



Aus dem Fachbereich Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie  
Bereich Psychosomatik  
Direktor: Prof. Dr. med. Harald Hampel

**Body Integrity Identity Disorder**  
**Der Wunsch körperbehindert zu sein**  
**- Eine fMRT Studie -**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

vorgelegt von

Silke Skoruppa  
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2011

Dekan: Herr Prof. Dr. Josef M. Pfeilschifter  
Referentin: Frau Priv.-Doz. Dr. Aglaja V. Stirn  
Korreferent: Herr Prof. Dr. Johannes Pantel

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Juni 2013

*Meinen Eltern*

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Theorie.....</b>	<b>2</b>
2.1	Definition.....	2
2.1.1	Manifestation .....	3
2.1.2	Motivation .....	4
2.1.3	Lokalisation .....	4
2.1.4	Sinnesempfindungen in den Beinen .....	6
2.1.5	Amputationsimitation – Pretending.....	6
2.1.6	Allgemeine Vorerkrankungen und Familienanamnese .....	7
2.1.7	Psychische Erkrankungen.....	7
2.1.8	Bildungsniveau .....	8
2.2	Die ersten Schritte zu einer „neuen“ Störung.....	8
2.2.1	Namensgebung .....	8
2.2.2	Das Internet und BIID .....	9
2.2.3	Erste chirurgische Amputation .....	9
2.2.3.1	Selbstverletzung.....	10
2.2.4	Erste Berichte erfolgreich amputierter Betroffener .....	11
2.3	Pathogenese/ Ätiologie.....	12
2.3.1	Psychodynamische Ansätze.....	12
2.3.1.1	Kognitiv-verhaltenstherapeutisches Modell .....	13
2.3.2	Neurobiologische Erklärungsansätze .....	14
2.4	Epidemiologie.....	15
2.5	Sexuelle Komponente.....	16
2.5.1	Acrotomophilia/ Devotee .....	18
2.6	Vergleich zu Gender Identity Disorder .....	18
2.7	Differentialdiagnosen .....	21
2.7.1	Artifizielle Störung.....	21
2.7.1.1	Münchhausensyndrom.....	22
2.7.2	Selbstverletzendes Verhalten.....	22
2.7.3	Körperdysmorphie Störung .....	24
2.7.4	Psychotische Selbstverstümmelung .....	25
2.7.5	Zwangsstörung.....	26

2.7.6	Anosognosie und Somatoparaphrenie .....	27
2.8	Mögliche Therapiekonzepte .....	28
2.9	Ethische Betrachtung .....	29
2.10	Neuronale Studien zur Körperwahrnehmung .....	33
2.10.1	Neuronale Korrelate der Gesichtswahrnehmung .....	33
2.10.2	Neuronale Korrelate der Körperwahrnehmung .....	35
2.10.3	Neuronale Korrelate des Selbst .....	36
2.10.3.1	Die Repräsentation des Selbst in Cortical midline structures.....	40
2.10.3.2	Die Rolle des Precuneus .....	41
2.10.4	Neuronale Korrelate der Emotion.....	42
<b>3</b>	<b>Empirie .....</b>	<b>46</b>
3.1	Fragestellung und Hypothesen .....	46
3.2	Methoden .....	49
3.2.1	Probanden .....	49
3.2.2	Psychometrisches Testverfahren .....	50
3.2.3	fMRT-Untersuchung .....	51
3.2.3.1	Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie .....	51
3.2.3.2	Experimentelles Design .....	52
3.2.3.2.1	Parameter der fMRT Messung .....	52
3.2.3.2.2	Stimuliauswahl .....	53
3.2.3.2.3	Instruktion und Versuchsablauf.....	54
3.2.3.2.4	Datenverarbeitung und Analyse .....	55
3.2.4	Post-fMRT-Fragebögen.....	56
<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>57</b>
4.1	Psychometrisches Testverfahren .....	58
4.2	fMRT-Untersuchung .....	58
4.2.1	Kontrast <b>eigen_r versus Baseline</b> Einzelgruppenstatistik .....	59
4.2.1.1	BIID Probanden $eigen_r > BL$ .....	59
4.2.1.2	Kontrollprobanden $eigen_r > BL$ .....	61
4.2.2	Kontrast <b>eigen_a versus BL</b> Einzelgruppenstatistik.....	63
4.2.2.1	BIID Probanden $eigen_a > BL$ .....	63
4.2.2.2	Kontrollprobanden $eigen_a > BL$ .....	67
4.2.1	Kontrast <b>eigen_r versus BL</b> Gruppenvergleich.....	69

4.2.1.1	BIID Probanden > Kontrollprobanden – eigen_r > BL.....	69
4.2.1.2	Kontrollprobanden > BIID Probanden – eigen_r > BL.....	69
4.2.2	Kontrast <b>eigen_a versus BL</b> Gruppenvergleich .....	71
4.2.2.1	BIID Probanden > Kontrollprobanden - eigen_a > BL.....	71
4.2.2.2	Kontrollprobanden > BIID Probanden - eigen_a >BL .....	73
4.2.3	Kontrast <b>eigen_a versus eigen_r</b> Gruppenvergleich .....	75
4.2.3.1	BIID Probanden > Kontrollprobanden – eigen_a > eigen_r.....	75
4.2.3.2	Kontrollprobanden > BIID Probanden – eigen_a > eigen_r.....	77
4.2.4	Kontrast <b>eigen_r versus fremd_r</b> Gruppenvergleich.....	78
4.2.4.1	BIID Probanden > Kontrollprobanden – eigen_r > fremd_r .....	78
4.2.4.2	Kontrollprobanden > BIID Probanden – eigen_r > fremd_r .....	79
4.2.5	Kontrast <b>eigen_a versus fremd_a</b> Gruppenvergleich .....	80
4.2.5.1	BIID Probanden > Kontrollprobanden – eigen_a > fremd_a .....	80
4.2.5.2	Kontrollprobanden > BIID Probanden – eigen_a > fremd_a .....	82
4.3	Ergebnisse der post-fMRT-Fragebögen .....	82
4.4	Überprüfung der Hypothesen .....	84
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>87</b>
5.1	Betrachtung des realen Körpers - eigen_r .....	87
5.2	Betrachtung des amputierten Körpers – eigen_a.....	91
5.2.1	Neuronale Korrelate des Körper- und Selbstbildes .....	92
5.2.2	Gedächtnisbildung und zugehörige Strukturen .....	95
5.2.3	Das prozedurale Gedächtnis und Bewegung.....	97
5.2.4	Das mesolimbische Dopaminsystem .....	98
5.2.5	Mögliches Pathogenesemodell der Störung BIID .....	100
5.3	Betrachtung des fremden Körpers .....	103
5.4	Methodische Kritik und Ausblick.....	105
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Summary .....</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>113</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>128</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Haxbys Modell des neuronalen Systems der Gesichtswahrnehmung .....	34
Abbildung 2: Bold-Signal.....	52
Abbildung 3: Eigener realer Körper (eigen_r) .....	53
Abbildung 4: Eigener amputierter Körper (eigen_a).....	53
Abbildung 5: Eigener Körper mit Prothese (eigen_mp).....	54
Abbildung 6: Beispiel eines post-fMRT-Fragebogens.....	57
Abbildung 7: Aktivierungsmuster eigen_r > BL Einzelgruppenstatistik BG .....	61
Abbildung 8: Aktivierungsmuster eigen_r > BL Einzelgruppenstatistik KG .....	63
Abbildung 9: Aktivierungsmuster eigen_a > BL Einzelgruppenstatistik BG .....	66
Abbildung 10: Aktivierungsmuster eigen_a > BL Einzelgruppenstatistik KG.....	69
Abbildung 11: Aktivierungsmuster eigen_r > BL - KG > BG .....	70
Abbildung 12: Aktivierungsmuster eigen_a > BL - BG > KG .....	73
Abbildung 13: Aktivierungsmuster eigen_a > BL - KG > BG .....	74
Abbildung 14: Aktivierungsmuster eigen_a > eigen_r - BG > KG.....	77
Abbildung 15: Aktivierungsmuster eigen_a > eigen_r - KG > BG.....	78
Abbildung 16: Aktivierungsmuster eigen_r > fremd_r - BG > KG .....	79
Abbildung 17: Aktivierungsmuster eigen_r > fremd_r - KG > BG .....	80
Abbildung 18: Aktivierungsmuster eigen_a > fremd_a - BG > KG .....	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Größte aktivierte Cluster während der Grundemotionen in der Metaanalyse von Vytal und Hamann (2010).....	43
Tabelle 2: Unterschiedliche Aktivierungsmuster der Basisemotionen nach Vytal und Hamann (2010).....	44
Tabelle 3: Deskriptive Statistik des BSI.....	58
Tabelle 4: Kontrast eigen_r > BL Einzelgruppenstatistik BG.....	59
Tabelle 5: Kontrast eigen_r > BL Einzelgruppenstatistik KG .....	62
Tabelle 6: Kontrast eigen_a > BL Einzelgruppenstatistik BG .....	64
Tabelle 7: Kontrast eigen_a > BL Einzelgruppenstatistik KG.....	67
Tabelle 8: Kontrast eigen_r > BL - KG > BG .....	70
Tabelle 9: Kontrast eigen_a > BL - BG > KG.....	71
Tabelle 10: Kontrast eigen_a > BL - KG > BG.....	74
Tabelle 11: Kontrast eigen_a > eigen_r - BG > KG.....	75
Tabelle 12: Kontrast eigen_a > eigen_r - KG > BG.....	78
Tabelle 13: Kontrast eigen_r > fremd_r - BG > KG .....	79
Tabelle 14: Kontrast eigen_r > fremd_r - KG > BG .....	80
Tabelle 15: Kontrast eigen_a > fremd_a - BG > KG .....	81
Tabelle 16: Ergebnisse der Post-fMRT-Fragebögen der BIID Gruppe.....	83
Tabelle 17: Ergebnisse der Post-fMRT-Fragebögen der Kontrollgruppe .....	83
Tabelle 18: Ergebnisse der post fMRT Fragebögen - Mittelwertunterschiede .....	84
Tabelle 19: T-Test, Statistik bei gepaarten Stichproben; BIID Probanden .....	128
Tabelle 20: T-Test, Statistik bei gepaarten Stichproben; Kontrollprobanden.....	129
Tabelle 21: Mann-Whitney-U Test bei nicht parametrischer Normalverteilung; direkter Gruppenvergleich .....	131

## Abkürzungsverzeichnis

AC:	Anteriores Cingulum
AHP:	Anosognosie für Hemiplegie
BA:	Brodmann-Areal
BG:	BIID Gruppe
BIID:	Body Integrity Identity Disorder
BL:	Baseline
BOLD :	Blood Oxygen Level Dependency
BSTc:	Bed nucleus of the Stria Terminalis
CMS:	Cortical midline structures
CT:	Computer-Tomographie
DMPFC:	Dorsomedialer präfrontaler Kortex
DMS:	Delusional Misidentification Syndromes
DSM:	Statistical Manual of Mental Disorders
EBA:	Extrastriate Body Area
Et al.:	Et alii
FBA:	Fusiform Body Area
FDR:	False Discovery Rate
FFA:	Fusiform Face Area
fMRT:	funktionelle Magnetresonanztomographie
GID:	Gender Identity Disorder
HE:	Hemisphäre
ICD:	International Classification of Diseases
IPL:	Inferiorer Parietallappen
IRT:	Imaginatives Resonanztraining
KG:	Kontrollgruppe
LH:	Linke Hemisphäre
MNI:	Montreal Neurological Institut
mPFC:	medialer präfrontaler Kortex
MR:	Magnetresonanz
MRT:	Magnetresonanztomographie
MtF:	Men to Female
OFA:	Occipital Face Area

OMPFC:	Orbitaler medialer präfrontaler Kortex
PCC:	Posterior cingulärer Kortex
PET:	Positronenemissionstomographie
ROI:	Region of interest
RH:	Rechte Hemisphäre
SSRI:	Selective Serotonin Reuptake Inhibitor

## 1 Einleitung

Body Integrity Identity Disorder (BIID) beschreibt den Wunsch körperbehindert zu sein. Für einen nicht unter BIID Leidenden ein unvorstellbarer Wunsch. Doch für einen BIID Betroffenen offenbart sich in einer möglichen Körperbehinderung die langersehnte Verwirklichung des Selbst. Die Mehrzahl der Betroffenen wünscht sich eine Amputation der unteren Gliedmaßen, daher beschränkt sich auch diese Studie auf den Wunsch beziehungsweise das Verlangen der Amputation eines oder beider Beine.

Früher als rein sexuelle Störung angesehen, entwickelte sich BIID im Laufe der Zeit und im zunehmenden Blick der Forschung zu einer Störung des Körperbildes (Money et al. 1977), (Ramachandran et al. 2009). Das Verlangen nach einer Amputation besteht seit der Kindheit und festigt sowie verstärkt sich mit zunehmendem Alter, bis letztendlich sogar einige Betroffene bereit sind, sich selbst lebensgefährlich zu verletzen, um ihr Ziel, die Amputation, zu erreichen (Stirn et al. 2010).

Viele der bisherigen Studien beschränkten sich zumeist auf Telefoninterviews oder der Beantwortung von Fragebögen durch Betroffene (First 2005), (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009). Es existiert bisher lediglich eine andere bildgebende Studie, in der mit Hilfe des Magnetencephalogramms vier Probanden untersucht wurden (McGeoch et al. 2009b). Die hier vorliegende Studie ist daher die bisher größte experimentelle und erste bildgebende Studie mittels funktioneller Magnetresonanztomographie. Es werden erstmalig neuronale Aktivierungen von BIID Betroffenen beim Anblick ihres realen und ihres imaginären amputierten Körpers präsentiert. Aufgrund der geringen Forschungsarbeiten zu BIID ist es besonders wichtig auch neuronale Mechanismen der Störung zu verstehen, um aus diesen mögliche Therapieansätze abzuleiten und so den Betroffenen therapeutisch besser helfen zu können.

Zu Beginn der Arbeit wird die Störung BIID mit Hilfe der bisherigen Forschungsergebnisse näher beschrieben. Verschiedene Vorstellungen von Pathogenesemodellen und mögliche epidemiologische Daten werden dargestellt. Die sexuelle Komponente wird näher betrachtet und ein Vergleich zur Transsexualität gezogen. Aufgrund der Vielfältigkeit der Störung werden ebenfalls mögliche Differentialdiagnosen betrachtet und dargestellt. Anschließend werden mögliche Therapiekonzepte aufgezeigt. Durch die ethische Problematik einer Amputation eines eigentlich gesunden Körperteils, wird die Störung noch einmal im ethischen Kontext präsentiert. Darauf folgt eine ausführli-

che Darstellung der bisherigen neuronalen Befunde von Studien zur Körperwahrnehmung und deren Verarbeitung sowie, aufgrund der starken emotionalen Beteiligung der BIID Betroffenen, die Darstellung neuronaler Korrelate der Emotion. Die Fragestellung und Hypothesen bilden den Übergang in die Empirie, in der die Methode sowie das Design der Studie erläutert werden. Folgend werden die Ergebnisse präsentiert und im Kontext der aktuellen Literatur diskutiert.

## 2 Theorie

### 2.1 Definition

Wenn man ein medizinisches Wörterbuch aufschlägt, um herauszufinden worum es sich bei BIID handelt, wird man heutzutage leider noch enttäuscht. Bisher gibt es noch keine einheitlichen Kriterien, die zur Definition dieses Störungsbildes führen und somit zu einer möglichen Aufnahme in das Statistical Manual of Mental Disorders (DSM). Christopher J. Ryan beschreibt 2008 mit Hilfe des bisherigen Erkenntnisstandes mögliche Kriterien für ein Schema, wie BIID in dem DSM präsentiert sein könnte.

