



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

Aus der Medizinischen Klinik I
der Universität zu Lübeck

Kommissarischer Direktor: Prof. Dr. med. Jürgen Steinhoff

Der Einfluss von Körpergewicht und Blutglukose auf ökonomisches Entscheidungsverhalten im Ultimatum-Spiel

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der Universität zu Lübeck

- aus der Sektion Medizin -

Vorgelegt von

Christin Wagner

aus Hamburg

Lübeck 2017

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Achim Peters

2. Berichterstatterin/Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. phil. Dieter Benninghoven

Tag der mündlichen Prüfung: 19.07.2017

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 19.07.2017

- Promotionskommission der Sektion Medizin -

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Ökonomische Spiele und Spieltheorie	1
1.2 Homo Oeconomicus und das Ultimatum-Spiel	3
1.3 Fairness und Metabolismus.....	8
1.3.1 Metabolische Einflussfaktoren auf Fairnessverhalten.....	8
1.3.2 Die Selfish-Brain-Theorie: Zusammenhang von Körpergewicht und Stresssystem	8
1.3.3 Körpergewicht und Blutglukose: Einflussfaktoren auf Fairnessverhalten?	12
2 Material und Methoden	14
2.1 Probandenrekrutierung.....	14
2.2 Versuchsablauf und Studienprotokoll	15
2.3 Allgemeine Beschreibung der Spiele	16
2.4 Ultimatum-Spiel	18
2.5 Fragebögen.....	19
2.6 Labormethoden	19
2.7 Statistik	19
3 Ergebnisse	21
3.1 Charakterisierung der Studienpopulation.....	21
3.2 Glukose-Intervention	24
3.3 Ultimatum-Spiel.....	24
4 Diskussion	28
4.1 Fairness und Körpergewicht: Adipöse Probanden sind großzügiger.....	28
4.2 Fairness und Blutglukose: Verhaltensunterschiede nivellieren sich unter Energiemangel.....	30

4.3 Der hungrige Homo Oeconomicus: Energiemangel macht <i>Responder</i> eigennütziger	33
4.4 Die Körperform des Spielpartners: Möglicher Einflussfaktor auf ökonomisches Handeln.....	36
4.5 Limitationen und Ausblick.....	37
5 Zusammenfassung.....	39
6 Literatur	40
A Anhang.....	46
A.1 Aushang.....	46
A.2 Ethik-Votum	47
A.3 Probandeninformation.....	48
A.4 Einwilligungserklärung	53
A.5 Studienprotokoll	54
A. 6 Beispielfotos für standardisierte Merkmale der Spielgegner.....	56
B Danksagung	58
C Lebenslauf.....	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ultimatum-Spiel.....	4
Abbildung 2: Lieferketten-Modell zur zerebralen Energieversorgung (modifiziert nach Peters und Langemann, 2009).....	11
Abbildung 3: Plasmaglukose-Konzentrationen während Euglykämie und Hypoglykämie	24
Abbildung 4: Ultimatum-Spiel, Rolle des Anbieters	26
Abbildung 5: Ultimatum-Spiel, Rolle des Responders.	27
Abbildung 6: Aushang.....	47
Abbildung 7: Beispiel für Merkmalfotos Körperform adipös/ Körperform schlank.....	56
Abbildung 8: Beispiel für Merkmalfotos Haarfarbe dunkel/ Haarfarbe hell.....	56
Abbildung 9: Beispiel für Merkmalfotos Brille/ keine Brille	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gefangenendilemma (modifiziert nach Diekmann, 2009).....2
Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung der gewählten Merkmale in der fünften Spielrunde 18
Tabelle 3: Charakterisierung der Studienpopulation22

Abkürzungsverzeichnis

ACTH.....	Adrenocorticotropes Hormon
ANCOVA.....	<i>engl.</i> analysis of covariance (Kovarianzanalyse)
ANOVA.....	<i>engl.</i> analysis of variance (Varianzanalyse)
ATP.....	Adenosintrisphosphat
BDI.....	Beck-Depressions-Inventar
BMI.....	<i>engl.</i> Body-Mass-Index (Körper-Masse-Index)
CIS.....	<i>engl.</i> cerebral insulin suppression (zerebrale Insulinsuppression)
GLUT.....	Glukosetransporter
IQR.....	<i>engl.</i> interquartile range (Interquartilsabstand)
MW.....	Mittelwert
SF.....	Standardfehler
TICS.....	Trier Inventar zum chronischen Stress

1 Einleitung

1.1 Ökonomische Spiele und Spieltheorie

Ökonomische Spiele werden in der experimentellen Wirtschaftswissenschaft zur Untersuchung von wirtschaftlichem Entscheidungsverhalten in simulierten Konfliktsituationen angewandt. Dabei steht in ökonomischen Spielen meist eine monetäre Auszahlung als Spielanreiz im Vordergrund. Als Spiel bezeichnet man allgemein auf dem Gebiet der Spieltheorie eine besondere Art von Entscheidungssituation (Diekmann, 2009). Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass sich zwei oder mehr Akteure „mit zumindest teilweise divergierenden Interessen“ begegnen (Güth, 2013) – sogenannte Spieler -, die durch ihr individuelles Entscheidungsverhalten die Ergebnisse aller beteiligten Spieler beeinflussen (Rieck, 2013). Jeder Spieler kann dabei eigenständig zwischen verschiedenen Strategien wählen, die dann in Interaktion mit den Entscheidungen der anderen Spieler zu bestimmten Resultaten führen. Diese Resultate werden auch als Auszahlungen oder Nutzenwerte bezeichnet (Diekmann, 2009), unabhängig davon, ob es sich – wie beispielsweise in ökonomischen Spielen – um Geldsummen handelt oder um nicht-monetäre Auszahlungen, wie z.B. das Eintreten einer bestimmten Situation. Die Spieltheorie bietet die Möglichkeit interpendente Entscheidungssituationen systematisch darzustellen und individuell rationale Lösungsstrategien mathematisch zu bestimmen (Güth, 2013). Die optimale Strategie ist dabei immer diejenige, die dem Spieler die „höchste Auszahlung gegen die von den anderen Spielern gewählte Strategie sichert“ (Winter, 2014).

Zur Verdeutlichung ein Alltagsbeispiel aus spieltheoretischer Sicht, das auch unter dem Namen „Gefangenendilemma“ in der Spieltheorie bekannt ist (modifiziert nach: Diekmann, 2009): Die beiden Studentinnen Caro und Marie haben sich für den Nachmittag zum gemeinsamen Putzen ihrer Wohngemeinschaft verabredet. Es ist ein sonniger Tag und beide bekommen unabhängig voneinander das Angebot von verschiedenen Freunden mit deren Auto an einen entlegenen Strand zu fahren. Beide sitzen noch in der Bibliothek und müssen nun jeweils für sich die Entscheidung treffen: Nach Hause fahren zum Putzen wie vereinbart oder lieber mit an den Strand fahren? Einmal entschieden lässt sich ihre Wahl nicht rückgängig machen, denn ohne eigenes Auto kommen sie weder von der Wohnung zum Strand, noch umgekehrt zurück zur Wohnung. Absprechen können sie sich in der

1. Einleitung

Bibliothek auch nicht. Die vier möglichen „Auszahlungen“ dieses Szenarios mit den jeweiligen Präferenzen lassen sich in einer Matrix darstellen. Dabei steht die erste Zahl für die Präferenz des sogenannten Zeilenspielers, die zweite Zahl für die Präferenz des sogenannten Spaltenspielers (1 = niedrigste bis 4 = höchste Präferenz) (**Tabelle 1**). Das individuell optimale Ergebnis (Präferenzrang 4) der jeweiligen Mitbewohnerin sei in diesem Fall: „Selbst an den Strand fahren und den anderen putzen lassen“. Wer sich für das Putzen entscheidet, muss darauf vertrauen, dass der andere Spieler kooperiert und auch zum Putzen nach Hause kommt. Andernfalls landet er bei seinem am wenigsten präferierten Resultat und putzt alleine, während der andere Spieler am Strand liegt (Präferenzrang 1).

		Spaltenspielerin Caro	
		Putzen	Strand
Zeilenspielerin Marie	Putzen	3, 3	1, 4
	Strand	4, 1	2, 2

Tabelle 1 (modifiziert nach Diekmann, 2009): Gefangenendilemma. Zwei Mitbewohner sind zum Putzen verabredet, bekommen aber unabhängig voneinander das Angebot stattdessen an den Strand zu fahren. Die rationale spieltheoretische Lösung ist für beide Spieler die Strategie „Strand“ (grau unterlegt), denn: Wer zum Strand fährt, hat keinen Anreiz einseitig seine Strategie zu wechseln. Es entsteht ein Strategiegleichgewicht, obwohl das kollektive Ergebnis „dreckige Wohnung“ nicht optimal ist.

Die rationale Lösung der Spieltheorie heißt in diesem Fall tatsächlich: an den Strand fahren! Der Grund dafür ist, dass bei der Strategiekombination „Strand-Strand“ keiner der Spieler einen Anreiz hat einseitig von seiner Strategie abzuweichen (Diekmann, 2009). Egal welche Strategie die Mitbewohnerin wählt, „Strand“ garantiert einem selbst immer die höchste Auszahlung, wenn die Präferenzen wie im beschriebenen Fall liegen. Eine solche Situation, in der kein Spieler einen Anreiz hat von der gewählten Strategie abzuweichen, bezeichnet man als „Nash-Gleichgewicht“ nach dem Mathematiker John Forbes Nash (Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften 1994) (Winter, 2014). Sie definiert, welche Strategie die individuell strikt rationale Entscheidung darstellt, die in diesem Fall jedoch zu einem kollektiv suboptimalen Ergebnis führt (Diekmann, 2009) – die Wohnung zweier strikt rationaler

Spieler bleibt in der beschriebenen Situation dreckig. Die dargestellte Matrix mit dieser spezifischen Verteilung von Präferenzwerten, bekannt unter dem Namen „Gefangenendilemma“, zeigt, dass unter bestimmten Umständen die individuell beste, rationale Entscheidung zum kollektiv schlechtesten Ergebnis führen kann (Winter, 2014).

1.2 Homo Oeconomicus und das Ultimatum-Spiel

Wie eben gezeigt, gibt die spieltheoretisch bestimmbare Lösung einen Bezugspunkt vor, der angibt, wie sich vollkommen rationale Spieler entscheiden würden (Diekmann, 2009). Dabei impliziert das Attribut „rational“ prinzipiell eine zugrundeliegende „spezifische Rationalitätstheorie“ (Diekmann, 2009) mit klaren Kriterien, nach denen ein rationaler Spieler dann strikt handeln würde, wie beispielsweise dem Bestreben mit geringstem Einsatz den höchsten Nutzen zu erreichen. Ohne diese klaren Kriterien existierten keine Auszahlungspräferenzen für den Spieler, und damit auch keine optimale Strategie, die bei rationalem Verhalten zu wählen wäre. Die Klärung des Rationalitätsbegriffes an sich ist damit ein hoch komplexes Vorhaben (Güth, 2013). In den Wirtschaftswissenschaften dient zur Beschreibung von rationalem Verhalten das Modell des „Homo Oeconomicus“ (Levitt und List, 2008), ein ausschließlich eigennützig handelndes Individuum, das unter allen Entscheidungsmöglichkeiten prinzipiell diejenige wählt, die am wahrscheinlichsten seinen persönlichen Nutzen maximieren wird (Kirchgässner, 2013). Ausgehend von diesem Modell entscheidet sich ein völlig rationaler Spieler im ökonomischen Spiel für diejenige Strategie, die ihm die höchste monetäre Auszahlung garantiert. Die spieltheoretische Lösung eines ökonomischen Spiels gibt somit an, wie sich ein klassischer Homo Oeconomicus verhalten würde.

Stimmen spieltheoretische Vorhersagen zum Spielerverhalten nicht mit den Daten aus Probandenexperimenten überein, stellt sich die Frage nach den Ursachen für die Abweichung vom rationalen Entscheidungsverhalten (Diekmann, 2009). Ein berühmtes Beispiel mit erheblicher Diskrepanz zwischen spieltheoretischer Lösung und tatsächlich beobachtetem Entscheidungsverhalten im Experiment ist das Ultimatum-Spiel. Es wurde Anfang der achtziger Jahre von dem Ökonomen Professor Werner Güth eingeführt, um in der simpelsten Verhandlungsform Fairnessverhalten zu untersuchen (Güth et al., 1982). Das Ultimatum-Spiel wird auch als „ultimative Verhandlungssituation“ (Güth, 2013)

1. Einleitung

bezeichnet. Hierbei bietet Spieler 1 (der Anbieter) dem Spieler 2 (der *Responder*) einen Teil von einer bekannten Geldsumme an. Akzeptiert Spieler 2, wird die Geldsumme wie vorgeschlagen aufgeteilt. Lehnt Spieler 2 ab, erhält keiner der beiden Spieler Geld. Die Summe verfällt und die Auszahlung liegt für beide Spieler bei 0 (**Abbildung 1**). Der Name „Ultimatum-Spiel“ bezieht sich dabei auf die Situation des zweiten Spielers, der sich zwischen zwei vorgegebenen Optionen unwiderruflich entscheiden muss und damit die Verhandlung beendet (Güth et al., 1982).

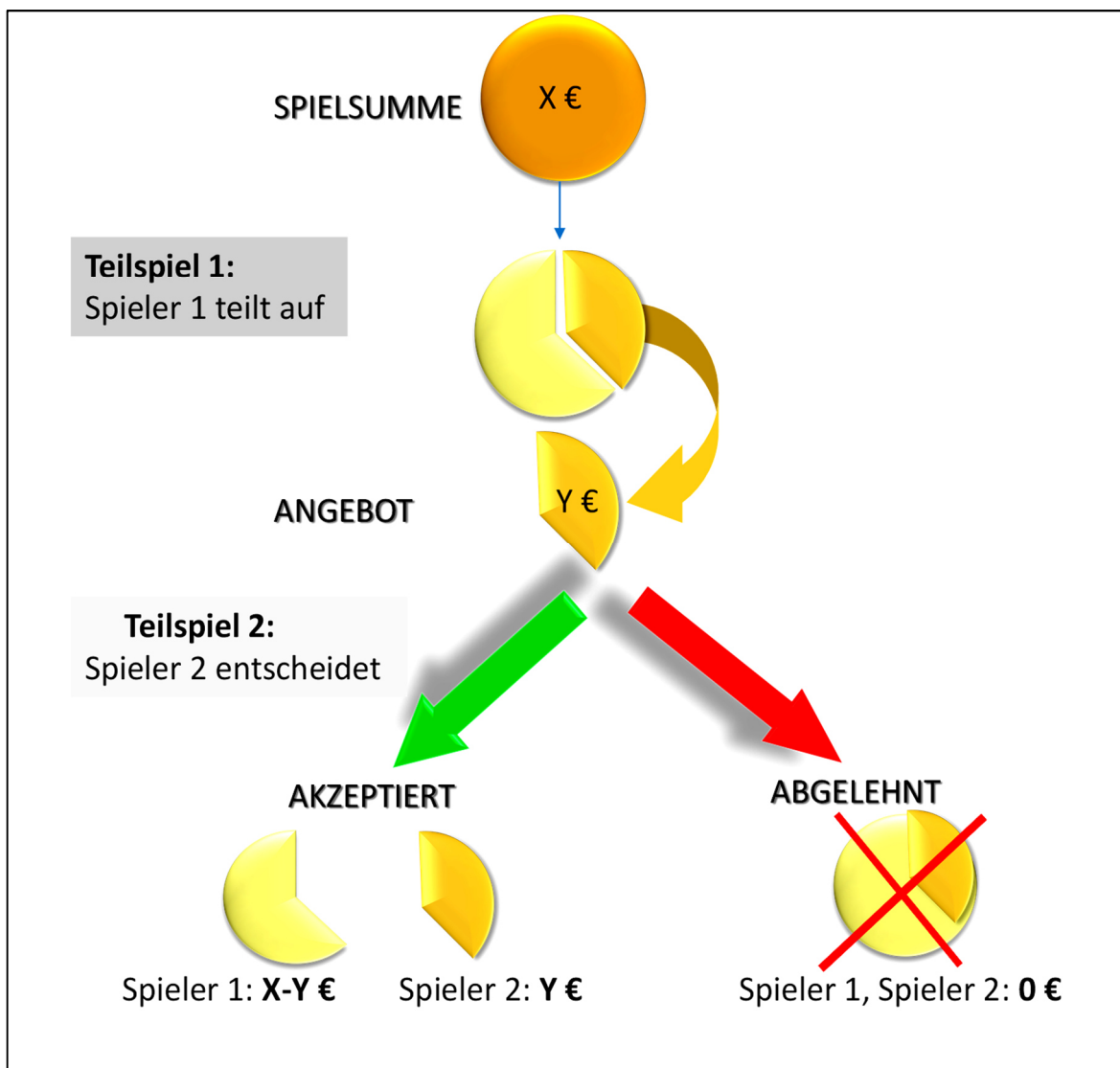


Abbildung 1: Ultimatum-Spiel, entwickelt von Prof. Werner Güth, Max-Planck-Institut für Ökonomik, Jena. Spieler 1 (Anbieter) bietet Spieler 2 (*Responder*) einen Teil von einer bekannten Geldsumme an. Akzeptiert Spieler 2, wird die Geldsumme wie vorgeschlagen aufgeteilt. Lehnt Spieler 2 ab, erhält keiner der beiden Spieler Geld.

Die spieltheoretische Lösung des Ultimatum-Spiels sagt für zwei völlig rational handelnde Spieler vorher, dass Spieler 1 dem Spieler 2 ein Angebot nahe Null machen wird, weil Spieler 2 wiederum jedes Angebot größer 0 akzeptieren wird, da es ihm – egal wie niedrig es auch sein mag - einen Nutzenzuwachs beschert (Thaler, 1988). Alles andere wäre irrationales Verhalten, immer vorausgesetzt, das Kriterium für Rationalität ist die Maximierung des Nutzens im Sinne des Verhaltensmodells des Homo Oeconomicus. Bereits in der ersten Studie zum Ultimatumspiel, 1982 durchgeführt von Güth, Schmittberger und Schwarze, zeigte sich, dass das tatsächliche Verhalten der Probanden weit entfernt von der vorhergesagten spieltheoretischen Lösung lag. Angebote lagen deutlich höher als prognostiziert, die Probanden boten sogar regelmäßig die Hälfte der Gesamtsumme an (Camerer und Thaler, 1995). Nur einige wenige machten deutlich geringere Angebote. Diese scheiterten dann häufig am *Responder* (Güth et al., 1982), denn Angebote unter 20 % wurden meist abgelehnt (Camerer und Thaler, 1995). Diese Ergebnisse konnten in den Folgejahren immer wieder reproduziert werden (Güth und Tietz, 1986; Hoffman et al., 1994; Kahneman et al., 1986). Die *Responder* zeigten eine hohe Bereitschaft eigene Geldgewinne zu opfern, um habgierige Anbieter zu bestrafen. Dies wurde von vielen Anbietern antizipiert, indem sie von Vornherein große Anteile der Gesamtsumme anboten (Güth, 1995). Weder durch eine deutliche Erhöhung der Spielsumme (100 \$ im Experiment von Hoffman et al., 1996), noch bei Durchführung des Spiels in verschiedensten Kulturkreisen (Henrich et al., 2001; Roth et al., 1991) konnte im Spielverhalten der Probanden eine eindeutige Annäherung an die spieltheoretische Lösung beobachtet werden. Diese Ergebnisse machten deutlich, dass reales menschliches Verhandlungsverhalten nicht immer zufriedenstellend durch spieltheoretische Gleichgewichte berechnet werden konnte und zeigten, dass die Spieltheorie eine normative Theorie zur Bestimmung der Strategie eines vollkommen rationalen Spielers ist, und keine deskriptive, wie sie zur Vorhersage von realem menschlichen Verhalten vonnöten wäre (Güth, 1995). Damit stellten die experimentellen Studien zum Ultimatum-Spiel das Konzept des Homo Oeconomicus als grundlegendes Erklärungsmodell für menschliches Verhalten infrage.

