rate verbunden. Dies hatte zur Folge, dass die auswertbare Stichprobe klein ausfiel, was die Aussagekraft einschränkt. Auf Basis der kleinsten Stichprobe von  $N = 46$ , die in die Auswertungen des Glukoseverbrauchs eingeschlossen werden konnte, ergab sich lediglich eine Teststärke für die Messwiederholungs-ANOVA der fünf Zeitstufen von 0.69, was als zu gering einzuordnen ist. Für die HRV-Analysen ( $N = 52$ ) ergab sich eine gute Teststärke von 1 für die Analysen der Haupteffekte und eine ungenügende Teststärke von 0.4 für die Interaktion. Um belastbare Ergebnisse zur Interaktion der Höhe der HRV in der jeweiligen Gruppenbedingung und Experimentphase zu erhalten, müssen die Befunde anhand einer Stichprobe von mindestens  $N = 188$  Probanden

## Diskussion

repliziert werden. Mit einer Stichprobe in dieser Größenordnung könnten kleine Effekte mit einer Teststärke von 0.95 nachgewiesen werden.

Aufgrund der strengen Ein- und Ausschlusskriterien ergab sich eine Stichprobe aus jungen, überdurchschnittlich gesunden Probanden und ist somit nicht repräsentativ für die Allgemeinbevölkerung. Auch ist anzumerken, dass das Geschlechterverhältnis nicht völlig ausgewogen war, sondern ein leichtes Übergewicht männlicher Probanden in der Stichprobe vorlag. Die durchgeführten Untersuchungen wurden nicht multizentrisch durchgeführt, was gegebenenfalls eine repräsentativere Stichprobe hervorgebracht hätte. Für künftige Studien ist es ratsam, einen großen zeitlichen und finanziellen Studenumfang miteinzuplanen, um trotz großer Drop Out-Quote eine ausreichend große Stichprobe erzielen zu können.

Das Studienergebnis deckte sich hinsichtlich der Glukosehypothese mit der neueren Literatur (Dang, 2016). Daher kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass trotz methodischer Schwierigkeiten das Glukose-Clamp-Verfahren ein valides Manipulations- und Messinstrument von Blutglukose und Glukoseverbrauch darstellt. Möglicherweise liefern neue Entwicklungen in der Diabetestechnologie wie den kontinuierlichen Glukose-Monitoring-Systemen ökonomischere Messverfahren zur künftigen Untersuchung von Blutglukoseveränderungen im Rahmen der Untersuchung psychologischer Fragestellungen.

Zuletzt ist zu erwähnen, dass das erstmalige Verwenden des Glukose-Clamp-Verfahrens für die Fragestellung des Selbstregulationseinflusses auf den Glukoseverbrauch vermutlich zu einigen Ungenauigkeiten in Design und Datenaufbereitung führte. Beispielsweise konnte nicht auf Erfahrungswerte und Daten zu zeitlicher Verzögerung des Glukoseverbrauchs zurückgegriffen werden. Auch war

## Diskussion

die standardisierte zeitliche Einteilung der Steady State-, Experiment- und Nachbeobachtungsphase (auf je 25 Minuten) bei unterschiedlicher Experimentdauer vorrangig auf methodischen Überlegungen begründet. Auch hier konnte nicht auf Erfahrungswerte früherer Studien zurückgegriffen werden. Hintergrund der Einteilung war, dass angenommen wurde, dass die Varianz in der Bearbeitungsdauer des Experiments nicht mit einer Varianz der Selbstregulationsanforderung einhergeht, da die Aufgaben immer identisch waren. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass durch eine unterschiedlich lange Bearbeitung derselben Aufgabe auch Unterschiede im Aufbringen von Selbstregulation zustande kommen. Denkbar wäre ein negativer Zusammenhang, sodass ein langsames Bearbeiten eine geringere Selbstregulationsleistung erfordert. Solche Einflüsse sollten bei künftigen Glukose-Clamp-Experimenten berücksichtigt werden, etwa indem für reale Bearbeitungsdauer, beispielsweise im Falle des Stroop-Tests, oder für die erbrachte Leistung pro Zeit, beispielsweise im Falle der Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, kontrolliert wird.

### **5.2.3 Gesamtuntersuchung**

Aufgrund der methodischen Überlappungen der beiden Studien gibt es auch Aspekte, die auf beide Untersuchungen zutreffen und die aufgrund besonderer Stärken oder Schwächen hervorzuheben sind.

Zu kritisieren ist, dass die Erfassung der Motivation der Probanden lediglich anhand eines einzelnen Items vorgenommen wurde. Wie valide und reliabel diese Messung ist, kann nicht beurteilt werden. Für zukünftige Untersuchungen ist zu empfehlen, die Erfassung der Motivation anhand eines kurzen, normierten Fragebogens vorzunehmen, dessen Validität und Reliabilität ausreichend hoch ist. Ein infrage kommendes Instrument stellt hierfür der Fragebogen zur Erfassung der aktuellen

## Diskussion

Motivation (FAM) dar (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001), mit dem die Einstellung und Motivation gegenüber psychologischer Experimente abgefragt wird. In der weiteren Selbstregulationsforschung sollte der Aspekt der Motivation berücksichtigt werden und gegebenenfalls über den FAM erfasst werden.

Neben der unzureichenden Erfassung der Motivation für die Bearbeitung der dargebotenen Aufgaben könnte auch bei der Erfassung des Affekts eine Verbesserung erzielt werden. Für eine genauere Analyse des Einflusses des momentanen Affekts auf die Aufgabenbearbeitung wäre es hilfreich gewesen, zusätzlich zur State-Affektabfrage mittels MDBF den mittleren Affekt der Probanden außerhalb des experimentellen Settings mittels mehrmaliger Abfrage zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu erheben. Dies würde ermöglichen, die Abweichung des momentanen Affekts vom Mittelwert der Person als möglichen Prädiktor auf die Selbstregulationsleistung untersuchen zu können. Da dies in der vorliegenden Untersuchung versäumt wurde, könnte es zu einer Konfundierung der intraindividuellen Affektveränderung mit interindividuellen Unterschieden gekommen sein.

Im Rahmen des verwendeten Querschnitt-Designs mit einem Messdurchgang mussten die Trait-Maße in Form von retrospektiver Fragebogenuntersuchungen, punktuellen Laborbefunden und Baseline-Messungen im Falle der Herzratenvariabilität erhoben werden. Die erhobenen Fragebogendaten unterliegen den retrospektiven Verzerrungen durch Erinnerungsfehler und setzen eine ausreichende Introspektionsfähigkeit der Probanden voraus, die jedoch nicht bei allen Probanden gleichermaßen angenommen werden kann. Zwar konnte im Rahmen des telefonischen Screenings beurteilt werden, ob eine ausreichende Reflexionsfähigkeit und damit eine Eignung zur Teilnahme vorliegt, letztlich ist allerdings grundsätzlich von Verzerrungen

## Diskussion

wie dem Beantworten entlang sozialer Erwünschtheit auszugehen (vgl. Podsakoff, MacKenzie, Lee & Podsakoff, 2003). Das Konstrukt Selbstregulation stellt eine eindeutig sozial erwünschte Fähigkeit dar, deren Versagen zu sozialen Konflikten (Denson, DeWall & Finkel, 2012), körperlicher Morbidität (Hagger, Wood, Stiff & Chatzisarantis, 2009) oder sogar Straftaten führen kann (Tyler, 2009). Eine Erhebung von alltäglicher Selbstregulationsleistung mithilfe eines ambulanten Assessments, welches über einen längeren Zeitraum mehrmals täglich Selbstregulationserfolge und Selbstregulationsmisserfolge abfragt, könnte genauere Werte für Trait-Selbstregulation erbringen (Ebner-Priemer & Trull, 2009).

Auch biologische Maße unterliegen intraindividuellen Schwankungen, wenngleich die Retest-Reliabilität von HRV-Messungen (Guijt, Sluiter & Frings-Dresen, 2007) und Blutglukosemessungen (etwa im Rahmen von kontinuierlicher Glukosemessung, Terada et al., 2014) als sehr gut einzustufen ist. Dennoch können die Messungen der Insulinsensitivität und Baseline-HRV aus unterschiedlichen Gründen Tagesschwankungen unterliegen. Für zukünftige Studien wird empfohlen, die Trait-Messungen häufiger vorzunehmen, beispielsweise sowohl bei der ärztlichen Voruntersuchung als auch bei der Experimentdurchführung. Denkbar wäre auch, dass das medizinische Setting durch einen möglichen Einfluss von Stress sowohl auf Blutglukosewerte als auch auf die HRV zu verzerrten Werten geführt hat. Dies würde die Aussagekraft der Studienergebnisse einschränken. Um für einen solchen Einfluss zu kontrollieren, wäre eine Kontrollerhebung im gewohnten Setting des Probanden oder eine Auswertung des Cortisolspiegels im Blut der Probanden denkbar.

### **5.3 Implikationen für zukünftige Forschung**

Die berichteten Studienergebnisse bestätigen die Modellvorstellung des Stärkemodells nicht. Vielmehr sprechen die Befunde dafür, dass die Fähigkeit zum konsekutiven Aufbringen von Selbstregulation über verschiedene Aufgabendesigns hinweg variiert. Die vorliegenden Befunde reihen sich in eine zunehmende Zahl von Studienergebnissen ein, die Hinweise darauf liefern, dass Ego Depletion nur unter bestimmten Bedingungen auftritt. Für die zukünftige Forschung scheint das Stärkemodell der Selbstregulation daher keinen zutreffenden theoretischen Ausgangspunkt zu liefern. Vielmehr sollte weiter untersucht werden, welche weiteren Faktoren neben der Aufgabenlänge das Auftreten des Erschöpfungseffekts moderieren. Eine vielversprechende Variable stellt hierbei die Motivation der Probanden dar, die in künftigen Studien valide und reliabel erfasst werden sollte. Die experimentell erfasste State-Selbstregulation sollte in zukünftigen Untersuchungen von der Trait-Selbstregulation getrennt erhoben werden, auch wenn weiterhin von einem Zusammenhang dieser beiden Konstrukte ausgegangen werden kann. Da dieser jedoch nur in einer mittleren Höhe gefunden werden konnte, sollten State- und Trait-Selbstregulation getrennt betrachtet werden.

Vor dem Hintergrund der biologischen Korrelathypothesen wurden Hinweise auf einen Zusammenhang von Selbstregulation und Trait-Herzratenvariabilität gefunden, nicht aber auf den Zusammenhang von dem Blutglukosestoffwechsel und Selbstregulation. Die Glukosehypothese konnte unter der Bedingung eines konstant gehaltenen Blutglukosespiegels mittels messgenauer Methodik nicht bestätigt werden. Dadurch werden die theoretischen Zweifel an einem messbaren Zusammenhang zwischen dem Blutglukosespiegel und dem Aufbringen von Selbstregulation unterstrichen. Dies wird durch weitere aktuelle Untersuchungen untermauert (Dang,

## Diskussion

2016; Vadillo et al., 2016). Insgesamt muss die Glukosehypothese auf Basis der bisherigen Forschungslage verworfen werden.

Anders als beim Blutglukosestoffwechsel sollte der Ansatz eines Zusammenhangs zwischen Selbstregulationsfähigkeit und der Herzratenvariabilität weiter untersucht werden. Noch ungeklärt ist die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen State-Selbstregulation und State-Herzratenvariabilität besteht, da hierzu widersprüchliche Befunde existieren. Methodisch wird eine Kontrolle des Atemeinflusses auf die Herzratenvariabilität empfohlen. Der Zusammenhang zwischen der Trait-Herzratenvariabilität und der State-Selbstregulation wurde inzwischen mehrfach bestätigt (Zahn, 2016). Da jedoch nur ein kleiner und instabiler Zusammenhang gefunden werden konnte, sind weitere Untersuchungen auf Basis größerer Stichproben notwendig, um abschließend klären zu können, ob die Trait-HRV die Selbstregulationsleistung vorhersagen kann. Noch ungeklärt ist bisher auch die Frage, ob dieser Zusammenhang in beide Richtungen gilt. Künftige Studien, die untersuchen, ob Selbstregulationstrainings zu einer erhöhten Trait-HRV führen, stehen aus.

Praktische Implikationen ergeben sich vor allem aus den einschränkenden Befunden zum Stärkemodell. Die früheren Befunde zu Ego Depletion führten zu einer Vielzahl an Zeitschriftenartikeln, Fernsehbeiträgen und Anwendungswissen in Beratung und Therapie. Daher ist anzunehmen, dass in weiten Teilen gemeinhin anerkannt ist, dass nur begrenzt Selbstregulation erbracht werden kann und beispielsweise zwei parallele Selbstregulationsvorhaben, wie etwa sparen und Diät halten, nicht funktionieren können. Eine solche Annahme könnte im Sinne einer sich selbst erfüllenden Prophezeiung zu reduziertem Selbstregulationserfolg führen. Um hingegen

## Diskussion

Selbstwirksamkeit zu erhöhen (Schunk & Ertmer, 2000), ist es daher wichtig, die verbreitete Kenntnis der Determinierung durch Ego Depletion zu korrigieren.

Auch ist mit den Befunden zu Korrelationen der Trait-HRV mit somatischen und psychologischen Gesundheitsparametern deutlich geworden, dass es sich bei der Trait-HRV um einen vielversprechenden Indikator für verschiedene Aspekte des Wohlbefindens handelt. Diese Zusammenhänge müssen weiter untersucht werden, um zu prüfen, ob daraus ein Nutzen für die Gesundheitsvorsorge und –fürsorge gezogen werden kann. Denkbar wären gezielte HRV-Screenings zur Beurteilung zukünftiger Gefährdung einer Person, etwa aufgrund mangelnder Selbstregulation einen dysfunktionalen Lebensstil zu pflegen oder auch HRV-Trainings.

### **5.4 Zusammenfassung und Fazit**

In der Selbstregulationsforschung fanden sich über viele Jahre etliche Belege für das Stärkemodel. Untersuchungen schlossen zunehmend Hypothesen zu körperlichen Prozessen als Korrelate der Selbstregulation mit ein. Die Forschung zu Selbstregulation war unter anderem von besonderem Interesse, da ein Selbstregulationsversagen negative individuelle und gesellschaftliche Folgen haben kann. Beispielhaft lassen sich hierfür Volkskrankheiten anführen, die sich teilweise durch einen gesunden Lebensstil verhindern lassen.

In den letzten Jahren wurde aufgrund gescheiterter Replikationsversuche von Ego Depletion und unter Einbezug bisher unveröffentlichter Studien das Stärkemodel zunehmend angezweifelt. Teilweise wurde der gut gesicherte Effekt von Ego Depletion auf statistische Fehler und spezielle Experimentdesigns zurückgeführt. Unsere Untersuchung spiegelt diese Widersprüchlichkeit wieder, da eine Selbstregulationserschöpfung zwar experimentell nachgewiesen werden konnte,

## Diskussion

allerdings nur unter der Bedingung einer bestimmten Aufgabenlänge und nicht im Falle eines konstanten Blutglukosespiegels der Probanden.

Zu der Fragestellung, ob der Selbstregulation ein oder mehrere physiologische Ressourcen oder Prozesse zugrunde liegen, wurde in der vorliegenden Studie einerseits der Blutglukosestoffwechsel, andererseits die Herzratenvariabilität untersucht. Mittels bisher in diesem Zusammenhang noch nicht eingesetzter Glukose-Clamp-Methodik konnte darüber Aufschluss gegeben werden, dass das Ausüben kurzer Selbstregulationsaufgaben keinen Einfluss auf den Glukoseverbrauch des Organismus nimmt. Daher sprechen die Befunde gegen die Beibehaltung der Hypothese, dass Selbstregulation mit dem Glukosestoffwechsel in enger Verbindung steht.

Dagegen konnten weitere Hinweise auf die Trait-Herzratenvariabilität als Prädiktor der Selbstregulationsleistung im späteren Experiment gefunden werden. Dieser Zusammenhang sollte in weiteren Studien untersucht werden. Frühere Befunde des Zusammenhangs von State-Herzratenvariabilität und State-Selbstregulation konnten hingegen nicht bestätigt werden. Dennoch zeigte sich die Trait-HRV erneut als bedeutsamer Indikator verschiedener Gesundheitsaspekte und sollte daher weiter erforscht werden.

Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass die Unterscheidung zwischen der State- und Trait-Selbstregulation aufgrund einer nur moderaten Korrelation wichtiger ist, als in der bisherigen Forschung berücksichtigt wurde. Das Konstrukt der Selbstregulation konnte in unserer Untersuchung also als komplex und durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst wiedergefunden werden. Die bisherige Forschungstradition zum Stärkemodell scheint daher zu eindimensional und die transportierte Vorstellung einer generellen Selbstregulationsfähigkeit unzutreffend. Da die Konstruktvorstellung von

## Diskussion

Selbstregulation einer Person vermutlich deren Selbstregulationserfolg mitbestimmt, ist es daher wichtig, die verbreitete Annahme von Ego Depletion zu korrigieren.

## 6 Literaturverzeichnis

- Algom, D., Chajut, E. & Lev, S. (2004). A Rational Look at the Emotional Stroop Phenomenon: A Generic Slowdown, Not a Stroop Effect. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(3), 323–338. doi:10.1037/0096-3445.133.3.323
- Appelhans, B. M. & Luecken, L. J. (2006). Heart rate variability as an index of regulated emotional responding. *Review of General Psychology*, 10(3), 229–240. doi:10.1037/1089-2680.10.3.229
- Barratt, E. (1959). Anxiety and impulsiveness related to psychomotor efficiency. *Perceptual and Motor Skills*, 9(2), 191-198. doi: 10.2466/PMS.9.3.191-198
- Baumeister, R. F., Bratslavsky, E., Muraven, M. & Tice, D. M. (1998). Ego depletion: Is the active self a limited resource? *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(5), 1252–1265. doi:10.1037/0022-3514.74.5.1252
- Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Ciarocco, N. J. & Twenge, J. M. (2005). Social Exclusion Impairs Self-Regulation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 88(4), 589–604. doi:10.1037/0022-3514.88.4.589
- Baumeister, R. F., Heatherton, T. F. & Tice, D. M. (1994). *Losing control: How and why people fail at self-regulation*. San Diego: Academic Press.
- Baumeister, R. F., Vohs, K. D. & Tice, D. M. (2007). The Strength Model of Self-Control. *Current Directions in Psychological Science*, 16(6), 351–355. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00534.x

- Beedie, C. J. & Lane, A. M. (2012). The Role of Glucose in Self-Control: Another Look at the Evidence and an Alternative Conceptualization. *Personality and Social Psychology Review, 16*(2), 143–153. doi:10.1177/1088868311419817
- Beesdo-Baum, K. & Wittchen, H.-U. (2011). Depressive Störungen: Major Depression und Dysthymie. In H.-U. Wittchen & J. Hoyer (Hrg.), *Springer-Lehrbuch. Klinische Psychologie & Psychotherapie* (S. 879–914). Berlin: Springer.
- Benton, D., Owens, D.S. & Parker, P.Y. (1994). Blood Glucose Influences Memory and Attention in young Adults. *Neuropsychologia, 32*(5), 595–607
- Bertrams, A. & Dickhäuser, O. (2009). Messung dispositioneller Selbstkontroll-Kapazität. *Diagnostica, 55*(1), 2–10. doi:10.1026/0012-1924.55.1.2
- Beute, F., & de Kort, Y. (2014). Natural resistance: Exposure to nature and self-regulation, mood, and physiology after ego-depletion. *Journal of Environmental Psychology, 40*, 167–178. doi:10.1016/j.jenvp.2014.06.004
- Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology, 4*. doi:10.3389/fphys.2013.00026
- Borissova, A. M., Tankova, T. I. & Koev, D. J. (2004). Insulin secretion, peripheral insulin sensitivity and insulin-receptor binding in subjects with different degrees of obesity. *Diabetes & Metabolism, 30*(5), 425–431. doi:10.1016/S1262-3636(07)70138-6
- Brehm, A., & Roden, M. (2007). Glucose Clamp Techniques. In M. Roden (Hrsg.), *Clinical Diabetes Research* (S. 43–76). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.