- “A. A strong persistent desire for the amputation of a limb
  - B. The primary motivation for the desire is the feeling that being an amputee is one’s true and proper identity.
  - C. The disturbance causes clinically significant distress or impairment in social, occupational, or other important areas of functioning.
  - D. The disorder is not better explained by another medical or psychiatric syndrome such as somatoparaphrenie, a psychotic disorder or body dysmorphic disorder”
- (Ryan 2009 S.22)

Ryan beschreibt mit dieser Zusammenstellung jedoch nicht alle bisher erfassten Merkmale von BIID. Daher ist es wichtig einen Blick auf die ersten größeren Studien zu werfen, die sich mit der Bestimmung von Gemeinsamkeiten der Betroffenen beschäftigten. Bis zu dieser Zeit lagen nur Beschreibungen von Einzelfallstudien vor. Michael First berichtet 2005 von 52 Personen, die den Wunsch einer Amputation eines physisch gesunden Körperteiles haben, wobei neun dieser 52 sich ihren Wunsch schon erfüllten.

### 2.1.1 Manifestation

Die Gemeinsamkeiten der Betroffenen liegen in der frühen Manifestation des Störungsbildes; bei einem Großteil noch vor dem 8. Lebensjahr und spätestens bis zum 16. Lebensjahr. Dies wird auch in weiteren Studien bestätigt. Hier liegen die Erstmanifestationen zwischen dem 4. und 12. Lebensjahr (Kasten 2009), sowie zwischen dem 3. und 16. Lebensjahr. Nur bei einem kleinen Teil von 4 Personen beginnt die Störung erst nach dem 16. Lebensjahr (Blanke et al. 2008). Interessant erscheint, dass die Betroffenen zu Beginn der Störung eine Art Schlüsselerlebnis haben, an das sie sich noch gut erinnern können, beispielsweise die erste Begegnung mit einem Amputierten. (First 2005), (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009), (Stirn et al. 2010)

#### *Fallbeispiel:*

*„ Bald nach dem Kriege, ich war höchstens 10 Jahre alt, da standen noch die Ruinen. (...) In einer der Höhlungen saß ein Junge, nicht viel Älter als ich, der verkaufte irgendwas. Er war beidseitig Oberschenkelamputiert. Wenn ich später dort vorbei ging, hoffte ich immer ihn zu sehen.“ (Kasten 2009, S.18)*

Eine feste Konkretisierung des Wunsches beginnt für die meisten erst mit dem Beginn der Nachahmung eines Amputierten mit Hilfe von Krücken, Gehhilfen, einem Rollstuhl oder dem Hochbinden eines Beines. (First 2005). War es am Anfang nur eine Phantasie, verankert sich daraus im Laufe der Zeit ein fester, den Alltag bestimmender Gedanke und Wunsch.

Die Entwicklung des Amputationswunsches scheint unterschiedlich. Bei manchen bleibt dieser immer konstant, bei einigen wird er jedoch auch mit zunehmender Dauer des Gedankens stärker und unerträglicher. (Stirn et al. 2010), (Blanke et al. 2008), (Swindell, St. Lawrence 2009). Ebenso wird berichtet, dass die Intensität des Wunsches Schwankungen unterliegt. Das Verlangen nach einer Amputation kann etwa in ruhigeren Zeiten oder beim Anblick eines Amputierten stärker sein. Dies ist erklärbar durch die stärkere Beschäftigung mit der Störung als auch durch den aufkommenden Neid dem Amputierten gegenüber, der das ersehnte Ziel, sei es gewollt oder nicht, schon erreicht hat. Es fällt jedoch auch auf, dass BIID, insbesondere in Zeiten größerer Belastungen, einen positiven, entspannenden Charakter aufweist. Die Betroffenen verspüren ein Glücksgefühl bei der reinen Vorstellung und Beschäftigung mit der eigenen Ampu-

tation. Durch intensive Auslastung bei einem Hobby oder starke Einbindung im Beruf kann der Wunsch reduziert werden. Dies ist ebenfalls mit der Intensität der Beschäftigung zu erklären (Stirn et al. 2010), (Skoruppa, Steis 2010), (Skoruppa et al. 2010).

### 2.1.2 Motivation

Die Mehrheit der Betroffenen berichtet bei der Frage nach den Gründen des Amputationswunsches, dass sie durch die Amputation ihre eigentliche Identität erlangen wollen. Ihr Körper entspricht nicht der Vorstellung ihres Körperbildes. Durch die Amputation würden der Körper und das Körperbild wieder übereinstimmen. Erst diese Übereinstimmung gäbe ihnen ihre innere Ruhe (Blanke et al. 2008), (First 2005).

Es gibt noch weitere Gründe, die mit eine Rolle spielen, jedoch nicht an primärer Stelle. Die sexuelle Attraktivität und Erregung wird nicht von jedem, aber doch einem durchaus zu betrachtendem Großteil, als sekundärer Grund erwähnt; bei First (2004) waren es 35 der 52 Untersuchten (First 2005).

Weitere Gründe, die von Einzelnen angeführt wurden, waren das Mehr an Aufmerksamkeit, die Zuneigung, das Besonderssein aufgrund der Amputation, die Hässlichkeit der Beine, ästhetische Gründe mit einem hohen Interesse an chirurgischen Eingriffen (First 2005). Bei diesen weiteren Gründen muss man jedoch klar differenzieren inwiefern es sich bei den Probanden um wirkliche Betroffene handelt.

#### *Fallbeispiel:*

*„Ich fühle einfach, dass mein linkes Bein ‘zu viel‘ ist, dass es nicht da sein sollte, sondern stattdessen nur ein Stumpf.“ (Kasten 2009, S.18)*

*„[After the amputation] I would have the identity that I’ve always seen myself as’; At some moment, I saw an amputee and I understood that’s the way I should be’ [...];’ Sounds paradoxical – I would feel whole without my leg;’[...].“ (First 2005, S.4)*

### 2.1.3 Lokalisation

Die Amputation einer Extremität wie Arm oder Bein, ist einer Amputation des Fingers oder Zehs bevorzugt. Die Beine sind wiederum den Armen bevorzugt.

In mehreren Studien zeichnet sich bei Männern eine Präferenz für die linksseitige Oberschenkelamputation ab, gefolgt von der rechtsseitigen Oberschenkelamputation und

schließlich der bilateralen Amputation (First 2005), (Blanke et al. 2008). Die Oberschenkelamputation ist der Unterschenkelamputation bevorzugt, genauso wie die Unterarmamputation häufiger gewünscht wird als die Oberarmamputation. First interpretiert dies durch einen besseren Funktionalitätserhalt der Gliedmaße (First 2005). Es zeigt sich ebenfalls eine Seitenpräferenz für die linke Seite gegenüber der Rechten. Bei Blanke hatten 73% (n=11) der 15 Probanden mit einem dominanten Fuß den Wunsch, die nicht dominante Seite amputieren zu lassen (Blanke et al. 2008).

Sowohl First als auch Blanke beschreiben eine feste Lokalisation des Amputationswunsches. Bei Blanke ändert sich lediglich die Höhe, jedoch bleibt bei allen Probanden die Seite konstant (Blanke et al. 2008). Bei First bleibt bei 77% (n=40) der Studienteilnehmer der Wunsch konstant. Teilweise hatten sie eine initiale Periode in der Kindheit, in der dieser noch wechselte, jedoch festigte er sich schließlich über die Zeit. Die übrigen 23% (n=12) sind in ihrem Wunsch flexibler. Sie meinen zum Beispiel nach der Amputation von irgendeiner Gliedmaße zufrieden sein zu können (First 2005). Diese Beobachtung des wechselnden Amputationswunsches wird auch noch einmal von Kasten und Stirn (2009) aufgegriffen. Hier legt sich der Betroffene nach mehrmaliger Verletzung eines bestimmten Beines auch endgültig auf dieses fest (Kasten, Stirn 2009). Rein rationale Gründe werden ebenfalls von einem anderen Betroffenen angeführt: „Es geht mir nicht darum, mein linkes Bein loszuwerden. Ich will einbeinig werden, und das linke ist einfach weniger notwendig als das rechte (z.B. beim Autofahren). Das ist das ganze Geheimnis meiner Seitenwahl.“ (Kasten 2009, S.20). Kasten und Stirn stellen jedoch fest, dass der Wunsch nicht willkürlich wechselt. Ist der Wunsch einmal auf das Bein fixiert, wechselt er nicht zum Arm (Kasten, Stirn 2009).

Ebenfalls von Bedeutung scheint das Geschlecht beim Ausmaß des Amputationswunsches zu sein. Auffällig ist, dass die wenigen beschriebenen Frauen weitaus ausgedehntere Wünsche haben. So beschreibt Blanke drei Frauen von denen die Erste eine Amputation aller vier Gliedmaße möchte, die Zweite eine Amputation beider Beine und eines Armes und die Dritte eine Amputation beider Beine (Blanke et al. 2008). Diese Ausprägung fällt schon bei First auf, der vier Frauen beschreibt, von denen drei ebenfalls beide Beine amputiert haben wollen. Im Gegensatz dazu wünschen von 47 Männern lediglich vier eine beidseitige Amputation (First 2005).

#### 2.1.4 Sinnesempfindungen in den Beinen

Haben BIID-Betroffene eine andere Wahrnehmung in dem gewünschten Amputationsbein oder -arm? Mit dieser Fragestellung beschäftigt sich Blanke 2008. In der Studie befragt er die 20 Probanden nach Empfindungen in dem gewünschten Amputationsbein. 13 der Probanden berichten von Empfindungen in dem betroffenen Bein, die anders sind als im übrigen Körper. Er verweist, aufgrund der Empfindungen der 13 Probanden, auf Parallelen von BIID zur Somatoparaphrenie, Asomatognosie, Parästhesie und Hypästhesie, auf die im weiteren Verlauf noch einmal eingegangen wird (Blanke et al. 2008). Schon First berichtet, dass 19 seiner 52 Probanden mit ja auf die Frage antworten, ob sich das Bein, auf das sich der Amputationswunsch beziehe, anders anfühle als das gesunde Bein (First 2005).

*Fallbeispiel:*

*„Bei mir selber ist das überraschende, dass ich seit einiger Zeit nicht nur die Linie, sondern sogar die Form der Stümpfe spüre, wie sie in meinem Oberschenkel verborgen sind, sehr konkret sogar, und häufig morgens in der Zeit, wo ich nicht mehr ganz schlafe und noch nicht wach bin.“[...] „... es ist eine genaue Amputationshöhe, die ich körperlich spüre (...) [...].“ (Kasten 2009, S.20)*

#### 2.1.5 Amputationsimitation – Pretending

Unter Pretending versteht man im Zusammenhang mit BIID das Nachahmen einer Behinderung. So setzen sich BIID Betroffene je nach Vorliebe zum Beispiel in einen Rollstuhl und fahren durch ein Einkaufszentrum oder erledigen zu Hause ihren Haushalt. Wer eher Krücken oder Gehhilfen bevorzugt, lässt ein Bein verschwinden, indem er den Fuß mit einem Band um die Hüfte fest bindet und dann dem Alltag nachgeht. Die Betroffenen testen und bestätigen sich selbst, dass auch mit Behinderung der normale Tagesablauf gut zu bestreiten ist. Besonders interessant für die Betroffenen wird es dann, wenn sie in der Öffentlichkeit ihren Mitmenschen begegnen und erfahren, wie mit ihnen umgegangen und auf sie reagiert wird (Bruno 1997), (Stirn et al. 2010), (Kasten 2009).

*Fallbeispiel:*

*„Ms D. drove to a mall, parked and pulled the wheelchair out from behind the seat,” I slowly and laboriously pulled myself into the wheelchair, letting my legs drag. I was eager for people to watch me, to see that my legs couldn’t move. I pushed myself into the mall, again looking to see if people were watching me. I was full of emotion. I felt whole for the first time in my life.”” (Bruno 1997, S.247)*

Das Pretending dient ebenfalls dem Stressabbau und hat eine Art Ventilcharakter. Es vermindert zumindest für eine Zeit den Druck der Realisierung. Allerdings kann in manchen Fällen dieses Verhalten auch das Gegenteil bewirken und der Betroffene empfindet einen noch stärkeren Wunsch nach Amputation (Skoruppa et al. 2010), (Stirn et al. 2010), (Blanke et al. 2008).

### 2.1.6 Allgemeine Vorerkrankungen und Familienanamnese

Es finden sich keine signifikanten Häufungen einer bestimmten körperlichen Erkrankung in der Anamnese der Patienten. Kasten berichtet zwar von verschiedenen Beinverletzungen und auch Operationen, welche zwar nicht im Zusammenhang mit dem Amputationswunsch stehen, aber durchaus eine Rolle bei der Entscheidung spielen, welche Seite amputiert werden soll (Kasten 2009). Die häufigste neurologische Komorbidität ist nach Blanke die Migräne, von der sechs der 20 Patienten betroffen sind (Blanke et al. 2008). In Bezug auf die Familienanamnese wird lediglich von First erwähnt, dass sechs Probanden von merkwürdigem Verhalten eines Elternteils berichteten beim Anblick oder Gespräch über einen Amputierten, in der Weise, dass sie erregt und fasziniert erschienen (First 2005).

### 2.1.7 Psychische Erkrankungen

Auffallend ist, dass viele der Betroffenen schon einmal eine depressive Episode in ihrem Leben hatten oder haben. Diese ist jedoch am ehesten auf den hohen Leidensdruck, die Isolierung von der Außenwelt durch die Angst entdeckt zu werden und das aufgezwungene Doppelleben zu erklären (Stirn et al. 2010), (Skoruppa, Steis 2010), (Braam et al. 2006), (First 2005). Ebenfalls zeigen Betroffene eine höhere Tendenz zur Zwanghaftigkeit gegenüber der Normalbevölkerung, die aber am ehesten durch die ständige Beschäftigung mit der möglichen Amputation in Einklang zu bringen ist (Stirn et al.

2009). Es sind bisher keine Häufungen von psychischen Erkrankungen wie Psychosen, körperdysmorphen Störungen oder Persönlichkeitsstörungen beschrieben (First 2005), (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009).

*Fallbeispiel:*

*„Seit einem dreiviertel Jahr schlafe ich mit meinen Wannabegedanken<sup>1</sup> ein und wache damit auf – was, betrachtet man die wirkliche einfache Möglichkeit zur Abhilfe, schon die Lebensqualität einschränkt, weil es einfach <nagt>.“ (Kasten, Stirn 2009, S.57)*

### 2.1.8 Bildungsniveau

BIID Betroffene haben im Durchschnitt ein hohes Bildungsniveau. Vielfach haben sie einen Hochschulabschluss (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009), (First 2005). In ihrem Beruf sind sie engagiert, ehrgeizig und erfolgreich (Stirn et al. 2010), (Skoruppa, Steis 2010). Von den 50 Untersuchten in Firsts Studie ist lediglich ein Proband arbeitslos (First 2005).

## 2.2 Die ersten Schritte zu einer „neuen“ Störung

### 2.2.1 Namensgebung

Erste Berichte über die sexuelle Faszination und Anziehung von Amputierten sowie über den Wunsch behindert zu sein, als auch die Benutzung von Rollstühlen und Krücken, ohne diese zur Fortbewegung zu benötigen, gibt es seit dem späten 18. Jahrhundert (Bruno 1997), (von Krafft-Ebing 1886). 1977 berichten Money et al. über den Wunsch zweier Patienten eine Amputation eines gesunden Körperteils zu erlangen. Erstmals beschreibt er das Verlangen amputiert zu sein und die damit verbundene sexuelle Erregung allein schon bei der Vorstellung des eigenen amputierten Körpers. Durch die Komponente der sexuellen Erregung klassifiziert Money diesen Wunsch als eine Paraphilie und benennt diese angelehnt an die griechischen Worte Apo = Ab-, Weg-, tom/-tomie = Schnitt und -philie = lieben von, Zuneigung von, als Apotemnophilie (Money et al. 1977), (Pschyrembel 2004).

---

<sup>1</sup> Ein Wannabe ist im Kontext von BIID eine Bezeichnung für eine Person, die gerne amputiert sein möchte.