1. Einleitung

Das Ultimatum-Spiel ist seit seiner Einführung 1982 in zahlreichen Studien untersucht worden auf der Suche nach einer zuverlässigen Theorie zur Beschreibung und letztlich Vorhersage von menschlichem Verhandlungsverhalten (Güth und Kocher, 2014). Die initial erhobenen Daten erwiesen sich dabei als bemerkenswert robust. In über 30 Jahren Studien zum Ultimatum-Spiel zeigte sich immer wieder: Anbieter tendieren zu einer 50:50-Aufteilung der Gesamtsumme, die damit traditionell als „fair“ bezeichnet wird (Debove et al., 2016) und Akzeptanzraten der *Responder* gehen bei Angeboten unter 20 % gegen Null (Güth und Kocher, 2014).

Die Verhaltensweisen von Anbieter und *Responder* lassen sich dabei als zwei getrennte Entscheidungen untersuchen (Güth et al., 1982). Der Anbieter macht ein Angebot und hat nach dieser Entscheidung auf den weiteren Spielverlauf keinen Einfluss mehr. Die beobachteten großzügigen Angebote lassen sich dabei als rationale Antizipation der Entscheidung des *Responders* erklären. Aus Angst vor dem kompletten Geldverlust bietet ein rationaler Anbieter gerade so viel, dass der *Responder* bereit ist zu akzeptieren (Güth, 1995). Für den Anbieter gibt es also ein rationales Erklärungsmodell dafür, warum die Angebote anders ausfallen als spieltheoretisch vorhergesagt. Er antizipiert die Entscheidung des *Responders* um Geldverluste zu vermeiden. Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass er in seinem Angebotsverhalten darüber hinaus auch durch Fairnessüberlegungen beeinflusst wird. Diese basieren vor allem auf Studien zum „Diktatorspiel“, einer Variante des Ultimatumspiels. Im Diktatorspiel wird dem *Responder* kein Vetorecht zugesprochen und dieser muss akzeptieren, was auch immer der Anbieter ihm von der Gesamtsumme zuteilt. Ein unfairer Anbieter kann theoretisch die gesamte Spielsumme für sich behalten, ohne dass der Spielpartner ihn hierfür durch ein Veto bestrafen kann. Und trotzdem wird auch im Diktatorspiel häufig beobachtet, dass dem Spielpartner ein Teil des Geldes der Gesamtspielsumme angeboten wird (Camerer, 2003). Hier zählt das Argument nicht mehr, dass die Anbieter aus Angst vor Ablehnung und komplettem Geldverlust mit den Spielpartnern teilen. Offensichtlich werden einige Anbieter allein durch Fairnessüberlegungen zu ihrem Angebotsverhalten motiviert (Fehr und Schmidt, 2006). Sie könnten die Gesamtsumme ungestraft für sich behalten – und geben trotzdem einen Teil an den zweiten Spieler ab. Diese Fairnessüberlegungen sind auch im Ultimatum-Spiel bei der Frage zu berücksichtigen, welche Motive die Spieler in der

Anbieterrolle in ihrem Verhalten beeinflussen (Fehr und Schmidt, 2006). Angst vor Ablehnung beantwortet diese Frage nur zum Teil. Auch das überzufällig häufige Auftreten von Angeboten in Höhe der Hälfte der Gesamtsumme (Güth und Kocher, 2014) spricht für einen Einfluss von Fairnesspräferenzen. Als optimale Lösung der Verteilungsaufgabe eines Anbieters im Ultimatum-Spiel könnte man daher dasjenige Angebot bezeichnen, welches durch möglichst korrekte Antizipation der *Responder*-Entscheidung nah an dessen minimaler Akzeptanzschwelle liegt und damit den materiellen Nutzen maximiert, jedoch gleichzeitig auch den Fairnesspräferenzen des Anbieters gerecht wird (Diekmann, 2009; Fehr und Schmidt, 1999).

Auch im ökonomischen Entscheidungsverhalten der *Responder* zeigt sich deutlich, dass im Ultimatum-Spiel noch andere Motive als die der monetären Nutzenmaximierung eine Rolle spielen. Die *Responder* „verbrennen Geld“ (Güth und Kocher, 2014) im Ultimatum-Spiel, indem sie positive Summen ablehnen, die zum Teil beträchtlichen Geldgewinn bedeutet hätten (bis zu 30 \$ im Experiment von Hoffman et al., 1996). Das traditionelle Rationalitätskonzept der Ökonomie, das ausschließlich auf der Annahme materieller Eigennützigkeit fußt, kommt hier an seine Grenzen (Güth und Kocher, 2014). Auf Grundlage dieses in zahlreichen Studien beobachteten Verhaltensmusters wurde die Theorie entwickelt, dass das ökonomische Entscheidungsverhalten zumindest bei einem Teil der Menschen neben materiellen Anreizen auch durch andere „Präferenzen“ (Camerer, 2003) beeinflusst wird, insbesondere Fairnessüberlegung und damit verbundene Aversion gegen Ungleichheit (Fehr und Schmidt, 1999). Eine Nutzenfunktion, die sowohl materiellen Gewinn, wie auch immaterielle Fairness-Präferenzen mit berücksichtigt, kann das beobachtete Verhalten durch diese Erweiterung mit der traditionellen Wirtschaftstheorie in Einklang bringen (Fehr und Schmidt, 2006). Im Gegensatz zur ursprünglichen Annahme, dass alle Menschen ausschließlich materielle selbst-bezogene Präferenzen haben („self-regarding preferences“ (Camerer und Fehr, 2006)), besagt die Erweiterung des Homo-Oeconomicus-Konzeptes, dass zumindest ein Teil der Menschen starke auf Mitmenschen bezogene Präferenzen hat („other-regarding preferences“ (Camerer und Fehr, 2006)). Sie belohnen Mitmenschen für Kooperation und bestrafen sie für Verletzung der Fairnessnorm und tragen die Kosten hierfür, auch wenn für sie daraus kein ökonomischer Vorteil entsteht (Camerer und Fehr, 2006). So lässt sich erklären, warum *Responder* positive Angebote im

Ultimatum-Spiel ablehnen: Der Nutzen einer Ablehnung (Sanktionierung des Normverstoßes gegen das Fairnessgebot) wird als größer erlebt, als der Nutzen durch die materiell gewinnbringende, aber unfaire Transaktion.

1.3 Fairness und Metabolismus

1.3.1 *Metabolische Einflussfaktoren auf Fairnessverhalten*

Inzwischen haben zahlreiche Studien Hinweise auf Einflussfaktoren gegeben, die die Präferenzen für Fairness oder materielle Gewinne, und damit das ökonomische Entscheidungsverhalten von Probanden, signifikant modifizieren. Dazu zählen psychische Faktoren wie Depressionen (Gradin et al., 2015) (Destoop et al., 2012), Stimmung (Harlé and Sanfey, 2007) (Riepl et al., 2016), Schmerz (Mancini et al., 2011) und aktive Modulierung der eigenen emotionalen Reaktion im Spiel (Grecucci et al., 2013), sowie metabolische Faktoren wie das Testosteronlevel von Männern (Burnham, 2007), die Serotoninkonzentration in Thrombozyten (Emanuele et al., 2008) und Schlafmangel (Anderson und Dickinson, 2010). Es gibt Hinweise, dass auch die Reaktivität des Stresssystems Einfluss auf das ökonomische Entscheidungsverhalten hat. In einer Studie konnte gezeigt werden, dass eine hohe Herzfrequenzvariabilität – Biomarker eines hoch reaktiven Stresssystems – mit höheren Ablehnungsraten unfairer Angebote assoziiert ist (Sütterlin et al., 2011). Hiermit eng verknüpft ist ein weiterer Einflussfaktor, der bisher nur wenig in Zusammenhang mit Fairness und ökonomischem Entscheidungsverhalten untersucht wurde: Das Körpergewicht der Spieler. Der Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Reaktivität des Stresssystems ist durch die Selfish-Brain-Theorie beschrieben worden.

1.3.2 *Die Selfish-Brain-Theorie: Zusammenhang von Körpergewicht und Stresssystem*

Die Selfish-brain-Theorie (Peters et al., 2004) beschreibt ein Lieferketten-Modell zur zerebralen Energieversorgung, demzufolge die Reaktivität des Stresssystem eng mit dem Körpergewicht verknüpft ist. Grundlage ist die Beobachtung der Sonderstellung des Gehirns gegenüber allen anderen Organen bezüglich seiner Energieversorgung. In Zeiten des Hungerns bleibt das Hirngewicht nahezu unverändert, während alle anderen Organe des Körpers zunehmend an Masse verlieren (Goodman et al., 1984; Krieger, 1920; Mühlau

1. Einleitung

et al., 2007). Das Gehirn ist damit als der Endverbraucher einer Glukose-Lieferkette anzusehen, dem selbst unter extremen Hungerbedingungen der Großteil der Blutglukose zukommt (Peters und Langemann, 2009). Allgemein sind zur Beschreibung industrieller Lieferketten zwei verschiedene Prinzipien bekannt, die auf unterschiedliche Weise den Materialfluss in der Lieferkette bestimmen (Peters und Langemann, 2009): Beim „Push-Prinzip“ wird die Aktivität der gesamten Produktionskette bedarfsunabhängig vom Zulieferer bestimmt, der sein Material immer sofort an die nächste Empfangsstation weiterreicht. Beim „Pull-Prinzip“ wird das Material vom Zulieferer erst dann zur Verfügung gestellt, wenn die nachfolgenden Empfangsstationen Bedarf signalisieren. Die Empfänger bestimmen hier durch die Anforderung von Material die Transportaktivität der Lieferkette.

Das Gehirn wird offensichtlich nicht nur passiv, im Sinne des Push-Prinzips, über die Blutglukose versorgt, sondern kann auch aktiv Energie in Form von Glukose aus dem Blutstrom und aus den Körperdepots von Muskel- und Fettgewebe mithilfe einer „Pull“-Komponente anfordern (Peters et al., 2007). Hierfür konnten zwei Mechanismen aufgeklärt werden: Direkt am Neuron wird die Blutglukose von Astrozyten, speziellen Neurogliazellen, durch nicht-insulinabhängige GLUT-1-Transporter über die Blut-Hirn-Schranke geleitet, zu Laktat verstoffwechselt und den Neuronen zur Verfügung gestellt. Dieser Transportvorgang erfolgt in Abhängigkeit von der Adenosin-Trisphosphat (ATP)-Konzentration in den Astrozyten. Die ATP-Konzentration ist wiederum mit der Aktivität der Neuronen über deren Glutamat-Ausschüttung verknüpft. Daher wird dieser direkte Glukose-Pull-Mechanismus über die Blut-Hirn-Schranke als „energy on demand“ bezeichnet, also Energie nach Bedarf abhängig von der Neuronenaktivität (Magistretti et al., 1999). Der zweite Mechanismus involviert das sympathische Nervensystem und die sympathoadrenale Achse bestehend aus limbischem System (v.a. Amygdala und Hippocampus), Hypothalamus (Ncl. Paraventricularis), Hypophyse und Nebennieren. Sympathisches Nervensystem und sympathoadrenale Achse bilden zusammen das Stresssystem des Körpers, das die Ausschüttung von Stresshormonen reguliert, wie z.B. Cortisol aus der Nebennierenrinde, getriggert durch adrenocorticotropes Hormon (ACTH), und Adrenalin aus dem Nebennierenmark durch efferente Fasern des sympathischen Nervensystems. Dieser zweite Pull-Mechanismus funktioniert indirekt über die sogenannte „Allokation“ (Peters et al., 2007), also die Zuteilung von Glukose zum Gehirn oder zu den peripheren Speichern

(Muskel- und Fettgewebe, **siehe Abbildung 2**). Im ventromedialen Hypothalamus befinden sich Neurone des Sympathikus, die sensibel auf intrazellulären ATP-Mangel reagieren, wie er bei einer Unterzuckerung auftritt (Peters et al., 2004). Gerät das Gehirn nun durch eine Hypoglykämie in eine Energiekrise, sinkt der intrazelluläre ATP-Spiegel, die Neurone depolarisieren und die Insulinproduktion im Pankreas wird durch Aktivierung der sympathoadrenalen Achse komplett heruntergefahren (Fruehwald-Schultes et al., 2000; Tong et al., 2007). Da die peripheren Speicherdepots (Fettgewebe und Muskel) die zirkulierende Blutglukose nur mittels insulin-abhängigen GLUT-4-Transportern aufnehmen können, wird durch diese zerebrale Insulinsuppression der Abfluss von Glukose in die Speicher gehemmt. Damit steht die Blutglukose in Mangelsituationen vermehrt der insulin-unabhängigen Aufnahme durch das Gehirn zur Verfügung (Hitze et al., 2010; Peters und Langemann, 2009). Darüber hinaus treten bei zerebralem Energiemangel durch niedrigen Füllungsstand der Körperspeicher oder insuffiziente Brain-Pull-Mechanismen verstärkte Hungergefühle auf, die zur aktiven Nahrungsaufnahme führen – dem sogenannten „Body-Pull“ (Peters und McEwen, 2015) (**Abbildung 2**).

1. Einleitung

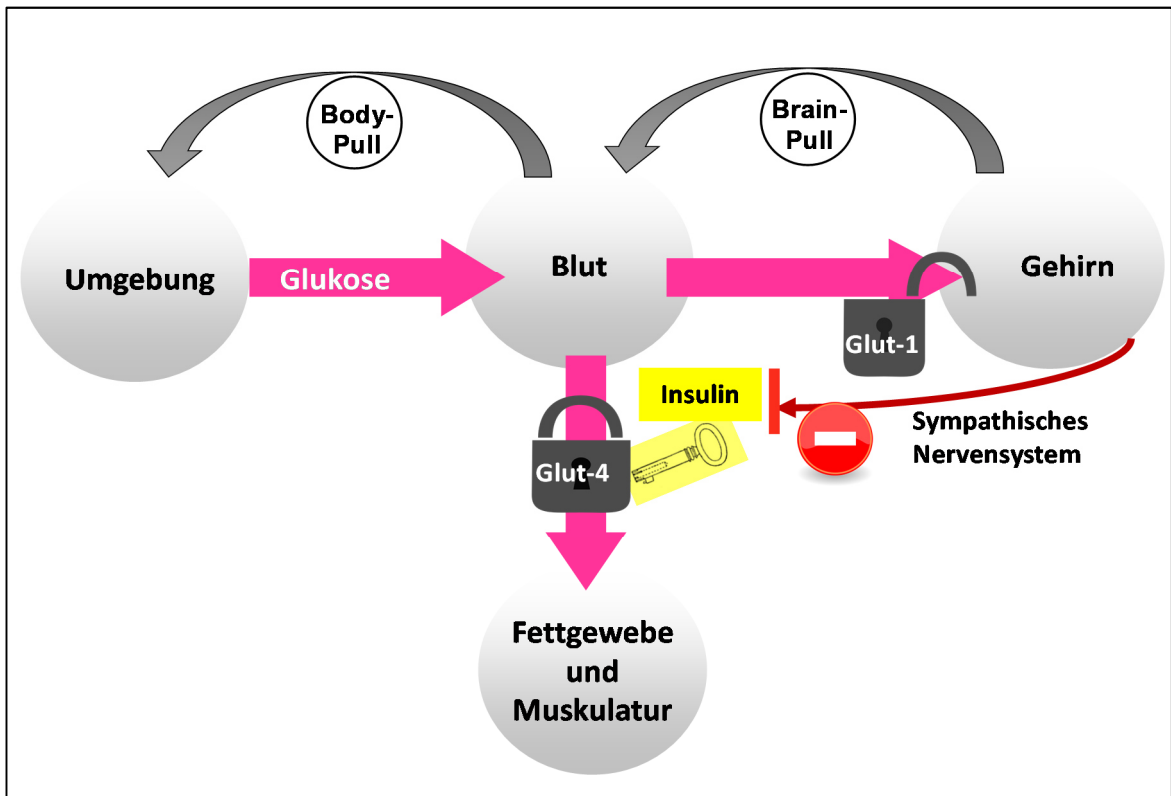


Abbildung 2 (modifiziert nach Peters und Langemann, 2009): Lieferketten-Modell zur zerebralen Energieversorgung. In Lieferketten wird der Materialfluss bestimmt durch „Push“-Komponenten (Aktivität der Transportkette wird bedarfsunabhängig vom Zulieferer bestimmt) und „Pull“-Komponenten (Material wird vom Zulieferer erst dann zur Verfügung gestellt, wenn Empfängerstationen Bedarf signalisieren). Das Gehirn ist Endverbraucher einer Glukose-Lieferkette, in der beide Komponenten wirken. Die Glukose wird aus der Umgebung durch aktive Nahrungsaufnahme vom Körper aufgenommen (Body-Pull) und gelangt in den Blutstrom, wo sie sich nach dem Push-Prinzip verteilt. Die Zuteilung von Glukose zum Gehirn oder zu den peripheren Speichern kann jedoch durch den Insulinspiegel reguliert werden. Da die peripheren Speicher die zirkulierende Blutglukose nur mittels Insulin-abhängigen GLUT-4-Transportern aufnehmen können, kann in Mangelsituationen durch die zerebrale Insulinsuppression (mittels Stresssystem) der Abfluss von Glukose in die Speicher gehemmt werden. Damit steht die Blutglukose vermehrt der insulin-unabhängigen Aufnahme über GLUT-1 Transporter durch das Gehirn zur Verfügung (allokativer Brain-Pull).

In zahlreichen Studien konnte bei adipösen Probanden im Vergleich zu normalgewichtigen Probanden eine niedrigere Reaktivität des Stresssystems auf verschiedene Stimuli nachgewiesen werden, wie z.B. psychosozialer Stress (Jones et al., 2012; Kubera et al., 2012), Sport (Eliakim et al., 2006) oder orale Glukosebelastung (Spraul et al., 1994). Eine norwegische Beobachtungsstudie mit 18 Jahren follow-up konnte zeigen, dass die hormonelle Stressantwort der Probanden in einem Stresstest zu Beginn der Studie einen negativen Prädiktor für die Gewichtszunahme in den Folgejahren darstellte. Hoch-reaktive Probanden nahmen kaum zu, während der BMI von niedrig-reaktiven Probanden nach 18 Jahren signifikant höher lag (Flaa et al., 2008). Diese Befunde lassen sich mit dem Lieferkettenmodell der Selfish-Brain-Theorie erklären: Ein niedrig reaktives Stresssystem übernimmt die Insulinsuppression zur Umleitung der Glukose Richtung Gehirn anstatt in die körpereigenen peripheren Speichern (allokativer Brain-Pull) nur unzureichend. Glukose fließt bei niedrig reaktivem Stresssystem, d.h. insuffizientem Brain-Pull, durch mangelnde zerebrale Insulinsuppression vermehrt in Muskulatur und Fettgewebe ab. Daher muss entsprechend mehr Nahrung von außen zugeführt werden (verstärkter Body-Pull), um den Energiebedarf des Gehirns trotz geschwächter Brain-Pull-Mechanismen zu decken. Es kommt dabei zur Akkumulation in den peripheren Speichern - einem Stau in der Lieferkette - und das Körpergewicht steigt (Peters und McEwen, 2015). Aus dieser engen Verknüpfung von Stressreaktivität und Körpergewicht ergibt sich die Frage, ob nicht nur eine hohe Herzfrequenzvariabilität mit einem veränderten ökonomischen Entscheidungsverhalten im Ultimatum-Spiel assoziiert ist, sondern sich möglicherweise auch ein genereller Unterschied zwischen adipösen und normalgewichtigen Menschen beobachten lässt.