## Literaturverzeichnis

- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L. & Liepmann, D. (2010). *d2-R. Test d2 – Revision. Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest*. Göttingen: Hogrefe.
- Burger, J. M. (1989). Negative reactions to increases in perceived personal control. *Journal of Personality and Social Psychology*, 56(2), 246–256. doi:10.1037/0022-3514.56.2.246
- Bush, G., Shin, L. M., Holmes, J., Rosen, B. R. & Vogt, B. A. (2003). The Multi-Source Interference Task: validation study with fMRI in individual subjects. *Molecular Psychiatry*, 8(1), 60–70. doi:10.1038/sj.mp.4001217
- Carter, E. C., Kofler, L. M., Forster, D. E. & McCullough, M. E. (2015). A series of meta-analytic tests of the depletion effect: Self-control does not seem to rely on a limited resource. *Journal of Experimental Psychology: General*, 144(4), 796–815. doi:10.1037/xge0000083
- Carter, E. C. & McCullough, M. E. (2013a). After a pair of self-control-intensive tasks, sucrose swishing improves subsequent working memory performance. *BMC Psychology*, 1(1), 22. doi:10.1186/2050-7283-1-22
- Carter, E. C. & McCullough, M. E. (2013b). Is ego depletion too incredible? Evidence for the overestimation of the depletion effect. *Behavioral and Brain Sciences*, 36(06), 683–684. doi:10.1017/S0140525X13000952
- Carter, E. C. & McCullough, M. E. (2014). Publication bias and the limited strength model of self-control: has the evidence for ego depletion been overestimated? *Frontiers in Psychology*, 5(298), 543. doi:10.3389/fpsyg.2014.00823

- Carver, C. S. (2005). Impulse and Constraint: Perspectives From Personality Psychology, Convergence With Theory in Other Areas, and Potential for Integration. *Personality and Social Psychology Review*, 9(4), 312–333. doi:10.1207/s15327957pspr0904\_2
- Castaldo, R., Melillo, P., Bracale, U., Caserta, M., Triassi, M. & Pecchia, L. (2015). Acute mental stress assessment via short term HRV analysis in healthy adults: A systematic review with meta-analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 18, 370–377. doi:10.1016/j.bspc.2015.02.012
- Castonguay, L. G., Eldredge, K. L. & Agras, W. (1995). Binge eating disorder: Current state and future directions. *Clinical Psychology Review*, 15(8), 865–890. doi:10.1016/0272-7358(95)00050-X
- Chambers, E. S., Bridge, M. W. & Jones, D. A. (2009). Carbohydrate sensing in the human mouth: effects on exercise performance and brain activity. *The Journal of Physiology*, 587(8), 1779–1794. doi:10.1113/jphysiol.2008.164285
- Chatzisarantis, N. L. & Hagger, M. S. (2015a). Illusionary delusions. Willingness to exercise self-control can mask effects of glucose on self-control performance in experimental paradigms that use identical self-control tasks. *Appetite*, 84, 322–324. doi:10.1016/j.appet.2014.10.025
- Chatzisarantis, N. L. & Hagger, M. S. (2015b). Unsuccessful attempts to replicate effects of self control operations and glucose on ego-depletion pose an interesting research question that demands explanation. *Appetite*, 84, 328–329. doi:10.1016/j.appet.2014.10.024

## Literaturverzeichnis

- Dahm, T., Neshat-Doost, H. T., Golden, A.-M., Horn, E., Hagger, M., Dalgleish, T. & Paterson, K. (2011). Age Shall Not Weary Us: Deleterious Effects of Self-Regulation Depletion Are Specific to Younger Adults. *PLoS ONE*, 6(10), e26351. doi:10.1371/journal.pone.0026351
- Dang, J. (2016). Testing the role of glucose in self-control: A meta-analysis. *Appetite*, 107, 222–230. doi:10.1016/j.appet.2016.07.021
- Dang, J., Dewitte, S., Mao, L., Xiao, S. & Shi, Y. (2013). Adapting to an initial self-regulatory task cancels the ego depletion effect. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 816–821. doi:10.1016/j.concog.2013.05.005
- Dang, J., Xiao, S., Shi, Y. & Mao, L. (2015). Action orientation overcomes the ego depletion effect. *Scandinavian Journal of Psychology*, 56(2), 223–227. doi:10.1111/sjop.12184
- Darowski, E. S. & Hambrick, Z. (2011). *A Critical examination of the ego-depletion effect: Can you vs. will you engage in effortful self-regulation? Dissertation*, Michigan State University, East Lansing.
- Data Analysis and Management Software (DAMS) for the Vrije Universiteit Ambulatory Monitoring System (VU-AMS): Manual version 1.1. (2013). Am 06.03.2014 abgerufen von <http://www.vu-ams.nl/support/instruction-manual/>
- De Ataide e Silva, T., Di Cavalcanti Alves de Souza, M., de Amorim, J., Stathis, C., Leandro, C. & Lima-Silva, A. (2014). Can Carbohydrate Mouth Rinse Improve Performance during Exercise? A Systematic Review. *Nutrients*, 6(1), 1–10. doi:10.3390/nu6010001

- DeFronzo, R., Tobin, J. & Andres, R. (1979). Glucose clamp technique: a method for quantifying insulin secretion and resistance. *American Journal of Physiology - Gastrointestinal and Liver Physiology*, 237(3), 214–223
- De Geus, E. J., Willemsen, G. H., Klaver, C. H. & van Doornen, L. J. (1995). Ambulatory measurement of respiratory sinus arrhythmia and respiration rate. *Biological Psychology*, 41(3), 205–227. doi:10.1016/0301-0511(95)05137-6
- Denson, T. F., DeWall, C. N. & Finkel, E. J. (2012). Self-Control and Aggression. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 20–25. doi:10.1177/0963721411429451
- Denson, T. F., von Hippel, W. , Kemp, R. I. & Teo, L. S. (2010). Glucose consumption decreases impulsive aggression in response to provocation in aggressive individuals. *Journal of Experimental Social Psychology*, 46(6), 1023–1028. doi:10.1016/j.jesp.2010.05.023
- DeWall, C. N., Baumeister, R. F., Gailliot, M. T. & Maner, J. K. (2008). Depletion Makes the Heart Grow Less Helpful: Helping as a Function of Self-Regulatory Energy and Genetic Relatedness. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(12), 1653–1662. doi:10.1177/0146167208323981
- DeWall, C. N., Baumeister, R. F., Stillman, T. F. & Gailliot, M. T. (2007). Violence restrained: Effects of self-regulation and its depletion on aggression. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(1), 62–76. doi:10.1016/j.jesp.2005.12.005
- DeWall, C. N., Deckman, T., Gailliot, M. T. & Bushman, B. J. (2011). Sweetened blood cools hot tempers: physiological self-control and aggression. *Aggressive Behavior*, 37(1), 73–80. doi:10.1002/ab.20366

## Literaturverzeichnis

- DeWall, C. N., Pond, R. S. & Bushman, B. J. (2010). Sweet revenge: Diabetic symptoms predict less forgiveness. *Personality and Individual Differences*, 49(7), 823–826. doi:10.1016/j.paid.2010.06.030
- Donohoe, R. T. & Benton, D. (1999). Cognitive functioning is susceptible to the level of blood glucose. *Psychopharmacology*, 145(4), 378–385. doi:10.1007/s002130051071
- Dvorak, R. D. & Simons, J. S. (2009). Moderation of Resource Depletion in the Self-Control Strength Model: Differing Effects of Two Modes of Self-Control. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 35(5), 572–583. doi:10.1177/0146167208330855
- Ebner-Priemer, U. W. & Trull, T. J. (2009). Ambulatory Assessment. *European Psychologist*, 14(2), 109–119. doi:10.1027/1016-9040.14.2.109
- Eertmans, A., Victoir, A., Vansant, G. & van den Bergh, O. (2005). Food-related personality traits, food choice motives and food intake: Mediator and moderator relationships. *Food Quality and Preference*, 16(8), 714–726. doi:10.1016/j.foodqual.2005.04.007
- Eisenberg, N., Spinrad, T. L., Fabes, R. A., Reiser, M., Cumberland, A., Shepard, S. A. et al. (2004). The Relations of Effortful Control and Impulsivity to Children's Resiliency and Adjustment. *Child Development*, 75(1), 25–46. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00652.x
- Elfhag, K., & Morey, L. C. (2008). Personality traits and eating behavior in the obese: Poor self-control in emotional and external eating but personality assets in restrained eating. *Eating Behaviors*, 9(3), 285–293. doi:10.1016/j.eatbeh.2007.10.003

- Eriksson, A.-K., Gustavsson, J. P., Hilding, A., Granath, F., Ekbom, A., & Östenson, C.-G. (2012). Personality traits and abnormal glucose regulation in middle-aged Swedish men and women. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 95(1), 145–152. doi:10.1016/j.diabres.2011.10.003
- Fairclough, S. H. & Houston, K. (2004). A metabolic measure of mental effort. *Biological Psychology*, 66(2), 177–190. doi:10.1016/j.biopsycho.2003.10.001
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Ferguson, C. J. & Brannick, M. T. (2012). Publication bias in psychological science: Prevalence, methods for identifying and controlling, and implications for the use of meta-analyses. *Psychological Methods*, 17(1), 120–128. doi:10.1037/a0024445
- Festa, A., D'Agostino, R., Hales, C. N., Mykkanen, L. & Haffner, S. M. (2000). Heart rate in relation to insulin sensitivity and insulin secretion in nondiabetic subjects. *Diabetes Care*, 23(5), 624–628. doi:10.2337/diacare.23.5.624
- Figueroa, F., Morales, J. M. A., Forero, J., Motoa, G., León, J., Londoño, A. & Salazar, B. (2011). Characterization of patients with pre-diabetes in first-level health care service institutions Cali, Colombia. *Colombia Médica*, 42(1), 98–106.
- Filipovsky, J., Ducimetiere, P., Eschwege, E., Richard, J. L., Rosselin, G. & Claude, J. R. (1996). The relationship of blood pressure with glucose, insulin, heart rate, free fatty acids and plasma cortisol levels according to degree of obesity in middle-aged men. *Journal of Hypertension*, 14(2), 229–235. doi:10.1097/00004872-199602000-00012

## Literaturverzeichnis

- Fischer, E., Adolf, C., Pallauf, A., Then, C., Bidlingmaier, M., Beuschlein, F. et al. (2013). Aldosterone Excess Impairs First Phase Insulin Secretion in Primary Aldosteronism. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 98(6), 2513–2520. doi:10.1210/jc.2012-3934
- Fitzpatrick, S. L., Wischenka, D., Appelhans, B. M., Pbert, L., Wang, M., Wilson, D. K. et al. (2016). An Evidence-based Guide for Obesity Treatment in Primary Care. *The American Journal of Medicine*, 129(1), 115.e1-7. doi:10.1016/j.amjmed.2015.07.015
- Fontana, L., Klein, S. & Holloszy, J. O. (2010). Effects of long-term calorie restriction and endurance exercise on glucose tolerance, insulin action, and adipokine production. *AGE*, 32(1), 97–108. doi:10.1007/s11357-009-9118-z
- Ford, C.E., Scholey A.B., Ayre G. & Wesnes K. (2002). The effect of glucose administration and the emotional content of words on heart rate and memory. *Journal of Psychopharmacology*, 16(3). doi: 241–244, 16(3), 241–244
- Friederich, H.-C., Schild, S., Schellberg, D., Quenter, A., Bode, C., Herzog, W. et al. (2005). Cardiac parasympathetic regulation in obese women with binge eating disorder. *International Journal of Obesity*, 30(3), 534–542. doi:10.1038/sj.ijo.0803181
- Gailliot, M. T., & Baumeister, R. F. (2007). The Physiology of Willpower: Linking Blood Glucose to Self-Control. *Personality and Social Psychology Review*, 11(4), 303–327. doi:10.1177/1088868307303030

- Gailliot, M. T., Baumeister, R. F., DeWall, C. N., Maner, J. K., Plant, E. A., Tice, D. M. et al. (2007a). Self-control relies on glucose as a limited energy source: Willpower is more than a metaphor. *Journal of Personality and Social Psychology*, *92*(2), 325–336. doi:10.1037/0022-3514.92.2.325
- Gailliot, M. T., Plant, E. A., Butz, D. A. & Baumeister, R. F. (2007b). Increasing Self-Regulatory Strength Can Reduce the Depleting Effect of Suppressing Stereotypes. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *33*(2), 281–294. doi:10.1177/0146167206296101
- Geisler, F. C. & Kubiak, T. (2009). Heart rate variability predicts self-control in goal pursuit. *European Journal of Personality*, *23*(8), 623–633. doi:10.1002/per.727
- Geisler, F. C., Kleinfeldt, A. & Kubiak, T. (2016). Restrained eating predicts effortful self-control as indicated by heart rate variability during food exposure. *Appetite*, *96*, 502–508. doi:10.1016/j.appet.2015.10.020
- Geisler, F. C., Kubiak, T., Siewert, K. & Weber, H. (2013). Cardiac vagal tone is associated with social engagement and self-regulation. *Biological Psychology*, *93*(2), 279–286. doi:10.1016/j.biopsycho.2013.02.013
- Geisler, F. C., Vennewald, N., Kubiak, T. & Weber, H. (2010). The impact of heart rate variability on subjective well-being is mediated by emotion regulation. *Personality and Individual Differences*, *49*(7), 723–728. doi:10.1016/j.paid.2010.06.015
- Gillie, B. L., Vasey, M. W. & Thayer, J. F. (2015). Individual differences in resting heart rate variability moderate thought suppression success. *Psychophysiology*, *52*(9), 1149–1160. doi:10.1111/psyp.12443

## Literaturverzeichnis

- Giordani, I., Malandrucco, I., Picconi, F., Longo, S., Di Flaviani, A., Chioma, L. et al. (2013). Preliminary evidence that obese patients with obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome are refractory to the acute beneficial metabolic effects of a very low calorie diet. *Acta Diabetologica*, 50(4), 639–643. doi:10.1007/s00592-013-0487-5
- Gluck, M. E., Ziker, C., Schwegler, M., Thearle, M., Votruba, S. B., & Krakoff, J. (2013). Impaired glucose regulation is associated with poorer performance on the Stroop Task. *Physiology & Behavior*, 122, 113–119. doi:10.1016/j.physbeh.2013.09.001
- Gollwitzer, P. M., Heckhausen, H. & Ratajczak, H. (1990). From weighing to willing: Approaching a change decision through pre- or postdecisional mentation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 45(1), 41–65. doi:10.1016/0749-5978(90)90004-S
- Faul, F. (2014). G\*Power [Computersoftware] Version 3.1.9.2. Abgerufen von <http://www.gpower.hhu.de>.
- Graziano, P. & Derefinko, K. (2013). Cardiac vagal control and children's adaptive functioning: A meta-analysis. *Biological Psychology*, 94(1), 22–37. doi:10.1016/j.biopsycho.2013.04.011
- Gross, J. J. & Levenson, R. W. (1993). Emotional suppression: Physiology, self-report, and expressive behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 64(6), 970–986. doi:10.1037/0022-3514.64.6.970

- Guijt, A. M., Sluiter, J. K. & Frings-Dresen, M. H. (2007). Test-Retest Reliability of Heart Rate Variability and Respiration Rate at Rest and during Light Physical Activity in Normal Subjects. *Archives of Medical Research*, 38(1), 113–120. doi:10.1016/j.arcmed.2006.07.009
- Habhab, S., Sheldon, J. P. & Loeb, R. C. (2009). The relationship between stress, dietary restraint, and food preferences in women. *Appetite*, 52(2), 437–444. doi:10.1016/j.appet.2008.12.006
- Hagger, M. S., Chatzisarantis N. L. D., Alberts H., Anggono C. O. & Batailler C. (2016). A multi-lab pre-registered replication of the egodepletion effect. *Perspectives on Psychological Science*, (in press).
- Hagger, M. S., Wood, C., Stiff, C. & Chatzisarantis, N. L. (2009). The strength model of self-regulation failure and health-related behaviour. *Health Psychology Review*, 3(2), 208–238. doi:10.1080/17437190903414387
- Hagger, M. S., Wood, C., Stiff, C. & Chatzisarantis, N. L. D. (2010). Ego depletion and the strength model of self-control: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136(4), 495–525. doi:10.1037/a0019486
- Hankonen, N., Kinnunen, M., Absetz, P. & Jallinoja, P. (2014). Why Do People High in Self-Control Eat More Healthily? Social Cognitions as Mediators. *Annals of Behavioral Medicine*, 47(2), 242–248. doi:10.1007/s12160-013-9535-1
- Heise, T., Zijlstra, E., Nosek, L., Heckermann, S., Plum-Mörschel, L., & Forst, T. (2016). The Euglycaemic Glucose Clamp: What it can and cannot do - and how to do it. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. doi:10.1111/dom.12703

- Heinemann, L. & Ampudia-Blasco, F. (1994). Glucose Clamps with the Biostator: A Critical Reappraisal. *Hormone and Metabolic Research*, 26(12), 579–583. doi:10.1055/s-2007-1001763
- Herbert, B. M., Herbert, C., Pollatos, O., Weimer, K., Enck, P., Sauer, H. et al. (2012). Effects of short-term food deprivation on interoceptive awareness, feelings and autonomic cardiac activity. *Biological Psychology*, 89(1), 71–79. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.09.004
- Hermanns, N., Kubiak, T., Kulzer, B. & Haak, T. (2003). Emotional changes during experimentally induced hypoglycaemia in type 1 diabetes. *Biological Psychology*, 63(1), 15–44. doi:10.1016/S0301-0511(03)00027-9
- IBM Corp. (2013). SPSS Statistics für Windows [Computersoftware]. Version 22.0.0.0. Armonk, New York: IBM Corp.
- Imhoff, R., Schmidt, A. F. & Gerstenberg, F. (2014). Exploring the Interplay of Trait Self-Control and Ego Depletion: Empirical Evidence for Ironic Effects. *European Journal of Personality*, 28(5), 413–424. doi:10.1002/per.1899
- Ingjaldsson, J. T., Laberg, J. C. & Thayer, J. F. (2003). Reduced heart rate variability in chronic alcohol abuse: relationship with negative mood, chronic thought suppression, and compulsive drinking. *Biological Psychiatry*, 54(12), 1427–1436. doi:10.1016/S0006-3223(02)01926-1
- Inoue, S., Egi, M., Kotani, J. & Morita, K. (2013). Accuracy of blood-glucose measurements using glucose meters and arterial blood gas analyzers in critically ill adult patients: systematic review. *Critical Care*, 17(2), R48. doi:10.1186/cc12567