Mit dieser Begriffswahl waren jedoch einige Forscher nicht zufrieden. Furth macht 2000 in dem ersten Buch über BIID deutlich, dass mit der Begriffswahl Apotemnophilie lange nicht alle BIID Betroffenen erfasst sind, da es sich um ein vielfältiges Störungsbild handelt. In der Bezeichnung als Philie liegt ihm der Schwerpunkt zu sehr auf dem sexuellen Aspekt, da sich in späteren Forschungen zeigt, dass auch Menschen betroffen sind, die keinerlei sexuelle Komponenten zeigen. Daher nennt er das Störungsbild in seiner zweiten Auflage Amputee Identity Disorder, um zu verdeutlichen, dass die Grundlage des Störungsbildes in einer Identitätsstörung zu finden ist und nicht in einer sexuellen Orientierung (Furth, Smith 2002). 2005 festigt First schließlich den heute meist gebrauchten Begriff: Body Integrity Identity Disorder. Wie schon Furth bemängelte, findet auch First, dass die Bezeichnung als Apotemnophilia nicht die Gesamtheit des Störungsbildes erfasst, so dass er - da er in dem Störungsbild eine Ähnlichkeit zur Gender Identity Disorder sieht - es in Body Integrity Identity Disorder umbenennt (First 2005).

### 2.2.2 Das Internet und BIID

Geschichtlich bleibt noch zu bemerken, dass BIID durch das Kommunikationsmittel Internet einen Aufschwung erlebte. Zum einen, da es eine Plattform für Betroffene bietet, sich zu finden und ihnen die Gewissheit gibt, dass sie mit diesem Störungsbild nicht alleine auf der Welt sind, wie von den Betroffenen vor der Internetrecherche oftmals empfunden. Zum anderen, indem es auch der Forschung erstmalig eine Möglichkeit bietet an Betroffene heran zu treten (Stirn et al. 2010).

Berger sieht das Internet jedoch auch als Gefahr, insofern dass Betroffene sich gegenseitig auf Ideen bringen, auf die sie alleine nicht gekommen wären. Er beschreibt ein Fallbeispiel, in dem ein Betroffener seine Beine mit Trockeneis schädigt. Die Idee zu der Durchführung bekam der Betroffene erst durch den Kontakt mit anderen Betroffenen. Aus diesem Grund stellt Berger die Hypothese auf, dass durch den Anstieg der Nutzung des Internets auch die Selbst-Amputationsrate steigen müsse (Berger et al. 2005).

### 2.2.3 Erste chirurgische Amputation

Die erste öffentlich gewordene Amputationsoperation bei einem BIID-Betroffenen wurde 1997 durch Robert Smith, einem Chirurgen in Falkirk Schottland, durchgeführt. Auf

diese folgte 1999 durch denselben Chirurgen eine zweite Amputation bei einem anderen Patienten. Als Smith jedoch 1999 eine dritte Operation durchführen wollte, musste er zuvor den neuen Geschäftsleiter informieren, der ihm weitere Operationen sofort untersagte und eine Untersuchung durch eine Ethikkommission veranlasste. Smith erläuterte, dass seine beiden Patienten vor der Operation psychiatrisch und psychologisch betreut und untersucht wurden und versuchte die Störung, unter der sie litten, zu erklären. Folgend untersagte man ihm jedoch weitere Operationen. Smith beendete daraufhin eine Pressekonferenz mit den Worten: „At the end of the day I have no doubt that what I was doing was the correct thing for those patients.“ (Dyer 2000).

Nachdem diese Möglichkeit der Realisierung des Wunsches wegfiel, bei der noch Psychiater und Psychologen den Zustand des Patienten überprüften und die Durchführung bisher keinen kommerziellen Zwecken diente, verlagerten sich nun die Operationen in das außereuropäische Ausland, in dem man gegen eine Geldsumme eine Amputation auf illegalem Wege erreichen kann. Dass dies jedoch keinesfalls ungefährlich und bedenkenlos ist, da jeder Eingriff an sich schon ein gewisses Risiko birgt und zusätzlich noch andere hygienische und wissenschaftliche Standards herrschen, wird deutlich, wenn Patienten den elektiven Eingriff nicht überleben (Furth, Smith 2002), (Dotinga 2000). Ein etwas sichereres Vorgehen gelingt mit Hilfe einer Kontaktperson aus den USA. Diese sondiert die Betroffenen und stellt den Kontakt zum ausführenden Chirurgen her, sofern die Ausgewählten ein psychologisches Gutachten sowie weitere medizinische Gutachten vorweisen können (Becker 2009).

### 2.2.3.1 *Selbstverletzung*

Eine andere Alternative zur illegalen Operation ist die Selbstverletzung. Hierbei setzen sich die Betroffenen selbst großen Risiken für das eigene Leben aus. Doch diese Risiken werden bewusst eingegangen, um endlich das langersehnte Ziel der Amputation zu erreichen. So findet man Beispiele in der Literatur, in denen Betroffene ihr Bein in Trockeneis stellen, wie ein 29-jähriger Australier, der seinen Fuß sechs Stunden in Trockeneis stellte, um sicher zu gehen auch die tiefen Schichten verletzt zu haben. Letztlich wurde ihm der Unterschenkel an der gewünschten Stelle amputiert (Kneip 2009), (Berger et al. 2005).

Ein anderes Beispiel beschreibt einen Betroffenen der mit Hilfe einer Axt seine Hand amputiert. Damit diese sicher auch nicht wieder replantiert werden konnte, manipulierte

der Betroffene noch zusätzlich an den Stumpfenden. Derselbe Patient hatte 10 Jahre zuvor sein Bein oberhalb des Knies aufgrund einer Osteomyelitis verloren, nachdem er an einer kleinen Wunde so lange manipulierte, bis schließlich nur noch die Amputation als Ausweg blieb (Sorene et al. 2006). Bensler beschreibt ebenfalls einen Patienten, der sich über Jahre die Beine immer wieder abband. Die Ärzte konnten sich den Zustand seiner Beine nur schwer erklären. Letztendlich stellten sie die Diagnose Guillan-Barre-Syndrom (GBS). Als er eine Woche später erneut mit Fieber eingeliefert wurde, kam die Diagnose Cellulitis als Komplikation des GBS dazu. Er bekam Antibiosen und als der Zustand schlimmer wurde, mussten seine Beine drainiert werden, um eine nekrotisierende Fasziiitis zu verhindern. Hier stellte der Patient die Frage, ob er aufgrund der Erkrankung nicht amputiert werden könnte? Durch Gespräche, mit Hilfe der Partnerin des Patienten und bei Betrachten seiner bisherigen Krankengeschichte erkannten die behandelnden Ärzte die Täuschung und überwiesen ihn nach der Akutbehandlung in eine psychiatrische Klinik (Bensler, Paauw 2003). Diese Beispiele verdeutlichen, wie wichtig es auch für andere Fachrichtungen ist, mit der Störung vertraut zu sein, da Betroffene in verschiedenen Fachkliniken, insbesondere in Unfallchirurgien zu finden sind und nicht nur in psychiatrischen Kliniken. Zudem verdeutlicht es, welchen Leidensdruck die Betroffenen empfinden, wenn sie derartige Schmerzen und Komplikationen in Kauf nehmen (Bensler, Paauw 2003), (Stirn et al. 2010), (Berger et al. 2005).

#### 2.2.4 Erste Berichte erfolgreich amputierter Betroffener

Mittlerweile existieren doch einige Fallbeispiel von Betroffenen, die den Schritt zur Amputation gewagt haben. Auffallend bleibt jedoch, dass bisher kein Beispiel existiert, in dem dieser Schritt bereut wird. Es gibt aber Fälle in denen der Wunsch nach nur einer Amputation nicht ausreicht. Schon Money et al. berichten von Amputierten, die nur bereuen den Schritt nicht schon früher gewagt zu haben (Money et al. 1977). Sorene et al. (2006) berichten über einen Fall von multiplen Amputationen. Die erste Amputation fand bei dem Betroffenen im Alter von 41 Jahren am rechten Oberschenkel in Folge einer selbst zugeführten Osteomyelitis statt. Die zweite Amputation erfolgte zwei Jahre später am rechten kleinen Finger. Zwei weitere Jahre später folgte der linke kleine Finger und sechs Jahre darauf amputierte der Betroffene mit einer Axt die gesamte linke Hand. Alle Amputationen veranlasste oder vollzog der Patient zur Annäherung an sein imaginativ empfundenes Körperbild. Sorene et al. weisen darauf hin, dass auch im Zuge

einer legalen Amputation eine vollständige Heilung nicht sichergestellt sei, da wie in ihrem Fallbeispiel dargestellt, die Patienten weitere Amputationen wünschen könnten (Sorene et al. 2006). Dass dieses Beispiel kein Einzelfall ist, zeigt ein Fall von Berger et al. (2005). Sie berichten über einen Patienten, der nach einer beidseitigen Oberschenkelamputation zuerst zufrieden war und sich vollständig fühlte, nachdem er aber Freunde mit einer Amputation aller vier Gliedmaßen getroffen hatte, einen neuen Wunsch nach einer linksseitigen Armamputation entwickelte (Berger et al. 2005). Im Gegensatz zu diesen Fallbeispielen stehen Beschreibungen, bei denen die einmalige Amputation ausreichend und erfüllend war (Kneip 2009), (First 2005), (Becker 2009), (Furth, Smith 2002), (Skoruppa, Steis 2010), (Smith 2009).

*Fallbeispiel:*

*„There are challenges being one-legged, especially if I choose to not wear a prosthesis. It takes more energy to get around and there are some things one can't do anymore, but not much. I can do pretty much whatever I want to do. Again, for me, it's all about choices. For me, being an amputee was release from BIID and it's mental torture. Nothing about being a one legged amputee was as bad as living with BIID and it's mental torture for over 50 years. I've learned to adapt to living life on one leg and I love it! I feel complete now and I really enjoy my new body configuration!” (Becker 2009, S.106)*

## 2.3 Pathogenese/ Ätiologie

Die Ursache von BIID ist noch immer unklar. Wurden vor 10 Jahren eher rein psychische Gründe diskutiert, werden heute immer öfter Vergleiche zu neurologischen Erkrankungen gezogen. Mittlerweile existieren einige Theorien über die Entstehung des Phänomens BIID, die im Folgenden erläutert werden.

### 2.3.1 Psychodynamische Ansätze

Bereits 1997 entwickelt Bruno ein Modell, welches als eine Ursache für BIID, eine Vernachlässigung und fehlende emotionale Zuneigung durch die Eltern in der frühen Kindheit sieht. Das Kind erlebt seine Eltern erstmals emotional, als sie ein anderes amputiertes Kind sehen. Daraus resultiert dann ein Wunsch auch amputiert sein zu wollen, um ebenfalls diese emotionale Zuneigung zu erlangen. Durch die schlechte Erfahrung in

der Kindheit wird erlernt, dass der einzige Grund geliebt zu werden, eine körperliche Behinderung ist (Bruno 1997). Berger greift diesen Ansatz auch noch einmal auf und ergänzt ihn dadurch, dass durch die geringe Wertschätzung der Eltern ein geringes Selbstwertgefühl resultiert. Aus diesem Grund möchte der Betroffene auch zeigen, wie gut er trotz Behinderung sein Leben bewältigen kann. Er möchte durch die Amputation eine einzigartige Identität erlangen und sich durch diese auch davor schützen zu jemand anderem oder sich selbst grausam zu sein (Berger et al. 2005). Diese Form der "Selbstbeschneidung" wird auch von Stirn et al. (2010) thematisiert. Durch die verschobene Kastration wird das eigene aggressive Potential reduziert, so dass kein unangepasstes Verhalten resultieren kann (Stirn et al. 2010). Zusätzlich sieht Stirn in der Amputation die für alle sichtbare bildliche Darstellung der inneren Gefühlswelt. Die Betroffenen fühlen sich durch ihre Eltern "beschnitten", indem sie ihnen die Zuneigung, Liebe und Anerkennung verwehren. Die Amputation dient somit der Verbildlichung, hat aber außerdem noch den Effekt, dass ein behinderter Mensch von seiner Außenwelt ein hohes Maß an Mitgefühl und Hochachtung für den Umgang, mit den Schwierigkeiten des alltäglichen Lebens, erhält und somit dieses bisher vernachlässigte Bedürfnis gestillt wird (Stirn et al. 2010).

### *2.3.1.1 Kognitiv-verhaltenstherapeutisches Modell*

Dieses Modell basiert auf ähnlichen Grundlagen wie oben (2.3.1) beschrieben. Damit es jedoch in sich schlüssig wird, müssen noch einige Aspekte hinzukommen. Thiel geht davon aus, dass sein verhaltenstherapeutisches Modell alleine BIID nicht ausreichend erklärt. Daher vermutet er eine neurologische Prädisposition, die als Grundlage der Entwicklung des Verhaltens stehen könnte. Weitere auslösende Bedingungen stellen die kindliche Lernerfahrung und das elterliche Erziehungsverhalten dar. Sieht ein Kind eine behinderte Person empfindet es aufgrund seiner neurologischen Prädisposition ein subjektiv positives Gefühl, da es seine eigene veränderte Körperbildidentität erkennt. Zusätzlich wird diese Person als einzigartig erlebt. Hinzu kommt ein elterliches Verhalten, dass wenig emotionale Zuwendung und Anerkennung vermittelt, so dass die Kinder hier bereits lernen, dass amputierte Menschen aufgrund ihrer Behinderung genau diese fehlenden Bedürfnisse erhalten. Die Zuwendung der Eltern wirkt als positiver Verstärker, so dass das Kind alleine schon durch die Vorstellung einer solchen Situation ein positives Gefühl erhält. Damit BIID aber im Erwachsenenalter aufrecht erhalten werden

kann, kommen noch weitere Bedingungen hinzu. Diese beschreibt Thiel als Erweitern der Amputationsphantasien, das Pretenden, die selbstwertdienliche Kognition und die Stressverarbeitung. Durch positive und negative Verstärkungen bewirkt das Verhalten des Patienten ein Aufrechterhalten des Amputationswunsches (Thiel 2010).

### 2.3.2 Neurobiologische Erklärungsansätze

2007 vergleichen Ramachandran et al. BIID mit der Somatoparaphrenie (2.7.7). Ihnen fallen Ähnlichkeiten, wie die überwiegende Neigung einer linksseitigen Amputation (2.1.3), die emotionale Reaktion und die Spezifität der gewünschten Amputation auf. Aus diesen Gemeinsamkeiten entwickeln sie die Hypothese, dass wie bei der Somatoparaphrenie ebenfalls eine Dysfunktion des rechten oberen Parietallappen die Ursache für BIID sein könnte. Die Hypothese könnte bestätigt werden durch eine funktionelle Bildgebung und eine Messung der Hautleitfähigkeit. Zusätzlich könnte bei BIID ebenfalls wie bei der Somatoparaphrenie eine kalorische Stimulation zur Besserung führen (Ramachandran, McGeoch 2007). Blanke unterstützt 2008 mit seinem Artikel diese Hypothese. Er führt in seiner Studie mit 20 Betroffenen Interviews, in welchen sich die oben beschriebenen Gemeinsamkeiten ebenso herauskristallisieren und ergänzt werden durch die Beschreibung einer somatosensorischen Missempfindung am betroffenen Bein, siehe auch Abschnitt 2.1.4 (Blanke et al. 2008).

Gefestigt wurden diese Hypothesen durch zwei weitere Studien der Forschergruppe um Ramachandran. 2008 testen Brang et al. die Hautleitfähigkeit zweier Probanden ober- und unterhalb der gewünschten Amputation. Es zeigt sich ein Anstieg der Hautleitfähigkeit unterhalb der empfundenen Amputationslinie. Dies erklären die Forscher durch eine angeborene Dysfunktion des rechten superioren Parietallapens, die zu einem gestörten Körperbild führe, welches wiederum zu einer anormalen sympathischen Erregung unterhalb der Amputationslinie führe. Der rechte superiore Parietallappen erhält und verschaltet Reize von verschiedenen sensorischen Arealen und der Insula um ein passendes Körperbild zu erzeugen. Die sympathische Erregung wiederum wird vermittelt durch Vorderhirnstrukturen insbesondere der Insula. Also könnte die erhöhte Hautleitfähigkeit als ein Problem in dieser Verschaltung erklärt werden (Brang et al. 2008). Ergänzt wird diese Studie mit Messungen im Magnetencephalographen (MEG) bei vier Betroffenen. Während die Probanden im MEG sitzen, werden ihre Beine abwechselnd berührt. Es zeigt sich, dass gegenüber der Kontrollgruppe keine Aktivierung des rechten

superioren Parietallappens stattfindet, wenn das gewünschte Amputationsbein berührt wird. Für die Forschergruppe um Ramachandran bestätigt dies die Hypothese, dass die Dysfunktion im rechten superioren Parietallappen zu suchen sei (McGeoch et al. 2009b), (McGeoch et al. 2009a).