1.3.3 Körpergewicht und Blutglukose: Einfluss auf Fairnessverhalten?

Adipöse Menschen erleben in vielen Lebensbereichen Diskriminierung und unfaire Behandlung, z.B. im Gesundheitssektor oder auf dem Arbeitsmarkt (Puhl und Heuer, 2009). Unklar ist, ob es einen generellen Unterschied im Fairnessverhalten zwischen normalgewichtigen und adipösen Menschen gibt. Zwei Studien haben in den letzten Jahren den Einflussfaktor „Körpergewicht“ im Zusammenhang mit dem ökonomischen Entscheidungsverhalten im Ultimatum-Spiel untersucht und konnten dabei keinen Unterschied zwischen adipösen und normalgewichtigen Teilnehmern feststellen (Brañas-

Garza et al., 2016; Verdejo-García et al., 2015). Allerdings untersuchten die beiden Studien keine klar getrennten BMI-Gruppen, sondern ein Probandenkollektiv, das ein breites Spektrum an BMI-Werten bot. Zudem wurde in keiner der beiden Studien der Einfluss des Blutglukosespiegels der Teilnehmer berücksichtigt. Niedrige Blutglukosespiegel sind mit verminderter Selbstkontrolle assoziiert (Gailliot and Baumeister, 2007) und bei Probanden konnte direkt nach Nahrungsaufnahme eine verminderte Risiko-Aversion beobachtet werden im Vergleich zum Nüchtern-Level (Symmonds et al., 2010). Das Trinken eines glukosehaltigen Soft-Drinks führte im Gegensatz zum kalorienfreien Zucker-Ersatz Getränk zu einem mehr zukunftsorientierten ökonomischen Entscheidungsverhalten (Wang und Dvorak, 2010). Die Probanden bevorzugten größere Gewinne zu einem späteren Zeitpunkt gegenüber kleineren Sofortgewinnen. Es ist daher anzunehmen, dass der Blutglukosespiegel Einfluss auf das ökonomische Entscheidungsverhalten hat und dass eventuelle Unterschiede im Fairnessverhalten zwischen adipösen und normalgewichtigen Probanden unter konstanten, kontrollierten Blutglukosebedingungen deutlicher sichtbar werden. Nach meinem Kenntnisstand hat bis zu diesem Zeitpunkt noch keine Studie ökonomisches Entscheidungsverhalten unter den kontrollierten Blutglukosebedingungen einer Glukose-Clamp-Prozedur untersucht. In der hier vorliegenden Studie spielten 20 normalgewichtige und 20 adipöse Probanden das Ultimatum-Spiel, jeweils unter induzierten und standardisierten euglykämischen und hypoglykämischen Bedingungen. Mit diesem Ansatz beabsichtigte ich, den Einfluss von Körpergewicht und Blutglukose auf Fairness im Verhandlungsverhalten aufzudecken.

2 Material und Methoden

Die Umsetzung des Studiendesigns erforderte die Mitarbeit von insgesamt drei Doktoranden, daher führte ich die Probandenrekrutierung, sowie sämtliche Arbeitsschritte des Studienprotokolls (siehe Anhang A.5), gemeinsam mit meinen Kommilitonen Frau Christin Rädels und Herrn Jonas Eggeling durch. Wir bearbeiteten drei thematisch voneinander abgegrenzte Bereiche, sodass neben der hier vorliegenden Arbeit noch zwei weitere Dissertationen aus der Studie hervorgehen werden. Diese haben zum Inhalt das Risiko- und das Trustspiel (C. Rädels), sowie das Delayed-Discount-Spiel im Zusammenhang mit den erhobenen hormonellen Parametern (J. Eggeling).

2.1 Probandenrekrutierung

Zwanzig adipöse Männer kaukasischer Abstammung mit einem Body-Mass-Index (BMI) ≥ 30 kg/m² und zwanzig normalgewichtige Männer kaukasischer Abstammung mit einem Body-Mass-Index zwischen 19 und 25 kg/m² wurden durch E-Mails, Aushänge (siehe Anhang A.1) und Annoncen rekrutiert. Die Teilnehmer erfüllten die folgenden Einschlusskriterien: Nüchternblutglukose-Konzentration $< 6,1$ mmol/l, internistische körperliche Untersuchung unauffällig, Parameter der Routine-Labor-Untersuchung im Normbereich¹, keine physische oder psychische Erkrankung, Nichtraucher, kein regelmäßiger Alkoholkonsum, kein Drogenkonsum, keine Schlafstörungen, keine Nachtschichtarbeit oder außergewöhnlicher Stress in den zwei Wochen vor Studienbeginn und keine Blutspende während der letzten vier Wochen vor Studienbeginn. In der Gruppe der normalgewichtigen Probanden wurden zuvor Männer ausgeschlossen, bei denen es Hinweise auf Depressionen oder Abweichungen im Essverhalten gab. Dies wurde jeweils mit dem *Beck-Depressions-Inventar* (Lustman et al., 1997) und dem *Fragebogen zum Essverhalten* (Pudel und Westenhöfer, 1989) ermittelt. Die Studie wurde genehmigt durch die Ethikkommission der Universität zu Lübeck (Aktenzeichen 12-171; Ausstellungsdatum

¹ Routine-Laborparameter (Normbereich): Leukozyten (3900-10200/ μ l), Erythrozyten (4,3-5,75/pl), Hämoglobin (135-172 g/l), Hämatokrit (0,395-0,505 l/l), MCV (80-99 fl), MCH (27,5-33 pg), MCHC (315-316 g/l), Thrombozyten (150-370/nl), MPV (8,5-11,5 fl), Quick-Wert im Plasma (70-120 %), INR (0,8-1,42), PTT (24-35 s), Natrium (133-146 mmol/l), Kalium (3,5-5,1 mmol/l), Calcium (2,1-2,6 mmol/l), Bicarbonat (22-28 mmol/l), Glukose (4,22-6,05 mmol/l), Creatinin (55-110 μ mol/l), Harnsäure (200-420 μ mol/l), Cholesterin (2,8-6,1 mmol/l), Triglyceride (0-2,3 mmol/l), AST (0-38 U/l), ALT (0-41 U/l), GammaGT (0-60 U/l), TSH (0,27-4,20 mIU/l)

04.10.2012, siehe Anhang A.2). Die Probanden wurden vor Versuchsbeginn ausführlich mündlich und schriftlich über Studienablauf und gesundheitliche Risiken aufgeklärt und stimmten der Studienteilnahme durch Unterzeichnen der Einwilligungserklärung zu (siehe Anhang A.4). Sie erhielten eine Aufwandsentschädigung, die sich aus einem Grundbetrag von 100 € und dem in den Spielen erzielten Gewinn zusammensetzte. Der durchschnittliche Gewinn durch die Auszahlung der drei Spiele (Risiko-Spiel, Trust-Spiel, Ultimatum-Spiel) lag bei $57,7 \pm 3,6$ € in der Gruppe der normalgewichtigen und bei $54,3 \pm 3,1$ € in der Gruppe der adipösen Probanden ($p=0,479$).

2.2 Versuchsablauf und Studienprotokoll

Jeder Proband nahm an zwei Sitzungen teil, je eine unter euglykämien (Blutglukose 5-5,3 mmol/l) und eine unter hypoglykämien Bedingungen (Blutglukose 2,2-2,5 mmol/l). Zwischen beiden Sitzungen lag ein Zeitfenster von mindestens zwei Wochen. Die Reihenfolge der Sitzungen wurde über alle Probanden nach einem einfach verblindeten Muster balanciert, d.h. dem Studienteilnehmer war zu Beginn der Versuchssitzung nicht bekannt, um welche der beiden Interventionen (Eu- oder Hypoglykämie) es sich handelte. Die Versuche fanden in einem schallgedämpften Raum statt, wo die Probanden auf einem Bett mit ca. 60° erhöhtem Oberkörper gelagert wurden. Der Blutglukosewert der Probanden wurde mittels Glukose-Clamp-Technik kontrolliert. In eine periphere Vene des rechten und linken Armes wurde je eine Venenverweilkanüle (Braunüle, B.Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) platziert. Ein Arm diente zur regelmäßigen Blutentnahme und Blutglukosekontrolle. Dieser wurde mit einem Druckschlauch (Combidyn, B.Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) an eine Drei-Wege-Hahnbank im Nebenraum angeschlossen. Hierüber erfolgten die Blutentnahme und die Spülung des Infusionssystems mit Ringer-Lösung. Der andere Arm diente der Infusion von Insulin und Glukose über einen Drei-Wege-Hahn. Das Insulin (Insuman® Rapid, Sanofi-Aventis, Frankfurt, Deutschland) wurde mit Perfusor (Perfusor compact, B. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) konstant infundiert. Die 20%-ige Glukose (DeltaSelect GmbH, Dreieich, Deutschland) wurde Blutglukose-titriert mittels Infusomaten (Infusomat fmS, Software IFME, B.Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland) mit manuell eingestellter Flussgeschwindigkeit infundiert. Durch diesen Versuchsaufbau konnte die Blutglukose reguliert und Blutentnahmen durchgeführt werden, ohne den Probanden beim Bearbeiten der Versuchsunterlagen zu stören.

Die Versuchsteilnehmer kamen morgens um 7:45 h nüchtern in der klinisch-experimentellen Forschungseinrichtung an (letzte Mahlzeit um 23:00 h am Vortag). Das aktuelle Körpergewicht wurde mit elektronischer Waage bestimmt. Die Körpergröße wurde mittels Stadiometer ermittelt. Der Taillenumfang wurde am entkleideten Probanden bei minimaler Atemexkursion mittig zwischen Rippenbogen und Beckenkamm gemessen. Der Hüftumfang wurde auf Höhe der Schambein-Symphyse gemessen. Die Herzfrequenz wurde eine Minute lang im Liegen gemessen und direkt danach eine Minute lang in aufrechter Position nach zügigem Aufstehen. Die daraus berechnete Herzfrequenzänderung diente als Parameter der kardiovaskulären Reaktivität. Um 8:30 h wurde eine Blutprobe zur Bestimmung der Ausgangswerte abgenommen. Um 9:15 h begann die Intervention, entweder als Eu- oder Hypoglykämie-Clamp. Blutdruck, Herzfrequenz und physisches Wohlbefinden wurden kontinuierlich während des gesamten Versuches kontrolliert. Ein Insulin-Bolus (Insuman® Rapid, Sanofi-Aventis, Frankfurt, Deutschland) von 10 mU/kg Körpergewicht wurde über zwei Minuten infundiert gefolgt von einer konstanten Infusionsrate von 1,5 mU/kg Körpergewicht. Um den jeweiligen Glukosezielwert zu erreichen, wurde die Glukosekonzentration alle fünf Minuten im Vollblut mittels HaemoCue-Gerät gemessen (HaemoCue, Ängelholm, Schweden). Abhängig von der gemessenen Blutglukose wurde dann manuell die Infusionsrate der 20 %-igen Glukoselösung mit variierenden Raten zwischen 0-500 ml/h angepasst. Die Zielwerte waren nach spätestens 45 min, um 10:00 h, erreicht. Die Blutglukose wurde dann über weitere 45 min konstant gehalten, während die Probanden die Spiele bearbeiteten (Ultimatum-Spiel, Trust-Spiel, Risiko-Spiel; siehe unten). Nach Beendigung der Spiele wurde die Insulin-Infusion gestoppt und für weitere 30 min Glukose infundiert, um den Blutglukosewert im euglykämischen Bereich (mindestens 4,4 mmol/l) zu stabilisieren. Im Anschluss wurde den Probanden ein reichhaltiges Buffet angeboten.

2.3 Allgemeine Beschreibung der Spiele

Zu Beginn wurden den Probanden die Spiele detailliert mündlich erklärt um sicherzustellen, dass sie den Spielablauf verstanden hatten. Die Probanden erhielten für jedes Spiel zusätzlich eine ausführliche schriftliche Erklärung der Regeln. Da das Ultimatum-Spiel mit einem Spielgegner zu spielen war, bekamen die Probanden hierfür die folgende Instruktion: Sie würden die Spiele in mehreren Runden gegen fünf andere Probanden spielen. Von diesen fünf Probanden wären jedoch vier nur fiktiv und erfunden für den Studienzweck,

2. Material und Methoden

lediglich bei einem Handel es sich um einen tatsächlichen Studienteilnehmer. Der letztlich ausgezahlte Betrag hing von der Interaktion ihrer eigenen Spielentscheidung mit der Entscheidung dieses einen realen Studienteilnehmers ab. Da die Probanden aber nicht wussten, in welcher Runde sie gegen den realen Teilnehmer spielen würden, wurden sie dazu angehalten, jede einzelne Entscheidung so sorgfältig zu fällen, als handle es sich um die für die Auszahlung relevante reale Interaktion.

Die Studienteilnehmer bekamen ihre Spielgegner nicht zu sehen, erhielten aber pro Spielrunde jeweils ein fiktives, standardisiertes Foto, das eines von drei möglichen Merkmalen ihres Spielgegners zeigte. Folgende Merkmale waren auf den Fotografien zu sehen: a) eine Brille *oder* eine leere Unterlage als Symbol für Nicht-Brillenträger b) Ausschnitt des Hinterkopfes mit blonden *oder* dunklen Haaren, c) normalgewichtige *oder* adipöse Körperform, aufgenommen von tatsächlichen normalgewichtigen oder adipösen Männern (keine Studienteilnehmer), mit standardisiertem blauen Oberteil vor neutralem Hintergrund ohne sichtbaren Kopf (Beispielfotos siehe Anhang A.6). Diese Fotos wurden zusammen mit dem Max-Planck-Institut für Ökonomik (1993-2014, Direktor Prof. Dr. Werner Güth) in Jena, Deutschland, konstruiert. Alle Fotografien der Merkmale wurden über die Probanden und die Interventionsbedingung (Eu- oder Hypoglykämie) balanciert. Pro Merkmal verwendeten wir dabei insgesamt vier verschiedene Versionen, also vier verschiedene Brillenmodelle, vier verschiedene dunkle Haarfarben, vier verschiedene helle Haarfarben etc. Um die Glaubwürdigkeit der Fotos zu erhöhen, wurden von jedem Probanden in der Voruntersuchung ebenfalls Fotos angefertigt mit standardisiertem blauen Kasack vor neutralem Hintergrund, sowie vom Hinterkopf und ggf. der Brille. Die Probanden gaben ihr Einverständnis dafür, dass diese Fotos im Studienverlauf dem jeweiligen Spielgegner gezeigt werden durften.

Die erste Runde wurde gegen einen Spielpartner mit unbekanntem Merkmalen gespielt, d.h. der Proband erhielt kein Foto mit Informationen über das Aussehen des Gegenübers. In den nächsten drei Runden wurde pro Runde immer nur ein äußeres Merkmal des aktuellen Spielpartners gezeigt, wobei die Reihenfolge der gezeigten Merkmale über alle Probanden und Interventionsformen balanciert wurde. Gezeigt wurden in balancierter Reihenfolge: Brille (ja vs. nein), Haarfarbe (hell vs. dunkel), Körperform (schlank vs. korpulent). In der letzten Runde hatten die Studienteilnehmer die Wahl, welches der zuvor genannten

Merkmale sie von ihrem letzten Spielgegner sehen wollten. Das jeweilige Foto wurde ihnen daraufhin gezeigt. Zur Häufigkeitsverteilung der gewählten Merkmale siehe **Tabelle 2**.

Tabelle 2: Häufigkeitsverteilung des gewählten Merkmals, welches die Probanden in der letzten Spielrunde von ihrem Spielgegner sehen wollten.

		Körperform gewählt	Brille gewählt	Haarfarbe gewählt
Euglykämie-Clamp	Normalgewichtige Probanden	90 %	5 %	5 %
	Adipöse Probanden	90 %	10 %	0 %
Hypoglykämie-Clamp	Normalgewichtige Probanden	80 %	10 %	10 %
	Adipöse Probanden	95 %	5 %	0 %

2.4 Ultimatum-Spiel

Das Ultimatum-Spiel fand bereits umfassende Anwendung im Rahmen von Verhaltensforschung in der experimentellen Ökonomie (Güth und Kocher, 2014; Güth, 1995; Güth und Tietz, 1986; Güth et al., 1982). Die hier verwendete Version des Ultimatum-Spiels wurde zusammen mit Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Ökonomik (1993-2014) unter der Leitung von Prof. Dr. Werner Güth (2014 emeritiert) in Jena, Deutschland, entwickelt.

In unserer Studienversion spielten die Probanden das Ultimatum-Spiel sowohl in der Rolle des Anbieters als auch in der Rolle des *Responders*. Als Anbieter notierten sie in jeder Spielrunde ihr Aufteilungsangebot als ganze Zahl zwischen 0 und 20. Als *Responder* sollten die Probanden für jedes mögliche ganzzahlige Angebot (also von 0 bis 20 €) notieren, welche Geldsumme sie bereit wären zu akzeptieren und welche Angebote sie ablehnen würden. Eine Optimierung der Strategie über die Spielrunden war den Probanden durch

das Studiendesign unmöglich, da die Spielentscheidung des anderen Spielers und damit ihre Auszahlung erst nach Beendigung der Studie bekannt gegeben wurde.

Während der Intervention (ab 10:00 h) spielten die Studienteilnehmer das Ultimatum-Spiel in fünf Runden mit immer zwei Entscheidungen (eine als Anbieter und eine als *Responder*): gegen jeweils einen Spieler mit unbekanntem Äußeren, einen mit oder ohne Brille, einen mit hellem oder dunklem Haar, einen mit schlanker oder korpulenter Körperform. In der letzten Runde durften die Spieler wählen, welches äußere Merkmal ihres Gegenspielers sie sehen wollten (siehe Allgemeine Beschreibung der Spiele, **Tabelle 2**). Die Auszahlung des Spiels basierte immer auf der Spielentscheidung aus der ersten Spielrunde gegen den Teilnehmer mit unbekanntem Äußeren. Dies wurde den Probanden jedoch erst nach Beendigung der Studie bekannt gegeben.

2.5 Fragebögen

Der Depressionsindex wurde mit dem *Beck-Depressions-Inventar* (Lustman et al., 1997) ermittelt. Chronischer Stress wurde mit dem TICS-Fragebogen (*Trier-Inventar zum chronischen Stress* (Schulz et al., 2004)) ermittelt. Kognitive Kontrolle und Störbarkeit des Essverhaltens sowie erlebte Hungergefühle wurden mit der deutschen Version des *Fragebogen zum Essverhalten* (Pudel und Westenhöfer, 1989) gemessen. Die Berechnung von Cronbach's alpha als Maßzahl für die interne Konsistenz der Skalen erbrachte die folgenden Ergebnisse: 0,95 (*Trier-Inventar zum chronischen Stress*), 0,69 (*Beck-Depressions-Inventar*), 0,76 (kognitive Kontrolle des Essverhaltens), 0,73 (Störbarkeit des Essverhaltens), 0,72 (erlebte Hungergefühle).