## Literaturverzeichnis

- International Diabetes Federation. (2015). *IDF Diabetes Atlas*. Abgerufen am 18.01.2016 von <http://www.diabetesatlas.org>.
- Inzlicht, M. & Gutsell, J. N. (2007). Running on Empty: Neural Signals for Self-Control Failure. *Psychological Science*, 18(11), 933–937. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.02004.x
- Inzlicht, M., McKay, L. & Aronson, J. (2006). Stigma as Ego Depletion: How Being the Target of Prejudice Affects Self-Control. *Psychological Science*, 17(3), 262–269. doi:10.1111/j.1467-9280.2006.01695.x
- Jarczok, M. N., Li, J., Mauss, D., Fischer, J. E. & Thayer, J. F. (2013). Heart Rate Variability is Associated with Glycemic Status After Controlling for Components of the Metabolic Syndrome. *International Journal of Cardiology*, 167(3), 855–861. doi:10.1016/j.ijcard.2012.02.002
- Job, V., Dweck, C. S. & Walton, G. M. (2010). Ego Depletion - Is It All in Your Head? Implicit Theories About Willpower Affect Self-Regulation. *Psychological Science*, 21(11), 1686–1693. doi:10.1177/0956797610384745
- Joseph, J. I., Hipszer, B., Mraovic, B., Chervoneva, I., Joseph, M. & Grunwald, Z. (2009). Clinical Need for Continuous Glucose Monitoring in the Hospital. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 3(6), 1309–1318. doi:10.1177/193229680900300611
- Jurca, R., Church, T. S., Morss, G. M., Jordan, A. N. & Earnest, C. P. (2004). Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women. *American Heart Journal*, 147(5), e8. doi:10.1016/j.ahj.2003.10.024

## Literaturverzeichnis

- Kamiya, T. (1990). Changes in magnitude of heart rate spectral components after oral glucose or fructose intake. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 31(3), 271. doi:10.1016/0165-1838(90)90240-J
- Kearney, P. M., Whelton, M., Reynolds, K., Muntner, P., Whelton, P. K. & He, J. (2005). Global burden of hypertension: analysis of worldwide data. *The Lancet*, 365(9455), 217–223. doi:10.1016/S0140-6736(05)17741-1
- Keller, C. & Hartmann, C. (2016). Not merely a question of self-control: The longitudinal effects of overeating behaviors, diet quality and physical activity on dieters' perceived diet success. *Appetite*, 107, 213-221. doi:10.1016/j.appet.2016.08.007
- Kemp, A. H., Quintana, D. S., Gray, M. A., Felmingham, K. L., Brown, K. & Gatt, J. M. (2010). Impact of Depression and Antidepressant Treatment on Heart Rate Variability: A Review and Meta-Analysis. *Biological Psychiatry*, 67(11), 1067–1074. doi:10.1016/j.biopsych.2009.12.012
- Kennedy, D. O. & Scholey, A. B. (2000). Glucose administration, heart rate and cognitive performance: effects of increasing mental effort. *Psychopharmacology*, 149(1), 63–71. doi:10.1007/s002139900335
- Kerner, W., & Brückel, J. (2012). Definition, Klassifikation und Diagnostik des Diabetes mellitus. *Diabetologie und Stoffwechsel*, 7(Suppl. 02), 84-87. doi:10.1055/s-0032-1325519
- Klaphake, S. (2011). *Depletion and Replenishment: Exploring Self-Regulation Resource Depletion, Activities that Replenish the Resource, and the Corresponding Effects on Mood: Dissertation*, University of Minnesota, Minneapolis.

- Koutny, T. (2011). Estimating reaction delay for glucose level prediction. *Medical Hypotheses*, 77(6), 1034–1037. doi:10.1016/j.mehy.2011.08.042
- Kurzban, R. (2010). Does the brain consume additional glucose during self-control tasks? *Evolutionary Psychology*, 8, 244–259.
- Laborde, S. & Mosley, E. (2016). Commentary: Heart rate variability and self-control—A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 7(1040), 183. doi:10.3389/fpsyg.2016.00653
- Lange, F. & Eggert, F. (2014). Sweet delusion. Glucose drinks fail to counteract ego depletion. *Appetite*, 75, 54–63. doi:10.1016/j.appet.2013.12.020
- Loch, N., Hiller, W. & Witthöft, M. (2011). Der Cognitive Emotion Regulation Questionnaire (CERQ). *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 40(2), 94–106. doi:10.1026/1616-3443/a000079
- MacLeod, C. M. (1991). Half a century of research on the Stroop effect: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 109(2), 163–203. doi:10.1037//0033-2909.109.2.163
- Martins, C., Morgan, L. & Robertson, M. (2009). Effects of restrained eating behaviour on insulin sensitivity in normal-weight individuals. *Physiology & Behavior*, 96(4-5), 703–708. doi:10.1016/j.physbeh.2009.01.006
- Masicampo, E. & Baumeister, R. F. (2008). Toward a Physiology of Dual-Process Reasoning and Judgment: Lemonade, Willpower, and Expensive Rule-Based Analysis. *Psychological Science*, 19(3), 255–260. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02077.x

## Literaturverzeichnis

- Matthews, D., Hosker, J., Rudenski, A., Naylor, B., Treacher, D. & Turner, R. (1985). Homeostasis model assessment: insulin resistance and  $\beta$ -cell function from fasting plasma glucose and insulin concentrations in man. *Diabetologia*, 28(7), 412–419.
- Mc Namara, K. P., O'Reilly, S. L., George, J., Peterson, G. M., Jackson, S. L., Duncan, G. et al. (2015). Intervention fidelity for a complex behaviour change intervention in community pharmacy addressing cardiovascular disease risk. *Health Education Research*, 30(6), 897 - 909. doi:10.1093/her/cyv050
- McNay, E. C., & Recknagel, A. K. (2011). Brain insulin signaling: A key component of cognitive processes and a potential basis for cognitive impairment in type 2 diabetes. *Neurobiology of Learning and Memory*, 96(3), 432–442. doi:10.1016/j.nlm.2011.08.005
- Mei, S., Xu, J., Carroll, K. M. & Potenza, M. N. (2015). Self-reported impulsivity is negatively correlated with amygdalar volumes in cocaine dependence. *Psychiatry Research: Neuroimaging*, 233(2), 212–217. doi:10.1016/j.psychresns.2015.07.013
- Meissner, M., Herrema, H., van Dijk, T. H., Gerding, A., Havinga, R., Boer, T. et al. (2011). Bile Acid Sequestration Reduces Plasma Glucose Levels in db/db Mice by Increasing Its Metabolic Clearance Rate. *PLoS ONE*, 6(11), e24564. doi:10.1371/journal.pone.0024564
- Messier, C. (2004). Glucose improvement of memory: a review. *European Journal of Pharmacology*, 490(1-3), 33–57. doi:10.1016/j.ejphar.2004.02.043.

## Literaturverzeichnis

- Meule, A., Freund, R., Skirde, A. K., Vögele, C. & Kübler, A. (2012). Heart Rate Variability Biofeedback Reduces Food Cravings in High Food Cravers. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 37(4), 241–251. doi:10.1007/s10484-012-9197-y
- Meule, A., Lutz, A., Vögele, C. & Kübler, A. (2012). Self-reported dieting success is associated with cardiac autonomic regulation in current dieters. *Appetite*, 59(2), 494–498. doi:10.1016/j.appet.2012.06.013
- Meule, A., Vögele, C. & Kübler, A. (2011). Psychometrische Evaluation der deutschen Barratt Impulsiveness Scale – Kurzversion (BIS-15). *Diagnostica*, 57(3), 126–133. doi:10.1026/0012-1924/a000042
- Microsoft (2010). Excel 2010 für Windows [Computer software]. Version 14.0.7173.5000.
- Millisecond (2014). Inquisit 4 für Windows [Computersoftware]. Version 4.0.6.0 Abgerufen von <http://www.millisecond.com>.
- Molden, D. C., Hui, C. M., Scholer, A. A., Meier, B. P., Noreen, E. E., D'Agostino, P. R. et al. (2012). Motivational Versus Metabolic Effects of Carbohydrates on Self-Control. *Psychological Science*, 23(10), 1137–1144. doi:10.1177/0956797612439069
- Muraven, M., Baumeister, R. F. & Tice, D. M. (1999). Longitudinal Improvement of Self-Regulation Through Practice: Building Self-Control Strength Through Repeated Exercise. *The Journal of Social Psychology*, 139(4), 446–457. doi:10.1080/00224549909598404

## Literaturverzeichnis

- Muraven, M., Collins, R. L., Shiffman, S. & Paty, J. A. (2005). Daily Fluctuations in Self-Control Demands and Alcohol Intake. *Psychology of Addictive Behaviors*, *19*(2), 140–147. doi:10.1037/0893-164X.19.2.140
- Muraven, M., Shmueli, D. & Burkley, E. (2006). Conserving self-control strength. *Journal of Personality and Social Psychology*, *91*(3), 524–537. doi:10.1037/0022-3514.91.3.524
- Muraven, M., Tice, D. M. & Baumeister, R. F. (1998). Self-control as a limited resource: Regulatory depletion patterns. *Journal of Personality and Social Psychology*, *74*(3), 774–789. doi:10.1037/0022-3514.74.3.774
- Murtagh, A. M. & Todd, S. (2004). Self-Regulation: A Challenge to the Strength Model. *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis*, *3*(1), 1539–8714.
- Oaten, M. & Cheng, K. (2006a). Improved Self-Control: The Benefits of a Regular Program of Academic Study. *Basic and Applied Social Psychology*, *28*(1), 1–16. doi:10.1207/s15324834basp2801\_1
- Oaten, M. & Cheng, K. (2006b). Longitudinal gains in self-regulation from regular physical exercise. *British Journal of Health Psychology*, *11*(4), 717–733. doi:10.1348/135910706X96481
- Open Science Collaboration. (2015). Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, *349*(6251), aac4716-1- aac4716-8 .doi:10.1126/science.aac4716
- Pennebaker, J. W. & Chew, C. H. (1985). Behavioral inhibition and electrodermal activity during deception. *Journal of Personality and Social Psychology*, *49*(5), 1427–1433. doi:10.1037//0022-3514.49.5.1427

## Literaturverzeichnis

- Perlmutter, L., Shah, P., Flanagan, B., Surampudi, V., Kosman, Y., Singh, S. et al. (2009). Rate of peripheral glucose change during cognitive testing predicts performance in diabetes mellitus. *Journal of Diabetes*, 1(1), 43–49. doi:10.1111/j.1753-0407.2008.00007.x
- Pfohl, M. (2014). Humaninsulin oder Analoga in der Insulintherapie. *Der Diabetologe*, 10(6), 466–471. doi:10.1007/s11428-013-1149-5
- Podsakoff, P. M., MacKenzie, S. B., Lee, J.-Y. & Podsakoff, N. P. (2003). Common method biases in behavioral research: A critical review of the literature and recommended remedies. *Journal of Applied Psychology*, 88(5), 879–903. doi:10.1037/0021-9010.88.5.879
- Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International Journal of Psychophysiology*, 42(2), 123–146. doi:10.1016/S0167-8760(01)00162-3
- Pottier, A., Bouckaert, J., Gilis, W., Roels, T. & Derave, W. (2010). Mouth rinse but not ingestion of a carbohydrate solution improves 1-h cycle time trial performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(1), 105–111. doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00868.x
- Pruessner, J. C., Kirschbaum, C., Meinlschmid, G. & Hellhammer, D. H. (2003). Two formulas for computation of the area under the curve represent measures of total hormone concentration versus time-dependent change. *Psychoneuroendocrinology*, 28(7), 916–931. doi:10.1016/S0306-4530(02)00108-7
- Pudel, V., Westenhöfer, J. (1989): Fragebogen zum Essverhalten (FEV). Handanweisung.. Göttingen: Hogrefe.

## Literaturverzeichnis

- Pumpřla, J., Howorka, K., Groves, D., Chester, M. & Nolan, J. (2002). Functional assessment of heart rate variability: physiological basis and practical applications. *International Journal of Cardiology*, 84(1), 1–14. doi:10.1016/S0167-5273(02)00057-8
- Quintana, D. S., Guastella, A. J., McGregor, I. S., Hickie, I. B. & Kemp, A. H. (2013). Heart rate variability predicts alcohol craving in alcohol dependent outpatients: Further evidence for HRV as a psychophysiological marker of self-regulation. *Drug and Alcohol Dependence*, 132(1-2), 395–398. doi:10.1016/j.drugalcdep.2013.02.025
- Rammstedt, B. & John, O. P. (2005). Kurzversion des Big Five Inventory (BFI-K). *Diagnostica*, 51(4), 195–206. doi:10.1026/0012-1924.51.4.195
- Reynard, A., Gevirtz, R., Berlow, R., Brown, M. & Boutelle, K. (2011). Heart Rate Variability as a Marker of Self-Regulation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 36(3), 209–215. doi:10.1007/s10484-011-9162-1
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 47(2), 57–66. doi:10.1026//0012-1924.47.2.57
- Rohwedder, K., Langkilde, A. M., Iqbal, N., Ying, L. & Salsali, A. (2013). Messung der Betazellfunktion und Insulinsensitivität im Zeitverlauf bei Patienten mit Typ-2-Diabetes, die mit Dapagliflozin im Vergleich zu Glipizid als Zusatztherapie zu Metformin behandelt werden. *Diabetologie und Stoffwechsel*, 8(S 01), 157. doi:10.1055/s-0033-1341817

- Rosenthal, R. & Fode, K. L. (1963). The effect of experimenter bias on the performance of the albino rat. *Behavioral Science*, 8(3), 183–189. doi:10.1002/bs.3830080302
- Rostami, E., Bellander, B. (2011). Monitoring of Glucose in Brain, Adipose Tissue, and Peripheral Blood in Patients with Traumatic Brain Injury: A Microdialyses Study. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 5(3), 596-604. doi:10.1177/193229681100500314
- Schmeichel, B. J. (2007). Attention control, memory updating, and emotion regulation temporarily reduce the capacity for executive control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(2), 241–255. doi:10.1037/0096-3445.136.2.241
- Schmeichel, B. J., Vohs, K. D. & Baumeister, R. F. (2003). Intellectual performance and ego depletion: Role of the self in logical reasoning and other information processing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(1), 33–46. doi:10.1037/0022-3514.85.1.33
- Schmidt, F. & Schaible, H.-G. (Hrg.). (2006). *Springer-Lehrbuch. Neuro- und Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer-Verlag.
- Scholey, A. B., Harper, S. & Kennedy, D. O. (2001). Cognitive demand and blood glucose. *Physiology & Behavior*, 73(4), 585–592. doi:10.1016/S0031-9384(01)00476-0
- Scholey, A. B. Laing, S., & Kennedy, D. O. (2006). Blood glucose changes and memory: Effects of manipulating emotionality and mental effort. *Biological Psychology*, 71(1), 12–19. doi:10.1016/j.biopsycho.2005.02.003

## Literaturverzeichnis

- Schunk, D. H., & Ertmer, P. A. (2000). Self-Regulation and Academic Learning. In: K.D. Vohs & R.F. Baumeister (Hrg.), *Handbook of Self-Regulation* (S. 631–649). Elsevier.
- Segerstrom, S. C. & Solberg Nes, L. (2007). Heart Rate Variability Reflects Self-Regulatory Strength, Effort, and Fatigue. *Psychological Science*, 18(3), 275–281. doi:10.1111/j.1467-9280.2007.01888.x
- Sellahewa, D. A. & Mullan, B. (2015). Health behaviours and their facilitation under depletion conditions. The case of snacking. *Appetite*, 90, 194-199. doi:10.1016/j.appet.2015.03.009
- Singal, P., Muniyappa, R., Chisholm, R., Hall, G., Chen, H., Quon, M. J. et al. (2010). Simple modeling allows prediction of steady-state glucose disposal rate from early data in hyperinsulinemic glucose clamps. *AJP: Endocrinology and Metabolism*, 298(2), E229–E236. doi:10.1152/ajpendo.00603.2009
- Singh, J.P., Larson, M.G., O'Donnell, C.J., Wilson, P.F., Tsuji, H., Lloyd-Jones, D.M. et al. (2000). Association of Hyperglycemia With Reduced Heart Rate Variability: The Framingham Heart Study. *The American Journal of Physiology*, 86(3), 309–312. doi: 10.1016/S0002-9149(00)00920-6
- Sommerfield, A. J., Deary, I. J., McAulay, V. & Frier, B. M. (2003). Moderate hypoglycemia impairs multiple memory functions in healthy adults. *Neuropsychology*, 17(1), 125–132. doi:10.1037/0894-4105.17.1.125
- Sproesser, G., Strohbach, S., Schupp, H. & Renner, B. (2011). Candy or apple? How self-control resources and motives impact dietary healthiness in women. *Appetite*, 56(3), 784–787. doi:10.1016/j.appet.2011.01.028

## Literaturverzeichnis

- Stein, P. K., Ehsani, A. A., Domitrovich, P. P., Kleiger, R. E. & Rottman, J. N. (1999). Effect of exercise training on heart rate variability in healthy older adults. *American Heart Journal*, *138*(3), 567–576.  
doi:10.1016/S0002-8703(99)70162-6
- Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M. (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)*. Göttingen: Hogrefe.
- Strachan, M. W., Ewing, F. M., Frier, B. M., Harper, A. & Deary, I. J. (2004). Food cravings during acute hypoglycaemia in adults with Type 1 diabetes. *Physiology & Behavior*, *80*(5), 675–682. doi:10.1016/j.physbeh.2003.12.003
- Strack, F. & Deutsch, R. (2004). Reflective and Impulsive Determinants of Social Behavior. *Personality and Social Psychology Review*, *8*(3), 220–247.  
doi:10.1207/s15327957pspr0803\_1
- Sünram-Lea, S., Foster, J., Durlach, P. & Perez, C. (2001). Glucose facilitation of cognitive performance in healthy young adults: examination of the influence of fast-duration, time of day and pre-consumption plasma glucose levels. *Psychopharmacology*, *157*(1), 46–54. doi:10.1007/s002130100771
- Tan, C. C. & Holub, S. C. (2011). Children's Self-Regulation in Eating: Associations with Inhibitory Control and Parents' Feeding Behavior. *Journal of Pediatric Psychology*, *36*(3), 340–345. doi:10.1093/jpepsy/jsq089
- Tan, C. C. & Holub, S. C. (2015). Emotion Regulation Feeding Practices Link Parents' Emotional Eating to Children's Emotional Eating: A Moderated Mediation Study. *Journal of Pediatric Psychology*, *40*(7), 657-663.  
doi:10.1093/jpepsy/jsv015