Die Erklärung der Dysfunktion des Parietallappens erfasst jedoch nicht alle BIID Betroffenen, so kann dieser Ansatz nicht erklären weshalb bei manchen Betroffenen der Seitenwunsch der Amputation wechselt oder nach einer Amputation ein Wunsch nach einer neuen Amputation eines anderen Körperteils entsteht (Kasten 2009), (Kasten, Stirn 2009), (Vitacco et al. 2009). Kasten stellt hier die Hypothese auf, dass die Dysfunktion auch im thalamo-kortiko-thalamischen System zu finden sein könnte, da dieser Bereich bei der mentale Körperrepräsentation stark beteiligt ist. Dies könnte den Wunsch der Amputation ohne klare Seitenpräferenz besser erklären (Kasten 2009).

Letztlich lassen sich mit den einzelnen Hypothesen nicht alle Aspekte dieser facettenreichen Erkrankung beschreiben, so dass bisher am ehesten ein Zusammenspiel der verschiedenen Ansätze vermutet werden kann. Ein weiterer Ansatz könnte auch die Ähnlichkeit zur Gender Identity Disorder darstellen, auf die in Abschnitt 2.6 noch einmal gesondert eingegangen wird.

## 2.4 Epidemiologie

Bis heute gibt es keine genauen Daten über die Anzahl der Betroffenen. Es kann daher lediglich mit Hilfe der Studien und anhand der Mitglieder einiger Internetforen abgeschätzt werden, um wie viele Betroffene es sich wirklich handelt. Eines der größten deutschsprachigen Foren „Diskussionsforum für Behinderte, Amelos, Pretender, BIID'ler und Wannabes“ hat 515 Mitglieder (Weber 2004). Englischsprachige Foren haben noch einmal eine deutlich höhere Anzahl an Mitgliedern. In der Yahoo Gruppe „Fighting-it“ sind beispielsweise 1.769 Mitglieder verzeichnet (Fighting It, 2001). Im französisch sprachigen Raum findet sich eine Gruppe „wannabe-fr“, die explizit darauf verweist, dass sie nur für BIID-Betroffene ist und nicht für Menschen, die sich ausschließlich als Devotee<sup>2</sup> bezeichnen. Die Mitgliederzahl liegt hier dennoch bei 2625 (wannabe-fr : Groupe destiné aux wannabes francophones, 2001). Nimmt man noch Gruppen hinzu, die Devotees ansprechen, hat man Mitgliederzahlen im französischsprachigen

---

<sup>2</sup> Bezeichnung für Personen, die von körperbehinderten Menschen fasziniert sind und sich von diesen sexuell angezogen fühlen, aber selbst keine Körperbehinderung wünschen.

chigen Raum von 5.957 und im englischsprachigen von über 12.000 (Paraquad-Fr (handicapés et devotees), 1999), (dak\_dhd\_dbk\_girls\_in\_wheelchair : DAK DHD DBK Girls In WheelChair, 2003).

Bisher nahmen an den größeren Studien nur Europäer und Amerikaner teil. In den Studien als auch in den meisten Foren überwiegt der Anteil der Männer gegenüber dem der Frauen (First 2005), (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009). First beschreibt in der bisher größten statistischen Studie mit 52 Probanden nur 4 Frauen (First 2005). Es gibt aber durchaus auch Foren, die speziell BIID betroffene Frauen ansprechen, so zum Beispiel „woman\_amputees“ mit einer Mitgliederzahl von 1186. Werden jedoch Beispiele von Frauen dargestellt, fällt hierbei auf, dass diese meist multiple Amputationsphantasien haben, wie unter 2.1.3 beschrieben.

Betrachtet man die sexuelle Orientierung, fällt ein deutlich hoher Anteil an Homosexuellen auf. Bei First sind es 31% von 52 Probanden, bei Kasten 60% von 9 Probanden und bei Stirn 25% von 30 Probanden. Lediglich bei Blanke sind es nur 5% von 20 Probanden (First 2005), (Blanke et al. 2008), (Kasten 2009), (Stirn et al. 2010).

Die Erstmanifestation des Störungsbildes findet in einem Alter zwischen 6-12 Jahren statt und verfestigt sich im Laufe der Pubertät mit meist zunehmendem Charakter des Amputationswunsches über die Jahre, siehe hierzu auch Abschnitt 2.1.1.

## 2.5 Sexuelle Komponente

Wie unter Abschnitt 2.2.1 erwähnt, fällt die Störung BIID insbesondere durch den starken Bezug zur Sexualität auf. Es ist jedoch wichtig, BIID nicht nur auf ein Phänomen einer sexuellen Phantasie zu reduzieren. Die sexuelle Komponente der Störung zeigt sich eher als positiver Nebeneffekt und nicht als Ursache der Störung (Stirn et al. 2010).

In den bisherigen Studien fällt ein hoher Anteil an Probanden auf, bei denen BIID auch mit einer sexuellen Komponente behaftet ist. So geben bei First 52% (n=25) als sekundäre Amputationsmotivation das Gefühl der sexuellen An- sowie Erregung an, bei Blanke sind es 65% (n=13) und bei Kasten 33% (n=3).

Interessant erscheint, dass in den Phantasien der Betroffenen ein hoher Selbstbezug herrscht, selten werden andere Sexualpartner gedanklich mit einbezogen. Es genügt meist allein die Vorstellung des eigenen amputierten Körpers um einen Orgasmus zu erleben (Stirn et al. 2010), (Skoruppa, Steis 2010).

*Fallbeispiel:*

*„Schon als 12-jähriger steckte ich die Beine kniegebeugt in die Turnhose, [...]. Ich hopste herum, stellte 2 Stühle links und rechts neben mich, legte die Hände darauf, drückte mich in die Höhe, so dass die Stümpfe schwebten und schaukelte hin und her. Das kostete viel Kraft. Und genau während dieser Kraftprobe kam das ‚Gefühl‘, wie ich es damals nannte.“ (Kasten 2009, S.21)*

In der partnerschaftlichen Beziehung kann es ebenfalls vorkommen, dass es während des Geschlechtsverkehrs nur zu einem Orgasmus kommen kann, wenn der Betroffene sich seinen Wunschkörper vorstellt. Da diese Problematik und andere Vorlieben in der Beziehung aus Scham jedoch meist nicht angesprochen werden, haben die Betroffenen häufig Probleme in ihren Partnerschaften (Stirn et al. 2010).

*Fallbeispiel:*

*„[...]I had several girlfriends, but none of the relationships lasted more than two years[...]my sexual arousal [...] was more related to my thoughts of having polio or being an amputee than to my girlfriend. Again I didn't tell any of them what was going on with me, I felt ashamed about myself [...]" (Nelson 2009, S.83).*

Ein Ansatz zur Erklärung des sexuellen Bezugs könnte nach Stirn et al. (2010) die Verfestigung von BIID in der Zeit der Pubertät sein. Da diese Phase auch in der sexuellen Entwicklung eine bedeutende Rolle spielt, kann hier sehr leicht im Unterbewusstsein eine Verknüpfung mit dem schon bestehenden Wunsch resultieren. Desweiteren erwähnen Stirn et al. das Konzept der verschobenen Kastration. Dies basiert darauf, dass die Betroffenen meist in der Kindheit emotional vernachlässigt wurden. Aus dieser Vernachlässigung resultiert eine Aggression gegen die Eltern, die jedoch nicht ausgelebt werden kann, um die Situation zu Hause nicht noch zu verschlimmern. Daher beschneidet der Betroffene lieber seine Beine, um zum Beispiel den Vater nicht zu treten und vor den Problemen mit der Mutter nicht weglaufen zu können (Stirn et al. 2010).

Ein zweites Erklärungsmodell liefern Ramachandran et al. (2009). Sie stellen die Hypothese auf, dass unser Körperschema genetisch determiniert ist und im rechten superioren Parietallappen abgebildet wird. Bei den Betroffenen findet sich eine Störung in dieser Abbildung, in der sie sich als Amputierte sehen und daher so empfinden. Nach Rama-

chandran et al. ist die sexuelle Anziehung beziehungsweise die Ästhetik eines Körpers abhängig von dem im Parietallappen dargestellten Körperschema. Wird hier nun ein amputierter Körper repräsentiert, wird folglich auch ein amputierter Körper eher als attraktiv erkannt, da man eher nach Seinesgleichen sucht, wie zum Beispiel ein Strauß sich einen anderen Strauß als Partner sucht, rein vom äußeren Erscheinungsbild ausgehend (Ramachandran et al. 2009).

### 2.5.1 Acrotomophilia/ Devotee

Spricht man über die sexuelle Komponente von BIID, dürfen zwei weitere Begriffserklärungen nicht fehlen. Bei der Acrotomophilie handelt es sich um eine Philia, bei der die Betroffenen sich von Behinderten, insbesondere Amputierten, sexuell angezogen fühlen. Diese Betroffenen leiden jedoch nicht unter BIID oder haben selbst eine körperliche Behinderung, sie haben ein rein sexuelles Interesse an beeinträchtigten Menschen (Money, Simcoe 1984), (Bruno 1997). Weitere Synonyme sind: Mancophilia, Amputophilia, Amelotatismus, Deformationsfetischismus (Martin 2009). Die beschriebenen Personen selbst werden Devotee (aus dem englischen to devote to something = sich etwas/jemandem hingeben) genannt. Weitere Synonyme sind hier Mancophiler, Amputist, Admirer (Martin 2009).

## 2.6 Vergleich zu Gender Identity Disorder

Wie bereits unter Abschnitt 2.2.1 ausgeführt, entstand der Name Body Integrity Identity Disorder durch die Parallelen, die sie zur Gender Identity Disorder besitzt. Auf diese soll im Folgenden eingegangen werden.

Auffallend ist die Schwierigkeit der Namensgebung beider Störungen über mehrere terminologische Schritte. Beide entwickelten sich aus einer Philie Apotemnophilia und Autogynephilia (Lawrence 2006). Die Betroffenen beider Störungen empfinden sich nicht in ihrer eigentlichen Identität. Um dieser näher zu kommen, wird in beiden Gruppen die gewünschte Erscheinung simuliert. Die BIID-Betroffenen pretenden und transsexuelle Menschen kleiden sich wie das andere Geschlecht (cross-dressing). Beide sind auch gedanklich und in täglichen Lebenssituationen mit der Störung beschäftigt, so dass eine transsexuelle Person sich dem anderen Geschlecht entsprechend verhält und der BIID-Betroffene die Straßenverhältnisse kontrolliert, ob es möglich ist, hier als Amputierter entlang zu gehen. Um ihren jeweiligen angestrebten Wünschen möglichst nahe zu

kommen, sammeln sowohl BIID-Betroffene als auch Transsexuelle Dinge, die sie mit dem anders sein verbinden, so zum Beispiel Kleidung des anderen Geschlechts oder Instrumentarien, die man als behinderter Mensch benötigt: wie Gehhilfen oder einen Rollstuhl (Nieder, Richter-Appelt 2010).

Eine weitere, und insbesondere für Lawrence (2009) wichtige Gemeinsamkeit, ist die sexuelle Erregung beim Gedanken, wie es selbst sein wird, wenn man das angestrebte Ziel erreicht hat und auch wenn die zukünftige Situation simuliert wird beim Pretenden oder Cross-dressing. Die klinische Erscheinung der Transsexualität beschreibt sie als sehr vielfältig, jedoch kann gerade über den Zugang zur Sexualität sehr viel erklärt werden. Auch bei der Transsexualität ist die Zahl der männlichen Betroffenen höher als die der weiblichen, so sind ungefähr 70% männlich. Da jedoch nicht alle Transsexuellen autoerotische Fantasien haben und beim Cross-dressing sexuelle Erregung verspüren, teilt Lawrence die male-to-female (MtF) Transsexuellen in zwei Gruppen: die homosexual MtF transsexuals und die nonhomosexual MtF transsexuals. Die Letzteren zeigen, wie BIID Betroffene, allein bei der Vorstellung des eigenen modifizierten Körpers und bei der Imitation der Wunschvorstellung eine sexuelle Erregbarkeit (Lawrence 2009). Die 'Eigenliebe' findet sich in dem Wort der Autogynephilia wieder. Wie auch die Apotemnophilia liegt ihre Manifestation vor der Pubertät. So berichten nonhomosexual MtF Transsexuelle von einem Beginn bis spätestens zum 12. Lebensjahr. Als eine Ursache dieser Orientierung auf das Selbst, wird die Fehllokalisierung des bevorzugten erotischen Zieles angesehen (erotic target location error) (Lawrence 2009). Bei einem Fetisch findet diese Dislokation auch statt, so bevorzugt man hier die Schuhe, Haare oder Kleidung der eigentlich bevorzugten Person. Findet diese Dislokation in Bezug auf einen selbst statt, bezeichnet man sie als erotic target identity inversion (Freund, Blanchard 1993). Diese hat einen großen Einfluss auf die Identität eines Individuums. Ein klassisches Beispiel ist die Autogynephilia, bei der ein Mann, der sich von einer Frau angezogen fühlt, den Wunsch entwickelt seinen Körper ihrem anzugleichen um dann selbst eine Frau zu werden. Ähnliches kann man auf BIID übertragen. Der erotic target location error ist hier die sexuelle Anziehung und Erregung durch amputierte Menschen (Apotemnophilie) aus der eine erotic target identity inversion resultiert, bei der man seinen Körper dem des Zielobjektes anpassen möchte. Diese Dislokation ist bei BID nonhomosexual MtF Transsexuellen häufig vergesellschaftet mit weiteren Paraphilien, bei 30% der in Firsts Studie Untersuchten zeigt sich ebenfalls weitere sexuelle Neigung

gen. Mit dieser These ist auch die hohe Anzahl von Transsexuellen, (Berger et al. 2005), (Money et al. 1977), (First 2005), (Elliott 2000), in der Gruppe der BIID-Betroffenen zu erklären, da zum Beispiel das Zielobjekt eine amputierte Frau darstellt und der erotic target location error ist nicht nur die Amputation sondern auch das Geschlecht der Person. Um ihre Hypothese weiter zu stützen geht Lawrence (2009) auch noch auf die Problematik ein, dass nicht alle BIID-Betroffenen angeben, dass der Wunsch nach Amputation auch eine sexuelle Komponente hat. Dies vergleicht sie wieder mit der Gruppe der nonhomosexual MtF Transsexuellen. Bei diesen zeigt sich in einer Studie ein ähnliches Bild; 11% geben an, dass sie keine sexuelle Erregung ähnlich einer Autogynephilia jemals verspürt hätten (Lawrence 2005). Dass diese Aussage der Betroffenen jedoch in Frage zu stellen sei, begründet Lawrence mit Studien von Blanchard, in denen gezeigt wird, dass Verneinen von Autogynephilie und Cross dressing mit der Selbstbeschreibung in einer sozial erwünschten Art korreliert (Blanchard et al. 1985). Zusätzlich weist Blanchard mit der Phallometrie nach, dass die Betroffenen, die sexuelle Erregung verneinen, bei einem Test in denen ihnen cross dressing und neutrale Geschichten erzählt werden, höhere Erregungswerte bei den cross dressing Geschichten zeigen als bei den neutralen Geschichten (Blanchard et al. 1986). Dies könnte daher auch auf BIID zutreffen, so dass die Zahl der Apotemnophilen deutlich höher wäre. Um den Vergleich letztlich abzuschließen verweist Lawrence noch auf die neurobiologischen Grundlagen, die bisher über transsexuelle Menschen, insbesondere nonhomosexual MtF Transsexuelle, existieren. Als besonders auffällig erweist sich hier die zentrale Teilung des Bettkerns (bed nucleus) der Stria terminalis (BSTc) des Hypothalamus. Es zeigt sich, dass er bei Frauen und bei MtF Transsexuellen kleiner als bei Männern ist (Kruijver et al. 2000), (Zhou et al. 1995). Eine andere Studie von Schiltz zeigt 2007, dass Pädophile unter anderem auch geringere Volumen des Bettkerns der Stria terminalis aufweisen (Schiltz et al. 2007). Mit weiteren Untersuchungen von Garcia-Falgueras (Garcia-Falgueras, Swaab 2008) schlussfolgert Lawrence, dass die Größe des BSTc kein neuroanatomischer Marker für Transsexuelle generell ist, sehr wohl aber für nonhomosexual MtF Transsexuelle sein könnte oder vielleicht sogar ein Marker für Störungen der männlichen Sexualität in Form von Paraphilien. Mit der Ähnlichkeit der nonhomosexual MtF Transsexuellen zu BIID-Betroffenen stellt sich hier auch für sie die Frage, ob man nicht eher nach einer neuroanatomischen Veränderung bei BIID Betroffenen im

Hypothalamus oder der Region des limbischen Systems suchen sollte als im Parietallappen (Lawrence 2006),(Lawrence 2009).