2.6 Labormethoden

Alle Blutproben wurden unmittelbar zentrifugiert und die Überstände wurden bei -80°C bis zur Probenanalyse gelagert. Plasmaglukose wurde mit der Hexokinase-Methode gemessen (Abbott Clinical Chemistry, IL, USA; intra- und inter-assay Variationskoeffizient (VK) <5%)

2.7 Statistik

Zur Datenanalyse verwendete ich die SPSS Statistik-Software (SPSS 22.0, Inc., Chicago, USA). Die deskriptive Statistik wurde als Mittelwert \pm Standardfehler (MW \pm SF) oder

2. Material und Methoden

Median (IQR) für nicht-normalverteilte Daten angegeben. Die Daten wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung geprüft. Gruppenvergleiche der normalgewichtigen und adipösen Probanden wurden für normalverteilte Parameter mit dem t-Test für unabhängige Stichproben analysiert, für nicht-normalverteilte Parameter mit dem Mann-Whitney-U-test. Um die Verteilung von kategorialen Variablen zu prüfen, wurde der Chi-Quadrat-Test verwendet. Eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) wurde verwendet, um Unterschiede zwischen Variablen unter Berücksichtigung von Kovariaten zu prüfen. Das Bildungsniveau der Probanden wurde als Kovariate kategorisiert in niedrig (Hauptschulabschluss), mittel (Abschluss der Sekundarstufe II, d.h. Realschulabschluss) und hoch (Fachhochschulreife oder allgemeine Hochschulreife, d.h. Abitur). Da die Schulbildung ein wichtiger Einflussfaktor auf das Verständnis der ökonomischen Spiele und damit das Verhalten im Spiel ist, wurde es als Kovariate in allen folgenden Analysen berücksichtigt. Eine Varianzanalyse (ANOVA) für wiederholte Messungen mit Bonferroni post-hoc Test wurde verwendet, um über alle Spielrunden Unterschiede zwischen Eu- und Hypoglykämie zu prüfen. Bei diesem Vorgehen wurden die fünf Spielrunden mit den jeweils fünf verschiedenen Spielgegner-Merkmalen als Innersubjekt-Variablen eingegeben. Die zwei Gewichtgruppen (schlanke Männer mit einem BMI zwischen 18 und 25 kg/m² vs. adipöse Männer mit einem BMI ≥ 30 kg/m²) wurden als Intersubjekt-Variablen eingegeben. Ein zweiseitiger p-Wert von 0,05 wurde als signifikant erachtet.

3. Ergebnisse

3.1 Charakterisierung der Studienpopulation

Eine Gegenüberstellung der Charakteristika von adipösen und normalgewichtigen Studienteilnehmern findet sich in **Tabelle 3**. Die adipösen Teilnehmer hatten einen höheren BMI und einen größeren Hüft- und Taillenumfang als die normalgewichtigen Teilnehmer und zeigten eine geringere kardiovaskuläre Reaktivität im Orthostase-Versuch. Im *Fragebogen zum Essverhalten* erreichten die adipösen Probanden höhere Punktwerte als die normalgewichtigen auf allen drei Skalen: „kognitive Kontrolle des Essverhaltens“, „Störbarkeit des Essverhaltens“ und „erlebte Hungergefühle“. Sie gaben zudem häufiger depressive Symptome im *Beck-Depressions-Inventar* an und litten laut *Trier Inventar zum chronischen Stress* öfter an chronischem Stress, insbesondere durch das häufigere Erleben von mangelnder gesellschaftlicher Anerkennung und sozialer Spannungen. Außerdem fühlten sich die adipösen Probanden aufgrund ihres Körpergewichts häufiger diskriminiert. In der Gruppe der normalgewichtigen Probanden war das Schulbildungsniveau höher als in der Gruppe der adipösen Probanden.

3. Ergebnisse

Tabelle 3: Charakterisierung der Studienpopulation (Werte als Mittelwert \pm Standardfehler oder Median (IQR) oder %)

	Normalge- wichtige Männer (n=20)	Adipöse Männer (n=20)	p Wert ⁴
Alter [Jahre]	24.9 \pm 0.6	25.4 \pm 0.8	0.597
Körpergewicht [kg]	74.0 \pm 1.5	121.4 \pm 4.9	0.001
Größe [m]	1.826 \pm 0.011	1.815 \pm 0.011	0.643
BMI [kg/m ²]	22.2 \pm 0.4	36.8 \pm 1.4	0.001
Taille [cm]	80.1 \pm 1.4	114.1 \pm 3.1	0.001
Hüfte [cm]	98.6 \pm 0.8	121.5 \pm 2.9	0.001
Tailen/Hüft-Verhältnis	0.8 \pm 0.0	0.9 \pm 0.0	0.001
Tailen/Größen-Verhältnis	0.4 \pm 0.0	0.6 \pm 0.0	0.001
Herzfrequenz im Liegen [Schläge/Minute]	61.1 \pm 2.0	69.3 \pm 2.3	0.011
Herzfrequenz nach dem Aufstehen [Schläge/Minute]	77.4 \pm 2.4	77.3 \pm 2.5	0.977
Stressreaktivität im Orthostase-Versuch = Anstieg der Herzfrequenz [Schläge/Minute]	16.3 \pm 1.8	8.0 \pm 2.0	0.004
Höchstes Schulbildungsniveau [%]	100	70	0.029
Kognitive Kontrolle über Essverhalten ¹	3.6 \pm 0.6	6.3 \pm 0.8	0.009
Störbarkeit des Essverhaltens ¹	3.7 \pm 0.4	6.6 \pm 0.6	0.001
Erlebte Hungergefühle ¹	4.3 \pm 0.6	5.2 \pm 0.8	0.339
Depressionsindex ²	1.4 \pm 0.3	7.3 \pm 1.4	0.001

3. Ergebnisse

Fortsetzung Tabelle 3: Charakterisierung der Studienpopulation (Werte als Mittelwert \pm Standardfehler oder Median (IQR) oder %)

	Normalge- wichtige Männer (n=20)	Adipöse Männer (n=20)	p Wert ⁴
Screening Skala ³	6.2 \pm 1.2	14.4 \pm 2.1	0.002
Keine Diskriminierungserfahrung durch Übergewicht [%]	95	25	0.001
Arbeitsüberlastung ³	8.9 \pm 0.9	11.4 \pm 1.5	0.163
Soziale Überlastung ³	5.5 \pm 0.8	7.0 \pm 1.0	0.268
Leistungsdruck ³	10.6 \pm 1.4	14.1 \pm 1.5	0.096
Arbeitsunzufriedenheit ³	6.9 \pm 0.9	11.3 \pm 1.3	0.008
Überforderung bei der Arbeit ³	3.0 \pm 0.6	6.2 \pm 1.0	0.010
Mangelnde gesellschaftliche Anerkennung ³	0.5 (0.0-1.8)	5.0 (2.0-7.0)	0.001
Soziale Spannungen ³	2.8 \pm 0.6	6.9 \pm 1.0	0.001
Soziale Isolation ³	4.3 \pm 0.9	7.2 \pm 1.0	0.033
Chronische Besorgnis ³	1 (1.0-3.8)	4 (2.0-7.0)	0.007

¹ Erhoben mittels Fragebogen zum Essverhalten (Pudel and Westenhöfer, 1989)

² Erhoben mittels Beck-Depressions-Inventar (Lustman et al., 1997)

³ Erhoben mittels Trier Inventar zum chronischen Stress (Schulz et al., 2004)

⁴ p-Wert Berechnung mit unabhängigem t-Test oder Mann Whitney U-Test oder Chi-Quadrat Test

3.2 Glukose-Intervention

Die Glukose-Intervention war vergleichbar zwischen normalgewichtigen und adipösen Probanden.

Die Plasmaglukosekonzentrationen während der Glukose-Clamp-Intervention von adipösen und normalgewichtigen Probanden waren vergleichbar (**Abbildung 3**). Der mittlere Plateau-Plasmaglukosespiegel in der Hypoglykämie und der Euglykämie unterschied sich nicht zwischen den beiden Gewichtsgruppen. (Während Hypoglykämie $2,73 \pm 0,06$ mmol/l bei den normalgewichtigen Probanden vs. $2,88 \pm 0,07$ mmol/l bei den adipösen Probanden, $P=0,144$; während Euglykämie $6,18 \pm 0,06$ mmol/l bei den normalgewichtigen Probanden vs. $6,08 \pm 0,1$ mmol/l bei den adipösen Probanden, $P=0,433$). Die Glukose-Intervention war daher nach Erreichen des Blutglukosezielwertes vergleichbar zwischen normalgewichtigen und adipösen Probanden (Haupteffekt Gewichtsgruppe $F=0,1$, $P=0,755$; Interaktion Blutglukose-Intervention x Gewichtsgruppe $F=3,7$, $P=0,063$; Interaktionszeit 10:00 h – 10:40h).

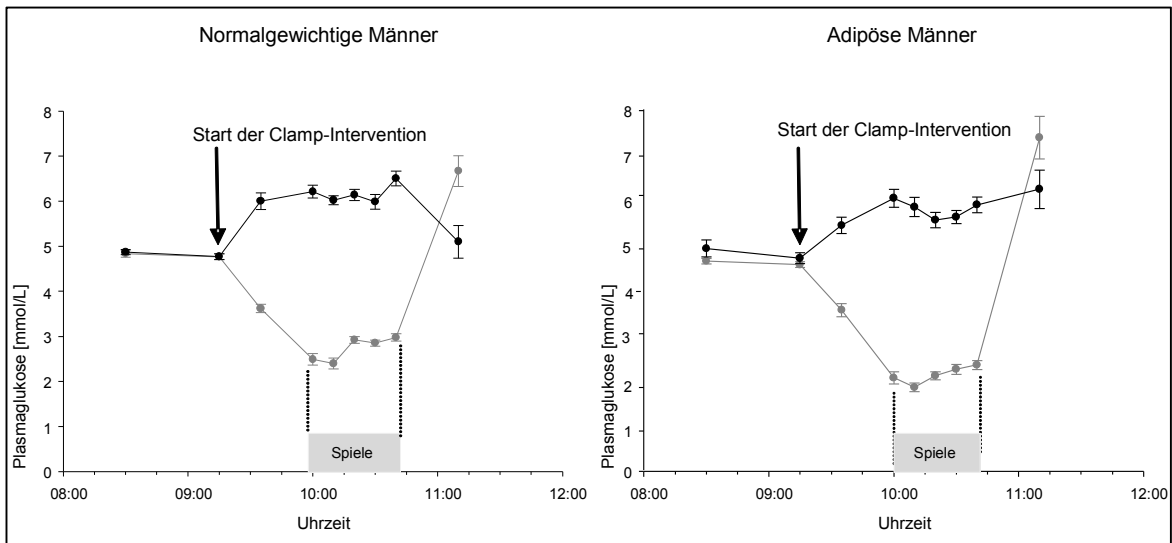


Abbildung 3: Plasmaglukosekonzentrationen während Euglykämie (schwarze Kreise) und während Hypoglykämie (graue Kreise) bei normalgewichtigen und adipösen Männern waren vergleichbar (Mittelwert \pm Standardfehler).

3.3 Ultimatum-Spiel

3.3.1 Die Merkmale der Spielgegner hatten keinen Einfluss auf die ökonomische Entscheidung im Ultimatum-Spiel.

Zunächst wurde untersucht, ob die auf den standardisierten Fotos gezeigten Merkmale der Spielgegner Einfluss auf die ökonomische Entscheidung im Ultimatum-Spiel hatten. Alle Merkmale, also Brille, Haarfarbe und Körperform, hatten keinen Einfluss auf die ökonomische Entscheidung im Spiel (alle p-Werte > 0,05), unabhängig von der Interventionsform (Eu- oder Hypoglykämie) oder der Rolle als Anbieter oder *Responder*. Aus diesem Grund wurden die Daten aller fünf Spielrunden für die weitere Analyse zusammengefasst.

3.3.2 Normalgewichtige Probanden trafen als Anbieter weniger faire Entscheidungen als übergewichtige Probanden im Ultimatum-Spiel.

In der Rolle des Anbieters zeigte sich, dass die normalgewichtigen Probanden in der Euglykämie weniger faire Entscheidungen trafen als adipöse Probanden (*Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F=4,4$; $P=0,042$*). Im Detail boten normalgewichtige Männer während der Euglykämie 16 % weniger Geld als adipöse Männer (**Abbildung 4**). In der Hypoglykämie ließ sich kein Unterschied zwischen den Gewichtsgruppen beobachten (*Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F=0,8$; $P=0,375$*). Insgesamt machten die normalgewichtigen Probanden, unabhängig von den Merkmalen des Spielgegners, in der Euglykämie, nicht aber in der Hypoglykämie, weniger faire Angebote als die adipösen Probanden.

(Glucose-Intervention x Gewichtsgruppe: $F=4,7$, $P=0,036$; Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F=0,1$, $P=0,712$; Haupteffekt Glukose-Intervention: $F=0,7$, $P=0,395$; Haupteffekt Merkmal: $F=0,7$, $P=0,523$; Haupteffekt Schulbildung: $F=0,1$, $P=0,712$; Interaktion Merkmal x Gewichtsgruppe: $F=0,0$, $P=0,986$; Interaktion Merkmal x Glukose-Intervention: $F=0,2$, $P=0,876$; Interaktion Merkmal x Glukose-Intervention x Gewichtsgruppe: $F=1,7$, $P=0,173$; Interaktion Merkmal x Glucose-Intervention x Schulbildung: $F=0,4$, $P=0,782$).

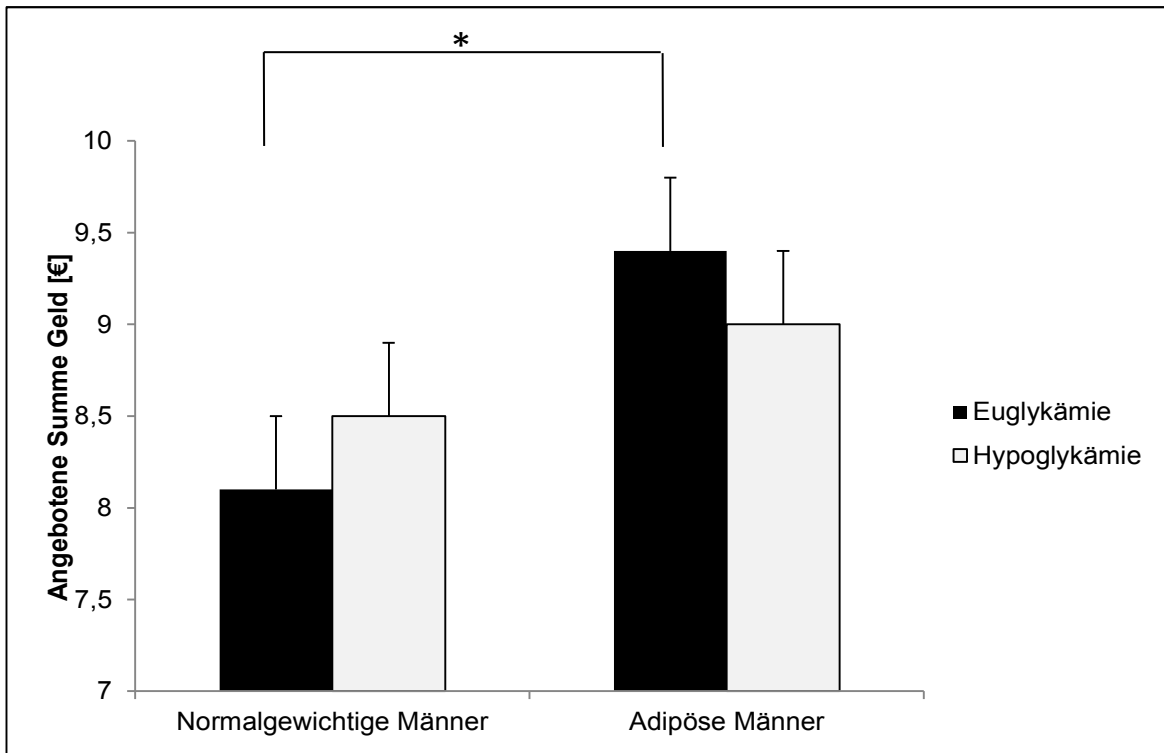


Abbildung 4: Ultimatum-Spiel, Rolle des Anbieters. Normalgewichtige Probanden machten in der Euglykämie weniger faire Angebote als adipöse Probanden (*). In der Hypoglykämie ließ sich kein Unterschied zwischen den Gewichtsgruppen beobachten. (Mittelwert + Standardfehler; Euglykämie, Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F = 4,4$, $P = 0,042$; Hypoglykämie, Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F = 0,8$, $P = 0,357$; mit Schulbildungsniveau als Kovariate)

3.3.3 Akzeptanzraten von normalgewichtigen und adipösen Probanden in der Responder-Rolle unterschieden sich nicht im Ultimatum-Spiel

Beim Spielen in der Rolle des *Responders* unterschieden sich Akzeptanzraten von normalgewichtigen und adipösen Probanden nicht. Die Geldsumme der akzeptierten Angebote war sowohl während der Euglykämie (Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F < 0,1$, $P = 0,833$) als auch während der Hypoglykämie (Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F = 0,2$, $P = 0,679$) vergleichbar zwischen normalgewichtigen und adipösen Probanden (Abbildung 5).

3. Ergebnisse

Bemerkenswert ist, dass alle Studienteilnehmer unter Hypoglykämie-Bedingungen auch niedrigere Angebote akzeptierten, die minimale Akzeptanzschwelle lag also tiefer als unter euglykämischen Bedingungen. (Haupteffekt Glukose-Intervention: $F=5,1$, $P=0,031$; Haupteffekt Merkmal: $F=2,0$, $P=0,515$; Haupteffekt Schulbildung: $F=0,9$, $P=0,346$; Interaktion Glukose-Intervention x Gewichtsgruppe: $F=1,6$, $P=0,220$; Interaktion Glukose-Intervention x Schulbildung: $F=5,7$, $P=0,022$; Interaktion Merkmal x Glukose-Intervention: $F=1,1$, $P=0,319$; Interaktion Merkmal x Gewichtsgruppe: $F=0,2$, $P=0,750$; Interaktion Merkmal x Glukose-Intervention x Gewichtsgruppe: $F=0,1$, $P=0,924$; Interaktion Merkmal x Glukose-Intervention x Schulbildung: $F=0,0$, $P=0,959$).