## Literaturverzeichnis

- Tangney, J. P., Baumeister, R. F. & Boone, A. L. (2004). High Self-Control Predicts Good Adjustment, Less Pathology, Better Grades, and Interpersonal Success. *Journal of Personality*, 72(2), 271–324. doi:10.1111/j.0022-3506.2004.00263.x
- Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *European Heart Journal*, 17, 354–381.
- Taylor, C. B. (2010). Depression, heart rate related variables and cardiovascular disease. *International Journal of Psychophysiology*, 78(1), 80–88. doi:10.1016/j.ijpsycho.2010.04.006
- Terada, T., Loehr, S., Guigard, E., McCargar, L. J., Bell, G. J., Senior, P. et al. (2014). Test–Retest Reliability of a Continuous Glucose Monitoring System in Individuals with Type 2 Diabetes. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 16(8), 491–498. doi:10.1089/dia.2013.0355
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E. & Johnsen, B. H. (2009). Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141–153. doi:10.1007/s12160-009-9101-z
- Thurston, R. C., Matthews, K. A., Chang, Y., Santoro, N., Barinas-Mitchell, E., von Känel, R. et al. (2016). Changes in heart rate variability during vasomotor symptoms among midlife women. *Menopause*, 23(5), 499–505. doi:10.1097/GME.0000000000000586

## Literaturverzeichnis

- Tice, D. M., Baumeister, R. F., Shmueli, D. & Muraven, M. (2007). Restoring the self: Positive affect helps improve self-regulation following ego depletion. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(3), 379–384. doi:10.1016/j.jesp.2006.05.007
- Tschritter, O., Preissl, H., Hennige, A. M., Stumvoll, M., Porubska, K., Frost, R. et al. (2006). The cerebrocortical response to hyperinsulinemia is reduced in overweight humans: A magnetoencephalographic study. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(32), 12103–12108. doi:10.1073/pnas.0604404103
- Tschritter, O., Schäfer, S. A., Klett, J., Pfäfflin, A., Häring, H.-U., Hennige, A. M. et al. (2009). Insulin detemir causes increased symptom awareness during hypoglycaemia compared to human insulin. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 11(11), 1017–1026. doi:10.1111/j.1463-1326.2009.01085.x
- Tyler, J. M. & Burns, K. C. (2008). After Depletion: The Replenishment of the Self's Regulatory Resources. *Self and Identity*, 7(3), 305–321. doi:10.1080/15298860701799997
- Tyler, T. R. (2009). Legitimacy and criminal justice: The benefits of self-regulation. *Ohio State Journal of Criminal Law*, 7, 307–359.
- Uziel, L. & Baumeister, R. F. (2012). The Effect of Public Social Context on Self-Control: Depletion for Neuroticism and Restoration for Impression Management. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 38(3), 384–396. doi:10.1177/0146167211427310

## Literaturverzeichnis

- Vadillo, M. A., Gold, N. & Osman, M. (2016). The Bitter Truth About Sugar and Willpower: The Limited Evidential Value of the Glucose Model of Ego Depletion. *Psychological Science*, 27(9), 1207-1214. doi:10.1177/0956797616654911
- Vohs, K. D., Baumeister, R. F., Schmeichel, B. J., Twenge, J. M., Nelson, N. M. & Tice, D. M. (2008). Making choices impairs subsequent self-control: A limited-resource account of decision making, self-regulation, and active initiative. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(5), 883–898. doi:10.1037/0022-3514.94.5.883
- Wallace, T. M., Levy, J. C. & Matthews, D. R. (2004). Use and Abuse of HOMA Modeling. *Diabetes Care*, 27(6), 1487–1495. doi:10.2337/diacare.27.6.1487
- Wang, H.-M. & Huang, S.-C. (2012). SDNN/RMSSD as a Surrogate for LF/HF: A Revised Investigation. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2012(5), 1–8. doi:10.1155/2012/931943
- Wang, X., Ding, X., Su, S., Spector, T. D., Mangino, M., Iliadou, A. et al. (2009). Heritability of insulin sensitivity and lipid profile depend on BMI: evidence for gene–obesity interaction. *Diabetologia*, 52(12), 2578–2584. doi:10.1007/s00125-009-1524-3
- Warren, R. E., Zammitt, N. N., Deary, I. J. & Frier, B. M. (2006). The effects of acute hypoglycaemia on memory acquisition and recall and prospective memory in type 1 diabetes. *Diabetologia*, 50(1), 178–185. doi:10.1007/s00125-006-0535-6

## Literaturverzeichnis

- Webb, T. L. & Sheeran, P. (2003). Can implementation intentions help to overcome ego-depletion? *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(3), 279–286. doi:10.1016/S0022-1031(02)00527-9
- Wegner, D. M., Schneider, D. J., Carter, S. R. & White, T. L. (1987). Paradoxical effects of thought suppression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53(1), 5–13. doi:10.1037//0022-3514.53.1.5
- Wheeler, S. C., Briñol, P. & Hermann, A. D. (2007). Resistance to persuasion as self-regulation: Ego-depletion and its effects on attitude change processes. *Journal of Experimental Social Psychology*, 43(1), 150–156. doi:10.1016/j.jesp.2006.01.001
- Wills, T. A., Isasi, C. R., Mendoza, D. & Ainette, M. G. (2007). Self-Control Constructs Related to Measures of Dietary Intake and Physical Activity in Adolescents. *Journal of Adolescent Health*, 41(6), 551–558. doi:10.1016/j.jadohealth.2007.06.013
- Wolf, S., Seehaus, B., Minol, K. & Gassen, G. H. (1996). Die Blut-Hirn-Schranke: Eine Besonderheit des cerebralen Mikrozirkulationssystems. *Naturwissenschaften*, 83(7), 302–311. doi:10.1007/BF01152211
- Wright, R. J., Frier, B. M. & Deary, I. J. (2009). Effects of Acute Insulin-Induced Hypoglycemia on Spatial Abilities in Adults With Type 1 Diabetes. *Diabetes Care*, 32(8), 1503–1506. doi:10.2337/dc09-0212
- Xu, X., Demos, K. E., Leahey, T. M., Hart, C. N., Trautvetter, J., Coward, P. et al. (2014). Failure to Replicate Depletion of Self-Control. *PLoS ONE*, 9(10), e109950. doi:10.1371/journal.pone.0109950


## Literaturverzeichnis

- Zahn, D., Adams, J., Krohn, J., Wenzel, M., Mann, C. G., Gomille, L. et al. (2016). Heart rate variability and self-control—A meta-analysis. *Biological Psychology*, *115*, 9–26. doi:10.1016/j.biopsycho.2015.12.007
- Zahn, D., Tug, S., Wenzel, M., Simon, P. & Kubiak, T. (2016). Glucose metabolism and self-regulation — Is insulin resistance a valid proxy of self-control? *Personality and Individual Differences*, *99*, 38–45. doi:10.1016/j.paid.2016.04.070

Anhang

**7 Anhang**

Anhang A. Durchführungsprotokoll/ Visitenbogen

 <p>JOHANNES GUTENBERG UNIVERSITÄT MAINZ</p>	<p><b>DFG-Studie</b></p> <p><b>Selbstregulation, Glukose und HRV</b></p> <p><b>Visite 1</b></p>
Probandennummer:  _ _	Datum:  _ _ . .20 _ _
<b><u>Psychologischer Teil</u></b>	
<b>1. Informationsbroschüre ausgehändigt</b>	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<b>2. Schriftliche Einverständniserklärung zur Studienteilnahme liegt vor</b>	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<b>3. Demografie</b>	
Alter (18-65 Jahre)	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Geburtsdatum:  _ _ . .19 _ _	
Geschlecht:	
<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich	
<b>4. Dominante Hand</b>	
<input type="checkbox"/> rechts <input type="checkbox"/> links	
<b>5. Zustimmung zu Ernährungsaufgaben eingeholt</b>	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<b><u>Ärztlicher Teil</u></b>	
<b>1. Patient ist nüchtern erschienen?</b>	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<b>2. Blutentnahme erfolgt</b>	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
<b><u>Anamnese</u></b>	
1. Veränderungen im körperlichen Befinden seit dem Vorgespräch?	
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
falls ja: _____	
hindert an Teilnahme <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

2. Aktuelle körperliche Beschwerden

ja  nein

falls ja: \_\_\_\_\_

hindert an Teilnahme  ja  nein

3. Akute Beschwerden in den letzten vier Wochen

ja  nein

falls ja: \_\_\_\_\_

hindert an Teilnahme  ja  nein

4. Medikamentenliste des Patienten

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

verletzt nicht die Ausschlusskriterien

**Untersuchung**

1. **Cor./Pulmo./Abdomen/Extremitäten/Venenbeschaffenheit**

wurde untersucht und als unauffällig beurteilt

ja  nein

falls nein: \_\_\_\_\_

hindert an Teilnahme  ja  nein

2. **Besonderheiten (falls vorhanden)**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Allergien?

ja  nein

falls ja: \_\_\_\_\_

hindert an Teilnahme  ja  nein

3. **Ausschlusskriterien (auf Basis anamnest. Angaben)**

Diabetes mellitus, Prädiabetes oder andere Stoffwechselstörungen  Ja  Nein

Fehlfunktionen der Schilddrüse  Ja  Nein

Chronische entzündliche Erkrankungen  Ja  Nein

Erkrankungen, die eine immunsuppressive Therapie Erfordern  Ja  Nein

- |  |                             |                               |
|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Kardiovaskuläre Erkrankungen, Störungen der Herzfrequenz, Schrittmacher                                  | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Unbehandelte Hypertonie  | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Einnahme von Betablockern  | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Schwangerschaft (erfragt)  | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Hinweis, dass Probandin dafür Sorge tragen muss, dass auch zum Haupttermin keine Schwangerschaft besteht | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Heparinunverträglichkeit   | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |
| Farbenblindheit  | <input type="checkbox"/> Ja | <input type="checkbox"/> Nein |

**Gemessene Werte:**

- Gewicht: \_\_\_\_\_, \_\_\_\_ kg
- Größe: \_\_\_\_\_ m
- BMI: \_\_\_\_\_
- Taillenumfang: \_\_\_\_\_ cm
- Hüftumfang: \_\_\_\_\_ cm

**4. Blutdruckmessung erfolgt**

- ja       nein

\_\_\_\_\_ mm/Hg

Proband ist für weitere Teilnahme geeignet.

- ja       nein

falls nein, Grund: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Prüffärztin

\_\_\_\_\_  
Unterschrift psychologischer Mitarbeiter



**DFG-Studie**  
**Selbstregulation, Glukose und HRV**  
**Visite 2**

Probandennummer: |\_|\_|

Datum: |\_|\_|.|\_|\_|.20|\_|\_|

**1. Anweisungen des Infoblattes befolgt? Nüchtern?**

ja       nein

**2. Ablauf erklärt?**

ja       nein

**3. Blutparameter**

Verstoß gegen die Ausschlusskriterien?

ja       nein

HOMA: \_\_\_\_\_

**4. Glucose-Clamp nach Protokoll durchgeführt**

ja       nein

**Anmerkungen:**

Beginn Fragebogenbearbeitung: \_\_\_\_\_ Ende: \_\_\_\_\_

Beginn HRV-Ruhemessung: \_\_\_\_\_ Ende: \_\_\_\_\_

Beginn COLT: \_\_\_\_\_ Ende: \_\_\_\_\_

Beginn Stroop: \_\_\_\_\_ Ende: \_\_\_\_\_

Blutzucker 30 min nach Clamp-Ende: \_\_\_\_\_ mg/dl; 60 min nach Clamp-Ende: \_\_\_\_\_ mg/dl

---

---

---

---

---

---

---

---





**5. Zustand des Probanden vor Entlassung**

Blutzucker im oberen Normbereich (>100 mg/dl)

ja  nein

Wohlbefinden hergestellt

ja  nein

Kohlehydratreiche Mahlzeit verabreicht

ja  nein

Aufklärung über die Einnahme einer ausgewogenen Mahlzeit nach Entlassung

ja  nein

Aufklärung über Hypoglykämien und Gegenmaßnahmen

ja  nein

Einstichstellen unauffällig (keine Hautreaktionen o.ä. die gegen eine Entlassung sprechen)

ja  nein

Studienausweis (mit Information über Ansprechpartner bei Zwischenfällen) und ausführliche Information über Hypoglykämien und Verhaltensanweisung (Merkblatt) ausgehändigt

ja  nein

**6. Auffälligkeiten oder Besonderheiten?**

ja  nein

Falls ja, welche? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Studienärztin

\_\_\_\_\_  
Unterschrift psychologischer Mitarbeiter

### Anhang B. Protokoll zur Durchführung des Glukose-Clamps

#### PROTOKOLL HYPERINSULINÄMISCHER-EUGLYKÄMISCHER GLUKOSE-CLAMP

---

Ziel des Clamp-Versuches ist es zu überprüfen ob Selbstregulation zu einem gesteigertem Glukoseverbrauch (Zielgröße: Glukoseinfusionsrate) führt (primäre Zielgröße).

#### VERSUCHSAUFBAU

---

Der Proband wird mit zwei peripher-venösen Zugängen versehen. Am dominanten Arm findet hierüber die Glukose- und Insulininfusion sowie die Volumensubstitution statt. Am nicht-dominanten Arm findet hierüber an der Hand bzw. am Unterarm die kontinuierliche Blutzuckermessung statt. An diesem Arm erfolgen auch die Blutentnahmen in der Ellebeuge mittels Multifly Kanüle. Die nicht-dominante Hand wird zur Arterialisierung des venösen Blutes in einer Wärmekammer (Hotbox) gelagert. Während des Clamps führt der Proband im Steady State in der Kontrollgruppe eine Kontrollaufgabe und danach eine Selbstkontrollaufgabe durch (Stroop Test). In der Experimentalgruppe führt der Proband zwei Selbstkontrollaufgaben durch (Buchstaben-Ausstreich-Test, Stroop Test). Hierzu wird die dominante Hand benötigt.

#### VORBEREITUNG DES CLAMP

---

#### LÖSUNGEN

---

- Insulinlösung: 50 IE ad 500 ml NaCl 0,9 % mit Infusionssystem SafeSet von Braun und Heidelberger Verlängerung mit Rückschlagventil, Schlauchsystem mit Dreiwegehahn (mit Verlängerung) entlüften, Dreiwegehahn querstellen und beschriften
  - o Primerlösung: aus Insulinlösung mit Perfusorspritze 50ml entnehmen und mit Perfusorleitung seitlich an Dreiwegehahn anschließen und beschriften
- Glukose 20% 500ml Fertiglösung mit Infusionssystem SafeSet von Braun und Heidelberger Verlängerung mit Rückschlagventil, Schlauchsystem mit Dreiwegehahn entlüften, Dreiwegehahn querstellen
- NaCl 0,9% 500ml zur Sicherstellung einer kontinuierlichen Laufrate mit Tropfregler-Infusionssystem mit Rückschlagventil, Anschluss an proximales Ende des Dreiwegehahnes von G20%
- Zusammenbau Infusionsleitungen gemäß Skizze
- Heparinlösung: 5000 IE unfraktioniertes Heparin ad 100 ml NaCl 0,9% mit herkömmlichem Infusionssystem an Glucostator

#### AUFBAU DES GLUCOSTATORS GEMÄß ANLEITUNG

---

- Ablassen einiger Milliliter Insulinlösung aus dem zuvor entlüfteten Infusomatsystem wg. Insulinadsorption.
- Einlegen der Glukoselösung (linke Infusionspumpe, Schnittstelle COM2) und Insulinlösung (rechte Infusionspumpe, Schnittstelle COM3) in die jeweiligen Infusionspumpen mittels SafeSet-Infusionssystem
- Einspannen Primerlösung in Perfusor
- Einlegen Analyser-Schlauchset in Rollenpumpe und Anschluss Doppellumenkatheter und Heparinlösung gemäß Anleitung (Seite 9-10)
- Basiskalibrierung des Glucostators mittels glukosefreier Pufferlösung durchführen

### ANSCHLUSS INFUSIONEN AN DOMINANTE HAND BZW. UNTERARM

---

- Vor Anschluss an den Patienten werden alle Dreiwegehähne so eingestellt, dass nur ein direkter Fluss durch die lange Seite des Dreiwegehahnes möglich ist und die komplette Linie wird mit NaCl durchgespült
- Anschluss an den Patienten (Braunüle 20G oder 18G dominante Hand/Arm)
- Fixierung des Zuganges mittels weißem und braunem Pflaster und Fixierungstape
- Einstellen des NaCl-Tropfreglers auf 50-100 ml/h

### ANSCHLUSS ANALYSERSCHLAUCH AN NICHT-DOMINANTE HAND

---

- In den Zugang an der nicht-dominanten Hand Seite werden vor Anschluss des Doppellumenkatheters 0,5 ml Heparinlösung injiziert.
- Anschluss gemäß Anleitung an Braunüle 18G nicht-dominanter Handrücken
- Starten des Gerätes
- Hand in Hotbox lagern

### STANDARDKALIBRIERUNG DES GLUCOSTATOR

---

- Messung des kap. Blutzuckerwertes des Patienten mittels Eco Twenty von Care Diagnostica
- Standardkalibrierung des Glucostator anhand des kap. gemessenen Blutzuckerwertes des Patienten

### BLUTABNAHME UND BEGINN DES CLAMP, INFUSION DER PRIMERLÖSUNG

---

- Blutabnahme, danach wieder wenn steady state über 2x20 Minuten erreicht.
- Starten des Clamp Modus
- Eingabe der Insulinlaufrate von 40mU/min/m<sup>2</sup> Körperoberfläche

$$\text{Laufrate}[ml/h] = \frac{40 \text{ mU} \times 60 \text{ min} \times (0,007184 \times \text{Größe}[cm]^{0,725} \times \text{Gewicht}[kg]^{0,425}) \times ml}{h \times \text{min} \times m^2 \times 100 \text{ mU}}$$

- Rechenbeispiel: 80 kg, 185 cm:
  - o Laufrate= (40mUx60x(0,007184x185<sup>0,725</sup>x80<sup>0,425</sup>))/100 = 48,9 ml/h
  - o entspricht 4888 mU/h

- Infusion der Primerlösung: Kurz nach Beginn des Clamps erfolgt die Infusion der Primerlösung, welche sich wie folgt berechnet:

- Infusion von 80mU/min/m<sup>2</sup> Körperoberfläche für 10 Minuten. Hierzu Berechnung Laufrate des Perfusors anhand der Körperoberfläche nach DuBois.

$$\text{Laufrate}[ml/h] = \frac{80 \text{ mU} \times 6 \times 10 \text{ min} \times (0,007184 \times \text{Größe}[cm]^{0,725} \times \text{Gewicht}[kg]^{0,425}) \times ml}{h \times \text{min} \times m^2 \times 100 \text{ mU}}$$

- Rechenbeispiel: 80 kg, 185 cm:
  - o Laufrate= (80x6x10x(0,007184x185<sup>0,725</sup>x80<sup>0,425</sup>))/100= 97,8 ml/h
  - o Entspricht 1692 mU in 10 Minuten

---

### WÄHREND DEM CLAMP

---

- Messung des kap. Blutzuckerwertes des Patienten mittels Eco Twenty von Care Diagnostica zur Nachkalibrierung nach 2 und 4 Stunden und bei Bedarf
- Stündliche Messung sowie bei Bedarf (V.a. Hypoglykämie etc.) des Blutzuckerwertes des Patienten mittels BZ-Gerät (StatStrip Glukose Xpress, Nova Biomedical GmbH, Rödermark, Deutschland) und Dokumentation auf Clamp- Bogen .
- Im steady state 2 Blutabnahmen (-40 und -20)
- Wenn steady state über 2x20 Minuten erreicht Blutabnahme (Start 0) und Beginn psych. Testung. Nächste Blutabnahme nach zweitem psych. Test (Start 20) und nach 60 Minuten nach Beginn psych. Testung (Start 60)