Nicht nur in der Pathogenese, sondern auch im weiteren Umgang mit BIID hat die Transsexualität eine wichtige Vorbildfunktion. So könnten nach weiteren Studien in Anlehnung an das Behandlungskonzept der GID ähnliche Kriterien für BIID entstehen und eine bessere Behandlung, abgestimmt auf die Bedürfnisse des Betroffenen, möglich machen. Verschiedene Behandlungen, insbesondere die chirurgische Amputation, sind jedoch von starken gesellschaftlichen Interessen und ethischen Richtlinien abhängig, auf die gesondert in Abschnitt 2.8 eingegangen wird.

## 2.7 Differentialdiagnosen

Da die wissenschaftliche Erforschung von BIID eine sehr junge Geschichte hat und die Störung in ihrer Ausprägung sehr vielfältig ist und bisher keiner anderen Erkrankung aus dem neurologischen oder psychiatrischen Formenkreis zuzuordnen ist, findet man sie noch nicht in der ICD 10 oder DSM IV. Aus diesem Grund ist es wichtig, sie von anderen ähnlichen Erkrankungen abzugrenzen um die Betroffenen einer passenden Diagnose und folgenden Behandlung zuzuführen. Im Anschluss sollen wichtige Differentialdiagnosen vorgestellt werden.

### 2.7.1 Artificielle Störung

Die artificielle Störung gehört nach ICD 10 zu den Persönlichkeitsstörungen und beschreibt das absichtliche Erzeugen und Vortäuschen von körperlichen und oder psychischen Symptomen(Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010). Dieses Vortäuschen führt bis zur Selbstverletzung, beispielsweise dem Vortäuschen einer Anämie durch Eigenblutentnahme, Wundinfektionen oder Manipulationen, die bis zur Verstümmelung oder zu notwendigen Operationen führen. Die Patienten weisen eine lange Krankengeschichte mit häufig wechselnden Arzt-Patientenbeziehungen auf. Die Selbstverletzung geschieht unter scheinbar willentlicher Kontrolle, jedoch sind die Betroffenen meist zwanghaften oder suchähnlichen Impulsen unterworfen, die sie nicht kontrollieren können. Die artificielle Störung ist keine einheitliche psychopathologische Störung, sondern reicht von leichteren neurotischen Störungen bis zu schweren Persönlichkeitsstörungen vom narzisstischen-, borderline- oder dissozialen-Typ. In der Krankengeschichte der Betroffenen zeigen sich in der

Kindheit traumatische Erlebnisse wie körperliche und seelische Misshandlungen, die die Entwicklung eines stabilen Selbst und Körperselbst nicht ermöglichten, sowie die Interaktion in zwischenmenschlichen Beziehungen massiv störten. Die Selbstschädigung dient aus psychodynamischer Sicht als Reinszenierung der frühkindlichen Erlebnisse und dient den Betroffenen als Selbstbestrafungsmaßnahme um unbewusste Schuldgefühle zu lindern und innere Spannungszustände oder Depersonalisationszustände zu beenden. Die Behandlung erweist sich häufig als schwierig, da die Betroffenen bei dem geringsten Vorwurf der Manipulation den Arzt wechseln. Hier muss deutlich die Behandlungsbedürftigkeit der Erkrankung vermittelt werden, so dass der Patient einer psychotherapeutischen Behandlung zustimmt (Eckhardt 1996)

#### *2.7.1.1 Münchhausensyndrom*

Eine Untergruppe der artifiziellen Störung, das Münchhausensyndrom, weist die schlechteste Prognose auf, da die Betroffenen keinen hohen Leidensdruck verspüren und daher einer Therapie schwer zugänglich sind. Als Charakteristika des Münchhausensyndroms tritt zu denen der artifiziellen Störung noch eine schwere Beziehungsstörung hinzu, die sich in häufigen Beziehungsabbrüchen und einem zwanghaften Umherreisen ausdrückt. Den Namen bekam die Erkrankung durch das Symptom der *Pseudologica phantastica*, bei dem die Betroffenen fantasievolle Geschichten, ähnlich dem Lügenbaron aus Münchhausen, erfinden und damit ihre Umgebung und sogar sich selbst belügen. Es kommt häufiger zu Medikamentenmissbrauch oder delinquentem Verhalten. Die Münchhausen Patienten kommen meist aus massiv gestörten Familiensystemen und zeigen psychopathologisch immer schwere narzisstische, Borderline- oder dissoziale Persönlichkeitsstörungen (Eckhardt 1996).

#### 2.7.2 Selbstverletzendes Verhalten

Unter selbstverletzendem Verhalten versteht man die bewusste und absichtliche Verletzung des eigenen Körpers. Das selbstverletzende Verhalten wird von der Mehrheit in nicht suizidaler Absicht durchgeführt. Es resultiert aus vielfältigen Gründen, so zum Beispiel zur Emotionsregulation oder zur Erregung von Aufmerksamkeit. In der ICD-10 und dem DSM IV ist selbstverletzendes Verhalten nur unter der Borderline Persönlichkeitsstörung zu finden, was insofern stimmig ist, da beide Störungen als Grundlage eine Dysregulation der Emotion und vermehrt negative Gefühle aufweisen. Jedoch findet

man das selbstverletzende Verhalten auch bei anderen Störungen, wie zum Beispiel bei Angststörungen, Essstörungen, Depressionen oder bei Substanzmissbräuchen. Auch Menschen, die in ihrer Kindheit Opfer sexueller Gewalt wurden, zeigen häufiger selbstverletzendes Verhalten. Der Beginn der Selbstverletzung liegt meist um das 13-14 Lebensjahr herum. Die häufigste Form der Selbstverletzung ist das Schneiden oder Ritzen der Haut, gefolgt von sich selbst schlagen, sich gegen etwas schlagen oder sich Verbrennungen zufügen. Ein einzelner Betroffener versucht meist verschiedene Methoden und bleibt nicht bei einer. Die zur Selbstverletzung bevorzugten Körperteile sind die Arme, danach in absteigender Reihenfolge die Hände, Handgelenke, Oberschenkel und dann das Abdomen, wobei auch andere Körperteile betroffen sein können. Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Sie führen die Selbstverletzung eher durch Schneiden in die Haut durch, wohingegen Männer sich eher schlagen oder Verbrennungen zufügen (Klonsky, Muehlenkamp 2007). Meist findet die Selbstverletzung ein oder mehrmals statt. Zu einer chronischen Erkrankung wird sie aber nur bei einem kleinen Teil der Betroffenen, diese verspüren dann einen großen Drang zur Selbstverletzung und zeigen große Bemühungen diesem Drang zu widerstehen. Die Betroffenen haben gemeinsame psychische Eigenschaften, wie die Schwierigkeit ihre Gefühle einzuordnen und auszudrücken. Sie erfahren meist mehr negative Gefühle in ihrem alltäglichen Leben als nicht Betroffene. Sie sind sehr selbstkritisch und haben meist ein geringes Selbstwertgefühl. Ärger und Wut richten sich oft gegen die eigene Person, so dass eine Selbstverletzung aus diesen Emotionen resultieren kann (Klonsky, Muehlenkamp 2007). Als Gründe für das selbstverletzende Verhalten sehen Klonsky et al. (2007) einmal die Möglichkeit der Affektregulation, da die Selbstverletzung die negativen Gefühle abschwächt und Druck und Stress reduziert. Es dient aber auch zur Selbstbestrafung um das Leid, welches man früher durch traumatische Erlebnisse erfahren hat, zu verringern. Es hilft bei dissoziativen Gefühlen wieder etwas zu fühlen und wieder „man selbst“ zu sein. Es dient dazu, sofern dies die Intention ist, dass andere einen selbst beachten und Aufmerksamkeit schenken. Es schützt vor suizidalem Verhalten insofern, dass durch die Selbstverletzung negative Gefühle abgebaut werden. Nicht zuletzt kann es auch aus dem Bedürfnis resultieren anders zu sein und sich abzugrenzen, als eine Art sensation seeking (Klonsky, Muehlenkamp 2007). Als Therapieoptionen gibt es bisher Erfolgsberichte vor allem über die kognitive Verhaltenstherapie, aber auch Tiefenpsychologie und Psychoanalyse werden als Therapiemöglichkeit beschrieben. Primäre pharmakologische Therapieprin-

zipien gibt es derzeit nicht (Klonsky, Muehlenkamp 2007), (Klonsky 2007), (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010), (American Psychiatric Association 2000).

### 2.7.3 Körperdysmorphie Störung

Die Körperdysmorphophobe Störung oder auch Body dysmorphic disorder gehört zu den Somatoformen Störungen und findet sich in der ICD-10 in der Untergruppe der Hypochondrischen Störungen (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010). In der DSM IV ist sie definiert als eine Beschäftigung mit einem eingebildeten Defekt der äußerlichen Erscheinung. Sofern eine leichte körperliche Normvariante vorliegt, versteift sich die betroffene Person exzessiv auf diese scheinbare Anomalie. Zweitens resultiert aus der Beschäftigung eine klinisch signifikante Beeinträchtigung in wichtigen Bereichen, wie im sozialen und beruflichen Leben. Drittens darf sich die Beeinträchtigung nicht durch andere Erkrankungen besser erklären lassen, wie zum Beispiel die Ablehnung des Körpers bei Anorexia nervosa (American Psychiatric Association 2000). Betroffene Körperregionen sind häufig Gesicht oder Kopf, so stören zum Beispiel leichte Asymmetrien von Gesichtsmerkmalen, eine zu große Nase, unreine Haut oder zu wenig Haare. Das Augenmerk kann jedoch auch auf jede andere Körperregion gelegt sein (Buhlmann 2007). In der bisher größten Studie mit 200 Betroffenen zeigt sich in absteigender Reihenfolge die Konzentration auf die Haut (80%), Haare (57%), Nase (39%), Bauch (32%), Zähne (29,5%), Gewicht (29%), Brüste (26%), Po, Augen, Oberschenkel, Augenbrauen, Alltagsgesicht, zu kleiner Körperbau, Beine (18%), Arme (14%), Gesichtsform, Lippen und Ohren. Die anderen Körperteile lagen unter 10%. Durchschnittlich waren 5-7 Körperstellen betroffen. Die Mehrzahl der Teilnehmer (68,5%) war weiblich (Phillips et al. 2005). Der Beginn der Erkrankung findet sich in der Adoleszenz und nimmt bei Nichtbehandlung meist einen chronischen Verlauf. Die Betroffenen leiden unter zwanghaften Gedanken über ihr äußeres Erscheinungsbild, die sehr belastend auf sie einwirken, zudem verbringen sie mehrere Stunden täglich mit Beschäftigungen rund um das Aussehen. Sie vergleichen sich mit anderen in Zeitschriften oder auf der Straße, haben exzessive Pflegerituale um Makel mit Make up zu vertuschen, tragen zu große Kleidung oder Hüte, außerdem findet meist ein ständiges Kontrollieren des Aussehens in Spiegeln oder glatten Oberflächen statt (Buhlmann 2007),(Phillips et al. 2008). 9-12% der dermatologischen und 6-15% der plastisch chi-

urgischen Patienten haben eine dysmorphe Störung. Hinzu kommt, dass die Patienten nach Behandlung nicht geheilt sind, sondern meist mit dem Eingriff unzufrieden sind und weitere Makel finden (Phillips et al. 2008), (Phillips et al. 2005). Die Patienten verspüren einen enormen Leidensdruck, durch die Annahme andere fänden sie hässlich. Meist leben sie zurück gezogen und haben wenige Freunde, manchmal sind sie daher nicht mehr in der Lage ihren Beruf auszuführen oder anderen alltäglichen Dingen nachzugehen. Es zeigt sich eine hohe Anzahl von Komorbiditäten wie Depressionen, Zwangsstörungen, soziale Phobien und Substanzmissbräuche. Auch scheint die Selbstmordrate bei dieser Störung höher als bei anderen psychischen Störungen zu sein (Phillips et al. 2008). Eine Ursache der Erkrankung ist bisher noch nicht gefunden, so geht man von einer multifaktoriellen Hypothese aus, die genetische Faktoren, sowie soziokulturelle Einflüsse und Belastungen in Form von Hänseleien in der Kindheit bzw. Pubertät miterfasst (Phillips et al. 1995). Eine Besserung des Beschwerdebildes ist bisher nur unter kognitiver Verhaltenstherapie und selektiven Serotoninwiederaufnahmehemmern (SSRI) nachgewiesen (Phillips et al. 2008), (Buhlmann 2007).

#### 2.7.4 Psychotische Selbstverstümmelung

Im Zuge einer Schizophrenie kann es aufgrund von Wahnvorstellungen zur Selbstverletzung bis hin zu Amputationen von Körperteilen kommen (DeMuth et al. 1983). Schlozman findet 1998 bei seiner Recherche 13 Fälle von Selbstamputationen der oberen Extremitäten in der Literatur der letzten 30 Jahre. Alle Patienten sind psychotisch, jedoch nur selten suizidal gewesen. Amputationsgründe sind in der Psychose meist Schuldgefühle oder religiöse Besessenheit. Die Patienten profitieren von einer guten und schnellen Zusammenarbeit von Psychiatern und Chirurgen, so dass eine Replantation bei allen von Schlozman beschriebenen Patienten möglich war (Schlozman 1998).

Nach ICD-10 handelt es sich bei der Schizophrenie um ein charakteristisches Störungsbild des Denkens, der Wahrnehmung, sowie der Abflachung oder Unangemessenheit der Affekte. Meist sind die Bewusstseinsklarheit und die intellektuellen Fähigkeiten nicht beeinträchtigt, jedoch können sich im Verlauf der Erkrankung kognitive Defizite zeigen. Psychopathologische Erscheinungen der Störung werden dargestellt durch Gedankenlautwerden, Gedankeneingebungen, Gedankenentzug oder Gedankenausbreitung sowie Wahnwahrnehmung, Kontrollwahn, Beeinflussungswahn, Stimmenhören (die das

Erlebte kommentieren oder über den Betroffenen sprechen), Denkstörungen und Negativsymptome. Der Krankheitsverlauf kann sich unterschiedlich darstellen, sowohl chronisch episodisch stabil oder zunehmend, sowie in mehreren Episoden mit teilweiser oder vollständiger Remission des Krankheitsbildes (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010). Die Ätiologie ist bisher noch unbekannt. Gleixner et al. (2007) gehen aber von einer multifaktoriellen Genese aus. Es scheint eine genetische Disposition zu existieren, da man familiäre Häufungen und statistisch erhöhte Risiken für Verwandte feststellte. Zusätzlich werden embryonale Entwicklungsstörungen, frühkindliche hirnrorganische Schäden, entwicklungspsychologische Ereignisse sowie psychodynamische und sozio-kulturelle Aspekte diskutiert (Gleixner et al. 2007). Eine Hypothese der Pathogenese leitet sich aus der Wirksamkeit der Neuroleptika ab. Man geht von einer erhöhten Dopaminkonzentration im Gehirn, insbesondere in Bereichen des limbischen Systems, sowie einer neuronalen Dyskonnektivität im fronto-temporo-limbischen Bereich aus. Therapeutisch findet sich ein synergistisches Konzept aus kognitiver Verhaltenstherapie, Soziotherapie, Ergotherapie, Arbeitstherapie und pharmakologischer Einstellung mit Neuroleptika (Gleixner et al. 2007).