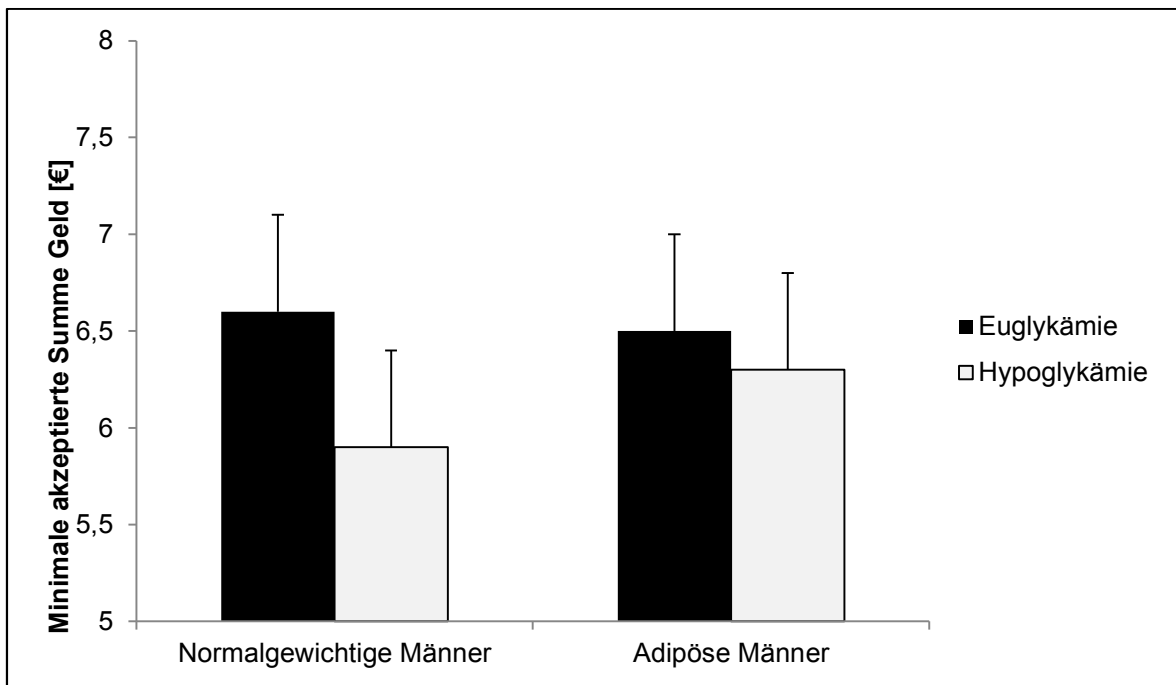


Abbildung 5: Ultimatum-Spiel, Rolle des *Responders*. Normalgewichtige und adipöse Probanden zeigten gleiche Akzeptanzraten im Ultimatum-Spiel (Euglykämie, Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F < 0,1$, $P = 0,883$; Hypoglykämie, Haupteffekt Gewichtsgruppe: $F = 0,2$, $P = 0,679$ mit Schulbildungsniveau als Kovariate; Mittelwert + Standardfehler). Alle Studienteilnehmer akzeptierten unter Hypoglykämie-Bedingungen niedrigere Angebote als unter Euglykämie-Bedingungen. (Haupteffekt Glukose-Intervention: $F = 5,1$, $P = 0,031$ mit Schulbildungsniveau als Kovariate; Mittelwert + Standardfehler)

4. Diskussion

In meiner Dissertation untersuchte ich das ökonomische Entscheidungsverhalten von normalgewichtigen und adipösen Männern im Ultimatum-Spiel unter kontrollierten Blutglukose-Bedingungen. Es zeigte sich unter euglykämischen Bedingungen, dass normalgewichtige Probanden in der Rolle des Anbieters weniger faire Angebote machten als adipöse Probanden, während sich in der Rolle des *Responders* die Akzeptanzraten der Angebote zwischen den beiden Gewichtgruppen nicht unterschieden. Unter hypoglykämischen Bedingungen zeigte das gesamte Probandenkollektiv in der *Responder*-Rolle eine niedrigere minimale Akzeptanzschwelle als unter euglykämischen Bedingungen.

4.1 Fairness und Körpergewicht: Adipöse Probanden sind großzügiger

In der vorliegenden Studie boten die normalgewichtigen Probanden unter euglykämischen Blutglukose-Bedingungen 16 % weniger Geld an als die adipösen Probanden, während die Akzeptanzraten in der *Responder*-Rolle zwischen den Gewichtgruppen vergleichbar waren. Adipöse Anbieter verhielten sich damit großzügiger und ihre Angebote waren fairer², als diejenigen der normalgewichtigen Probanden.

Zahlreiche Studien zu verschiedenen Einflussfaktoren auf das Verhalten im Ultimatum-Spiel gaben bereits Hinweise darauf, dass die Fairnesspräferenzen von Spielern nicht statisch festgelegt sind, sondern durch Faktoren wie z.B. Schlafmangel (Anderson und Dickinson, 2010), Stimmung (Riepl et al., 2016) oder Schmerz (Mancini et al., 2011) beeinflusst werden (siehe auch Einleitung 1.3.1). Der Einfluss des Körpergewichts auf das ökonomische Entscheidungs- und Fairnessverhalten ist in diesem Zusammenhang bisher nur in wenigen Studien erforscht worden. Die Studie von Verdejo-García et al. untersuchte lediglich das *Responder*-Verhalten von adipösen und normalgewichtigen Probanden im Ultimatum-Spiel, nicht jedoch ihr Verhalten in der Rolle des Anbieters (Verdejo-García et al., 2015). Sie konnten keine Unterschiede in den Akzeptanzraten adipöser und normalgewichtiger *Responder* feststellen, womit die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie unterstützt werden. Eine weitere große Studie zu diesem Thema wurde kürzlich von

² Als faires Angebot wird im Ultimatum-Spiel eine Fünfzig-Fünfzig-Aufteilung der zur Verfügung gestellten Geldsumme bezeichnet (Güth und Kocher, 2014).

Brañas-Garza et al. durchgeführt (Brañas-Garza et al., 2016). In der Einleitung zu ihrer Arbeit nennen sie zahlreiche Abweichungen im Sozialverhalten, die laut aktueller Studienlage mit erhöhtem BMI assoziiert seien, so z.B. eine verringerte Selbstkontrolle, erhöhte Suizidneigung oder ein erniedrigtes Selbstwertgefühl. Aus diesem Grund untersuchten sie in einem großen Probandenkollektiv mithilfe des Ultimatum-Spiels, ob auch Fairnessverhalten in Abhängigkeit vom Körpergewicht unterschiedliche Ausprägungen zeigen würde. Einen BMI-abhängigen Fairnessunterschied im Angebotsverhalten, wie in der hier vorliegenden Arbeit beobachtet, konnten sie jedoch nicht feststellen. Dies ist möglicherweise durch einen grundlegenden Unterschied im Studiendesign begründet: Brañas-Garza et al. untersuchten nicht zwei klar getrennte Gewichtsgruppen, sondern ein großes Probandenkollektiv. Dieses wies ein dementsprechend weites Spektrum an BMI-Werten (15,4 – 35,6 kg/m²) auf. Hierdurch wurden eventuell vorhandene Unterschiede im Fairnessverhalten zwischen adipösen und normalgewichtigen Probanden nicht so deutlich, wie es in meiner Arbeit durch klar getrennte Gewichtsgruppen (18-25 kg/m² und über 30 kg/m²) der Fall war.

Die Beobachtung fairerer Angebote adipöser Probanden in der hier vorliegenden Studie könnte man in einem umfassenderen gesellschaftlichen Kontext wie folgt diskutieren: Adipöse Menschen begegnen aufgrund ihres Körpergewichts in vielen Lebensbereichen Stigmatisierung und Gewichtsdiskriminierung (Puhl und Brownell, 2001). So gibt es eine starke Evidenz für Diskriminierung bei Stellensuche und Gehaltshöhe, stigmatisierende Darstellung von adipösen Menschen in den Medien und negative Voreingenommenheit von Ärzten und anderen Mitarbeitern des Gesundheitssektors gegenüber adipösen Patienten (Puhl und Heuer, 2009). In den USA werden für die Prävalenz von Gewichtsdiskriminierung Werte angegeben, die als vergleichbar mit denen der Rassendiskriminierung gelten (Puhl et al., 2008). Für die ethnische Zugehörigkeit von Probanden konnte bereits ein Einfluss auf das ökonomische Entscheidungsverhalten im Ultimatum-Spiel gezeigt werden (Kubota et al., 2013). Probanden akzeptierten häufiger Angebote und auch niedrigere Angebote von Spielern mit weißer Hautfarbe als von Spielern mit schwarzer Hautfarbe. Es ist daher denkbar, dass auch das Körpergewicht und die damit verbundene Gewichtsdiskriminierung Einfluss auf die Entscheidungen der Spieler haben könnte. So bringen normalgewichtige Probanden ihren adipösen Spielpartnern in ökonomischen Spielen signifikant weniger

Vertrauen entgegen (Kubera et al., 2016). Darüber hinaus übt die Attraktivität des Spielpartners einen Einfluss auf die Wahrnehmung des Angebots und die Beurteilung von Fairness im Ultimatum-Spiel aus (Ma und Hu, 2015). Auch der soziale Status scheint eine Rolle zu spielen: So lehnten Probanden, die zuvor durch kognitive Aufgaben einen höheren Spielerstatus als ihre Mitspieler erworben hatten, häufiger unfaire Angebote ab (Bechler et al., 2015). Nur 25 % der adipösen Probanden meines Studienkollektivs gaben in der Voruntersuchung an, niemals in ihrem Leben Gewichtsdiskriminierung erlebt zu haben, gegenüber 95 % der normalgewichtigen Probanden. Das Wissen um den eigenen niedrigeren sozialen Status durch die erlebte Gewichtsdiskriminierung, eventuell in Verbindung mit einem wenig attraktiven Selbstbild, könnte dazu geführt haben, dass die adipösen Probanden im Unterschied zu den normalgewichtigen Spielern fairere Angebote machten. Bedingt durch häufigere negative Erfahrungen in sozialen Interaktionen könnten sie ein Ablehnen ihres Angebots durch den *Responder* eher erwartet haben als die normalgewichtigen Probanden, und in Antizipation dessen mehr Geld angeboten haben.

4.2 Fairness und Blutglukose: Verhaltensunterschiede nivellieren sich unter Energiemangel

In der vorliegenden Studie boten die normalgewichtigen Probanden unter euglykämischen Blutglukosebedingungen 16 % weniger Geld an als die adipösen Probanden. Unter hypoglykämischen Bedingungen war dieser Unterschied im Angebotsverhalten dagegen nicht mehr nachweisbar. Zunächst lässt sich also feststellen: Unter standardisierten euglykämischen Bedingungen machten normalgewichtige Probanden weniger faire Angebote als adipöse Probanden. Unter dem Stress einer Hypoglykämie nivellierten sich die zuvor signifikanten Unterschiede im Angebotsverhalten. Diese Beobachtung wirft die Frage nach dem Einfluss von Blutglukose auf Fairnessverhalten auf.

Nach meinem Kenntnisstand hat noch keine Studie zuvor diesen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten im Ultimatum-Spiel unter Verwendung der Glukose-Clamp-Technik als Goldstandard untersucht. Dass metabolische Bedingungen, insbesondere der Blutglukosespiegel, generell einen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten haben, ist bereits durch die Selfish-Brain-Theorie prognostiziert worden (Peters et al., 2004). Eine unzureichende Glukoseversorgung des Gehirns macht sich durch neuroglykopenie

Symptome wie Schwindel, verschwommenes Sehen und Schwächegefühl bemerkbar, sowie durch autonome Symptome wie Palpitationen, Heißhungerattacken und Schweißausbrüche (Hitze et al., 2010; McAulay et al., 2001). Mehrere Arbeiten unterstützen die Hypothese, dass ein Gehirn unter Glukosemangel anders entscheidet als bei ausreichender Energieversorgung. Starke Hungergefühle, wie sie unter hypoglykämischen Bedingungen auftreten, bewirken eine fast ausschließliche Fokussierung auf die Befriedigung des Nahrungsbedürfnisses (Loewenstein, 1996). Das Entscheidungsverhalten wird dabei von diesem Einflussfaktor maximal dominiert und alle anderen Ziele werden der Nahrungsbeschaffung untergeordnet, sodass Hunger – wie auch z.B. Schmerz oder Müdigkeit – stark eigennütziges Verhalten induziert (Loewenstein, 1996). Ein niedriger Blutglukose-Spiegel ist mit einer verringerten Selbstkontrolle assoziiert (Gailliot und Baumeister, 2007) für alle nicht-nahrungsassoziierten Tätigkeiten (Orquin und Kurzban, 2015), sowie einer erhöhten Neigung zu impulsivem Verhalten (Gailliot und Baumeister, 2007). Des Weiteren zeigten Probanden nach Trinken eines glukosehaltigen Soft-Drinks ein mehr zukunftsorientiertes ökonomisches Entscheidungsverhalten im Gegensatz zur Vergleichsgruppe, die ein kalorienfreies Zucker-Ersatz-Getränk zu sich nahm (Wang und Dvorak, 2010). In der Studie von Wang und Dvorak korrelierte ein niedrigerer Blutzucker mit größeren Präferenzen für kleine Sofortgewinne gegenüber höheren Geldgewinnen, die jedoch erst nach einigen Wochen ausgezahlt würden. Die Probanden mit niedrigem Blutzucker bewerteten die gegenwärtig verfügbaren Geldsummen höher als zukünftige, größere Gewinne. Die Autoren diskutieren, dass diese Beobachtung andere Verhaltensveränderungen unter Glukosemangel, wie z.B. verringerte Hilfsbereitschaft (Gailliot und Baumeister, 2007), erklären könnte. So sei Hilfsbereitschaft oft motiviert durch die Hoffnung auf eine Erwidierung dieses Verhaltens in der Zukunft. Die bei ihren Probanden beobachtete Fokussierung auf die Gegenwart bei niedrigen Blutglukosewerten könnte ein Erklärungsmodell bieten, warum Menschen unter Glukosemangel z.B. weniger hilfsbereit sind (Wang and Dvorak, 2010). Analog ist es denkbar, dass auch soziale Präferenzen wie Fairness in Zeiten unsicherer Energieversorgung geschwächt werden. Ein aktueller Review von Orquin und Kurzban zum Einfluss von Blutglukose auf das menschliche Entscheidungsverhalten unterstützt diese These (Orquin und Kurzban, 2015). Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass bei

niedrigem Blutglukosespiegel der Wille eines Menschen vermindert ist, Geld, Arbeit oder mentale Anstrengung in nicht-nahrungsassoziierte Bereiche zu investieren. Geldgewinne, so wird in ihrer Arbeit argumentiert, gelten dabei als nahrungsassoziiert, sofern sie als unmittelbar austauschbar gegen Nahrung anzusehen sind. Fairnessverhalten würde demnach bei Energiemangel im Ultimatum-Spiel einem eigennützigeren, mehr gewinnorientierten (und damit nahrungsassoziierten) Verhalten weichen. Auch die Ergebnisse zum generellen *Responder*-Verhalten aller Probanden stützen die Hypothese, dass Fairnesspräferenzen unter Energiemangel weniger handlungsbestimmend werden (siehe 4.3).

Umgekehrt betrachtet boten die normalgewichtigen Probanden in der Euglykämie weniger Geld an und verhielten sich damit weniger fair als die adipösen. Sie zeigten in euglykämischer Stoffwechsellage weniger stark ausgeprägte Fairnesspräferenzen und kamen, unter Inkaufnahme eines gewissen Ablehnungsrisikos, mit ihren Angeboten näher an die minimale Akzeptanzschwelle der Responder heran. Unter hypoglykämischen Bedingungen war dieser Angebotsunterschied nicht mehr zu beobachten. Möglicherweise verhielten sich die normalgewichtigen Probanden hier vorsichtiger aufgrund des ausgeprägten Energiemangels, um eine Ablehnung ihres Angebots und damit den kompletten Geldverlust zu verhindern. Fest steht, dass es in der Hypoglykämie zu einem Angleichen des Verhaltens beider Gewichtsguppen kam.

Ein ähnliches Phänomen beobachtete Levy et al. in ihrer Arbeit zum Einfluss von metabolischem Energiemangel auf Risikoverhalten (Levy et al., 2013). Sie untersuchten die Risikopräferenzen von Probanden in ökonomischen Entscheidungssituationen unter Fastenbedingungen sowie nach Nahrungsaufnahme. Die Probanden hatten jeweils die Wahl zwischen einem sicheren kleinen Gewinn oder einem größeren unsicheren Gewinn, wobei Risiko- und Gewinnhöhe variierte. Dabei stellten sie überraschend fest, dass die individuellen Risikopräferenzen der Probanden im gesättigten Zustand eine große Varianz zeigten, während im hungrigen Zustand die Varianz der individuellen Risikopräferenzen im gesamten Kollektiv signifikant abnahm und sich auf einem mittleren, leicht risiko-aversen Level stabilisierten. Probanden mit großer Risikoaversion im gesättigten Zustand wählten unter Fastenbedingung häufiger die risikoreichen Optionen, während sich die primär risikofreudigeren Probanden umgekehrt verhielten. Möglicherweise führt also

Glukosemangel zu einem Angleichen des ökonomischen Entscheidungsverhaltens aufgrund einer Nivellierung von unterschiedlich stark ausgeprägten sozialen Präferenzen wie Fairness- oder Risikoverhalten. Mit anderen Worten: Möglicherweise verhalten sich faire Menschen unter Energiemangel eigennütziger und eigennützige Menschen fairer, wodurch sich ihr Verhalten angleicht, im konkreten Beispiel des Anbieters im Ultimatum-Spiel durch geringere Unterschiede in der Angebotshöhe unter hypoglykämischen Bedingungen. Beide Verhaltensweisen sind rational zu erklären, wenn man davon ausgeht, dass weder risikoreiche Gewinnmaximierungsbestrebungen, noch übermäßig stark ausgeprägte Fairnesspräferenzen in einer metabolischen Krisensituation angemessene Verhaltensweisen zur Sicherung des Überlebens sind.

4.3 Der hungrige Homo Oeconomicus: Energiemangel macht *Responder* eigennütziger

Seit Einführung des Ultimatum-Spiels in die experimentelle Wirtschaftsforschung Anfang der Achtziger Jahre durch Güth et al. hat insbesondere das Verhalten der Spieler in der *Responder*-Rolle Aufsehen erregt, da sich diese - noch offensichtlicher als die Spieler in der Anbieterrolle – konträr zur klassischen Wirtschaftstheorie verhielten (Camerer, 2003). Während man für die Großzügigkeit der Anbieter eine rationale Verhaltensklärung finden konnte – Angst vor Ablehnung des Angebots durch den *Responder* -, ließ sich das Entscheidungsverhalten der *Responder* einfach nicht mit dem Modell des Homo Oeconomicus in Deckung bringen, einem Modell aus der Wirtschaftsforschung zur Beschreibung menschlichen Verhaltens in ökonomischen Entscheidungssituationen (Kirchgässner, 2013). Nach diesem Modell sind rationale Individuen eigennützig und werden in ihrem Handeln ausschließlich durch materielle Eigeninteressen motiviert, während soziale Präferenzen wie Fairness hier keinen Platz finden (Camerer und Fehr, 2006). Das generell beobachtete *Responder*-Verhalten stand seit Einführung des Ultimatum-Spiels in die Wirtschaftsforschung im Widerspruch zu diesem allgemein anerkannten Modell. Statt eigennützig ihren materiellen Nutzen zu maximieren und jedes Angebot größer Null zu akzeptieren, lehnten die meisten Spieler Angebote unter 20 % der Gesamtsumme ab (Güth und Kocher, 2014) und dies auch bei z.T. beträchtlichen Geldbeträgen (Camerer, 2003). Die klassische Wirtschaftstheorie schien hier ein

bedeutendes Motiv außer Acht zu lassen, das dieses kostspielige Verhalten rational begründen könnte (Debove et al., 2016). Jahre der Forschung und theoretischen Auseinandersetzung mit dem *Responder*-Verhalten im Ultimatum-Spiel haben zur Entwicklung eines Modells beigetragen, das neben den selbstbezogenen, eigennützigen Motiven von Individuen in ökonomischen Entscheidungssituationen (engl. „self-regarding preferences“ (Fehr and Schmidt, 2006)) zusätzlich sogenannte „fremdbezogene Präferenzen“ (engl. „other-regarding preferences“ (Fehr und Schmidt, 2006)) oder auch soziale Präferenzen (engl. „social preferences“ (Camerer, 2003)) berücksichtigt. Hierbei handelt es sich um Motive, die nicht in erster Linie der eigenen materiellen Nutzenmaximierung dienen, sondern der Stabilisierung von sozialen Normen wie z.B. Fairness oder kooperativem Verhalten in einer Gruppe durch Sanktionierung von Mitspielern auf eigene Kosten (Camerer und Fehr, 2006). Auch wenn über die Ursachen dieser fremdbezogenen Präferenzen im menschlichen Verhalten noch keine Einheit herrscht, ist doch inzwischen unstrittig, dass das *Responder*-Verhalten im Ultimatum-Spiel ein Paradebeispiel für die Existenz dieser Fairnesspräferenzen darstellt: Hier sanktionieren Spieler unfaires Angebotsverhalten von Anbietern unter Inkaufnahme von eigenen Geldverlusten (Debove et al., 2016).