---

### BEENDEN DES CLAMPS

---

- Auf Beenden drücken und dieses bestätigen
- Infusionspumpen ausschalten, Infusionen schließen
- Datenbank auswählen und die Daten des Versuches auf USB Stick kopieren
- 2x kap. Kontrollblutzuckermessung nach Clamp über 1,5 Stunden.
- Braunülen entfernen
- Spülung des Sensorsystems: Kochsalz-Heparinflasche schließen und das ganze Sensorsystem mit Pufferlösung spülen bis alle Blutreste aus der Mischkammer und aus dem Sensorsystem entfernt sind.
- (Bei längerer Versuchspause das gesamte System zusätzlich mit destilliertem Wasser spülen)
- Analyserschläuche verwerfen sowie Infusionsflaschen und Systeme entsorgen
- Überbrücken der Anschlusspins der Sensorkammer mit kurzem Verbindungsschlauch.
- Ggf. Sensorblock bei Raumtemperaturen  $>40^{\circ}$  im Kühlschrank aufbewahren.
- Betriebssystem runterfahren und danach Glucostator ausschalten
- Befragen des Probanden und Aufklären über Verhaltensmaßnahmen nach dem Clamp (siehe Visitenbogen)

---

### MATERIALLISTE:

---

#### Uniklinik

- Braunüle grün 18G
- Braunüle rosa 20G
- Mandrin grün
- Mandrin rosa
- G 20% 500 ml
- NaCl 0,9 % 500 ml
- NaCl 0,9 % 100 ml
- Huminsulin Normal 100IE/ml
- U100 Insulinspritzen
- Braune Kanülen
- Infusomat System Braun Safeset
- Dreiwegehähne
- Dreiwegehahn mit Schlauch (Discofix)
- Braunülenpflaster weiß
- Braunülenpflaster braun
- Peha Fixiertape blau
- Infusionssystem mit Tropfregler Deflow
- Unfrak. Heparin
- 1 ml Spritze zum Heparin aufziehen
- Heparin Fertigspritze (100 IE/ml in NaCl 0,9%, aseptisch hergestellt von Apotheke der Universitätsmedizin Mainz)
- Infusionssystem Intrafix
- Rückschlagventile
- Perfusorspritze
- Perfusorleitung
- Heidelberger Verlängerung
- Desinfektionsmittel
- Tupfer
- Blutabnahme Monovetten (braun, orange, grün, rot)

#### MTB

- Double lumen catheter (DLC)
- Analyser Tubing Set
- Enzymsensor
- Waste bottle
- Waste tubing Set
- Bottle Cup for Buffer Solution
- Buffer Solution
- DLC Extension Set black
- DLC Extension set forward

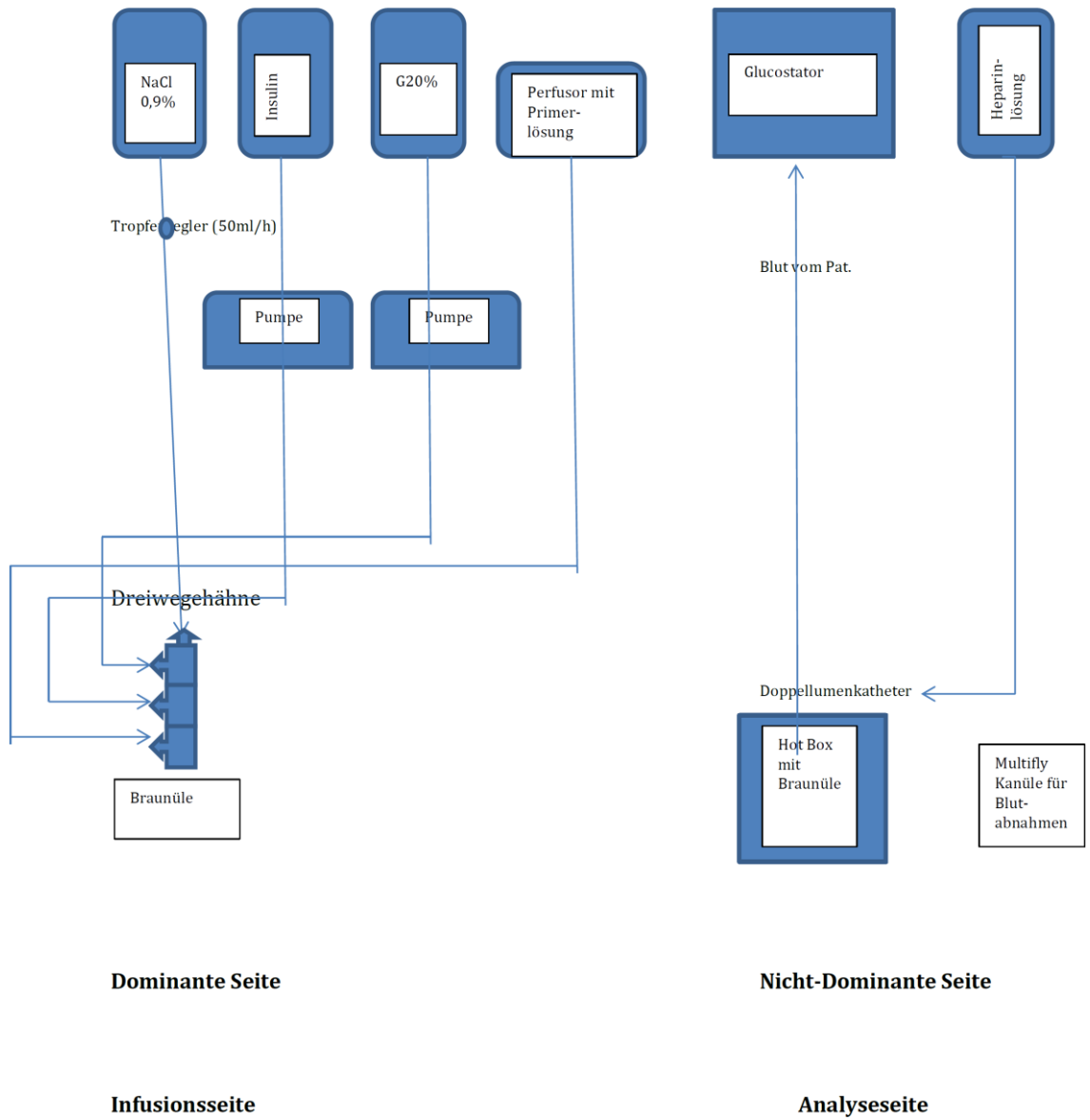
---

GERÄTELISTE

---

- Eco Twenty von Care Diagnostica, Weseler Straße 110, 46562 Voerde
- Glucostator von mtb GmbH, Steinige 12, 89173 Lonsee-Luizhausen
- Argus 707 Infusionspumpe von CODAN Argus AG, Oberneuhofstr. 10, CH-6340 Baar
- Perfusor Space von B. Braun Melsungen AG, Carl-Braun-Straße 1, 34209 Melsungen
- Blutzuckermessgerät StatStrip Glukose Xpress, Nova Biomedical GmbH, Rödermark

SKIZZE GLUCOSTATOR ANSCHLÜSSE



## Anhang C. Informationsbroschüre für die Probanden

Wissenschaftliche Studie

### **Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität – Interindividuelle Unterschiede und intraindividuelle Dynamiken**

Probandeninformation



Sehr geehrte Dame, sehr geehrter Herr,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der von uns vorgesehenen Studie "Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität – Interindividuelle Unterschiede und intraindividuelle Dynamiken" teilzunehmen. Die Studie wird von der Abteilung Gesundheitspsychologie des Psychologischen Instituts der Johannes Gutenberg-Universität in Kooperation mit der Abteilung Endokrinologie und Stoffwechselkrankheiten der Universitätsmedizin durchgeführt. Die Studienteilnahme ist freiwillig.

Was ist das Ziel der Studie?

Ziel dieser Studie ist, zu untersuchen, wie die Fähigkeit zur Selbstregulation (z. B. die Fähigkeit, bestimmte Verhaltensweisen zu unterdrücken oder Gedanken und Emotionen zu verändern) mit der Herzratenvariabilität und Veränderungen im Blutzuckerspiegel zusammenhängt. Unter der Herzratenvariabilität versteht man die mehr oder weniger rhythmischen Schwankungen der Herzrate, die bei allen Menschen auftreten.

Die Untersuchung dieser Einflussgrößen könnte dazu beitragen, Behandlungsansätze zur Verbesserung der Selbstregulation zu entwickeln und verschiedene Therapiemöglichkeiten für chronische Erkrankungen zu optimieren.

Wer kann an der Studie teilnehmen?

An der Studie können gesunde Frauen und Männer im Alter von 18 bis 65 Jahren teilnehmen, die in Mainz oder Umgebung leben. Wenn Sie eine Herzerkrankung oder Stoffwechselerkrankungen wie z. B. Diabetes mellitus, eine Heparin- Unverträglichkeit, eine chronische entzündliche Erkrankung oder eine Erkrankung haben, die eine Behandlung mit Medikamenten erfordert, die die körpereigene Abwehr unterdrücken oder abschwächen (Immunsuppression) wie z. B. Kortison, oder regelmäßig blutverdünnende Medikamente einnehmen (z. B. Marcumar), können Sie nicht an der Studie teilnehmen. Auch können Sie nicht teilnehmen, wenn Sie eine schwere Sehbehinderung haben, Sie unter Farbenblindheit leiden, Ihr BMI größer 30 ist, oder bei Ihnen aktuell eine Schwangerschaft vorliegt.

Wie wird die Studie durchgeführt?

Die Studie wird im Rahmen eines Vortermens (ca. 1,5 Stunden) und eines kurzen ambulanten Aufenthalts (ca. 6 Stunden am Vormittag) in der Abteilung Endokrinologie und Stoffwechselkrankheiten der Universitätsmedizin in Mainz durchgeführt.

Zu beiden Terminen erscheinen Sie nüchtern (das Trinken von Wasser ist erlaubt). Am ersten Termin werden Sie im Hinblick auf eventuelle Vorerkrankungen, die einer Studienteilnahme entgegenstehen, untersucht; es werden Gewicht und Größe gemessen und es findet eine Blutentnahme statt. Bei Frauen wird das Blut auch untersucht, um eine Schwangerschaft auszuschließen. Am zweiten Termin füllen Sie unter Anleitung der Studienleitung dann verschiedene psychosoziale Fragebogen zu Selbstregulation und verschiedenen anderen Lebensbereichen aus.

Fachbereich 02: Sozialwissenschaften,  
Medien und Sport

Psychologisches Institut

[www.gesundheit.psychologie.uni-mainz.de](http://www.gesundheit.psychologie.uni-mainz.de)

## Anhang

Anschließend wird zunächst im Sitzen für ca. 15 Minuten die Herzratenvariabilität per Elektrokardiogramm (EKG) gemessen. Dies bedeutet, dass drei Elektroden an Ihrem Oberkörper angebracht werden, die die elektrische Aktivität Ihrer Herzmuskelfasern messen. Dazu benutzen wir ein tragbares Gerät. Auf Basis des EKGs können wir die zeitlichen Abstände zwischen Ihren Herzschlägen messen und so die Herzratenvariabilität berechnen. Danach beginnt der experimentelle Teil der Untersuchung. Während des experimentellen Teils messen wir mit dem ambulanten EKG-Gerät Veränderungen in Ihrer Herzratenvariabilität.

Um den Verbrauch von Blutzucker zu messen, wenden wir eine sogenannte „Glukose-Clamp“-Methode mithilfe eines Glucostators an. Diese Methode dient dazu, Ihren Blutzuckerspiegel komplett zu regulieren und zu stabilisieren. Der Blutzuckerspiegel unterliegt sonst leichten Schwankungen, die so kontrolliert werden.

Bei dem Glukose-Clamp werden Ihnen zwei venöse Zugänge (je einen pro Arm, im Bereich des Handrückens oder des Unterarms) gelegt. Ein Arm befindet sich während des Clamps in einer so genannten „Hot Box“, eine beheizte Box, die bei ca. 55 Grad Celsius die Durchblutung der Hand- und Armvenern fördern soll. Über diese Zugänge wird Ihr Blutzuckerspiegel stetig gemessen, es erfolgen regelmäßige Blutentnahmen, und Ihnen wird Insulin- und eine Glukoselösung, sowie ausreichend Flüssigkeit verabreicht. Dies führt dazu, dass Ihr Blutzuckerspiegel auf 90 mg/dl (Normalwert für den Blutzuckerspiegel bei gesunden Personen) stabilisiert und während des experimentellen Teils konstant auf diesem Niveau gehalten wird. Durch die stetige Kontrolle des Blutzuckerspiegels (mittels der venösen Zugänge und dem Glucostator) wird im Falle von Veränderungen automatisch eine Anpassung der Glukoseinfusion ermöglicht. Zudem werden parallel regelmäßig manuelle Blutzuckermessungen mittels eines handelsüblichen Messgeräts am Finger oder Ohrläppchen vorgenommen.

Sobald der Blutzuckerspiegel sich auf 90 mg/dl stabilisiert hat, werden Sie eine Aufgabe auf dem Papier und eine Aufgabe am Computer bearbeiten (Dauer ca. 15 min). Dazu werden Sie per Zufallsprinzip einer von zwei Gruppen zugeordnet. In beiden Gruppen bearbeiten Sie zwei Aufgaben, nur der Inhalt der Aufgaben unterscheidet sich. Die Durchführung des Glukose-Clamp wird ärztlich überwacht.

Nach Abschluss des Glukose-Clamps werden die Zugänge entfernt. Sie erhalten kohlehydratreiche Mahlzeit und Getränke, und es erfolgen noch weitere Blutzuckerkontrollen im Rahmen einer Nachbeobachtungszeit von mindestens 1,5 Stunden. Von einer vollständigen Normalisierung Ihres Blutzuckerspiegels wird ausgegangen. Um jedoch anschließende Unterzuckerungen vorzubeugen, werden wir Sie vor Entlassung über mögliche Symptome einer Unterzuckerung und Verhaltensmaßnahmen informieren und Ihnen ein Merkblatt, sowie Traubenzucker aushändigen um ggf. einer Unterzuckerung entgegenzuwirken. Vor Ihrer Entlassung wird erneut der Blutzuckerspiegel gemessen. Darüber hinaus empfehlen wir Ihnen, nach der Untersuchung noch eine ausgewogene Mahlzeit einzunehmen.

### Aufwandsentschädigung

Sie erhalten von uns eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 200 EUR für die komplette Teilnahme. Diese Vergütung setzt sich zusammen aus 20 EUR für den Vortermine und 180 EUR für den Hauptuntersuchungstermin. Ein sonstiger Nutzen geht für Sie aus der Teilnahme nicht hervor.

### Was passiert mit Ihren persönlichen Daten (Datenschutz)?

Ihre Blutproben und persönlichen Daten werden noch im Untersuchungsraum pseudonymisiert (d.h. kodiert ohne Angaben von Name, Anschrift, Initialen oder Ähnliches) und können dann nur noch durch einen Entschlüsselungscode Ihrer Person zugeordnet werden. Dieser Code ist nur dem Studienleiter bekannt.

### Sind Risiken mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Die Glukose-Clamp-Untersuchung ist mit dem Risiko einer Unterzuckerung verbunden, da Ihnen über die Clamp Insulin verabreicht wird (ein Hormon, das den Blutzucker senkt). In einem solchen Fall können durch die permanente Anwesenheit von ärztlichem Personal und/oder Pflegepersonal jederzeit sofortige Gegenmaßnahmen getroffen werden, indem Ihnen Traubenzucker zum Verzehr verabreicht wird oder Ihnen Glukose intravenös verabreicht wird. Bei einer verzögerten Unterzuckerung, die nach Ihrem Aufenthalt vor Ort erst eintritt, können Sie selbst durch den Verzehr schnell wirkender Glukose (in Form von Traubenzucker, Obstsaften o.ä.) gegensteuern, um Ihren Blutzucker wieder zu normalisieren. Hierfür erhalten Sie von uns eine

## Anhang

kurze Schulung, sowie ein Merkblatt und Traubenzucker ausgehändigt. Ein venöser Zugang ist nur mit minimalen Risiken verbunden. Dennoch kann es manchmal zu leichten blauen Flecken und geringfügigen Schmerzen an der Einstichstelle kommen. Gelegentlich kommt es auch zu größeren blauen Flecken, Infektionen (mit Fieber) oder auch zu Kreislauf-Problemen. In sehr seltenen Fällen können auch Venenentzündungen, Blutgerinnsel an den Venen oder Arterien oder Nervenverletzungen auftreten. Des Weiteren können durch versehentliches Verletzen der Hautnerven Sensibilitätsstörungen um die Einstichstelle herum auftreten, oder es kann dort zur Narbenbildung oder Blutungen kommen.

Was passiert, wenn ich nicht mehr teilnehmen möchte?

Auch wenn Sie sich zur Teilnahme an der Studie entschlossen haben, können Sie Ihre Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, jederzeit widerrufen und die Studie formlos und ohne Angaben von Gründen abbrechen und beenden. Natürlich entstehen Ihnen dadurch keinerlei Nachteile. Wenn Sie Ihre Einwilligungserklärung zur Teilnahme widerrufen, werden wir Ihre persönlichen Daten löschen und die Blutproben vernichten.

## Anhang

### Versicherungsschutz

Für alle ProbandInnen besteht zum Ausgleich eines Vermögensschadens infolge einer studienbedingten Gesundheitsschädigung ein Versicherungsschutz. Hierbei handelt es sich um eine Versicherung für Studien für die kein deutsches Gesetz eine Versicherung verlangt. Die Versicherung wurde bei: HDI-Gerling Versicherung AG (HDI Versicherung AG, HDI-Platz 1, 30659 Hannover) abgeschlossen. Der Versicherungsschutz endet mit der Durchführung der Studie zum 1. Februar 2015. Bei Verdacht auf einen studienbedingten Gesundheitsschaden sind Sie verpflichtet, dies unverzüglich anzuzeigen. Es besteht andernfalls die Gefahr, dass der Versicherungsschutz verloren geht. Sie müssen den Versicherer entweder selbst benachrichtigen oder können sich zur Vereinfachung an den Prüfarzt wenden, der dann in Ihrem Auftrag die Versicherung informiert. Der Prüfarzt wird Ihnen dann eine Kopie dieser Anzeige aushändigen. Wegunfälle sind nicht versichert.

### Weitere wichtige Informationen

Ihre freiwillige Teilnahme an dieser Studie dient ausschließlich zu Forschungszwecken und ist mit keinem individuellen Nutzen für Sie verbunden. Wenn Sie weitere Fragen haben, zögern Sie nicht, sich an die Studienleiter zu wenden, die Ihre Fragen gerne beantworten werden. Sie erhalten nach Teilnahme einen Studenausweis ausgehändigt. Bitte tragen Sie den Studenausweis in den folgenden 24 Stunden bei sich. Auf dem Ausweis finden Sie unsere Kontaktdaten und Informationen zur Studie.