### 2.7.5 Zwangsstörung

Bei einer Zwangsstörung leidet der Patient unter Zwangsgedanken und oder Zwangshandlungen. Unter Zwangsgedanken versteht man Ideen, Vorstellungen oder Impulse, die sich dem Patienten immer wieder aufdrängen und ihn häufig quälen. Er ist nicht in der Lage sie abzustellen, obwohl er wahrnimmt, dass er selbst sie erschaffen hat, sogar wenn die Inhalte ihn ekeln oder ihm Angst machen. (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010). Zwangsgedanken sind in den verschiedenen Kulturen auf ähnliche Themenbereiche beschränkt, beispielsweise auf Sexualität, Religion, Aggressionen sowie Ordnung und die korrekte Ausführung bestimmter Tätigkeiten. Oftmals lassen sich die Gedanken nur mit Zwangshandlungen neutralisieren. Sie lösen bei den Betroffenen intensive Gefühle, wie Angst, Scham, Schuld und Selbstzweifel aus (Niescken 2006). Zwangshandlungen oder Zwangsrituale werden stereotyp ausgeführt. Die ständig wiederholten Handlungen werden von den Betroffenen meist nicht als angenehm empfunden, noch helfen sie den Alltag besser zu bewältigen. Es sind Handlungen, die dem Patienten vor einem objektiv unwahrscheinli-

chen Ereignis schützen sollen, damit weder dem Betroffenen, noch seinem Umfeld geschadet wird. Wie bei den Zwangsgedanken werden auch die Zwangshandlungen als ineffektiv und sinnlos erlebt, jedoch schafft der Betroffene es nicht sich gegen sie zu wehren, da die Angst ein ständiger Begleiter ist, die auch noch deutlich zunimmt, wenn man es schafft die Handlungen zu unterdrücken (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) 2010). Die intensive Beschäftigung mit den Zwängen, die meist mehrere Stunden täglich in Anspruch nehmen, führt zur Beeinträchtigung des alltäglichen Lebens in Beruf, Freizeit und zwischenmenschlichen Beziehungen (American Psychiatric Association 2000). Die häufigsten Arten von Zwängen sind Wasch- und Reinigungszwänge, Kontrollzwänge und Zwangsgedanken. Frauen leiden statistisch häufiger unter Wasch- und Reinigungszwängen, Männer eher unter Kontrollzwängen (Niescken 2006). Als ursächlich beschreibt Niescken (2006) ein multikausales Erklärungsmodell. So scheint ein Zusammentreffen von einer psychisch labilen Persönlichkeit, beispielsweise durch frühere Erlebnisse, und eine akute Überlastungssituation als Auslöser zu fungieren. Der weitere Verlauf ist sehr vielfältig. Einige Betroffene berichten, dass je nach Beschäftigung die Stärke des Zwanges variiert. In ruhigeren Phasen nimmt er eher ab und in stressigeren Situationen eher. Auch scheinen genetische Veranlagungen eine Rolle zu spielen, so findet man eine Häufung der Krankheit in betroffenen Familien (Niescken 2006). 2007 entdeckten Forscher ein Gen, das eventuell mit der Zwangsstörung in Zusammenhang steht. Modifizierten Mäusen fehlte das Gen SAPAP3. Die Mäuse zeigten Verhaltensauffälligkeiten, die denen von Zwangsstörungen ähnelten und die bei der Gabe von SSRI wieder verschwanden. Das fehlende Gen kodiert für ein Gerüstprotein glutaminerger Neurone, die insbesondere im Striatum vorliegen. Da das Striatum sowohl bei der Bewegungsmodulation als Teil der Basalganglien als auch in kognitiv gesteuerten Handlungen über kortiko-striato-thalamo-kortikale Bahnen eine Rolle spielt, könnte hier die Ursache einer Zwangsstörung zu finden sein (Welch et al. 2007). Die Behandlung von Zwangserkrankungen erfolgt wie bei der körperdysmorphen Störung mit SSRI und kognitiver Verhaltenstherapie (Niescken 2006).

### 2.7.6 Anosognosie und Somatoparaphrenie

Unter der Anosognosie versteht man die Unfähigkeit die eigene Erkrankung beziehungsweise Funktionsausfälle des eigenen Körpers zu erkennen (Pschyrembel 2004). Anosognosie für Hemiplegie (AHP) beschreibt das Nichterkennen oder Wahrnehmen

einer Körperhälfte in Folge einer Hirnschädigung meist eines Schlaganfalls. Als Plus-symptomatik der AHP bezeichnet Paulig (2000) die Somatoparaphrenie. Bei dieser wird der betroffene Körperteil oder die Körperhälfte als fremdartig oder zu einer anderen Personen zugehörig beschrieben. So berichtet Paulig über eine 85-jährige Frau, die nach einem rechtseitigen Schlaganfall ihre linke Körperhälfte für ihren körperbehinderten Neffen hält (Paulig et al. 2000). Vallar hingegen beschreibt die AHP und die Somatoparaphrenie als zwar assoziierte Erkrankungen, aber sie können auch voneinander getrennt vorkommen. Es scheint als sei die Wahrnehmung des eigenen Körpers abhängig von einem fronto-temporo-parietalen Netzwerk, da jedoch auch einige Patienten eine Schädigung im temporo-parietalen Bereich zeigten, kann dieser ebenfalls eine wichtige Rolle spielen, genauso wie die Insula (Vallar, Ronchi 2009). Es zeigt sich in der Somatoparaphrenie die Asymmetrie der Hemisphären, da sie meist bei einer rechtsseitigen parietalen Läsion entsteht, sehr selten aber nur bei einer linksseitigen (Paulig et al. 2000). Bei einer AHP können zusätzlich andere assoziierte Störungen auftreten, wie die Misoplogie, bei der sich ein aggressives Verhalten gegen die gelähmte Körperhälfte zeigt. Diese Aggressionen können verbal und/ oder motorisch zum Ausdruck gebracht werden (Vallar, Ronchi 2009).

## 2.8 Mögliche Therapiekonzepte

Zum heutigen Zeitpunkt gibt es kein durch Studien gestütztes Therapiekonzept, welches eine Heilung von Body Integrity Identity Disorder, sei es durch eine Amputation oder ohne eine solche, belegt.

Die Möglichkeit und auch die Erfolge der chirurgischen Amputation wurden unter Abschnitt 2.2.3 und 2.2.4 erläutert.

2006 berichten Braam et al. über ein Fallbeispiel eines Betroffenen, welcher sich einer kognitiven Verhaltenstherapie unterzog und pharmakologisch mit selektiven Serotonin-Wiederaufnahme-Hemmern behandelt wurde. Da die Autoren in BIID eine große Ähnlichkeit zur körperdysmorphen Störung und zur Zwangsstörungen sehen, modifizierten sie die kognitive Verhaltenstherapie dieser Störungen. Durch die kognitive Verhaltenstherapie kann die Zeit des Pretendens verringert werden, jedoch hat sie keine Auswirkung auf den Wunsch nach einer Amputation. Die SSRI verringern lediglich die Stärke der negativen Emotionen (Braam et al. 2006).

Ein anderes Verfahren, bei dem bisher einmalig ein BIID-Betroffener mitwirkte, ist das Imaginative Resonanztraining (IRT) nach Paul Meyer. Meyer geht davon aus, dass jeder Mensch ein Muster der Gesundheit in sich trägt. Wird der Mensch krank, ist dieses Muster gestört. Mit der IRT kann man nun dieses Störungsbild beseitigen und durch Imagination das gesunde Bild wieder herstellen. Mit geöffneten Augen wird sich das entsprechende Körperteil oder der gesamte Körper vorgestellt und auf Gegenstände in der Umgebung projiziert. Die Annäherung erfolgt schrittweise, so dass später das imaginierte Bild in das reale Bild überführt werden kann. Beim IRT tritt der Patient aus seiner passiv leidenden Rolle in eine aktiv forschende (Meyer). Stirn et al. berichten (2010) über einen 60-jährigen Betroffenen, der nach bisher zehn psychotherapeutischen Einzelsitzungen an zwei IRT Sitzungen teilnahm und schon nach der ersten Sitzung besser mit seinen Amputationsphantasien umgehen konnte.

*Fallbeispiel:*

*„Auf dem Weg nach Hause fasste ich den Beschluss: Du stehst auf zwei Beinen – mit der gesamten Körpermasse!“ (Stirn et al. 2010, S.162). „Der erste Eindruck nach diesen beiden IRT-Sitzungen war für mich, dass ich BIID mindestens erst einmal weit in den Hintergrund verbannt habe. IRT hat auf jeden Fall sehr gut getan. Die Gedanken an die Vorstellung des amputierten Körpers tauchen weiterhin regelmäßig auf, jedoch können sie meist schnell und ohne um sich greifen zu können, abgewehrt werden.“ (Stirn et al. 2010, S.163).*

Über weitere Therapieverfahren wird diskutiert, wie die kalorische Stimulation und Mirror visuell feedback (Ramachandran, McGeoch 2007) oder Katathym-imaginatives Bilderleben, Entspannungsverfahren, Körperpsychotherapie, Hypnotherapie (Stirn et al. 2010) und repetitive transkranielle Magnetstimulation (Müller 2010). Diese Verfahren sind bisher lediglich Theorien und nicht am Patientenkollektiv erforscht oder in Einzelfällen beschrieben.

## 2.9 Ethische Betrachtung

In den letzten 10 Jahren begann eine rege Diskussion verschiedener Wissenschaftler über die ethische Problematik von BIID in der Hinsicht, ob eine Amputation eines physisch gesunden Körpergliedes erlaubt werden kann oder erlaubt sein sollte. Im Folgen-

den werde ich auf verschiedene Aspekte eingehen. Die Diskussion stoßen 2002 Johnston und Elliott an, die bezugnehmend auf die von Robert Smith durchgeführte Operationen diese als kriminell darstellen, solange nicht noch mehr über diese Störung bekannt sei und die Forschung sich nicht intensiviere. Jedoch warnen sie davor, dass eine Klassifikation dieser Störung auch einen deutlichen Anstieg Betroffener zur Folge haben könnte, da sich mehr Menschen anhand der Klassifikation mit dem Störungsbild identifizieren könnten (Johnston, Elliott).

Bridy argumentiert 2004 zwar auch nicht für eine Amputation, möchte aber diese Möglichkeit auch nicht ausschließen. Sie sieht die rege Diskussion über BIID eher als Chance für diese Störung mit Hilfe der medizinischen und bioethischen Fachwelt alle Möglichkeiten einer Therapie abzuwägen, um die Betroffenen nicht unnötig der Gefahr der nicht Beachtung auszusetzen und damit eventuellen Selbstverletzungen vorzubeugen. Sie verweist darauf, dass auch bei Schönheitschirurgischen Operationen die Ansichten der Bevölkerung sich über die Zeit änderten (Bridy 2004), (Bridy 2009).

Klare Amputationsbefürworter sind hingegen Bayne und Levy. Sie sind der Meinung, dass die Argumente gegen die Amputation nicht so stark sind wie die, die für eine Amputation sprechen. Sie sehen BIID am ehesten als eine Diskrepanz zwischen dem wirklichen und dem imaginären Körperbild. Steht diese Diagnose, sind andere Diagnosen ausgeschlossen, wie etwa die Körperdysmorphie Störung. Gibt es keine andere Lösungsmöglichkeit, sollte die Möglichkeit der Amputation in Betracht gezogen werden, denn für Bayne und Levy reduziert diese das Leid der Betroffenen und schützt sie vor selbstverletzenden Verzweiflungstaten, bei denen nicht selten das Leben riskiert wird. Hinzu kommt, dass die Betroffenen sich des Wunsches bewusst sind und eine autonome Entscheidung zur Amputation getroffen haben. Diese Entscheidung sollte man nach den Autoren respektieren, denn die Betroffenen seien nicht wahnhaft, haben den Wunsch über viele Jahre bis Jahrzehnte und seien durch häufiges Pretenden oftmals vielleicht sogar besser in der Lage die Folgen der Operation abzuschätzen als Menschen, die sich einer Schönheitschirurgischen Operation oder geschlechtsumwandelnden Operation unterziehen. Die Autoren verweisen zudem auf die bisher therapeutisch eingeschränkten Möglichkeiten und dass die Amputation bisher als einzige therapeutisch wirksam erscheint. Sie sind jedoch auch der Auffassung, dass es insbesondere wichtig ist, Studien mit Betroffenen nach einer Amputation durchzuführen, um die Wirksamkeit zu belegen (Bayne, Levy 2005). Ähnlich wie Bayne und Levy steht auch Ryan zur Amputation. Er

ist der Ansicht, dass eine Amputation möglich sein sollte, wenn die Betroffenen professionell untersucht wurden und die Diagnose BIID gestellt wurde, also alle Differentialdiagnosen ausgeschlossen wurden. Danach sollte ein Versuch mit SSRI und allen in Frage kommenden Therapiemöglichkeiten probiert werden, bis diese ausgeschöpft sind. Folgend muss der Patient über Risiken und Benefits nach dem Stand der Forschung aufgeklärt werden und erst danach besteht die Therapieoption der Amputation. Ryan weist auf einen möglichen Vorteil der Bevölkerung bei einer elektiven Amputation hin, da dann die Möglichkeit der Organspende des Körperteiles bestehe (Ryan 2009).

Als vehemente Amputationsgegnerin zeigt sich Müller. Sie stellt die Autonomie des Wunsches nach Amputation in Frage, da einige Forschungsergebnisse zeigen, dass es sich bei BIID um eine Störung des Körperschemas im Parietallappen handeln könnte. Daher stellt sie die Frage, ob der Patient eine selbstbestimmte Entscheidung trifft oder ob die Entscheidung aufgrund der neuropsychologischen Störung getroffen wird. Für sie stellt BIID keine neue Kategorie in der DSM IV dar, sondern eher ein Syndrom mit verschiedenen Ätiologien. Sie teilt die Betroffenen in zwei Gruppen ein. Zum einen in jene, bei denen die Erkrankung auf einer Körperbildstörung basiert und zum anderen in jene, die primär die Amputation verlangen aufgrund des sekundären Krankheitsgewinns, da sie beispielsweise unter einer Paraphilie oder verleugneter Homosexualität leiden. Die Störung der zweiten Gruppe nennt sie Pseudo-BIID. Die Gruppe der Pseudo-BIID Betroffenen ist stark von den Medien abhängig. Durch BIID finden die Betroffenen eine neue Identität und sie erfahren das Gefühl der Zugehörigkeit zu einer Gemeinschaft, zum Beispiel durch Internetforen. In diese Gruppe sortiert sie auch jene ein, die andere Körperbehinderungen anstreben, wie Blindheit, Taubheit oder Querschnittslähmung. Wenn überhaupt käme eine Amputation folglich also nur für die Gruppe der BIID Betroffenen in Frage, die unter einer Körperschemastörung leiden. Da aber die wissenschaftlichen Berichte unzureichend sind und auch Fallbeispiele dokumentiert sind, bei welchen das Leiden nicht behoben wurde, ist Müller klar gegen die Amputation. Außerdem kommt hinzu, dass man gegen die ärztliche Fürsorgepflicht und das Nichtschadensgebot verstoße, wenn man Patienten mit eingeschränkter Autonomie, aufgrund einer hirnräumlichen Störung, operieren würde. In Analogie zur Transsexualität verweist sie auf den extremen Anstieg von geschlechtsumwandelnden Operationen nach der Anerkennung und Festlegung der chirurgischen Behandlungsoptionen. Durch die Option psychische Erkrankungen mit chirurgischen Maßnahmen zu behandeln,

würde sich ein großer finanzieller Markt verschiedener Interessen auf tun (Müller 2010), (Müller 2009). Unterstützung bekommt Müller von Patron. Letzterer hält die Vergleiche, die herangezogen werden, um zu zeigen, dass BIID Betroffene, wie andere Patienten selbstbestimmt nach ihrer freien Überzeugung handeln können, für nicht zulässig. Bei diesen Beispielen handele es sich um unproblematische Fälle, wie zum Beispiel die Verweigerung einer Bluttransfusion der Zeugen Jehovas. Außerdem ist er der Ansicht, dass die Zeugen Jehovas etwas verweigern, die BIID Betroffenen aber etwas verlangen würden und daher die Ressourcen personeller und finanzieller Natur stärker belasten (Patrone 2009).