Das Ablehnen eines unfairen Angebots dient nicht direkt dem Eigennutz eines *Responders*, sondern bestraft in erster Linie Anbieter für den Verstoß gegen die Regeln fairen Verhaltens (Fehr und Gächter, 2002). Diese fordern implizit das zur Verfügung gestellte Geld mit dem zweiten Spieler fair zu teilen (Güth und Kocher, 2014). Das Ablehnen eines Angebots wird daher auch als „altruistische Bestrafung“ (engl. „altruistic punishment“) bezeichnet (Fehr und Gächter, 2002). Es ist eine Sanktionierung, die letztlich der Gesellschaft oder einer Gruppe zum Vorteil ist durch Stabilisierung von Fairness-Verhaltensregeln, jedoch mit Kosten verbunden ist, die ein Individuum zu tragen hat, welches nicht unmittelbar von diesem Verzicht auf seinen materiellen Gewinn profitiert. Die Höhe des minimal akzeptierten Angebots eines *Responders* gibt daher einen Hinweis darauf, wie ausgeprägt seine Tendenz zur altruistischen Bestrafung ist. Je höher die minimale Akzeptanzschwelle für Angebote eines Spielers liegt, desto stärker ausgeprägt sind seine Fairness-Präferenzen, die den eigennützigen Impuls den materiellen Gewinn anzunehmen unterdrücken. Zum Ausagieren von Fairnesspräferenzen scheint ein aktiver Hemmprozess

im Gehirn, speziell die Region im linken dorsolateralen frontalen Kortex (DLFC) (Knoch et al., 2006; Sanfey et al., 2003), beizutragen, mit dem ein Spieler seine materiellen Interessen unterdrückt zugunsten einer altruistischen Sanktionierung (Sütterlin et al., 2011). Induzierte Störungen in dieser Hirnregion führen im Experiment zu einer deutlich erniedrigten Ablehnungsrate unfairer Angebote, also zu einer Verminderung der altruistischen Bestrafungstendenz (Knoch et al., 2006). Es scheint naheliegend, dass unter Energiemangel dieser aktive, und damit energieaufwändige Hemmprozess geschwächt wird und einem eigennützigeren Verhalten weicht. Zudem gibt es bereits Hinweise auf Störungen der Selbstkontrolle (Gailliot und Baumeister, 2007) und bewusster Denkprozesse (Bos et al., 2012), sowie Hinweise auf weniger zukunftsorientiertes Entscheiden unter Glukosemangel (Wang und Dvorak, 2010). Daraus ergibt sich die Hypothese, dass die minimale Akzeptanzschwelle von Respondern im Ultimatum-Spiel unter hypoglykämischen Bedingungen niedriger liegt und unter Energiemangel der direkte, eigene materielle Gewinn an Bedeutung gewinnt gegenüber dem Willen Unfairness zu bestrafen. Diese Hypothese konnte in der vorliegenden Studie bestätigt werden. Das gesamte Probandenkollektiv zeigte unter hypoglykämischen Bedingungen eine geringere minimale Akzeptanzschwelle von Angeboten, d.h. Energiemangel schwächte die Fairnesspräferenzen und altruistische Bestrafungstendenzen und Probanden akzeptierten unfaire Angebote eher als unter euglykämischen Bedingungen. Ihr Verhalten unter Energiemangel näherte sich damit dem des klassischen Homo Oeconomicus an.

In Zusammenschau mit den Ergebnissen zum Anbieterverhalten adipöser Probanden, die unter Energiemangel ebenfalls eigennütziger werden (siehe 4.2), sowie der Arbeit von Orquin und Kurban zum eigennützigem Verhalten unter Glukosemangel (Orquin und Kurban, 2015), lässt sich die Hypothese formulieren: Der Homo Oeconomicus ist ein hungriges Wesen, das unter Energiemangel verstärkt zum Vorschein tritt und die Befriedigung unmittelbarer Eigeninteressen gegen Fairness-motivierte Handlungsoptionen durchsetzt. Auch für den Alltag könnte diese Beobachtung konkrete Bedeutung haben. Verbreitete Verhaltensweisen wie Diäten, gezügeltes Essverhalten oder das Auslassen von Mahlzeiten – bewusst oder durch hohe Arbeitsbelastung und Zeitdruck – könnten zu einem weniger fairen, stärker eigennützigem Entscheidungsverhalten beitragen. Umgekehrt schaffen das Geschäftsessen im Restaurant, ein Catering während Verhandlungen oder

auch nur der Keksteller auf dem Konferenztisch euglykämee Stoffwechselbedingungen und könnten so möglicherweise unbewusste Maßnahmen zur Bestärkung von Fairnessverhalten in wirtschaftlichen Entscheidungssituationen darstellen, mit denen der innere Homo Oeconomicus zur Ruhe gebracht wird.

4.4 Die Körperform des Spielpartners: Möglicher Einflussfaktor auf ökonomisches Handeln

Aus Vorstudien ist bekannt, dass sowohl die Angebotshöhe wie auch die Akzeptanzschwelle im Ultimatum-Spiel durch den jeweils anderen Spieler beeinflussbar sind. So sinkt beispielsweise der Anteil des Angebots an der Gesamtspielsumme mit steigendem sozialen Abstand zu einer Person (Bechler et al., 2015). Einem nahen Freund wird also mehr Geld angeboten als entfernten Bekannten. Auch physische Attraktivität scheint einen Einfluss auf ökonomische Entscheidungen zu haben (Ma und Hu, 2015). So lagen die Akzeptanzraten männlicher Probanden im Ultimatum-Spiel höher, wenn es sich um ein Angebot einer attraktiven Anbieterin handelte im Vergleich zu denen von einer unattraktiven Anbieterin. Auch akzeptierten die Probanden eher, dass einer passiven dritten Spielerin ein größerer Teil der Spielsumme angeboten wurde als ihnen selbst, wenn es sich hierbei um eine attraktive Mitspielerin handelte. Um weitere mögliche Einflussfaktoren, insbesondere das Körpergewicht des Gegenübers, zu untersuchen, wurden den Probanden der vorliegenden Studie in balancierter Reihenfolge Merkmalfotos eines angeblichen Spielpartners gezeigt, bevor diese ihre Entscheidung über das eigene Angebot und ihre Akzeptanzschwelle für das Gegenangebot trafen. Es zeigte sich jedoch kein Zusammenhang zwischen den gezeigten Merkmalfotographien und der Entscheidung im Spiel, weder in der Anbieter- noch in der *Responder*-Rolle. Als die Probanden allerdings im letzten Teilspiel eines der drei möglichen Merkmale ihres Spielgegners wählen konnten (Haarfarbe, Brille/Nicht-Brillenträger, Körperform) und es daraufhin gezeigt bekamen, wurde deutlich, dass die Körperform des Spielpartners für sie das mit Abstand interessanteste Merkmal darstellte. In einem weiteren, unter gleicher Methodik durchgeführten ökonomischen Spiel, dem Vertrauensspiel (Thema der Dissertation von Frau C. Rädcl), zeigte sich zudem ein signifikanter Effekt des Körpergewichts vom abgebildeten Spielpartner auf das Vertrauen, das die Probanden diesem

entgegenbrachten. Normalgewichtige Spieler vertrauten ihren fiktiven Spielpartnern deutlich weniger, wenn auf dem Foto eine adipöse Person abgebildet war (Kubera et al., 2016).

4.5 Limitationen und Ausblick

Die vorliegende Studie untersuchte das ökonomische Entscheidungsverhalten von Männern im Ultimatum-Spiel unter zwei verschiedenen, kontrollierten Blutglukose-Bedingungen. Da keine Frauen mit eingeschlossen wurden, können die Ergebnisse diesbezüglich nicht interpretiert werden. In der großen Studienpopulation von Brañas-Garza et al. zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Entscheidungsverhalten (Brañas-Garza et al., 2016), jedoch spielten hier die Probanden gegen anonyme Partner. Weitere Studien sollten daher den Einfluss des Spielpartners auf weibliche Spieler im Ultimatum-Spiel untersuchen. Zudem bietet sich die Möglichkeit, Studien mit realen Spielpartnern durchzuführen um damit den Einfluss des Gegenübers auf ökonomische Entscheidungen in einer direkten Konfrontation zu untersuchen. Im Ultimatum-Spiel dieser Studie reichte der Einfluss durch die fotografierten Spielpartner möglicherweise nicht aus um eine realistische Verhandlungssituation zu imitieren. Reale Spielpartner könnten den Effekt des Einflussfaktors Körperform stärker herauskehren. Allerdings konnte für das Vertrauensspiel (Dissertationsthema von Frau C. Rädcl) mit den Merkmalsfotographien ein signifikanter Effekt auf das Spielverhalten gezeigt werden. Gerade das Verhältnis von adipösen zu normalgewichtigen Probanden sollte mit ökonomischen Spielen weiter untersucht werden, zum einen vor dem Hintergrund des bereits festgestellten großen Interesses der Probanden für die Körperform des Spielpartners, zum anderen um die Auswirkungen von Gewichtsdiskriminierung (Puhl und Heuer, 2009) auf soziale Interaktionen in ökonomischen Entscheidungssituationen weiter zu erforschen. Zudem könnte man die Hypothese der BMI-assozierten Unterschiede im Fairnessverhalten auf diese Weise überprüfen. Auch der Einfluss von Energiemangel auf heterogen ausgeprägte soziale Präferenzen wie z.B. Fairness bietet eine interessante Möglichkeit für weitere Studien.

Als weitere Limitation dieser Studie ist zu nennen, dass sowohl die fiktiven Spielpartner auf den Merkmalfotos wie auch alle Probanden kaukasischer Abstammung waren. Aus diesem

Grund sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres auf andere Kulturkreise übertragbar. Eine generelle Limitation ist die künstliche Laborsituation, unter der die Probanden gespielt haben. Insbesondere der Blutglukose-Clamp als solches schafft eine unnatürliche metabolische Situation durch die eng eingestellten Glukose-Grenzwerte. Diese Methode wurde allerdings bewusst gewählt, um dem Hauptziel der Studie gerecht zu werden, eine akkurate Kontrolle des Energielevels während des Ultimatum-Spiels zu gewährleisten. Anzumerken ist an dieser Stelle, dass durch diese Methode nicht zwangsläufig der tatsächliche Glukosebedarf des Gehirns berücksichtigt wird. Gerade vor dem Hintergrund des insuffizienten Brain-Pulls adipöser Probanden durch die inadäquate zerebrale Insulin-Suppression (Hitze et al., 2010; Peters et al., 2004; siehe auch Einleitung 1.3.2) müsste theoretisch der Glukosebedarf des zentralen Nervensystems berücksichtigt werden. Hierfür könnte man behelfsweise eine hyperglykämische Glukose-Clamp-Bedingung einführen, in der man sicher von einer ausreichenden Gehirnversorgung auch adipöser Probanden ausgehen könnte. Weitere Studien könnten zudem durch natürlichere Maßnahmen die Blutglukose kontrollieren, beispielsweise durch Fasten oder Spielen nach Nahrungsaufnahme und so den Einflussfaktor Energielevel auf das ökonomische Entscheidungsverhalten weiter untersuchen.

Zusammenfassend konnte ich in meiner Dissertation zeigen, dass die Blutglukosekonzentration als ein metabolischer Einflussfaktor auf das ökonomische Entscheidungsverhalten wirkt und unter Energiemangel materielles Eigeninteresse gegenüber Fairnessmotiven an Bedeutung gewinnt. Die beobachteten Angebotsunterschiede zwischen den Gewichtsgruppen könnten ein Hinweis darauf sein, dass sich Fairnessverhalten zwischen adipösen und normalgewichtigen Männern bei euglykämischer Blutglukosekonzentration unterscheidet und adipöse Menschen sich unter diesen Umständen fairer verhalten als normalgewichtige Personen. Die Nivellierung der Angebotsunterschiede in der hypoglykämischen Clamp-Bedingung könnte dafür sprechen, dass sich heterogen ausgeprägte soziale Präferenzen unter Energiemangel angleichen.

5. Zusammenfassung

Das Ultimatum-Spiel ist ein wichtiges Instrument der experimentellen Wirtschaftsforschung zur Untersuchung von Fairnessverhalten. Es ist bekannt, dass Fairness-Präferenzen durch metabolische Einflüsse wie Hormonspiegel oder Schmerz moduliert werden können. Der Zusammenhang zwischen Blutglukose-Konzentration und Fairness ist bis heute unklar, obwohl es viele Hinweise auf einen Einfluss von Blutglukose auf Entscheidungsverhalten gibt. Das Körpergewicht eines Menschen ist eng mit der Regulation des Blutglukosespiegels über das sympathische Nervensystem verknüpft. Adipöse Menschen begegnen im Alltag häufig Diskriminierung und unfaire Behandlung aufgrund ihres Körpergewichts. Unklar ist, ob ein Unterschied bezüglich der Fairness-Präferenzen adipöser und normalgewichtiger Menschen existiert. Mithilfe des Ultimatum-Spiels wurde in dieser Studie überprüft, ob normalgewichtige und adipöse Probanden unterschiedliches Fairnessverhalten zeigen und ob diese Unterschiede durch kontrollierte Unterzuckerung beeinflusst werden.

20 normalgewichtige und 20 adipöse Männer spielten das Ultimatum-Spiel sowohl in der Anbieter-, als auch in der *Responder*-Rolle an zwei Versuchstagen. Dabei wurden sie mittels Glukose-Clamp-Technik jeweils auf konstante euglykämie und hypoglykämie Blutglukose-Werte eingestellt. Unter euglykämien Bedingungen verhielten sich die adipösen Probanden fairer und boten 16 % mehr Geld an als die normalgewichtigen Probanden. Unter hypoglykämien Bedingungen zeigte sich kein Unterschied in der Angebotshöhe, das Fairnessverhalten zwischen adipösen und normalgewichtigen Probanden glich sich an. Jedoch wurden in der Hypoglykämie von allen Probanden unfaire Angebote eher akzeptiert, als unter euglykämien Bedingungen. Der materielle Geldgewinn wurde bei Energiemangel also wichtiger, womit sich die Probanden in der Hypoglykämie an das Verhalten des klassischen Homo Oeconomicus annäherten. Die Daten weisen auf ein verstärktes Fairnessverhalten adipöser Probanden hin - möglicherweise ein Zeichen dafür, dass erlebte Gewichtsdiskriminierung zu einem veränderten Sozialverhalten geführt hat. Zudem zeigen sie, dass die Blutglukosekonzentration Einfluss auf wirtschaftliche Entscheidungen nimmt und Fairnessverhalten durch Energiemangel geschwächt wird. Gerade vor dem Hintergrund verbreiteter Verhaltensweisen wie Diäten oder unregelmäßiger Nahrungsaufnahme ist dies zunehmend von Relevanz.

6. Literatur

- Anderson, C., und Dickinson, D.L. (2010). Bargaining and trust: the effects of 36-h total sleep deprivation on socially interactive decisions. *J. Sleep Res.* 19, 54–63.
- Bechler, C., Green, L., und Myerson, J. (2015). Proportion offered in the Dictator and Ultimatum Games decreases with amount and social distance. *Behav. Processes* 115, 149–155.
- Bos, M.W., Dijksterhuis, A., und van Baaren, R. (2012). Food for thought? Trust your unconscious when energy is low. *J. Neurosci. Psychol. Econ.* 5, 124.
- Brañas-Garza, P., Espín, A.M., und Lenkei, B. (2016). BMI is not related to altruism, fairness, trust or reciprocity: Experimental evidence from the field and the lab. *Physiol. Behav.* 156, 79–93.
- Burnham, T.C. (2007). High-testosterone men reject low ultimatum game offers. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 274, 2327–2330.
- Camerer, C. (2003). *Behavioral game theory: Experiments in strategic interaction* (Princeton University Press).
- Camerer, C., und Thaler, R.H. (1995). Anomalies: Ultimatums, dictators and manners. *J. Econ. Perspect.* 9, 209–219.
- Camerer, C.F., und Fehr, E. (2006). When does “economic man” dominate social behavior? *Science* 311, 47–52.
- Debove, S., Baumard, N., und André, J.-B. (2016). Models of the evolution of fairness in the ultimatum game: a review and classification. *Evol. Hum. Behav.* 37, 245–254.
- Destoop, M., Schrijvers, D., De Grave, C., Sabbe, B., und De Bruijn, E.R. (2012). Better to give than to take? Interactive social decision-making in severe major depressive disorder. *J. Affect. Disord.* 137, 98–105.
- Diekmann, A. (2009). *Spieltheorie: Einführung, Beispiele, Experimente* (Rowohlt Taschenbuch Verlag).
- Eliakim, A., Nemet, D., Zaldivar, F., McMurray, R.G., Culler, F.L., Galassetti, P., und Cooper, D.M. (2006). Reduced exercise-associated response of the GH-IGF-I axis and catecholamines in obese children and adolescents. *J. Appl. Physiol.* 100, 1630–1637.

- Emanuele, E., Brondino, N., Bertona, M., Re, S., und Geroldi, D. (2008). Relationship between platelet serotonin content and rejections of unfair offers in the ultimatum game. *Neurosci. Lett.* 437, 158–161.
- Fehr, E., und Gächter, S. (2002). Altruistic punishment in humans. *Nature* 415, 137–140.
- Fehr, E., und Schmidt, K.M. (1999). A theory of fairness, competition, and cooperation. *Q. J. Econ.* 817–868.
- Fehr, E., und Schmidt, K.M. (2006). The economics of fairness, reciprocity and altruism—experimental evidence and new theories. *Handb. Econ. Gov. Altruism Reciprocity* 1, 615–691.
- Flaa, A., Sandvik, L., Kjeldsen, S.E., Eide, I.K., und Rostrup, M. (2008). Does sympathoadrenal activity predict changes in body fat? An 18-y follow-up study. *Am. J. Clin. Nutr.* 87, 1596–1601.
- Fruehwald-Schultes, B., Kern, W., Born, J., Fehm, H.L., und Peters, A. (2000). Comparison of the inhibitory effect of insulin and hypoglycemia on insulin secretion in humans. *Metabolism* 49, 950–953.
- Gailliot, M.T., und Baumeister, R.F. (2007). The physiology of willpower: Linking blood glucose to self-control. *Personal. Soc. Psychol. Rev.* 11, 303–327.
- Goodman, M.N., Lowell, B., Belur, E., und Ruderman, N.B. (1984). Sites of protein conservation and loss during starvation: influence of adiposity. *Am. J. Physiol.-Endocrinol. Metab.* 246, E383–E390.
- Gradin, V.B., Pérez, A., MacFarlane, J.A., Cavin, I., Waiter, G., Engelmann, J., Dritschel, B., Pomi, A., Matthews, K., und Steele, J.D. (2015). Abnormal brain responses to social fairness in depression: an fMRI study using the Ultimatum Game. *Psychol. Med.* 45, 1241–1251.
- Grecucci, A., Giorgetta, C., van't Wout, M., Bonini, N., und Sanfey, A.G. (2013). Reappraising the ultimatum: an fMRI study of emotion regulation and decision making. *Cereb. Cortex* 23, 399–410.
- Güth, W. (1995). On ultimatum bargaining experiments—A personal review. *J. Econ. Behav. Organ.* 27, 329–344.
- Güth, W. (2013). *Spieltheorie und ökonomische (Bei)Spiele* (Springer-Verlag).