Ihre Ansprechpartner:

## Anhang D. Einverständniserklärung zur Studienteilnahme

Wissenschaftliche Studie

**Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität –  
Interindividuelle Unterschiede und intraindividuelle Dynamiken**



### Einverständniserklärung mit Erklärung zum Datenschutz

Ich erkläre mich hiermit bereit, an der oben genannten Studie freiwillig teilzunehmen. Ich bin in einem persönlichen Gespräch ausführlich und verständlich über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der Studie aufgeklärt worden. Ich hatte die Gelegenheit zu einem Beratungsgespräch und konnte ausreichend Fragen stellen. Alle meine Fragen wurden zufriedenstellend beantwortet, ich kann jederzeit neue Fragen stellen. Ich habe darüber hinaus den Text der Studienaufklärung gelesen und verstanden. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Studie zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

**Ich habe verstanden und bin damit einverstanden, dass meine studienbezogenen Gesundheitsdaten pseudonymisiert (d.h. kodiert ohne Angaben von Name, Anschrift, Initialen oder Ähnliches) erhoben, auf Datenträgern gespeichert und vom Auftraggeber der Studie ausgewertet werden; die Weitergabe an Dritte einschließlich Publikation erfolgt ausschließlich in anonymisierter Form, d.h. die Daten können nicht meiner Person zugeordnet werden. Des Weiteren habe ich verstanden und bin damit einverstanden, dass meine Kontaktdaten (Name, Anschrift) für die Studiendauer auf Datenträgern gespeichert werden. Zu den Kontaktdaten hat nur der Auftraggeber der Studie Zugang, es erfolgt keine Weitergabe an Dritte.**

Ein Exemplar der Studieninformation und der Einwilligungserklärung habe ich erhalten, gelesen und verstanden.

\_\_\_\_\_  
Datum, Ort

\_\_\_\_\_  
Proband (Name in Druckbuchstaben)

\_\_\_\_\_  
Proband (Unterschrift)

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Teilnehmers eingeholt.

\_\_\_\_\_  
Datum, Ort

\_\_\_\_\_  
Studienarzt (Name in Druckbuchstaben)

\_\_\_\_\_  
Studienarzt (Unterschrift)

Anhang E. Fragebögen

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ

Wissenschaftliche Studie:

**Untersuchung zum Zusammenhang zwischen Selbstregulation, Glukose und  
Herzratenvariabilität**  
Fragebögen

**Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,**

hiermit möchten wir uns nochmals ganz herzlich bei Ihnen für Ihre Teilnahme an der Studie "Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität" bedanken!

In den folgenden Fragebögen geht es darum, verschiedene Angaben zum Thema Selbstregulation und zu verschiedenen anderen Lebensbereichen wie z.B. Ihrer körperlichen Aktivität von Ihnen zu erheben.

Bitte lesen Sie alle Erläuterungen und Fragen in Ruhe durch und nehmen Sie sich ausreichend Zeit, jede Frage sorgfältig zu beantworten!

Bitte bedenken Sie, dass es keine „richtigen“ oder „falschen“ Antworten gibt, wir sind ausschließlich an Ihren aufrichtigen persönlichen Einschätzungen und Erlebnisweisen interessiert. Wenn Sie einmal der Meinung sind, dass keine der angebotenen Antwortmöglichkeiten auf Sie zutrifft, entscheiden Sie sich bitte für diejenige Antwort, die Ihnen am ehesten zutreffend erscheint.

Da nur vollständig ausgefüllte Untersuchungshefte ausgewertet werden können, bitten wir Sie genau darauf zu achten, keine Frage auszulassen. Sollten Sie einmal aus Versehen eine für Sie falsche Antwort angekreuzt haben, kennzeichnen Sie bitte eindeutig, bei welcher Antwort es sich um die Richtige handelt.

Falls trotzdem noch Fragen oder Unklarheiten auftauchen, zögern Sie nicht, sich an Ihren Versuchsleiter zu wenden, der Ihre Fragen gerne beantworten wird.

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

BFI-K (S)

Die folgenden allgemeinen Aussagen können zur Beschreibung von Personen verwendet werden. Diese Aussagen können **auf Sie persönlich** mehr oder weniger zutreffen. Bitte geben Sie bei jeder Aussage an, inwieweit die Aussage auf Sie selbst zutrifft.

	trifft überhaupt nicht zu	trifft eher nicht zu	weder noch	eher zutreffend	trifft voll und ganz zu
1. Ich bin eher zurückhaltend, reserviert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich neige dazu, andere zu kritisieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich erledige Aufgaben gründlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich werde leicht deprimiert, niedergeschlagen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich bin vielseitig interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich bin begeisterungsfähig und kann andere leicht mitreißen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ich schenke anderen leicht Vertrauen, glaube an das Gute im Menschen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich bin bequem, neige zur Faulheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich bin entspannt, lasse mich durch Stress nicht aus der Ruhe bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich bin tief sinnig, denke gerne über Sachen nach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich bin eher der „stille Typ“, wortkarg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich kann mich kalt und distanziert verhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich bin tüchtig und arbeite flott.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich mache mir viele Sorgen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich habe eine aktive Vorstellungskraft, bin phantasievoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich gehe aus mir heraus, bin gesellig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich kann mich schroff und abweisend anderen gegenüber verhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich mache Pläne und führe sie auch durch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich werde leicht nervös und unsicher.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich schätze künstlerische und ästhetische Eindrücke.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ich habe nur wenig künstlerisches Interesse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

RSQ-D

Menschen denken und verhalten sich ganz unterschiedlich, wenn sie sich traurig oder niedergeschlagen fühlen. Bitte kreuzen Sie bei allen nachfolgenden Aussagen an, ob Sie dies „fast nie“, „manchmal“, „oft“ oder „fast immer“ denken oder tun, wenn Sie sich traurig, niedergeschlagen oder deprimiert fühlen. Bitte geben Sie jeweils an, was Sie *üblicherweise* tun, wenn Sie sich traurig oder niedergeschlagen fühlen, *nicht*, was Sie Ihrer Meinung nach tun sollten.

Wenn ich mich traurig oder niedergeschlagen fühle,	fast nie	manchmal	oft	fast immer
1. denke ich daran, wie allein ich mich fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. denke ich, ich werde nicht fähig sein, meine Arbeit zu tun, wenn ich mich so schlecht fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. denke ich daran, wie erschöpft ich mich fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. denke ich, wie schwer es ist, mich zu konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. versuche ich etwas Positives an der Situation zu finden oder etwas, was ich dabei gelernt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. denke ich „ich werde jetzt etwas tun, um mich besser zu fühlen“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. helfe ich jemand Anderem bei irgendetwas, um mich abzulenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. denke ich daran, wie passiv und unmotiviert ich bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. sage ich mir, dass diese Gefühle nicht anhalten werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. denke ich über vorausgegangene Ereignisse nach, um zu verstehen, weshalb ich depressiv bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. denke ich daran, dass ich überhaupt nichts mehr zu fühlen scheine.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. denke ich „warum komme ich nicht in Schwung“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. denke ich „warum reagiere ich immer so?“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. gehe ich an einen Lieblingsort, um mich von meinen Gefühlen abzulenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. denke ich darüber nach, weshalb ich mich so fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. denke ich „ich konzentriere mich jetzt auf etwas Anderes als darauf, wie ich mich fühle“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. schreibe ich auf, über was ich nachdenke und versuche es zu analysieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. tue ich etwas, das mich in der Vergangenheit hat besser fühlen lassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

	fast nie	manchmal	oft	fast immer
19. denke ich über eine zurückliegende Situation nach und wünsche, dass diese besser gelaufen wäre.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. denke ich „ich werde jetzt ausgehen und etwas Spaß haben“.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. konzentriere ich mich auf meine Arbeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. denke ich darüber nach, wie traurig ich mich fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. denke ich an all meine Unzulänglichkeiten, Schwächen und Fehler.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. tue ich etwas, was mir Freude macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. denke ich daran, dass ich mich nicht stark genug fühle, um irgendetwas zu tun.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. denke ich über meine Persönlichkeit nach und versuche zu verstehen, weshalb ich depressiv bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. unternehme ich mit Freunden etwas, was Spaß macht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. gehe ich irgendwohin, wo ich alleine bin, um über meine Gefühle nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. denke ich, wie ärgerlich ich über mich selbst bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. höre ich traurige Musik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. ziehe ich mich zurück und denke über die Gründe nach, weshalb ich mich so traurig fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. versuche ich, mich selbst zu verstehen, indem ich mich auf meine traurigen Gefühle konzentriere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

SCS-K-D

Für die folgenden Aussagen werden Sie gebeten anzugeben, was **im Allgemeinen** auf Sie zutrifft. Sie haben die Möglichkeit, zwischen fünf Abstufungen zu wählen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte versuchen Sie dennoch, so genau und so zutreffend wie möglich zu antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange.

	1 völlig unzutreffend	2	3	4	5 trifft voll und ganz zu
1. Ich bin gut darin, Versuchungen zu widerstehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Es fällt mir schwer, schlechte Gewohnheiten abzulegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich bin faul.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich sage unangemessene Dinge.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich tue manchmal Dinge, die schlecht für mich sind, wenn sie mir Spaß machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich wünschte, ich hätte mehr Selbstdisziplin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Angenehme Aktivitäten und Vergnügen hindern mich manchmal daran, meine Arbeit zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Es fällt mir schwer, mich zu konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich kann effektiv auf langfristige Ziele hinarbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Manchmal kann ich mich selbst nicht daran hindern, etwas zu tun, obwohl ich weiß, dass es falsch ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich handle oft, ohne alle Alternativen durchdacht zu haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich lehne Dinge ab, die schlecht für mich sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Andere würden sagen, dass ich eine eiserne Selbstdisziplin habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

BIS-15

Für die folgenden Aussagen werden Sie gebeten anzugeben, was **im Allgemeinen** auf Sie zutrifft. Sie haben die Möglichkeit, zwischen vier Abstufungen zu wählen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte versuchen Sie dennoch, so genau und so zutreffend wie möglich zu antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange.

	selten/ nie	gelegentlich	oft	fast immer/ immer
1. Ich plane meine Vorhaben gründlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich mache häufig Dinge, ohne vorher darüber nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich bin unaufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich kann mich gut konzentrieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich sichere mich im Leben in allen Dingen ab.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich rutsche bei Spielen oder Vorträgen oft hin und her.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ich denke gründlich nach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich plane für meine berufliche Sicherheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich sage Dinge ohne darüber nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich handele spontan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Mir wird beim Lösen von Denkaufgaben schnell langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich handele gerne aus dem Moment heraus.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich kaufe Sachen ganz spontan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich werde bei Vorlesungen oder Vorträgen schnell unruhig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich plane für die Zukunft.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Jedem von uns passieren hin und wieder negative oder unangenehme Ereignisse und jeder reagiert darauf auf seine eigene Art. Für die folgenden Aussagen werden Sie gebeten anzugeben, was Sie **im Allgemeinen** denken, wenn Sie negative oder unangenehme Ereignisse erleben. Sie haben die Möglichkeit, zwischen fünf Abstufungen zu wählen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte versuchen Sie dennoch, so genau und so zutreffend wie möglich zu antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange.

	(fast) nie	manchmal	regelmäßig	häufig	(fast) immer
1. Ich denke, dass ich Schuld habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich denke, dass ich akzeptieren muss, was geschehen ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich denke darüber nach, wie ich mich wegen dem, was ich erlebt habe, fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich denke an schönere Dinge als an das, was ich erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ich überlege, was ich am besten tun kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich denke, dass ich etwas aus der Situation lernen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Ich denke, alles hätte viel schlimmer kommen können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Ich denke, dass das, was ich erlebt habe, viel schlimmer ist, als das was andere erlebt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Ich denke, dass andere daran Schuld haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich denke, dass ich derjenige bin, der für das, was passiert ist, verantwortlich ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich denke, dass ich die Situation akzeptieren muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich bin eingenommen davon, was ich über das, was ich erlebt habe, denke und fühle.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich denke an angenehme Dinge, die nichts damit zu tun haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich überlege, wie ich am besten mit der Situation umgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich denke, dass ich aufgrund dessen, was geschehen ist, ein stärkerer Mensch werden kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich denke, dass andere Menschen viel schlimmere Erfahrungen machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich denke weiter darüber nach wie schrecklich es ist, was ich erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Ich denke, dass andere für das, was passiert ist, verantwortlich sind.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich denke über die Fehler nach, die ich in dieser Angelegenheit gemacht habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Ich denke, dass ich nichts daran ändern kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Ich möchte verstehen, warum ich mich wegen dem, was ich erlebt habe, so fühle wie ich es tue.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Ich denke an etwas Schönes anstatt an das, was passiert ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Ich überlege, wie ich die Situation verändern kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

	(fast) nie	Manchmal	regelmäßig	häufig	(fast) immer
24. Ich denke, dass die Situation auch positive Seiten hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Ich denke, dass es gar nicht so schlimm war im Vergleich zu anderen Dingen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Ich denke, dass das was ich erlebt habe das Schlimmste ist, was einem passieren kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Ich denke an die Fehler, die andere in dieser Angelegenheit gemacht haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Ich denke, dass die Ursache grundsätzlich bei mir liegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Ich denke, dass ich lernen muss, damit zu leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Ich verweile bei den Gefühlen, die die Situation in mir ausgelöst hat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Ich denke an angenehme Erfahrungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Ich überlege mir einen Plan, wie ich am besten vorgehen kann.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. Ich suche nach den positiven Seiten der Angelegenheit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Ich sage mir, dass es Schlimmeres im Leben gibt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Ich denke darüber nach, wie fürchterlich die Situation gewesen ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Ich denke, dass die Ursache grundsätzlich bei anderen liegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

FEV

Lesen Sie bitte die Aussagen genau durch und beantworten Sie bitte jede Frage sorgfältig und möglichst schnell. Lassen Sie keine Frage aus!

1. Geschlecht  weiblich  männlich
2. Wie groß sind Sie? \_\_\_\_\_ **cm**
3. Wie alt sind Sie? \_\_\_\_\_ **Jahren**
4. Wie viel wiegen Sie? \_\_\_\_\_ **kg**
4. Welches war Ihr niedrigstes (Erwachsenen-)Gewicht? \_\_\_\_\_ **kg**
- Das war vor \_\_\_\_\_ **Jahren**
- Das war vor \_\_\_\_\_ **Monaten**
5. Welches war Ihr höchstes Gewicht? \_\_\_\_\_ **kg**
- Das war vor \_\_\_\_\_ **Jahren**
- Das war vor \_\_\_\_\_ **Monaten**
6. Welches ist Ihr Schulabschluss?
- Hauptschule ohne Lehre
- Hauptschule mit Lehre
- Weiterführende Schule
- Abitur/ Hochschule
7. Wie ist Ihre Lebenssituation?
- Ich lebe alleine.
- Ich lebe mit Kind/ Kindern.
- Ich lebe mit Partner.
- Ich lebe mit Partner und Kind/ Kindern.
- Ich lebe bei den Eltern.
- Keine der angeführten

Für die Fragen 9 – 16 bitte Zustimmung oder Ablehnung ankreuzen:

	trifft zu	trifft nicht zu
9. Ich kann mich bei einem leckeren Duft nur schwer vom Essen zurückhalten, auch wenn ich vor kurzer Zeit erst gegessen habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ich esse gewöhnlich zu viel, wenn ich in Gesellschaft bin, z.B. bei Festen und Einladungen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich bin meistens so hungrig, dass ich öfter zwischen den Mahlzeiten esse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Wenn ich die Kalorienmenge erreicht habe, die ich mir als Grenze gesetzt habe, gelingt es mir meistens mit dem Essen aufzuhören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Weil ich zu großen Appetit habe, fällt es mir schwer, eine Diät einzuhalten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Ich esse absichtlich kleine Portionen, um nicht zuzunehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Manchmal schmeckt es mir so gut, dass ich weiter esse, obwohl ich schon satt bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Manchmal wünsche ich mir, dass mir ein Fachmann sagt, ob ich satt bin oder noch mehr essen darf.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

	trifft zu	trifft nicht
17. Wenn ich ängstlich oder angespannt bin, fange ich oft an zu essen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Das Leben ist zu kurz, um sich auch noch mit Diät herumzuschlagen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich habe schon mehr als einmal eine Schlankheitsdiät gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Oft habe ich ein so starkes Hungergefühl, dass ich einfach etwas essen muss.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Wenn ich mit jemandem zusammen bin, der kräftig isst, esse ich meistens zu viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22. Bei den üblichen Nahrungsmitteln kenne ich ungefähr den Kaloriengehalt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23. Wenn ich mal mit dem Essen begonnen habe, kann ich manchmal nicht mehr aufhören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24. Mir fällt es nicht schwer, Essensreste einfach übrig zu lassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25. Zu den üblichen Essenszeiten bekomme ich automatisch Hunger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26. Wenn ich bei einer Diät „sündige“, dann halte ich mich anschließend beim Essen zurück, um wieder auszugleichen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27. Wenn andere in meiner Gegenwart essen, möchte ich mitessen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28. Wenn ich Kummer habe, esse ich oft zu viel.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29. Essen macht mir viel Spaß, und ich will es mir nicht durch Kalorienzählen oder Gewichtskontrollen verderben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30. Wenn ich leckere Dinge sehe, kriege ich häufig solchen Appetit, dass ich sie sofort esse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
31. Häufig höre ich auf zu essen, obwohl ich noch gar nicht richtig satt bin.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32. Mein Magen kommt mir oft wie ein „Fass ohne Boden“ vor.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
33. In den letzten zehn Jahren hat sich mein Gewicht so gut wie nicht verändert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34. Da ich ständig Appetit habe, fällt es mir schwer, mit dem Essen aufzuhören, bevor der Teller leer ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
35. Wenn ich mich einsam fühle, tröste ich mich mit Essen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36. Ich halte mich beim Essen bewusst zurück, um nicht zuzunehmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
37. Spätabends oder in der Nacht bekomme ich manchmal großen Hunger.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38. Ich esse alles, was ich möchte und wann ich es will.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39. Ich esse eher langsam, ohne groß darüber nachzudenken.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

	trifft zu	trifft nicht
40. Ich zähle Kalorien, um mein Gewicht unter Kontrolle zu halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41. Bestimmte Nahrungsmittel meide ich, weil sie dick machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42. Ich könnte zu jeder Tageszeit essen, da ich ständig Appetit habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43. Ich achte sehr auf meine Figur.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44. Wenn ich während einer Diät etwas „Unerlaubtes“ esse, dann denke ich oft „Jetzt ist es auch egal“, und dann lange ich erst recht zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Für die Fragen 45 – 57 bitte ankreuzen, was am ehesten auf Sie zutrifft:

	immer	oft	Selten	Nie
45. Haben Sie auch zwischen den Essenszeiten Hungergefühle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46. Wenn Sie zu viel gegessen haben, bringen Sie Gewissensbisse dazu, sich eher zurückzuhalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47. Wäre es schwierig für Sie, eine Mahlzeit mittendrin zu unterbrechen und dann vier Stunden lang nichts mehr zu essen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48. Achten Sie darauf, dass Sie keinen Vorrat an verlockenden Lebensmitteln haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49. Kaufen Sie häufig kalorienarme Lebensmittel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50. Essen Sie kontrolliert, wenn Sie mit anderen zusammen sind, und lassen Sie sich dann gehen, wenn Sie alleine sind?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51. Essen Sie bewusst langsam, um Ihre Nahrungsaufnahme einzuschränken?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52. Wie oft verzichten Sie auf Nachtisch, weil Sie keinen Appetit mehr haben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53. Wie häufig kommt es vor, dass Sie bewusst weniger essen, als Sie gern möchten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54. Kommt es vor, dass Sie Essen verschlingen, obwohl Sie nicht hungrig sind?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55. Trifft diese Aussage auf ihr Essverhalten zu? „Morgens halte ich noch Diät, aber durch die Tagesereignisse bin ich abends so weit, dass ich wieder esse, was ich will. Ich nehme mir dann vor, ab morgen standhaft zu bleiben.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

	immer	oft	Selten	Nie
56. Würden Sie Ihre Lebensweise ändern, wenn Sie eine Gewichtsveränderung von fünf Pfund feststellten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57. Achten Sie darauf, was Sie essen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

58. Kreuzen Sie an, was auf Ihr Essverhalten zutrifft (nur eine Antwort!):

- Ich esse, was ich will, wann ich will.
- Ich esse gewöhnlich, was ich will, wann ich will.
- Ich esse oft, was ich will, wann ich will.
- Ich halte mich ebenso oft zurück wie ich nachgebe.
- Ich halte mich gewöhnlich zurück, gebe selten nach.
- Ich halte mich durchweg zurück, gebe nicht nach.