Ein anderer Blickwinkel in der Diskussion wird dargestellt durch Robert Smith, dem ersten Chirurgen der BIID Betroffene operierte, siehe hierzu auch Abschnitt 2.2.3. Er ist der Auffassung, dass Amputationen in den meisten Fällen für Patienten schlimme Einschnitte ins Leben darstellen, nicht aber für Menschen die unter BIID leiden. Er ist auch der Meinung, dass die medizinisch ethischen Grundsätze wie Autonomie bzw. das Recht auf Selbstbestimmung, das Wohlergehen des Patienten, das Verbot zu schaden und die Gerechtigkeit, durch eine Amputation eines Beines bei BIID Betroffenen nicht verletzt würden. Das Recht auf Autonomie findet sich darin, dass der Patient diese Behandlung wünscht, diesem Wunsch nicht zu entsprechen, würde das Recht auf Selbstbestimmung verletzen. Das Wohlergehen des Patienten wird durch die Amputation hergestellt und geschützt, indem die Patienten nicht mehr unter dem Wunsch nach einer Amputation leiden und sich selbst nicht verletzen müssen, um eine Amputation herbei zu führen. Smith berichtet, dass die Patienten sich nach der Operation sehr schnell erholen und sehr glücklich in ihr neues Leben gehen. Ein 57-jähriger Patient ist bereits am fünften postoperativen Tag mit dem Auto von Schottland nach Deutschland gefahren. Er hatte keine weiteren Beschwerden in Bezug zu BIID und integrierte sich in seinem Umfeld und Beruf wieder problemlos. Das Verbot dem Patienten zu schaden wird ebenfalls nicht verletzt. In diesem Punkt sieht Smith jedoch die Schwierigkeit für einen nicht Betroffenen zu verstehen, dass für einen Patienten mit BIID das größere Leid darin liegt mit der Störung weiter zu leben anstatt amputiert zu werden. Er weist auch auf die Problematik hin, dass viele Betroffene aufgrund der Verzweiflung und der Ungeduld nicht warten möchten oder können, bis eventuell eine andere Möglichkeit der Heilung besteht. Den letzten Punkt, die Gerechtigkeit, sieht Smith als schwierig aus der Sicht der Bevölkerung, nicht hingegen aus der Sicht der Betroffenen, da durch die Amputation

und die Behinderung große Kosten auf die Solidargemeinschaft zukommen. Jedoch wären auch hohe Kosten vorhanden, wenn man nicht operieren würde, in Hinblick auf die psychische Betreuung der oftmals krankheitsbedingt depressiven Patienten. Da die Betroffenen meist ein glücklicheres Leben nach der Amputation führen, sind sie in ihren Berufen meist sogar produktiver, welches die hohen Kosten der Amputation auch ein wenig aufwiegt. Als grundlegende Voraussetzung einer Operation sieht Smith auch den Ausschluss einiger Differentialdiagnosen wie die Paraphilie, körperdysmorphe Störung, Schizophrenie, Depression, Verwirrtheit oder dementielle Syndrome, Persönlichkeitsstörungen, Artifizielle Störungen, Somatoparaphrenie und Asomatognosia sowie die Gender identity disorder. Nach Smith bestehe die einzige Möglichkeit einer legalen Amputation in der Durchführung einer wissenschaftlichen Studie, in der die Amputation, die Auswirkungen und der weitere Verlauf genau dokumentiert werden (Smith 2009).

## 2.10 Neuronale Studien zur Körperwahrnehmung

Um die Repräsentation der neuronalen Korrelate der Körperwahrnehmung zu verstehen, ist es wichtig, sich zuerst mit der Wahrnehmung und Erkennung von Gesichtern zu befassen, denn aus diesen Erkenntnissen baut sich das Verständnis für die Körperwahrnehmung auf.

### 2.10.1 Neuronale Korrelate der Gesichtswahrnehmung

1997 zeigen Kanwisher et al. (Kanwisher et al. 1997) Probanden Bilder von Gesichtern und herkömmlichen Objekten, wie ein Telefon oder ein Haus. Sie stellen fest, dass beim Anblick der Gesichter ein spezifisches Areal im fusiformen Gyrus aktiviert wird. Diesen für die Gesichtserkennung selektiven Bereich nennen sie die Fusiform Face Area (FFA). Sie stellen auf der rechten Seite eine stärkere Aktivierung in der FFA fest als linksseitig. Diese Erkenntnis ist im Einklang mit Untersuchungen von De Renzi (de Renzi et al. 1994), der von Patienten berichtet, die nach einem Schaden der rechten Hemisphäre unter Prosopagnosie leiden. Unter Prosopagnosie versteht man das nicht Erkennen können einer bekannten Person anhand ihres Gesichtes. Diese erste Zuordnung von Arealen der Gesichtserkennung wird 2000 von Haxby et al. (Haxby et al. 2000) durch ein Modell ergänzt, welches als Kern der Gesichtswahrnehmung drei Regionen im occipitotemporalen visuellen extrastriatalen Kortex sieht. Diese drei Regionen

bestehen aus dem inferioren occipitalen Gyrus (Occipitale Face Area (OFA)(Puce et al. 1996)), dem lateralen fusiformen Gyrus (FFA) und dem superioren temporalem Sulcus. Haxby et al. nehmen an, dass der fusiforme Gyrus eher für die Repräsentation der Identität zuständig ist, der superior temporale Sulcus für die Repräsentation der veränderbaren Eigenschaften des Gesichtes und durch die Überschneidung dieser Regionen im inferioren occipitalen Gyrus dieser wohl Informationen in beide verteilt. Wenn hier die erste Verarbeitung stattgefunden hat, werden schließlich weitere Regionen eingebunden, die die Informationen, die man durch das Gesicht erhalten hat, verarbeiten. So führen zum Beispiel emotionale Gesichtseindrücke zu einer Beteiligung des limbischen Systems oder die Blickrichtung der Augen führt zur Beteiligung parietaler Regionen, die mit der räumlichen Wahrnehmung zu tun hat. Der Kern der Gesichtswahrnehmung steht mit verschiedenen wichtigen Arealen in Verbindung, die zur Verarbeitung von dem Gesicht erzeugten Eindrücken dienen, wie Sprache, Emotionen, Bewegungen oder räumlicher Wahrnehmung. Dieses Modell wird noch einmal in der folgenden Abbildung 1 dargestellt.

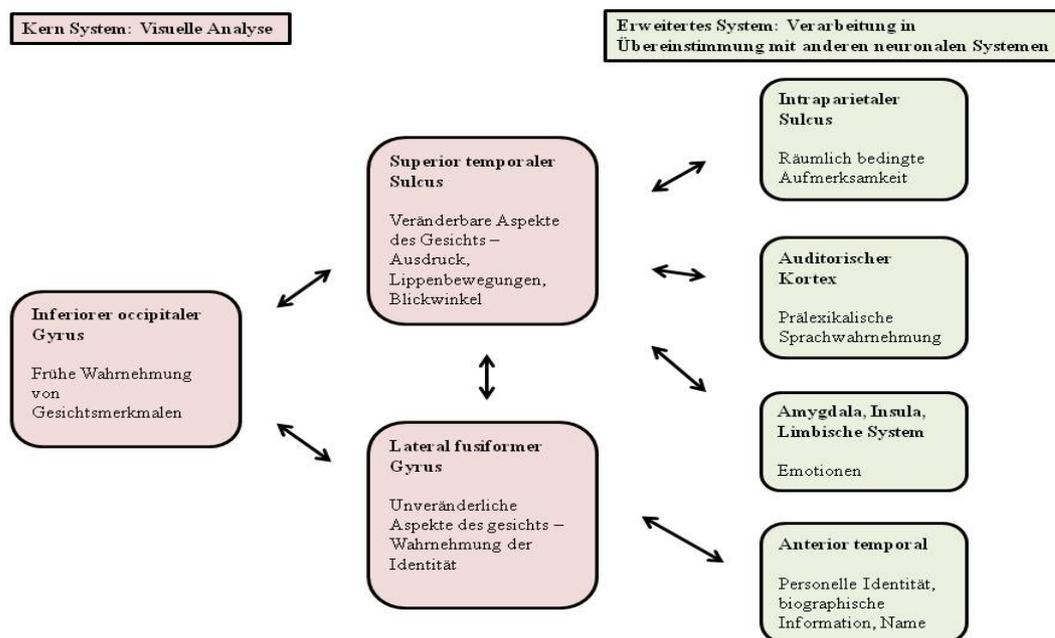


Abbildung 1: Haxbys Modell des neuronalen Systems der Gesichtswahrnehmung

(Quelle: Haxby et al. 2000, S.230)

Die bisher angeführten gesichtsspezifischen Regionen wurden 2009 von Pinsk et al. bestätigt und durch eine weitere im anterioren temporalen Kortex ergänzt (Pinsk et al. 2009).

### 2.10.2 Neuronale Korrelate der Körperwahrnehmung

Nach der Erstbeschreibung einiger selektiver Areale der Gesichtserkennung, berichten Downing et al. (2001) über ein selektives Areal für die visuelle Verarbeitung von Körpern und Körperteilen. Die Region befindet sich im rechten lateralen occipitotemporalen Kortex und zeigt eine Verstärkung der Aktivierung, wenn die Probanden menschliche Körper und Körperteile gezeigt bekommen im Gegensatz zu anderen leblosen Objekten, wie ein Regenschirm oder ein Hammer. Die Aktivierung zeigt sich auch auf der linken Seite. Die Stärke der Aktivierung ist jedoch deutlich geringer. Sie geben dieser körperselektiven Region den Namen der Extrastriate Body Area (EBA). Sie vermuten, dass dieses Areal an der Identifikation von Individuen beteiligt sei, wenn Gesichter nicht erkannt werden können, sowie an der Einschätzung von anderen Personen durch ihre Körperhaltung und auch an der Konfiguration des eigenen Körpers im Raum. Dass die EBA an der Identifikation von Personen beteiligt ist, konnte in weiteren Studien widerlegt werden (Chan et al. 2004), (Hodzic et al. 2009a). Durch die Ähnlichkeit zu anderen selektiven Regionen des extrastriatalen Kortex, wie die Fusiforme Face Area oder die Parahippocampale Place Area (PPA), stellen sie sich die Frage, ob die selektiven Regionen EBA, FFA und PPA durch unser Genom festgelegt sind oder sich durch unsere Lebenserfahrung entwickeln (Downing et al. 2001).

Peelen und Downing ergänzen 2005 die Areale der Körperwahrnehmung durch ein weiteres Areal im mittleren fusiformen Gyrus. In Analogie zur Gesichtserkennung findet sich auch hier ein selektives Areal, welches bei der Präsentation von kopflosen Körpern aktiviert wird, die sogenannte Fusiforme Body Area (FBA). Die Aktivierung in dieser Region erklären sich die Autoren durch die Ähnlichkeit in der Verarbeitung von Gesichtern und Körpern. Beide geben Hinweise auf die Identität des Gegenübers, die Emotionen, die Absicht, das Alter oder das Geschlecht. Der mittlere fusiforme Gyrus gehört zu einem non retinotopic high level System, indem spezifische Neuronen zwischen Gesichtern genauso wie zwischen Körpern differenzieren (Peelen, Downing 2005). Eine weitere Studie von Gauthier zeigt bereits 2000 eine Aktivierung im Bereich der FFA, wenn Experten in ihrem Gebiet, wie beispielsweise Vogelkundler Bilder von Vögeln gezeigt

bekommen (Gauthier et al. 2000). Peelen und Downing erklären sich diese Aktivierung damit, dass Erwachsene ebenfalls in der Gesichter und Körpererkennung Experten sind und sie vermuten, dass die Neuronen, die für ein spezifisches Gebiet zuständig sind eng nebeneinander liegen (Peelen, Downing 2005). Taylor et al. greifen die Ähnlichkeit zwischen Gesichter- und Körperwahrnehmung ebenfalls auf (Taylor et al. 2007). Körper und Gesichter werden selten örtlich und zeitlich getrennt wahrgenommen und zusätzlich haben beide große biologische Relevanz in zwischenmenschlichen Beziehungen. Daher vergleichen sie OFA und EBA sowie FBA und FFA in ihrer Funktionalität. Sie stellen die Hypothese auf, dass EBA und FBA sich in ihrer Antwort auf vollständige Körper und Körperteile unterscheiden. EBA würde eher mit einer Aktivierung auf Körperteile reagieren und FBA eher beim Erscheinen des ganzen Körpers oder größerer Teile. Dies bestätigt sich in ihren Ergebnissen insofern, als dass sich in der EBA eine schrittweise Aktivitätsabnahme während des Zeigens von Körperteilen beziehungsweise ein Anstieg bei der Menge der dargestellten Körperteile zeigt. Das heißt, bei der lediglichen Darstellung von Fingern ist die Aktivität geringer als bei der Darstellung von einem Arm mit Hand und Fingern. Es zeigt sich aber dennoch eine Aktivität bei der Darstellung eines Fingers im Gegensatz zur Präsentation eines Blattes. Die FBA zeigt auch einen stufenweisen Anstieg zwischen Torsos und kopflosen Körpern, jedoch keine Selektivität beziehungsweise Aktivierung für Finger oder Hände im Gegensatz zu Blättern. Die Entdeckung der starken Antwort auf Körper und eine geringere auf Arme ist vergleichbar mit Daten der FFA, die eine stärkere Aktivität beim Anblick des gesamten Gesichts zeigt, als lediglich bei der Präsentation der Augen, bei der eine geringere Aktivität zu messen ist (Schultz, Rossion 2006). Den Anstieg im EBA erklären die Autoren damit, dass beim Anblick des Armes mit Hand und Finger spezifische Neuronen für diese Areale aktiv sind und sich somit summieren. Im EBA und FBA könnte eine Repräsentation der Körperteile ähnlich des somatosensorischen Kortex stattfinden (Taylor et al. 2007).

Nachdem im vorherigen Abschnitt auf die Repräsentation des Körpers eingegangen wurde, folgt nun die Verarbeitung und Darstellung des Selbst sowie die Unterscheidung zwischen Selbst und Fremd.

### 2.10.3 Neuronale Korrelate des Selbst

Bei Split Brain Patienten, das heißt bei Patienten bei denen das Corpus callosum, welches die beiden Hemisphären miteinander verbindet, durchtrennt ist, zeigt sich, dass

beide Hemisphären zur Selbstwahrnehmung fähig sind (Sperry et al. 1979), (Uddin et al. 2005). In weiteren Studien zeigt sich jedoch eine Dominanz der rechten Hemisphäre (Keenan et al. 2000), (Platek et al. 2004), (Devue et al. 2007), (Hodzic et al. 2009b).

2007 fanden Devue et al. Gebiete, die unabhängig von der Präsentation von Gesichtern oder Körpern an der Selbstverarbeitung beteiligt sind, die rechte anteriore Insula sowie das rechte dorsale anteriore Cingulum (Devue et al. 2007). Dies stimmt überein mit der Vermutung von Platek et al., dass das anteriore Cingulum beteiligt ist an der ich-bezüglichen Entscheidungsfindung (Platek et al. 2005). Außerdem beschreiben Northoff et al., dass der Gyrus cinguli eine Rolle in der abstrakten Selbstverarbeitung spielt (Northoff, Bermpohl 2004). Die rechte anteriore Insula wird ebenfalls in weiteren Studien in Zusammenhang mit der Selbstwahrnehmung gebracht und zwar bei Farrer und Frith (Farrer, Frith 2002) in Bezug zur Eigenwirkung, bei Fink et al. (Fink et al. 1996) in Bezug zum autobiographischen Gedächtnis und bei Kircher et al. (Kircher et al. 2001), (Kircher et al. 2000) in Bezug zur Gesichtserkennung des Selbst und der Selbstbeurteilung. Devue beschreibt, dass die Unterscheidung zwischen Selbst und einer anderen Person in posterioren Arealen sowie im rechten frontalen Gyrus und der anterioren Insula stattfindet. Die posterioren Regionen sind eher beteiligt an einer strukturellen Darstellung von verschiedenen Aspekten einer Person, hingegen anteriore Regionen innerhalb der rechten Hemisphäre eher beteiligt sind an der Unterscheidung zwischen Selbst und einer anderen Person (Devue et al. 2007).