Güth, W., und Kocher, M.G. (2014). More than thirty years of ultimatum bargaining experiments: Motives, variations, and a survey of the recent literature. *J. Econ. Behav. Organ.* 108, 396–409.

Güth, W., und Tietz, R. (1986). Auctioning ultimatum bargaining positions - How to act if rational decisions are unacceptable? In In: Scholz, Roland W. (Ed.), *Current Issues in West German Decision Research* (S. 173-185). Frankfurt: Lang, 1986, (Lang), pp. 173–185.

Güth, W., Schmittberger, R., und Schwarze, B. (1982). An experimental analysis of ultimatum bargaining. *J. Econ. Behav. Organ.* 3, 367–388.

Harlé, K.M., und Sanfey, A.G. (2007). Incidental sadness biases social economic decisions in the Ultimatum Game. *Emotion* 7, 876.

Henrich, J., Boyd, R., Bowles, S., Camerer, C., Fehr, E., Gintis, H., und McElreath, R. (2001). In search of homo economicus: behavioral experiments in 15 small-scale societies. *Am. Econ. Rev.* 91, 73–78.

Hitze, B., Hubold, C., Van Dyken, R., Schlichting, K., Lehnert, H., Entringer, S., und Peters, A. (2010). How the selfish brain organizes its supply and demand. *Front. Neuroenergetics* 2, 7.

Hoffman, E., McCabe, K., Shachat, K., und Smith, V. (1994). Preferences, property rights, and anonymity in bargaining games. *Games Econ. Behav.* 7, 346–380.

Hoffman, E., McCabe, K.A., und Smith, V.L. (1996). On expectations and the monetary stakes in ultimatum games. *Int. J. Game Theory* 25, 289–301.

Jones, A., McMillan, M.R., Jones, R.W., Kowalik, G.T., Steeden, J.A., Deanfield, J.E., Pruessner, J.C., Taylor, A.M., und Muthurangu, V. (2012). Adiposity is associated with blunted cardiovascular, neuroendocrine and cognitive responses to acute mental stress. *PloS One* 7, e39143.

Kahneman, D., Knetsch, J.L., und Thaler, R.H. (1986). Fairness and the assumptions of economics. *J. Bus.* S285–S300.

Kirchgässner, G. (2013). *Homo oeconomicus: das ökonomische Modell individuellen Verhaltens und seine Anwendung in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften* (Tübingen: Mohr Siebeck).

- Knoch, D., Pascual-Leone, A., Meyer, K., Treyer, V., und Fehr, E. (2006). Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex. *Science* 314, 829–832.
- Krieger, M. (1920). *Über die Atrophie der Menschlichen Organe bei Inanition* (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg).
- Kubera, B., Hubold, C., Zug, S., Wischnath, H., Wilhelm, I., Hallschmid, M., Entringer, S., Langemann, D., und Peters, A. (2012). The brain's supply and demand in obesity. *Front. Neuroenergetics* 4, 4.
- Kubera, B., Klement, J., Wagner, C., Rädcl, C., Eggeling, J., Füllbrunn, S., Kaczmarek, M.C., Levinsky, R., und Peters, A. (2016). Differences in fairness and trust between lean and corpulent men. *Int. J. Obes.*
- Kubota, J.T., Li, J., Bar-David, E., Banaji, M.R., und Phelps, E.A. (2013). The price of racial bias intergroup negotiations in the ultimatum game. *Psychol. Sci.* 24, 2498–2504.
- Levitt, S.D., und List, J.A. (2008). Economics. Homo economicus evolves. *Sci. N. Y. NY* 319, 909.
- Levy, D.J., Thavikulwat, A.C., und Glimcher, P.W. (2013). State dependent valuation: the effect of deprivation on risk preferences. *PloS One* 8, e53978.
- Loewenstein, G. (1996). Out of control: Visceral influences on behavior. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 65, 272–292.
- Lustman, P.J., Clouse, R.E., Griffith, L.S., Carney, R.M., und Freedland, K.E. (1997). Screening for depression in diabetes using the Beck Depression Inventory. *Psychosom. Med.* 59, 24–31.
- Ma, Q., und Hu, Y. (2015). Beauty matters: social preferences in a three-person ultimatum game. *PloS One* 10, e0125806.
- Magistretti, P.J., Pellerin, L., Rothman, D.L., und Shulman, R.G. (1999). Energy on demand. *Science* 283, 496–497.
- Mancini, A., Betti, V., Panasiti, M.S., Pavone, E.F., und Aglioti, S.M. (2011). Suffering makes you egoist: acute pain increases acceptance rates and reduces fairness during a bilateral ultimatum game. *PloS One* 6, e26008.
- McAulay, V., Deary, I.J., und Frier, B.M. (2001). Symptoms of hypoglycaemia in people with diabetes. *Diabet. Med.* 18, 690–705.

- Mühlau, M., Gaser, C., Ilg, R., Conrad, B., Leibl, C., Cebulla, M.H., Backmund, H., Gerlinghoff, M., Lommer, P., Schnebel, A., et al. (2007). Gray matter decrease of the anterior cingulate cortex in anorexia nervosa. *Am. J. Psychiatry*.
- Orquin, J.L., und Kurzban, R. (2015). A meta-analysis of blood glucose effects on human decision making.
- Peters, A., und Langemann, D. (2009). Build-ups in the supply chain of the brain: on the neuroenergetic cause of obesity and type 2 diabetes mellitus. *Front. Neuroenergetics* 1, 2.
- Peters, A., und McEwen, B.S. (2015). Stress habituation, body shape and cardiovascular mortality. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 56, 139–150.
- Peters, A., Schweiger, U., Pellerin, L., Hubold, C., Oltmanns, K.M., Conrad, M., Schultes, B., Born, J., und Fehm, H.L. (2004). The selfish brain: competition for energy resources. *Neurosci. Biobehav. Rev.* 28, 143–180.
- Peters, A., Pellerin, L., Dallman, M.F., Oltmanns, K.M., Schweiger, U., Born, J., und Fehm, H.L. (2007). Causes of obesity: looking beyond the hypothalamus. *Prog. Neurobiol.* 81, 61–88.
- Pudel, V., und Westenhöfer, J. (1989). Fragebogen zum Essverhalten (FEV): Handanweisung (Verlag für Psychologie Hogrefe).
- Puhl, R., und Brownell, K.D. (2001). Bias, discrimination, and obesity. *Obes. Res.* 9, 788–805.
- Puhl, R.M., und Heuer, C.A. (2009). The Stigma of Obesity: A Review and Update. *Obesity* 17, 941–964.
- Rieck, C. (2013). *Spieltheorie: Einführung für Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Verlag).
- Riepl, K., Mussel, P., Osinsky, R., und Hewig, J. (2016). Influences of State and Trait Affect on Behavior, Feedback-Related Negativity, and P3b in the Ultimatum Game. *PloS One* 11, e0146358.
- Roth, A.E., Prasnikar, V., Okuno-Fujiwara, M., und Zamir, S. (1991). Bargaining and market behavior in Jerusalem, Ljubljana, Pittsburgh, and Tokyo: An experimental study. *Am. Econ. Rev.* 1068–1095.

Sanfey, A.G., Rilling, J.K., Aronson, J.A., Nystrom, L.E., und Cohen, J.D. (2003). The neural basis of economic decision-making in the ultimatum game. *Science* 300, 1755–1758.

Schulz, P., Schlotz, W., und Becker, P. (2004). Trierer Inventar zum Chronischen Stress (TICS) [Trier Inventory for Chronic Stress (TICS)].

Spraul, M., Anderson, E.A., Bogardus, C., und Ravussin, E. (1994). Muscle sympathetic nerve activity in response to glucose ingestion: impact of plasma insulin and body fat. *Diabetes* 43, 191–196.

Sütterlin, S., Herbert, C., Schmitt, M., Kübler, A., und Vögele, C. (2011). Overcoming selfishness: reciprocity, inhibition, and cardiac-autonomic control in the ultimatum game. *Front. Psychol.* 2.

Symmonds, M., Emmanuel, J.J., Drew, M.E., Batterham, R.L., und Dolan, R.J. (2010). Metabolic state alters economic decision making under risk in humans. *PLoS One* 5, e11090.

Thaler, R.H. (1988). Anomalies: The ultimatum game. *J. Econ. Perspect.* 2, 195–206.

Tong, Q., Ye, C., McCrimmon, R.J., Dhillon, H., Choi, B., Kramer, M.D., Yu, J., Yang, Z., Christiansen, L.M., Lee, C.E., et al. (2007). Synaptic glutamate release by ventromedial hypothalamic neurons is part of the neurocircuitry that prevents hypoglycemia. *Cell Metab.* 5, 383–393.

Verdejo-García, A., Verdejo-Román, J., Rio-Valle, J.S., Lacomba, J.A., Lagos, F.M., und Soriano-Mas, C. (2015). Dysfunctional involvement of emotion and reward brain regions on social decision making in excess weight adolescents. *Hum. Brain Mapp.* 36, 226–237.

Wang, X.T., und Dvorak, R.D. (2010). Sweet future fluctuating blood glucose levels affect future discounting. *Psychol. Sci.*

Winter, S. (2014). *Grundzüge der Spieltheorie: ein Lehr- und Arbeitsbuch für das (Selbst-) Studium* (Springer-Verlag).

A. Anhang

A.1 Aushang



Probanden mit BMI >30 gesucht!

(BMI = Körpergewicht [kg] / Körpergröße [m] x Körpergröße [m])



- männlich
- 18 bis 35 Jahre
- Nichtraucher
- Gesund, keine Medikamenteneinnahme
- Keine Schichtarbeit

Aufwandsentschädigung:

100 Euro (fest) + Zusatzgewinn durch Spiele (im Schnitt 50€)

- Zeitaufwand:** - je 4-5 h an 2 Versuchstagen
- Ablauf:** - Tag 1: kontrollierte Unterzuckerung
 - Tag 2: Untersuchung bei normalem Blutzucker
 - an beiden Tagen: Fragebögen und Durchführung von Spielen
- Methode:** - Legen von zwei venösen Zugängen
 - Infusion von Insulin und Glucose
 - Entnahme von Blutproben

Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com	Spielstudie XXXXXXXXXXXX (Jonas Eggeling) XXXXXXXXXXXX (Christin Rädcl) XXXXXXXXXXXX (Christin Wagner) ultimo.studie@gmail.com
--	--	--	--	--	--	--	--

Abbildung 6: Aushang

A.2 Ethik-Votum



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK

Universität zu Lübeck · Ratzeburger Allee 160 · 23538 Lübeck

Herrn
Prof. Dr. med. Peters
Medizinische Klinik I

im Hause

nachrichtlich:

Herrn Prof. Lehnert, Direktor der Medizinischen Klinik I

Ethik-Kommission

Vorsitzender:

Herr Prof. Dr. med. Dr. phil. H. Raspe
Universität zu Lübeck

Stellv. Vorsitzender:

Herr Prof. Dr. med. F. Gieseler
Ratzeburger Allee 160
23538 Lübeck

Sachbearbeitung: Frau Janine Erdmann

Tel.: +49 451 500 4639

Fax: +49 451 500 3026

janine.erdmann@medizin.uni-luebeck.de

Aktenzeichen: 12-171

Datum: 04. Oktober 2012

Sitzung der Ethik-Kommission am 27. September 2012

Antragsteller: Herr Prof. Peters / Herr Prof. Lehnert

Titel: Einfluß von Körpergewicht und Blutzucker auf Generosität, Vertrauen und Risikoverhalten

Sehr geehrter Herr Dr. Peters,

der Antrag wurde unter berufsethischen, medizinisch-wissenschaftlichen und berufsrechtlichen Gesichtspunkten geprüft.

Die Kommission hat keine Bedenken.

Über alle schwerwiegenden oder unerwarteten und unerwünschten Ereignisse, die während der Studie auftreten, muss die Kommission umgehend benachrichtigt werden.

Nach Abschluss des Projektes bitte ich um Übersendung eines knappen Schlussberichtes (unter Angabe unseres Aktenzeichens), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Die ärztliche und juristische Verantwortung des Studienleiters und der an der Studie teilnehmenden Ärzte bleibt entsprechend der Beratungsfunktion der Ethikkommission durch unsere Stellungnahme unberührt.

Mit freundlichem Gruß bin ich
Ihre

Prof. Dr. med. Marianne Schrader
Mitglied der Ethik-Kommission

anwesende Kommissionsmitglieder:

Prof. Dr. Dr. H.-H. Raspe
(Sozialmedizin, Vorsitzender der EK)

Prof. Dr. Schweiger
(Psychiatrie)

Prof. Dr. Handels
(Medizinische Informatik)

Frau Prof. E. Stubbe
(Theologin)

Prof. Dr. Borck
(Medizin- und Wissenschaftsgeschichte)

Frau H. Müller
(Pflege)

Dr. Kaiser
(Kinderchirurgie)

Herr Dr. Fieber
(Richter am Amtsgericht Ahrensburg)

Prof. Schwinger
(Humangenetik)

Dr. R. Vonthein
(Zentrum für Klin. Studien)

Herr Prof. Dr. Gieseler
(Med. Klinik I, Stellv. Vorsitzender)

Frau Prof. Dr. M. Schrader
(Plastische Chirurgie)

Herr PD Lauten
(Kinder- und Jugendmedizin)

Frau A. Farries
(Richterin am Amtsgericht Lübeck)

Herr Prof. Dr. Schwaninger
(Pharmakologie)

A.3 Probandeninformation

UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein

Campus Lübeck Ratzeburger Allee 160

23538 Lübeck

Anschrift

UNIVERSITÄTSKLINIKUM
Schleswig-Holstein

Campus Lübeck

Klinische Forschergruppe „Selfish-Brain“,
Haus 32

Prof. Dr. med. A. Peters

Medizinische Klinik I

Direktor: Prof. Dr. med. H. Lehnert

Ansprechpartner

Dr. Johanna Klement

Tel: 0451 / 500-3683

Fax: 0451 / 500- 6595

E-Mail: johanna.klement@uksh.de

Internet: www.uk-sh.de

www.selfish-brain.org

Datum:

Probandeninformation und Einverständniserklärung

„Der Einfluss unseres Stoffwechsels auf Hormone, psychologische Faktoren und Spielerfolg“

Sehr geehrter Proband,

zunächst danken wir Ihnen für das Interesse an unserer Studie. Nachfolgend können Sie im ersten Teil dieser Probandeninformation lesen, welchen Hintergrund und welche Ziele die geplante Studie hat. Im zweiten Teil erläutern wir den Ablauf der Studie und was für Sie zu beachten ist. Im dritten Teil klären wir Sie über die möglichen Risiken der Studie auf und im vierten Teil über den Datenschutz. Bitte lesen Sie diese Probandeninformation sorgfältig durch. Wir werden mit Ihnen auch direkt über die Studie sprechen. Bitte fragen Sie uns, wenn Sie etwas nicht verstehen oder wenn Sie zusätzlich etwas wissen möchten.

Hintergrund der Studie

Unser Gehirn verbraucht von allen Organen am meisten Energie in Form von Glukose und versorgt sich selbst vor allen anderen Organen mit Energie. Unser Gehirn nimmt daher in unserem Stoffwechsel eine Sonderstellung ein. In unserer Studie möchten wir untersuchen, wie sich unser Stoffwechsel durch eine Absenkung des Blutzuckerspiegels auf unsere Hormone, psychologische Faktoren sowie den Spielerfolg auswirkt. Bisher ist bekannt, dass bei einer Unterzuckerung das Energieangebot im Körper für unser Gehirn zu gering ist, um den hohen Energiebedarf zu decken. Dies löst in unserem Gehirn eine Energiekrise aus. Inwieweit sich diese Energiekrise auf die

Hormone für unser Entscheidungsverhalten, Stimmung und unseren Spielerfolg auswirkt, ist bisher nicht ausreichend geklärt. Diese Faktoren wollen wir mit unserer Studie untersuchen.

Studienablauf

Vor Beginn der Studie werden Sie internistisch untersucht. Dazu gehört neben der körperlichen Untersuchung außerdem eine Blutentnahme zur Kontrolle der Blutzellen- und Blutfettwerte, der Leberwerte, der Nierenfunktion, der Bauchspeicheldrüse und des Blutzuckers. Des Weiteren wird Ihre Herzfrequenzvariabilität mittels EKG erfasst. Außerdem bitten wir Sie, Fragebögen zu Ihrem Essverhalten, zum Stressempfinden, zu ihrer Stimmungslage und zum Selbstwertgefühl auszufüllen. Ausschlusskriterien für unsere Studie sind akute und chronische internistische oder neurologische Erkrankungen, die Einnahme von Medikamenten oder Drogen, der regelmäßige Konsum von Zigaretten/ Zigarillos etc. oder alkoholischen Getränken, außergewöhnliche Stresssituationen und Leistungssport. Sie dürfen in der Zeit vier Wochen vor und während der Versuche nicht an anderen Studien teilnehmen, kein Blut spenden, keine Diät beginnen und müssen wenigstens eine Woche vor dem Versuchstag einen normalen Tag-/Nachtrhythmus einhalten. Sollte unvorhergesehen ein solcher Zustand aufgetreten sein, erwarten wir eine diesbezügliche Information und würden einen neuen Termin mit Ihnen vereinbaren. Abweichungen in den Studienvoraussetzungen können unsere Ergebnisse empfindlich beeinflussen und können bei bewusster Fehlinformation zum Ausschluss von der Studie führen.

Die Studie findet an zwei Versuchstagen statt, die ca. zwei Wochen auseinander liegen. **Den Abend vor dem Versuchstag** sollten Sie nicht später als 23 Uhr zu Bett gehen und keine Nahrung und keine zuckerhaltigen (z.B. Fruchtsaft) oder koffeinhaltigen Getränke mehr einnehmen. Die Einnahme von Wasser oder ungesüßtem Frucht- oder Kräutertee ist jedoch weiterhin möglich. Am Versuchstag sollten Sie sich gesund fühlen und unbedingt nüchtern sein (Wasser und ungesüßte Tees weiterhin möglich).

Wir werden das Glukose-Clamp-Verfahren anwenden, bei dem der Blutzuckerspiegel durch parallele Verabreichung von Insulin und Glukose konstant gehalten wird. Im Folgenden beschreiben wir kurz den üblichen Ablauf der beiden Versuchstage.