59. Wie häufig haben Sie bereits Schlankheitsdiäten gemacht?

- 1 – 3mal
- 4 – 8mal
- 9 – 15mal
- mehr als 15mal
- In regelmäßigen Abständen
- Ich halte so gut wie immer Diät.
- Noch nie

Bei der Frage 60 bitte Zutreffendes ankreuzen. Es sind mehrere Angaben möglich!

60. Was bereitet Ihnen in Ihrem Essverhalten die größten Schwierigkeiten?

- Verlangen nach Süßem
- Alkoholische Getränke
- Essen in Gesellschaft
- Langeweile
- Stress
- Plötzlicher Heißhunger
- Ständiges Kalorienzählen
- Ich traue mich nicht, mich satt zu essen.
- Ich habe keine Schwierigkeiten.

VP-Code: \_\_\_\_\_

Aktivität(k)

Datum: \_\_\_\_\_

Für die folgenden Fragen zu Ihrer körperlichen Aktivität werden Sie gebeten anzugeben, was **im Allgemeinen** auf Sie zutrifft. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte versuchen Sie dennoch, so genau und so zutreffend wie möglich zu antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange.

<p><b>Sie sind ...</b></p> <p><input type="checkbox"/> angestellt</p> <p><input type="checkbox"/> verbeamtet</p> <p><input type="checkbox"/> selbstständig</p> <p><input type="checkbox"/> Rentner/ in</p> <p><input type="checkbox"/> Sonstiges _____</p>																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="padding: 5px;"><b>Ihre berufliche oder tägliche Tätigkeit ist ...</b></th> <th style="padding: 5px;">nie</th> <th style="padding: 5px;">selten</th> <th style="padding: 5px;">manchmal</th> <th style="padding: 5px;">oft</th> <th style="padding: 5px;">Immer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Sitzend</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td style="padding: 5px;">Stehend</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Gehend</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td style="padding: 5px;">Körperlich schwer</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Schwitzen bei der Arbeit</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td style="padding: 5px;">Müdigkeit nach der Arbeit</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						<b>Ihre berufliche oder tägliche Tätigkeit ist ...</b>	nie	selten	manchmal	oft	Immer	Sitzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Körperlich schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schwitzen bei der Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Müdigkeit nach der Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ihre berufliche oder tägliche Tätigkeit ist ...</b>	nie	selten	manchmal	oft	Immer																																										
Sitzend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Stehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Gehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Körperlich schwer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Schwitzen bei der Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Müdigkeit nach der Arbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
<p><b>Wenn Sie sich mit Altersgleichen vergleichen, ist Ihre Arbeit körperlich ...</b></p> <p><input type="checkbox"/> viel schwerer</p> <p><input type="checkbox"/> schwerer</p> <p><input type="checkbox"/> genauso schwer</p> <p><input type="checkbox"/> leichter</p> <p><input type="checkbox"/> viel leichter</p>																																															
<p><b>Wie viele Minuten pro Tag laufen Sie bzw. fahren Sie Fahrrad (z.B. zur Arbeit, zum Einkaufen)?</b></p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 5</p> <p><input type="checkbox"/> 5 – 15</p> <p><input type="checkbox"/> 15 – 30</p> <p><input type="checkbox"/> 30 – 45</p> <p><input type="checkbox"/> &gt; 45</p>																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th style="padding: 5px;"><b>In Ihrer Freizeit ...</b></th> <th style="padding: 5px;">nie</th> <th style="padding: 5px;">selten</th> <th style="padding: 5px;">manchmal</th> <th style="padding: 5px;">oft</th> <th style="padding: 5px;">Immer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Schwitzen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td style="padding: 5px;">Sport</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Fernsehen/Computer/ Internet</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td style="padding: 5px;">Spaziergehen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Fahrradfahren</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>						<b>In Ihrer Freizeit ...</b>	nie	selten	manchmal	oft	Immer	Schwitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fernsehen/Computer/ Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Spaziergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fahrradfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<b>In Ihrer Freizeit ...</b>	nie	selten	manchmal	oft	Immer																																										
Schwitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Sport	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Fernsehen/Computer/ Internet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Spaziergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Fahrradfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

<p><b>Wenn Sie sich mit Altersgleichen vergleichen, ist Ihre körperliche Aktivität in der Freizeit ...</b></p> <p><input type="checkbox"/> viel schwerer</p> <p><input type="checkbox"/> schwerer</p> <p><input type="checkbox"/> genauso schwer</p> <p><input type="checkbox"/> leichter</p> <p><input type="checkbox"/> viel leichter</p>
<p><b>Treiben Sie Sport?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja      wenn Ja, welche Sportart <b>hauptsächlich</b>? _____</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p>Wie viele Stunden pro Woche insgesamt?</p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 1   <input type="checkbox"/> 1 – 2   <input type="checkbox"/> 2 – 3   <input type="checkbox"/> 3 – 4   <input type="checkbox"/> &gt; 4</p> <p>Wie viele Monate im Jahr insgesamt?</p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 1   <input type="checkbox"/> 1 – 3   <input type="checkbox"/> 4 – 6   <input type="checkbox"/> 7 – 9   <input type="checkbox"/> &gt; 9</p>
<p><b>Treiben Sie weitere Sportarten?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja      wenn Ja, welche? _____</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p> <p>Wie viele Stunden pro Woche insgesamt?</p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 1   <input type="checkbox"/> 1 – 2   <input type="checkbox"/> 2 – 3   <input type="checkbox"/> 3 – 4   <input type="checkbox"/> &gt; 4</p> <p>Wie viele Monate im Jahr insgesamt?</p> <p><input type="checkbox"/> &lt; 1   <input type="checkbox"/> 1 – 3   <input type="checkbox"/> 4 – 6   <input type="checkbox"/> 7 – 9   <input type="checkbox"/> &gt; 9</p>

## Aktivität(t)

Für die folgenden Fragen zu Ihrer körperlichen Aktivität werden Sie gebeten anzugeben, was **im Allgemeinen** auf Sie zutrifft. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Bitte versuchen Sie dennoch, so genau und so zutreffend wie möglich zu antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange.

	trifft völlig zu	trifft meistens zu	trifft zu	trifft selten zu	trifft nicht zu
1. Um meine beruflichen/alltäglichen Ziele zu erreichen, wähle ich einen möglichst einfachen Weg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ich gehe beruflichen/alltäglichen Auseinandersetzungen aus dem Weg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Ich Sorge dafür, dass mein berufliches/alltägliches Umfeld stets ordentlich /aufgeräumt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ich treffe beruflich Entscheidungen, auch wenn sich daraus für mich oder andere Nachteile ergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	trifft völlig zu	trifft meistens zu	trifft zu	trifft selten zu	trifft nicht zu

# Anhang

VP-Code: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

5. Ich suche Gespräche mit meinen Kollegen/anderen Hausfrauen, um mich und meine Arbeitsleistung zu verbessern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Ich freue mich darauf, im Beruf/Alltag Neues zu lernen und mich dadurch zu verbessern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Wenn ich mich mit Altersgleichen vergleiche, bin ich generell „bequemer“ als meine Arbeitskollegen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Wenn es mir möglich ist, vermeide ich Bewegung im Alltag.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Wenn ich koche, verwende ich überwiegend „frische Zutaten“ und weniger Fertigprodukte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Um meine persönlichen privaten Ziele zu erreichen, wähle ich einen möglichst einfachen Weg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ich gehe privaten Auseinandersetzungen/Konflikten aus dem Weg.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Ich Sorge dafür, dass mein privates Umfeld stets ordentlich/aufgeräumt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. Ich treffe privat Entscheidungen, auch wenn sich daraus Nachteile ergeben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Wenn es mir möglich ist, versuche ich, in meiner Freizeit andere Menschen persönlich zu treffen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Ich freue mich darüber, in meiner Freizeit Neues zu lernen und/oder neue Erfahrungen zu machen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Ich informiere mich über die Qualität von Lebensmitteln.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Ich nutze neue Medien und spare dadurch Zeit.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Auch im Urlaub stehe ich gerne mal früh auf, um den Tag zu nutzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Ich unterstütze soziale Projekte/Gruppen bzw. bin ehrenamtlich tätig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20. Wenn ich mich mit Altersgleichen vergleiche, bin ich generell „bequemer“ als meine Freunde/Bekanntnen/Verwandten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21. Wie viel Zeit benötigen Sie, um den Haushalt (Kochen, Waschen, Putzen, Einkaufen etc.) zu erledigen? (Stunden pro Woche)	<input type="checkbox"/> <10	<input type="checkbox"/> 10-20	<input type="checkbox"/> 20-30	<input type="checkbox"/> 30-40	<input type="checkbox"/> >40
22. Wie viel Zeit benötigen Sie, um die Hausarbeit (handwerkliche Tätigkeiten/Kleinarbeiten, Gartenarbeit, Reparaturen etc.) zu erledigen? (Stunden pro Woche)	<input type="checkbox"/> <1	<input type="checkbox"/> 1-3	<input type="checkbox"/> 4-6	<input type="checkbox"/> 7-9	<input type="checkbox"/> >9
23. Sie wohnen... ... in einer Wohnung <input type="checkbox"/> ... in einem Haus <input type="checkbox"/> ... mit wie vielen Personen inkl. Ihnen? _____					

## Anhang F. Probandenausweis mit Informationen zu Hypoglykämien

Wissenschaftliche Studie

**Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität –  
Interindividuelle Unterschiede und intraindividuelle Dynamiken**

Probandenausweis



JOHANNES GUTENBERG  
UNIVERSITÄT MAINZ

Frau/ Herr \_\_\_\_\_

hat am \_\_\_\_\_ an der Studie "Selbstregulation, Glukose und Herzratenvariabilität – Interindividuelle Unterschiede und intraindividuelle Dynamiken" teilgenommen.

Die Studie wird von der Abteilung Gesundheitspsychologie des Psychologischen Instituts der Johannes Gutenberg-Universität in Kooperation mit der Abteilung Endokrinologie und Stoffwechsellkrankheiten der Universitätsmedizin durchgeführt.

Aufgrund der anonymisierten Datenerhebung wurde dem Probanden die Probandennummer \_\_\_\_\_ zugewiesen.

Eine Zuordnung der erhobenen Daten zu Name und persönlichen Daten des Probanden ist nur mithilfe dieses Probandenausweises möglich.

Bei Rückfragen oder unerwarteten Problemen nach der Teilnahme stehen wir Ihnen unter unten stehenden Kontaktdaten zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Fachbereich 02: Sozialwissenschaften,  
Medien und Sport

Psychologisches Institut

[www.gesundheit.psychologie.uni-mainz.de](http://www.gesundheit.psychologie.uni-mainz.de)

### Hinweise für die Zeit nach der Teilnahme

Sie haben während der Untersuchung Insulin verabreicht bekommen, ein Hormon, was ein Absinken des Blutzuckers verursacht. In einzelnen Fällen kann es möglich sein, dass dies auch noch nach der Untersuchung passiert. Daher ist es wichtig, über die Nahrung genügend Kohlehydrate aufzunehmen. Wir empfehlen Ihnen daher, noch eine vollwertige Mahlzeit nach der Entlassung einzunehmen und später im Tagesverlauf noch eine weitere Mahlzeit einzunehmen. Zur weiteren Eindämmung des Restrisikos empfehlen wir Ihnen, eine kleine Zwischenmahlzeit (ein Stück Obst, einen Müsliriegel, eine Scheibe Brot, o.ä.) pro Stunde zusätzlich zu verzehren. Erwartungsgemäß müsste dadurch der Gefahr einer Hypoglykämie vorgebeugt werden können. In Ausnahmen kann es dennoch dazu kommen.

Zudem bitten wir Sie, den Rest des Tages (bis ca. 21 Uhr) nicht alleine zu verbringen, sodass im Notfall Hilfe anwesend ist. Klären Sie die anwesende Person bitte darüber auf, dass das Risiko besteht, dass Sie eine Hypoglykämie erleiden und dass es sinnvoll sein kann, dass die Person darauf achtet, ob sie Symptome an Ihnen feststellen kann. Zudem sollten Sie keinen Alkohol oder sonstige Drogen zu sich nehmen, keine sportliche Aktivität ausführen und sich nicht stark psychisch oder physisch belasten.

### Woran erkenne ich eine Hypoglykämie (niedriger Blutzucker)?

Die häufigsten Symptome können sein:

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| - Heißhunger                 | - Schwitzen              |
| - Übelkeit                   | - Zittern                |
| - Erbrechen                  | - Kopfschmerzen          |
| - Nervosität oder Unwohlsein | - Reizbarkeit            |
| - Herzrasen                  | - Konzentrationsschwäche |

Es ist wichtig, dass Sie in der Lage sind, diese Symptome zu bemerken. Daher bitten wir Sie, im Laufe des heutigen Tages nicht zu schlafen und nicht vor 22 Uhr zu Bett zu gehen.

### Was tue ich, wenn ich diese Symptome bemerke?

- Einnahme von 2 Täfelchen Traubenzucker und Verzehr von 1 Scheibe Brot, 1 Brezel oder vergleichbaren kohlehydratreichen Lebensmitteln
- In der nachfolgenden Zeit aufmerksam auf erneute Symptome achten und ggf. erneute Einnahme von Traubenzucker und kohlehydratreicher Mahlzeit

Dies ist wichtig, da es bei fehlenden Gegenmaßnahmen (Kohlenhydratzufuhr) zu schwereren Unterzuckerungen und im Ernstfall zu Bewusstseinsverlust und Krampfanfällen kommen kann.

### Was tue ich im Ernstfall?

In der Regel werden Sie Symptome einer Hypoglykämie schon in einem ungefährlichen Blutzuckerbereich verspüren und dementsprechend reagieren. Im Ernstfall (das bedeutet, Sie verspüren so starke Symptome, dass Sie in Ihrer Handlungsmöglichkeit eingeschränkt sind) ist allerdings die Notrufnummer zu wählen (112).

### Bis wann sind die Symptome zu erwarten?

Da Sie schon vor Ort mit einer kohlehydratreichen Mahlzeit versorgt werden und sich auch nach der Entlassung mit Nahrung ausreichend versorgen sollen (das bedeutet: am Untersuchungstag mindestens noch zwei weitere Mahlzeiten einnehmen, davon eine Hauptmahlzeit), ist in der Regel nicht von Hypoglykämiesymptomen auszugehen. Es ist allerdings nicht komplett auszuschließen, dass dies doch vorkommt. Aller Voraussicht nach sollte dies nicht mehr nach 6 Stunden nach Beendigung der Untersuchung passieren.

## Anhang

### Anhang G. Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe, Versionen für Kontroll- und Experimentalgruppe

#### **Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe**

VP-Nr: \_\_\_\_\_ K

Lieber Versuchsteilnehmer, liebe Versuchsteilnehmerin,

im Folgenden werden Sie eine unsystematische Wortreihe dargeboten bekommen und Ihre Aufgabe ist es, alle vorhandenen Buchstaben „e“ herauszustreichen.

Dafür bitten wir Sie, so schnell und konzentriert wie möglich zu arbeiten.

Die anstehende Aufgabe ist unterteilt in einen Übungsdurchgang und in die eigentliche Aufgabe. Bitte achten Sie nach Bearbeitung des Übungsdurchgangs die jeweilige Instruktion zu Beginn der eigentlichen Aufgabe.

Der Versuchsleiter wird die Zeit für die Bearbeitung von je drei Zeilen festlegen und stoppen. Sie werden nach einem bestimmten Zeitintervall aufgefordert, die nächsten drei Zeilen zu bearbeiten. Bitte beginnen Sie die Bearbeitung eines Zeilenblocks erst, wenn sie „los“ hören und beenden Sie den Zeilenblock, wenn Sie „stopp“ hören.

#### **Übungsdurchgang**

Bitte streichen Sie aus den folgenden Wörtern alle „e“s durch.