Am Versuchstag erwarten wir Sie morgens um 8 Uhr in unserem Untersuchungsraum im Haus 32 der Universität zu Lübeck. Hier werden Sie nochmals über die Studie aufgeklärt und eventuelle Fragen werden besprochen. Anschließend punktieren wir je eine Unterarmvene im rechten und linken Arm und legen dabei jeweils eine Venenverweilkanüle (Braunüle). Dann werden wir eine Unterzuckerung durchführen. Sie erhalten dafür eine Insulin- und eine Zucker-(Dextrose)-Infusion nach einer Ihrem Körpergewicht angepassten Menge über den Venenzugang. Über den zweiten Zugang messen wir kontinuierlich Ihren Blutzucker und senken Ihren Blutzucker langsam auf 40 mg/dl ab. In diesem so genannten Glukose-Clamp-Verfahren wird Ihr Blutzucker auf 40 mg/dl eingestellt und ca. 45 Minuten gehalten, weil gleichzeitig Insulin und eine Zuckerinfusion gegeben werden. Anschließend wird die Gabe von Insulin über die Vene beendet und über 30 Minuten der

Blutzucker wieder normalisiert. Außerdem werden die Herzfrequenz und der Blutdruck überwacht. Während des Versuches ist ein Arzt jederzeit im Hintergrund, der bei Beeinträchtigungen innerhalb von wenigen Minuten einschreiten wird. An diesem Tag werden Sie gegen 12 Uhr bei uns das Haus verlassen können.

An dem anderen Versuchstag – ca. 2 Wochen später – wird das gleiche Verfahren angewendet. Der Unterschied liegt alleine darin, dass diesmal der Blutzucker auf Normalniveau (ca. 90 mg/dl) eingestellt und 45min lang gehalten wird.

Zwischen den beiden Versuchstagen soll ein Abstand von etwa zwei Wochen liegen. Die Reihenfolge der beiden Versuchstage wird balanciert, so dass bei der Hälfte aller Probanden am ersten Versuchstag die Untersuchung bei Unterzucker und bei der anderen Hälfte der Probanden am ersten Versuchstag die Untersuchung bei normalem Blutzucker durchgeführt wird. Ihnen wird nicht bekannt gegeben, um welche Untersuchung es sich handelt.

Während der Glukose-Clamp-Verfahren werden Blutproben zur Messung von verschiedenen Hormonen entnommen. Aus den Blutproben ist die Analyse folgender Parameter geplant: Glukose, Insulin, C-Peptid, Laktat (Glukosestoffwechsel), ACTH, Cortisol, GH, Adrenalin, Noradrenalin, Glukagon (gegenregulatorische Hormone, Reaktivität des Stresssystems), Oxytocin, Vasopressin, Testosteron, Serotonin, Progesteron, LH/FSH, Prolaktin (Hormone für Entscheidungsverhalten und Vertrauen). Pro Versuchstag werden Ihnen 230ml Blut entnommen (entspricht etwa der Hälfte einer Blutspende).

Zusätzlich werden wir Sie bitten, an den beiden Versuchstagen verschiedene Fragebögen auszufüllen, u.a. zu Ihrem Befinden oder zu Ihrer Stimmungslage.

Während der Versuchsphase können Sie computergestützt gegen andere Versuchsteilnehmer aus unserer Studie in verschiedenen Spielen zusätzlich zu Ihrer Aufwandsentschädigung in Höhe von 100€ einen Geldbetrag von bis zu 75€ gewinnen (mind. jedoch 25€). Dabei werden zufällig Cluster von vier Studienteilnehmern gebildet, die gegeneinander spielen. Die verschiedenen Spielvarianten werden Ihnen am Versuchstag genau erläutert. Insgesamt handelt es sich um fünf verschiedene Spiele.

Von allen Spielrunden wird über das Zufallsprinzip eine Runde ausgewählt, die Ihnen zusätzlich zu Ihrer Aufwandsentschädigung (100€) ausgezahlt wird (Gewinn bis zu 75€ möglich, mind. jedoch 25€).

Risiken und Nutzen der Studie

Eine künstliche Unterzuckerung verursachen wir durch die kontrollierte intravenöse Gabe von Insulin im Rahmen des von uns seit Jahren etablierten Glukose-Clamp-Verfahrens. Diese künstliche Unterzuckerung ruft in Ihrem Körper eine Gegenregulation hervor, die Sie als Stress erleben werden (möglich ist: Zittern, Hunger, Herzklopfen, Schwitzen, Nervosität, Schwindel, u.a.). Bei empfindlichen Personen mit einer Neigung zu Krampfleiden kann eine Unterzuckerung einen Krampfanfall

auslösen. Mit der künstlichen Unterzuckerung ist ein sehr geringes theoretisches Risiko einer Nervenzellschädigung im Gehirn verbunden, die allerdings erst bei langandauernden Unterzuckerungen weit unter der bei uns angestrebten Schwelle auftreten kann. Die Insulin- und Zuckereinfusion wird während der Unterzuckerung genau geregelt, wobei die Blutzuckerwerte in Intervallen von fünf Minuten und bei Bedarf noch engmaschiger kontrolliert werden.

Bei der Venenpunktion zum Legen der Venenverweilkanüle (Braunüle) kann es zu einer lokalen Verletzung von Blutgefäßen, Nerven oder des umgebenden Gewebe kommen. Bei einer solchen Verletzung können vorübergehend Schmerzen oder Blutergüsse auftreten. Längerfristige Schädigungen sind bei sachgerechter Durchführung jedoch äußerst selten. Das Risiko ist mit dem einer Routineblutentnahme vergleichbar. Im Bereich der venösen Zugänge kann das Risiko einer lokalen Entzündungsreaktion nicht vollständig ausgeschlossen werden. Bei der relativ kurzen Liegedauer ist dieses Risiko jedoch sehr gering.

Insgesamt werden pro Versuchstag ca. 230 ml Blut abgenommen, was in etwa der Hälfte einer Blutspende entspricht.

Als Aufwandsentschädigung für die Teilnahme an der Studie erhalten Sie für beide Versuchstage einen Betrag von 100 €. Darüber hinaus können Sie in den verschiedenen Spielen insgesamt einen Betrag von zusätzlich bis zu 75€ erspielen. Zusätzlich können Sie auf Wunsch die Resultate der Routineblutuntersuchung erhalten (z.B. Blutbild, Elektrolyte, Leber-, Nierenwerte). Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie beenden, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile im Hinblick auf die Behandlung oder Ihr Verhältnis zu Ihrer behandelnden Ärztin bzw. Arzt entstehen. Nach Beendigung Ihrer Teilnahme werden keine weiteren Daten von Ihnen erhoben. Ihre bisherigen Daten werden unwiderruflich anonymisiert, d.h. Sie können nicht mehr anhand der Daten identifiziert werden.

Tritt im Rahmen der Studiendurchführung ein Schaden auf, der den Studienteilnehmer durch das schuldhafte Verhalten eines Beschäftigten des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein (UK-SH) zugefügt wurde, haftet die gesetzliche Haftpflicht des UK-SH. Eine Wegeversicherung wird abgeschlossen.

Datenschutzrechtliche Informationen

Für die Datenverarbeitung verantwortlich ist der Studienleiter Prof. Dr. med. A. Peters, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck. Die Datenerhebung erfolgt zum Zweck des oben genannten Studienziels/Forschungsvorhabens. Aus der Voruntersuchung erhalten wir persönliche Daten und Untersuchungsbefunde, aus den Fragebögen, Testverfahren und Blutentnahmen während des Versuchs erhalten wir Daten über den Einfluss Ihres Blutzuckers auf Ihr Spielverhalten. Folgende Daten werden außerdem innerhalb der Studie erhoben: Geburtsdatum, Adresse, medizinische Befunde, inkl. Vorerkrankungen, körperlicher Untersuchungsbefund, Medikamenteneinnahme. Ihre Daten werden in pseudonymisierter Form, d.h. ohne direkten Bezug zu Ihrem Namen, elektronisch gespeichert

und ausgewertet. Die Bestimmungen des Datenschutzgesetzes werden eingehalten. Zugriff auf Ihre Daten haben nur Mitarbeiter der Studie. Diese Personen sind zur Verschwiegenheit verpflichtet. Die Daten sind vor fremden Zugriff geschützt.

Die personenbezogenen Daten werden am Ende des Forschungsvorhabens, spätestens jedoch nach 10 Jahren anonymisiert, soweit gesetzliche Vorgaben nicht längere Archivierungspflichten vorsehen. Die gewonnenen Blutproben werden nach Bestimmung der Zielparameter, spätestens jedoch nach 10 Jahren vernichtet. Bis zu diesem Zeitpunkt werden die Proben in abschließbaren Gefrierschränken innerhalb des Universitätsklinikums gelagert.

A.4 Einwilligungserklärung



Einwilligungserklärung zur Studie

UNIVERSITÄTSKLINIKUM
Schleswig-Holstein

Campus Lübeck
Klinische Forschergruppe „Selfish-Brain“
Haus 32
Prof. Dr. med. A Peters
Medizinische Klinik I
Direktor: Prof. Dr. med. H. Lehnert
Ansprechpartner:
Dr. Johanna Klement
Tel: 0451 / 500-3683
Fax: 0451 / 500-6595
E-Mail: johanna.klement@uksh.de
Internet: www.uk-sh.de
www.selfish-brain.org

Datum:

„Der Einfluss unseres Stoffwechsels auf Hormone, psychologische Faktoren und Spielerfolg“

Ich habe die schriftliche Patienteninformation zur oben genannten Studie erhalten, gelesen und verstanden. Ich wurde ausführlich – mündlich und schriftlich – über das Ziel und den Verlauf der Studie, Chancen und Risiken der Behandlung, meine Rechte und Pflichten, den mir zustehenden Versicherungsschutz und die Freiwilligkeit der Teilnahme durch den Studienarzt (siehe unten) aufgeklärt. Ich hatte Gelegenheit alle meine Fragen zu stellen. Diese wurden zufriedenstellend und vollständig beantwortet.

Ich bestätige, dass ich die geforderten Voraussetzungen für die Studienteilnahme nach bestem Wissen erfülle und dass ich alle meine Angaben zu eigenen Vorerkrankungen und gesundheitlichen Risiken wahrheitsgemäß vorgenommen habe.

Ich erkläre hiermit meine Teilnahme an der oben genannten Studie. Ich wurde darauf hingewiesen, dass meine Teilnahme freiwillig ist und dass ich das Recht habe, diese jederzeit ohne Angabe von Gründen zu beenden, ohne dass mir dadurch Nachteile entstehen.

Meine Daten und die mir entnommenen Blutproben werden ausschließlich für die oben genannte Studie verwendet und nicht an Dritte weitergegeben. Es gelten die Richtlinien des Datenschutzes und der ärztlichen Schweigepflicht. Ich wurde über meine Datenschutzrechte informiert. Mit der Erhebung, Verarbeitung und Speicherung meiner Daten im Rahmen der Studie bin ich einverstanden.

_____ Probant	_____ Name, Vorname	_____ Datum	_____ Unterschrift
_____ Studienarzt	_____ Name, Vorname	_____ Datum	_____ Unterschrift

A.5 Studienprotokoll

Ultimo-Studie: Versuchsprotokoll

Probanden ID:

Bedingung:

Datum:

(A - Hypo, 40-45 mg/dl; B - Eu, 90-95mg/dl)

BZ Auftragsnummer 1-9 =

Von links nach rechts (erst BE, dann Intervention)!!, Formel für die Insulin-Berechnung: $13,5 * 50 * \text{kgKG} / 1000 = \text{IE} / 50\text{ml NaCl } 0,9\%$

Zeit	min	BZ mg/dl	Glucose 20% ml/h	BE	RR sys	RR dia	HF	Intervention
07:45	-90							1. Braunüle + HemoCue + RR, 2. SRS 1, MDBF 1, 3. Subtraktionstest 1
08:30	-45			1				erst BE, dann Spiele-Set Baseline, danach SRS 2, MDBF 2, warten bis Fragebögen fertig, dann Insulinhahn auf, dann BE 2, dann Bolus
09:15	0			2				BE, dann Insulinbolus 22,5ml/h für 2min, dann 6.7ml/h
							IE Altinsulin/50ml NaCl 0.9%
09:20	5							
09:25	10							
09:30	15							
09:35	20			3				
09:40	25							
09:45	30							ab hier kann direkt zur BE4 gesprungen werden, falls Glukosezielwert schon erreicht ist
09:50	35							
09:55	40							
10:00	45			4				BE, dann SRS 3, MDBF 3 nach Erreichen des Glukose-Zielwertes
								Spiele-Set Treatment
10:05	50							
10:10	55			5				
10:15	60							
10:20	65			6				
10:25	70							
10:30	75			7				
10:35	80							nach Beendigung der Spiele (aber frühestens nach BE 8): SRS 4, MDBF 4
								dann Subtraktionstest 2, warten bis Tests fertig (max. 60min auf Zielplateau halten), dann erst BE8 und Insulin aus
10:40	85			8				BE, dann Insulin aus und G20% an, Insulinhahn zudrehen

A. Anhang

Zeit	min	BZ mg/dl	Glucose 20% ml/h	BE	RR sys	RR dia	HF	Intervention
10:45	90							
10:50	95							
10:55	100							
11:00	105							
11:05	110							
11:10	115			9				BE wenn BZ stabilisiert auf ca. 80mg/dl
								System abtöpseln, aber Zugang lassen
11:15	120							Start Testbuffet
11:20	125							
11:25	130							
11:30	135							
11:35	140							
11:40	145							
11:45	150							Ende Testbuffet
								SRS 5, MDBF 5
11:50	155							Anfang Kekstest
11:55	160							
12:00	165							Ende Kekstest
12:05	179							BZ-Kontrolle, RR-Kontrolle

A. 6 Beispielfotos für standardisierte Merkmale der Spielgegner



Abbildung 7: Beispiel für Merkmalfotos Körperform adipös/ Körperform schlank



Abbildung 8: Beispiel für Merkmalfotos Haarfarbe dunkel/ Haarfarbe hell

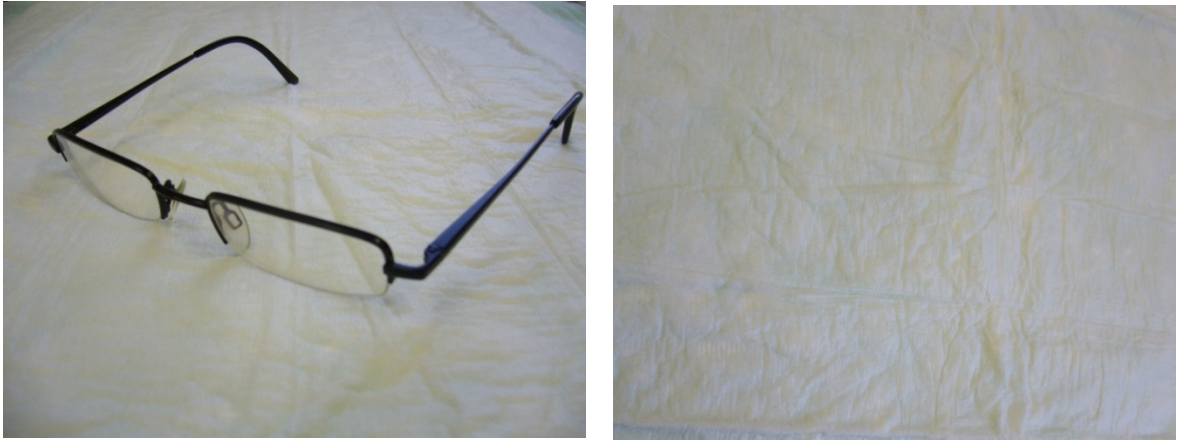


Abbildung 9: Beispiel für Merkmalfotos Brille/ keine Brille

B. Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Achim Peters für die Bereitstellung des Themas meiner Dissertation, sowie für seine hervorragende Betreuung und die wertvollen Gespräche, die er während der zahlreichen Treffen der Selfish-Brain-Arbeitsgruppe mit uns Doktoranden führte. Bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Steinhoff, dem kommissarischen Direktor der Medizinischen Klinik I, bedanke ich mich für die Möglichkeit eine Dissertation in seiner Klinik anfertigen zu dürfen, für die zur Verfügung gestellten Räumlichkeiten und guten Arbeitsbedingungen in der klinisch-experimentellen Forschungseinrichtung. Herrn Sascha Füllbrunn, Frau Magdalena Kaczmarek und Herrn Rene Levinsky vom Max-Planck-Institut für Ökonomik in Jena danke ich für ihren Beitrag zur Erstellung der Versuchsunterlagen des Ultimatum-Spiels. Insbesondere bedanken möchte ich mich bei Frau Dr. Johanna Klement für ihre exzellente Betreuung dieser Studie und ihre Unterstützung während der Glukose-Clamp-Versuche. Ebenso möchte ich Frau Dr. Britta Kubera meinen herzlichsten Dank aussprechen für ihr Engagement und ihre hilfreichen Anmerkungen, mit denen sie mich beim Verfassen dieser Dissertation unterstützt hat. Ich bedanke mich bei Frau Kirstin Nordhausen für ihre gewissenhafte Einarbeitung in die Laborarbeit und die Betreuung während der Versuche, sowie bei den Mitarbeitern des Zentrallabors des Universitätsklinikums Lübeck für die Analyse der Blutproben. Frau Sabine Wittnebel möchte ich für ihre ausgesprochen freundliche und zugewandte Unterstützung bei organisatorischen Angelegenheiten danken. Christin Räder und Jonas Eggeling danke ich für die großartige Zusammenarbeit im Labor und die einmalige Verbindung, die daraus zwischen uns dreien entstanden ist. Auch allen Probanden dieser Studie danke ich herzlich für ihre Teilnahme. Zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken - für ihr Vertrauen, ihr Interesse und ihre bedingungslos liebevolle Unterstützung.

C. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Christin Wagner
Geburtsdatum: 04.03.1990
Geburtsort: Hamburg



Ausbildung und Studium:

06/2016 2. Staatsexamen, mündlicher Teil
05/2015 – 04/2016 Praktisches Jahr: Gynäkologie (Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck) - Innere Medizin (Ospedale Regionale di Locarno, Schweiz) - Allgemeinchirurgie, Unfallchirurgie, plastische Chirurgie (Schön Klinik, Neustadt)
04/2015 2. Staatsexamen, schriftlicher Teil
02/2014 - 08/2014 Erasmus-Semester an der Università di Bologna, Italien
08/2011 1. Staatsexamen
10/2009 - 06/2016 Studium der Humanmedizin an der Universität zu Lübeck
09/2008 - 08/2009 Diakonisches Jahr im Kinderheim „Les Faons“, Belgien
08/2000 - 07/2008 Heinrich-Heine-Gymnasium, Hamburg
07/2005 – 07/2006: Auslandsjahr, Motueka High School, Neuseeland

Stipendien:

Stipendiatin der Studienstiftung des deutschen Volkes (2009-2016)
Stipendium der Deutschen Ärztesgesellschaft für Akupunktur (DÄGfA Summerschool 08/2016)

Zeitraum der Dissertation

02/2013 – 04/2013 Ausarbeitung der Spieleanleitungen,
Einarbeitung in die klinisch-experimentelle Forschung
04/2013 – 04/2015 Durchführung der Versuche
04/2015 – 01/2017 Ausarbeitung der Promotionsarbeit

Publikationen

Kubera B, Klement J, Wagner C, Rädcl C, Eggeling J, Füllbrunn S, Kaczmarek M, Levinsky R, Peters A. "Differences in fairness and trust between lean and corpulent men", Int J Obes (Lond), 2016 Aug 3.