-----  
Katze Hund See Teich Mobiltelefon Computer Terminbuch Obst Schreibtisch Markt Telefon  
Tapete Haus Schifffahrt Finger Luft Teekanne Bleistift Kugelschreiber Überweisung  
Lampenschirm Internet Baumschule Kinderwagen Erdbeere Künstler Bahnhof Arbeit essen  
Brotdose Teppichboden Elektrizität Fremdwort Seitenumbruch Kalenderblatt Apfelkerne  
Buchrücken Tiere Garten streicheln Asien vegetarisch Display Freund Schere  
Weinrebe Onlineversand Tageszeitung Sportlehrerin Rabenmutter Kinder Spezifizierung

## Anhang

**Nun beginnt die eigentliche Aufgabe.**

**Bitte streichen Sie auch beiden folgenden Wörtern alle „e“s aus.**

---

Chiphersteller Monopol Strategie Partei Kaffee Kugel Ausschnitt Leute Forschung Farbe  
Breite Utensil Währung Sperre verquirlen wortgetreu Abstammung Fabrik Umleitung  
Kontakt Mengenbegriff Pyrotechniker Seminar Welt Mensa Überprüfbarkeit Deutlichkeit

Vorrat Großeltern Überraschenderweise Medium Nussbaumholz Absenkung Item  
Szenesprache Minute Aprikose Chiffon Semesteranfang deutschsprachig Marker  
Thermalwasser Reiter Metamorphose Pyjama Veröffentlichung Überschaubarkeit

Wimpernverlängerung Fachhochschule Quizveranstaltung Putzeimer Reisen Nutzenanwendung  
Zahn Zimtschnecke Absolutheit Tofu Atmosphäre Deutung Nussknacker Peru Kriterium  
Mode Chilipulver Macadamianuss Ozean Radfahrweg Umleitung Semantik Violett Restaurant

Fuß Junioreneuropameisterschaft Ananas Veröffentlichung Maßnahme Überblick Baby  
Überbegriff Schwimmvogel Darstellung Eisen Huhn einrichten Verpackungskünstler Zeichen  
See Übernachtung Vulkaninsel Überschallgeschwindigkeit Hahn Vieraugengespräch

Eisenbahn Bahnhof Zusammensetzung Zug Szenenwechsel Kamera Pfeil Brotkorb  
Vermittlungsverfahren Pause Bratenschlauch kalendarisch Anzug Paket Päckchen  
Überweisung Geschichte Würzmischung verrutschen Aberglaube Maismehl weiß

Jäckchen Geißbock Deutschland Tropfen Glasfassade Füllwort Membran Tastatur  
Jeanshose Menschenansammlung Bevölkerung Zeugnis Vogelhaus System Theologe Puzzle  
Farbendrucker Eisschale Portionierer Bagel Brücke Gespräch Vater Bergabenteuer Erde

## Anhang

Fotografen Bierbrauerei Verpflegung Absolvent Präteritum Wolkenansammlung Beil

Zimmernachbar Hotel Pinnwand Nagelfeile Zellstoffwechsel Yuccapalme Meute Rolle

Lederimitat Inferenzstatistik Ökologiereferat Vignette Euphemismus Proletariat Hund

Stifthalter Fotografie Rohrreiniger Toilette Bildschirm Strichcode rechtmäßig

Tastendruck Versandkosten Buchladen Armbeuge Flugbegleiter Absender Kaugummi rein

Strickjacke Handcreme Schuhsohlen Wochenmarkt Taubenschlag Meisenknödel Stunde

Arbeitsamt Begabtenförderung Vaterland Petersilie Tagebuch Tibet Araber Suppe

Vogelfutter Kontaktlinsen Katzentoailette Abrissbirne Nagellack Telefonhörer Pseudo

Bratpfanne Kochtopf Festplatte Seitenumbruch Boden Ringbuch Vorhangstange Leumund

Kartoffelschäler Zementmischmaschine Zusammenbruch Taskleiste Trinkschokolade Pferd

Zeh Geschenkband Weihnachtsbaum Sonnenschein Breakdown Knutschfleck Eigenschaft

Plasmabildschirm Verkehrskauffrau Reibekuchen Hamburg Basel Freiburg Berlin Lörrach

Cerebralparese Lutschbonbon Räuber Wüstenbewohner Rettich Mohrrübe Strandsand

Weltkulturerbe Wurm Rechtmäßigkeit Taxifahrer Lastwagen Wogen Schaum privilegiert

Pastinake Blumenkohl Brokkoli Bratapfel Pfauenauge Wörterverzeichnis Aktie teilnehmen

Schutzhülle Mensch Papaya Mogelpackung Federkleid Countdown Regelwerk Montage

Bilderbuch Rollladen Champagner Lästerei Repetitorium Neuigkeit Teleshopping Berg

Fußballspieler Forderung einleiten Fälligkeitstermin Arzneimittel Raclette Tschechei

Dezemberabend fachbereichsübergreifend Sellerie Kuvertüre Schnee Maus Steckdose

Absprunglinie Kabine Semmelmehl Fragestellung Radartechnikerin zweiseitige

Persönlichkeitsentwicklung Phrase Abseitsposition Fachbegriff Baumrinde Präsentation

## Anhang

Anzug erklären spielen Boot zerzausen Bewegung Leitlinien Berufe Nussbaumholz

Reaktion Perserkatze Maus Labyrinth Satellitenaufnahme Termin Ziege reinigen darauf

Marmelade Kuppel Kugelschreiber Werbung Abstimmung Zielort Handy Facette Roman

Güte Saal Verhalten Perückenmacher Quote Jupiter Note pyramidenförmig Momente

Bewertung Selektion Dromedar Rede Wachheit Tournee rutschfest definieren kalt

Ziegelstein warm rustikal Zimmergenosse eisenhaltig saphirblau überbacken Jachtclub

**Buchstaben-Ausstreich-Aufgabe**

VP-Nr: \_\_\_\_\_ E

Lieber Versuchsteilnehmer, liebe Versuchsteilnehmerin,

im Folgenden werden Sie eine unsystematische Wortreihe dargeboten bekommen und Ihre Aufgabe ist es, alle vorhandenen Buchstaben „e“ herauszustreichen.

Dafür bitten wir Sie, so schnell und konzentriert wie möglich zu arbeiten.

Die anstehende Aufgabe ist unterteilt in einen Übungsdurchgang und in die eigentliche Aufgabe. Bitte achten Sie nach Bearbeitung des Übungsdurchgangs die jeweilige Instruktion zu Beginn der eigentlichen Aufgabe.

Der Versuchsleiter wird die Zeit für die Bearbeitung von je drei Zeilen festlegen und stoppen. Sie werden nach einem bestimmten Zeitintervall aufgefordert, die nächsten drei Zeilen zu bearbeiten. Bitte beginnen Sie die Bearbeitung eines Zeilenblocks erst, wenn sie „los“ hören und beenden Sie den Zeilenblock, wenn Sie „stopp“ hören.

**Übungsdurchgang**

Bitte streichen Sie aus den folgenden Wörtern alle „e“s durch.

-----

Katze Hund See Teich Mobiltelefon Computer Terminbuch Obst Schreibtisch Markt Telefon  
Tapete Haus Schifffahrt Finger Luft Teekanne Bleistift Kugelschreiber Überweisung  
Lampenschirm Internet Baumschule Kinderwagen Erdbeere Künstler Bahnhof Arbeit essen  
Brotdose Teppichboden Elektrizität Fremdwort Seitenumbruch Kalenderblatt Apfelkerne  
Buchrücken Tiere Garten streicheln Asien vegetarisch Display Freund Schere  
Weinrebe Onlineversand Tageszeitung Sportlehrerin Rabenmutter Kinder Spezifizierung

### **Nun beginnt die eigentliche Aufgabe.**

---

Bitte streichen Sie wieder die „e“s durch, **außer** den „e“s, die

- durch einen Vokal (a, e, i, o, u, ä, ü, ö) gefolgt werden
  - oder bei denen der Buchstabe, der zwei Stellen vor dem „e“ ist, ein Vokal ist.
- 

Chiphersteller Monopol Strategie Partei Kaffee Kugel Ausschnitt Leute Forschung Farbe  
Breite Utensil Währung Sperre verquirlen wortgetreu Abstammung Fabrik Umleitung  
Kontakt Mengenbegriff Pyrotechniker Seminar Welt Mensa Überprüfbarkeit Deutlichkeit

Vorrat Großeltern Überraschenderweise Medium Nussbaumholz Absenkung Item  
Szenesprache Minute Aprikose Chiffon Semesteranfang deutschsprachig Marker  
Thermalwasser Reiter Metamorphose Pyjama Veröffentlichung Überschaubarkeit

Wimpernverlängerung Fachhochschule Quizveranstaltung Putzeimer Reisen Nutzenanwendung  
Zahn Zimtschnecke Absolutheit Tofu Atmosphäre Deutung Nussknacker Peru Kriterium  
Mode Chilipulver Macadamianuss Ozean Radfahrweg Umleitung Semantik Violett Restaurant

Fuß Junioreneuropameisterschaft Ananas Veröffentlichung Maßnahme Überblick Baby  
Überbegriff Schwimmvogel Darstellung Eisen Huhn einrichten Verpackungskünstler Zeichen  
See Übernachtung Vulkaninsel Überschallgeschwindigkeit Hahn Vieraugengespräch

Eisenbahn Bahnhof Zusammensetzung Zug Szenenwechsel Kamera Pfeil Brotkorb  
Vermittlungsverfahren Pause Bratenschlauch kalendarisch Anzug Paket Päckchen  
Überweisung Geschichte Würzmischung verrutschen Aberglaube Maismehl weiß

Jäckchen Geißbock Deutschland Tropfen Glasfassade Füllwort Membran Tastatur  
Jeanshose Menschenansammlung Bevölkerung Zeugnis Vogelhaus System Theologe Puzzle  
Farbendrucker Eisschale Portionierer Bagel Brücke Gespräch Vater Bergabenteuer Erde

## Anhang

Fotografen Bierbrauerei Verpflegung Absolvent Präteritum Wolkenansammlung Beil  
Zimmernachbar Hotel Pinnwand Nagelfeile Zellstoffwechsel Yuccapalme Meute Rolle  
Lederimitat Inferenzstatistik Ökologiereferat Vignette Euphemismus Proletariat Hund

Stifthalter Fotografie Rohrreiniger Toilette Bildschirm Strichcode rechtmäßig  
Tastendruck Versandkosten Buchladen Armbeuge Flugbegleiter Absender Kaugummi rein  
Strickjacke Handcreme Schuhsohlen Wochenmarkt Taubenschlag Meisenknödel Stunde

Arbeitsamt Begabtenförderung Vaterland Petersilie Tagebuch Tibet Araber Suppe  
Vogelfutter Kontaktlinsen Katzentoailette Abrissbirne Nagellack Telefonhörer Pseudo  
Bratpfanne Kochtopf Festplatte Seitenumbruch Boden Ringbuch Vorhangstange Leumund

Kartoffelschäler Zementmischmaschine Zusammenbruch Taskleiste Trinkschokolade Pferd  
Zeh Geschenkband Weihnachtsbaum Sonnenschein Breakdown Knutschfleck Eigenschaft  
Plasmabildschirm Verkehrskauffrau Reibekuchen Hamburg Basel Freiburg Berlin Lörrach

Cerebralparese Lutschbonbon Räuber Wüstenbewohner Rettich Mohrrübe Strandsand  
Weltkulturerbe Wurm Rechtmäßigkeit Taxifahrer Lastwagen Wogen Schaum privilegiert  
Pastinake Blumenkohl Brokkoli Bratapfel Pfauenauge Wörterverzeichnis Aktie teilnehmen

Schutzhülle Mensch Papaya Mogelpackung Federkleid Countdown Regelwerk Montage  
Bilderbuch Rollladen Champagner Lästerei Repetitorium Neuigkeit Teleshopping Berg  
Fußballspieler Forderung einleiten Fälligkeitstermin Arzneimittel Raclette Tschechei

Dezemberabend fachbereichsübergreifend Sellerie Kuvertüre Schnee Maus Steckdose  
Absprunglinie Kabine Semmelmehl Fragestellung Radartechnikerin zweiseitige  
Persönlichkeitsentwicklung Phrase Abseitsposition Fachbegriff Baumrinde Präsentation

## Anhang

Anzug erklären spielen Boot zerzausen Bewegung Leitlinien Berufe Nussbaumholz

Reaktion Perserkatze Maus Labyrinth Satellitenaufnahme Termin Ziege reinigen darauf

Marmelade Kuppel Kugelschreiber Werbung Abstimmung Zielort Handy Facette Roman

Güte Saal Verhalten Perückenmacher Quote Jupiter Note pyramidenförmig Momente

Bewertung Selektion Dromedar Rede Wachheit Tournee rutschfest definieren kalt

Ziegelstein warm rustikal Zimmergenosse eisenhaltig saphirblau überbacken Jachtclub

Anhang H. Informationsblatt des Herstellers zum Glucostator

**Glucostator**

Die kontinuierliche Glukose- Stoffwechsel- Kontrolle

**1. Einführung**

Die Bedeutung der kontinuierlichen Glukose-Kontrolle nimmt einen ständig wachsenden Stellenwert im Bereich der Stoffwechselkontrolle ein. Der Glukose-Stoffwechsel ist letztendlich nicht nur für die allgemeine Endokrinologie ein, diagnostisch und therapeutisch gesehen, wichtiger Parameter, sondern auch in der Intensiv Medizin (ICU) und in der Auswertung wissenschaftlicher Fragestellungen, wird es immer wichtiger, die Parameter des Glukose-Stoffwechsels zeitnah und kontinuierlich zu erfassen.

Die kontinuierliche Messung der Blutglukose hat sich seit der Entwicklung elektro-chemischer Sensoren und entsprechend präziser Messmethoden ständig verbessert. Durch neue Techniken lässt sich heute eine Messgenauigkeit von ca.  $\pm 5\%$  erzielen, auch bei BZ- Langzeit-Profilen.

**2. Funktionsbeschreibung**



Der **Glucostator** nutzt das Prinzip der kontinuierlichen Blutzuckermessung und bietet darauf aufbauend eine zeitnahe Feedback- Kontrolle. Dem Patienten / Probanden werden über ein spezielles Kathetersystem während der Anwendung kleinste Blutmengen (1 ml/h) entnommen. Nach Aufbereitung und Vermischung mit einer Pufferlösung wird das Blut- / Puffergemisch einem hochempfindlichen Glukose-sensor zugeführt. Aus 120 Einzelmessungen wird ein über eine Minute gemittelter Blutzuckerwert errechnet und numerisch angezeigt. Die Blutzuckerwerte werden in einer Datei im **Glucostator** gespeichert und als Blutzuckerkurve graphisch dargestellt.

In den Funktionsmodi mit blutzucker-gesteuerter Rückkoppelung werden aus den ermittelten Blutzuckerwerten, in Verbindung mit den durch den Anwender festgelegten Programm-Parametern, die erforderlichen Infusionsraten für die

Insulin- und Glukose- Therapie berechnet und venös infundiert. Die Insulin- und Glukosekonzentration der Infusionen kann frei gewählt werden.

Nach Abschluss einer Anwendung steht zur weiteren Auswertung eine Datei zu Verfügung, in der über den gesamten Zeitraum hinweg alle wichtigen Informationen gespeichert sind: Datum, Uhrzeit, BZ-Wert, aktuelle Insulinrate- Gesamtmenge, aktuelle Glukoserate- Gesamtmenge, Benutzermotiv.

**3. Einsatzmöglichkeiten**

Der Glucostator wird u.a. eingesetzt in

- Pharmakologischen Studien, z.B. pharmakokinetische Untersuchungen, Wirkung von Insulinpräparaten
- Erforschung der Insulin-Sensitivität (bestimmter Präparate)
- Untersuchungen von Insulin-Resistenzen
- Steuerung und Überwachung von Studien im Hyper- und Hypoglykämischen Bereich
- Sport- und Leistungsmedizin
- Entwicklung einer künstlichen Beta-Zelle
- Evaluierung von s.c. Messsystemen
- und noch vielen weiteren Anwendungsgebieten ...

**4. Funktionen**

Der Glucostator bietet drei unterschiedliche Anwendungsformen zur Behandlung von Patienten an:

1. **BZ- Profil:**  
Das BZ- Profil beinhaltet die reine kontinuierliche Blutzucker-messung: Die ermittelten BZ- Minutenwerte werden übersichtlich in einer BZ- Kurve dargestellt.
2. **Intensiv Behandlung:**  
Durch die Regulierung von Insulin- und Glukoseinfusion bringt der Glucostator den Blutzuckerspiegel des Patienten auf den vom Anwender eingestellten Wert und hält ihn stabil.
3. **Clamp Modus:**  
Wurde speziell für wissenschaftliche Studien entwickelt: Der vom Anwender vorgegebene BZ- Spiegel des Patienten / Probanden wird durch Variation der Glukoseinfusion erreicht – bei fix eingestellter Insulininfusionsrate.



Bild 2: Hauptmenü des Programms

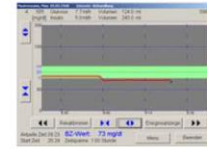


Bild 3: Oberfläche einer Applikation

Anschließende Auswertungen lassen sich leicht an Rechnern mit einem Tabellenkalkulationsprogramm vornehmen (Bild 4).

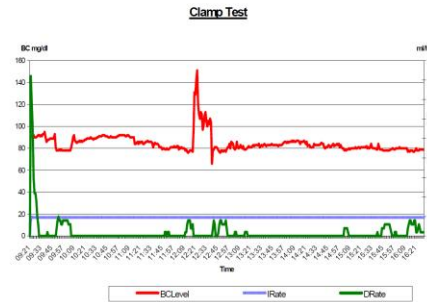


Bild 4: Auswertung einer Clamp Studie mit einem Tabellenkalkulationsprogramm

**5. Zusammenfassung**

Der Glucostator ist:

- präzise: Hervorragende Übereinstimmung der Messergebnisse mit Glukose-Referenz-Methoden (Bild 5)
- praktisch: Seine kompakte Bauart ermöglicht die Montage an Infusionsstativen oder Deckenmontagesystemen.
- innovativ: Einfache Benutzerführung durch graphische Oberfläche, Benutzereingaben durch Touch Screen (Bild 2, 3)
- schnell: Weniger als 90 Sekunden von Blutabnahme bis zur Anzeige des aktuellen BZ- Wertes
- sicher: Umfangreiche Warn- und Alarmmeldungen überwachen die Sicherheit des Gerätes

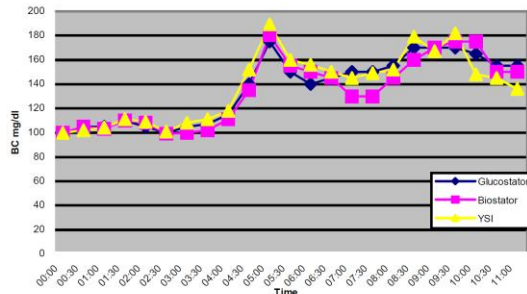


Bild 5: Vergleichsmessungen mit Glukose-Referenz-Methoden zeigen eine gute Korrelation der Messergebnisse

**6. Schlussfolgerungen**

Der **Glucostator** ist ein vollautomatisches Glukose-Stoffwechsel-Mess- und Steuersystem, das dem Anwender eine präzise Überwachung des intravenösen Blutzuckerspiegels über einen längeren Zeitraum ermöglicht. Auch in Zeiten, in denen üblicherweise keine Blutzuckerkontrollen stattfinden, wird der BZ- Spiegel des Patienten / Probanden auf dem gewünschten Level gehalten. Anhand der gespeicherten Daten kann der Insulin- und Glukosebedarf, z.B. über 24 Stunden, leicht erkannt werden. Ohne ständigen personellen Aufwand erhält der Anwender alle relevanten Daten, die während der Überwachungsphase für den Glukose-Stoffwechsel wichtig sind.

**Das Closed-Loop-System zur Steuerung des Blutzuckerspiegels für Wissenschaft – Diagnostik – und Therapie.**



mtb gmbh  
Im Steinige 12  
89173 Lonsee / Germany

## Erklärung

### **Erklärung**

gemäß § 6 Absatz 2 g) und gemäß § 6 Absatz 2 h) der Promotionsordnung der Fachbereiche 02, 05, 06, 07, 09 und 10 vom 04. April 2016

Hiermit erkläre ich, Lara Gomille, dass ich die eingereichte Dissertation selbstständig, ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die wörtlichen und dem Inhalt nach aus fremden Arbeiten entnommenen Stellen, Zeichnungen, Skizzen und bildlichen Darstellungen sind als solche genau kenntlich gemacht.

Von der Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis in Forschung und Lehre und zum Verfahren zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten habe ich Kenntnis genommen wurde. Ich habe keine Hilfe von kommerziellen Promotionsberatern in Anspruch genommen.

Mainz, 23.01.2017

Lara Gomille