Downing et al. stellen 2001 die Beteiligung der EBA beim Betrachten von Körpern und Körperteilen fest (Downing et al. 2001), die Aktivierung des EBA erweitert sich jedoch in der Hinsicht, dass er auch an der Planung, Vorstellung und Ausführung von Körperbewegungen beteiligt ist (Astafiev et al. 2004), (Peelen et al. 2006). Urgesi unterstützt durch seine Arbeit die Annahme der visuellen Verarbeitung körperbezogener Stimuli in der EBA, da bei einer Inaktivierung durch repetitive transcraniale Magnetstimulation die visuelle Verarbeitung von Körperteilen beeinträchtigt wird und die Zeit in der Körperteile von anderen Objekten unterschieden werden signifikant ansteigt (Urgesi et al. 2004). Saxe et al. (Saxe et al. 2006) und Chan et al. (Chan et al. 2004) zeigen einen Aktivierungsunterschied der EBA je nach Blickrichtung beziehungsweise Darstellung des Bildes, aber keine Beteiligung bei der Unterscheidung zwischen dem eigenen oder fremden Bild. Dieses Fehlen der Differenzierung zwischen Selbst und Fremd stellen auch Hodzic et al. in ihrer Studie fest, in der sie die Repräsentation des eigenen und

fremden kopflosen Körpers verglichen (Hodzic et al. 2009b). Sie zeigen generelle körperbezogene Aktivierungen in der rechten Hemisphäre präsentiert durch die EBA, FBA, den inferioren und superioren parietalen Kortex und den präzentralen Gyrus. Dass der Parietallappen eine wichtige Rolle bei der Präsentation körperbezogener Informationen spielt, zeigen auch (Ehrsson et al. 2005), (Pellijeff et al. 2006), (Shimada et al. 2005). Hodzic et al. (2009) beschreiben zudem ein Gebiet, welches selektiv aktiviert wird bei der Darstellung des eigenen Körpers. Dieses Gebiet findet sich im ventralen Bereich des visuellen Kortex nahe der FBA etwas anterior. Hodzic et al. gehen davon aus, dass der Fund der selbstbezogenen Aktivierung in diesem Gebiet sich gut in Beziehung zu den bisherigen Entdeckungen bringen lässt, in denen der Fusiforme Gyrus Aktivitäten bei menschlichen Attributen zeigt (Peelen, Downing 2005), (Peelen et al. 2006), (Schwarzlose et al. 2005). Diese Entdeckungen unterstützen die Hypothese, dass FBA in Analogie zu FFA an der Unterscheidung der Identität beteiligt ist (Hodzic et al. 2009b). Ein weiteres Areal, welches eine Aktivierung zeigt, ist der parietale Kortex. In diesem überschneiden sich die Areale selbstbezogener Aktivierung und körperbezogener Aktivierung. Die Aktivierungen in ventralen, parietalen und frontalen Regionen sind überwiegend in der rechten Hemisphäre. Der rechte mittlere frontale Gyrus zeigt auch eine Aktivierung bei dem Kontrast selbst gegen fremd. Eine Beteiligung des rechten frontalen Kortex zeigt auch schon Sugiura, der vermutet, dass dieser ein Teil eines Netzwerkes darstellt, welches sich der Repräsentation des Selbstkonzeptes widmet (Sugiura et al. 2006). Hodzic et al. zeigen auch, dass der frontale Kortex an der Verarbeitung des Geschlechtes beteiligt ist. So zeigt sich eine Aktivierung im rechten frontalen Kortex beim Anblick des gleichen Geschlechts. Beim Anblick des anderen Geschlechts findet man diese Aktivierung links. Die Aktivierung die sich im rechten inferioren parietalen Lappen bei der Unterscheidung zwischen Selbst und Fremd zeigt, erscheint ebenfalls bei der Unterscheidung des eigenen gegenüber des fremden Gesichtes und bei Vergleichen zwischen Selbst und Fremd in einer Studie von Platek (Platek et al. 2006). Der parietale Kortex ist Teil eines Netzwerkes des Bewusstseins über das Selbst. Propriozeptive und visuelle Signale, die relevant für die Repräsentation des dynamischen Körperschemas sind, werden verarbeitet und im rechten inferioren, superioren und linken superioren parietalen Kortex integriert (Hodzic et al. 2009b). Elektrophysiologische Experimente an Primaten zeigen die Beteiligung der rechten superioren parietalen Region bei der Beobachtung von Positionen der Körperteile (Graziano et al. 2000). Und letztendlich

gibt es auch Beweise, dass eine direkte Stimulation des parietalen Kortex zu einer Bewusstseinsveränderung des Selbst führen kann, in Form einer out of Body Erfahrung (Blanke et al. 2002). Zusammenfassend beschreiben Hodzic et al. die Repräsentation des Selbst als ein Netzwerk mit unterschiedlichen Arealen, welches sich hauptsächlich in der rechten Hemisphäre befindet. Es überlappen sich zwei Netzwerke im rechten suprioren und inferioren Parietalkortex, diese sind aber im extrastriatalen visuellen Kortex und im mittleren frontalen Gyrus klar getrennt (Hodzic et al. 2009b). In einer weiteren Studie versuchen Hodzic et al. die Analyse und Verarbeitung der körperbezogenen Daten noch mehr zu differenzieren. Sie legen einen besonderen Blick auf die Body-Detection, also die Verarbeitung von visuellen körperspezifischen Merkmalen, die Body-Identification, das heißt auf die Unterscheidung zwischen bekannten und unbekannt Körpern, und die Self-Identification, die Identifizierung des eigenen Körpers. Die Areale die zum Body-Detection Netzwerk gehören, sind in der rechten Hemisphäre EBA, FBA, IPL (inferiorer Parietallappen), sowie die linksseitige EBA. Aktivierungen die sich zwischen bekannten und unbekannt Körpern zeigen (Body-Identification-Netzwerk) sind rechte FBA, rechter IPL sowie medialer und inferiorer frontaler Gyrus. Aktive Areale der Wahrnehmung des eigenen Körpers (Self-Identification-Netzwerk) sind der rechte IPL, rechter inferiore parietaler Sulcus, linker posteriorer orbitaler Gyrus und linker lateraler occipitaler Gyrus. Es zeigt sich, dass die FBA an der Verschlüsselung der Identität der Körper beteiligt ist, aber nicht in der Repräsentation des Selbst. Hodzic et al. nehmen an, dass die Verarbeitung des Körperbildes in mehrere Schritte unterteilt ist. Die Daten deuten eine Trennung zwischen einem fronto-parietalen Körperidentifikationsnetzwerk und einem parieto-occipitalen Körpererkennungnetzwerk an. Außerdem erscheint es naheliegend, dass die Verarbeitung des Körperbildes verschiedenen Unterprozessen unterliegt. Schritte dieses Netzwerkes werden im Folgenden angeführt.

1. Die Verschlüsselung von Körperteilen (EBA)
2. Die Integration von Körperteilen in einen vollständigen Körper und die Identifizierung eines individuellen Körpers (FBA)
3. Die Identifikation des eigenen Körpers (IPL)
4. Aktivierung eines fronto-parietalen Netzwerkes, das eher auf eine abstrakte Art und Weise das Konzept des Selbst verschlüsselt, welches nicht nur durch körperbezogene Hinweise aktiviert wird

Hodzic et al. hoffen durch das genauere Verständnis der Körperwahrnehmung des eigenen und fremder Körper ebenfalls ein Verständnis für körperbezogene Störungen zu erhalten, wie zum Beispiel für Anorexia nervosa, Bulimie, DMS oder BIID (Hodzic et al. 2009a).

#### *2.10.3.1 Die Repräsentation des Selbst in Cortical midline structures*

Northoff und Bermpohl beschreiben 2004 die Cortical midline structures (CMS) als eine grundlegende funktionelle Einheit, die an der Verarbeitung von selbstbezogenen Stimuli beteiligt sind. Zu den CMS von Northoff und Bermpohl gehören der orbitale und medial präfrontale Kortex (OMPFC), der anteriore cinguläre Kortex (ACC), der dorsomediale präfrontale Kortex (DMPFC), der posteriore cinguläre Kortex (PCC) einschließlich des Retrospleniums und des Precuneus. Es gibt viele Repräsentationen des Selbst. Unabhängig ob verbal, räumlich, emotional, fazial, sozial oder beweglich bildet das CMS eine Konvergenzzone, in der die Stimuli des Selbst repräsentiert, kontrolliert, bewertet und dann integriert werden. Diese Prozesse teilen sie spezifischen Regionen im CMS zu. Da das CMS insbesondere eine hohe Aktivität während des Resting state beziehungsweise des Default Mode zeigt, beispielsweise beim Anblick eines Fixationskreuzes, stellen die Forscher die Hypothese auf, dass es sich beim CMS um das „core-self“ handeln könnte, da gerade in diesem Modus die Beschäftigung mit sich selbst am größten ist, weil keine Einflüsse von außen in Erscheinung treten (Northoff, Bermpohl 2004). Diese Ergebnisse werden unterstützt durch eine Metaanalyse von 27 fMRI und PET Studien von Northoff et al. (2006). Sie teilen das CMS in drei unterschiedliche Funktionsbereiche: ventral, dorsal und posterior. Durch die starke Vernetzung des CMS mit subkortikalen Regionen, wie dem periaqueductalem grau und den superioren colliculi, die eine der meist verschalteten Regionen des Gehirns darstellen, sowie präoptischen Zonen, dem Hypothalamus, dem dorsomedialen Thalamus oder dem Bettkern der Stria terminalis, gehen die Autoren von einem kortikalen subkortikalen Mittellinien-system aus, welches dem Selbst zugrunde liegt (Northoff et al. 2006). Gillihan und Farah und Legrand und Ruby bezweifeln diese Spezialisierung der CMS und zeigen in ihren Reviews auch nicht selbstbezogene Aktivierungen in Strukturen des CMS (Gillihan, Farah 2005), (Legrand, Ruby 2009). 2011 zeigt Northoff zwei verschiedene Sichtweisen der Repräsentation des Selbst. Er ist der Ansicht, dass die bisher bestehende Sichtweise der Inhalt bezogenen Verarbeitung des Selbst in eine Prozessbasierte ge-

ändert werden sollte. Die Repräsentation des Selbst basierte bisher auf verschiedene Inhalten, wie zum Beispiel dem Körper selbst oder dem autobiographischen Selbst und der Großteil der Wissenschaft versuchten neuronale Korrelate dieser Inhalte durch spezifische Stimuli zu aktivieren. Die prozessbasierte Darstellung des Selbst bezieht sich im Gegensatz hierzu auf die Resting state activity und die Auswirkungen auf diese Aktivität durch neuronale Verarbeitungen von Selbst und nicht Selbst bezogenen Stimuli. Diese Prozesse ermöglichen und prädisponieren den Aufbau der Inhalte, die zurückzuführen sind auf die Beziehung zwischen Stimuli und Organismus. Daher geht es bei der prozessbasierten Darstellung um eine Interaktion zwischen Resting state und Stimulus und nicht wie zuvor um eine Stimulus induzierte Aktivität. Daher sollte nach Northoff in der weiteren experimentellen fMRI Forschung das Selbst keine unabhängige Variable mehr sein sondern eine abhängige. Weiterhin zeigen sie in einer Metaanalyse, die sich auf kortikale Strukturen bezieht und in der zwischen Selbst, bekannten und fremden Stimuli unterschieden wurde, eine rein selbstspezifische Aktivierung des perigenual anterioren cingulären Kortex und der Insula. Der mediale präfrontale Kortex wird sowohl bei selbstspezifischen als auch bei bekannten Stimuli aktiv. Der Temporal Pol und der temporoparietale Übergang sind nur bei fremden Stimuli aktiv. Hingegen ist der posteriore cinguläre Kortex in allen drei Kategorien aktiv. Diese Unterscheidung und Zusammengehörigkeit der kortikalen Strukturen durch verschiedene Aktivierungen unterstützt die Hypothese der Autoren, dass für die Verarbeitung des Selbst im subkortikalen-kortikalen System eher, das von Feinberg (Feinberg 2009) vorgestellte dreistufige anatomische Model passe, als die bisher traditionelle medial-laterale anatomische Zweiteilung von Nieuwenhuys (Nieuwenhuys 1996). In Feinbergs Model unterscheiden sich drei Stufen verschiedener konzentrischer Ringe, die ausgehend von subkortikalen Strukturen zu kortikalen Regionen reichen. Die drei Ringe können gekennzeichnet werden als erstens paralimbischer Ring, zweitens als heteromodal/CMS midline und drittens als exterosensorimotor/lateral region (Northoff et al. 2011).

#### *2.10.3.2 Die Rolle des Precuneus*

Der Precuneus zeigt Aktivierungen bei einer Reihe von Prozessen, so zum Beispiel bei der visuellen räumlichen Wahrnehmung, beim Wiederaufrufen des episodischen Gedächtnisses und bei der Verarbeitung des Selbst bei Versuchen zur Perspektive der ersten Person. Aufgrund der hohen Aktivität während des Default modes wird ihm auch

eine Rolle bei der Bildung des Bewusstseins des Selbst durch die Repräsentation selbstbezogener Prozesse zugeschrieben (Cavanna, Trimble 2006). Cavanna und Trimble beschreiben, dass bei vielen Studien der Precuneus nicht solitär aktiv ist sondern durch die Ausbreitung der Aktivität des superioren oder inferioren Parietallappen mit einbezogen wird. Daher vermuten die Autoren auch einen Bezug des Precuneus zu den Funktionen dieser Strukturen, wie etwa der visuell-räumlichen und der Körperbildrepräsentation (Cavanna, Trimble 2006).

#### 2.10.4 Neuronale Korrelate der Emotion

Da die BIID Betroffenen sehr emotional von der Vorstellung amputiert zu sein und von der Erfahrung des Pretendens, das heißt dem Nachahmen einer Behinderung, erzählen, liegt es nahe, dass auch der Anblick des erwünschten Zustandes einige Emotionen aufwerfen kann. Daher werden folgend die bisherigen Erkenntnisse neuronaler Korrelate der Emotionen als Grundlage für die Hypothesenbildung dargestellt.

Die Beschäftigung mit den menschlichen Emotionen und das Bestreben diese wissenschaftlich zu erklären reicht weit zurück, so veröffentlichte Darwin 1872 ein erstes Buch über „The expression of the emotions in man and animals“ und versuchte mit seinen Theorien eine Grundlage für die Darstellung, Bildung und den Ursprung von Emotionen zu finden (Darwin 1872). 1937 veröffentlichte Papez ein funktionell neuroanatomisches Model, den Papez-Neuronenkreis, welcher das Entstehen der Emotionen erklären sollte (Papez 1937). Auf diesem Model aufbauend etablierte 1952 Mac Lean den Begriff des limbischen Systems, das zu dieser Zeit als Entstehungsort der Emotionen galt (Mac Lean 1952). Zum limbischen System werden folgende Strukturen gezählt: Hippocampus, Gyrus dentatus, Fornix, Gyrus cinguli, Gyrus parahippocampalis, Corpus amygdaloideum, Corpus mamillare, Teile des Riechhirns einschließlich der Septumregion, Indusium griseum und Thalamusanteile (Trepel 2003). Das limbische System gilt heute jedoch sowohl anatomisch als auch funktionell nicht mehr als alleiniges Zentrum der Emotionen. Dies liegt unter anderem an der Heterogenität der beteiligten Strukturen (Calder et al. 2001), (LeDoux et al. 1991) und an der Beteiligung weiterer, auch kortikaler Strukturen, bei der Verarbeitung von Emotionen auf die im Folgenden noch eingegangen wird.

Ein weiterer Diskussionspunkt in der fMRI Emotionsforschung stellt die Sichtweise auf die Grundlage der Emotionsbildung und die Designkonzeption dar. Vor einigen Jahren

ging man von einer Emotionstheorie aus, die die Grundemotionen als Basis sieht (Ekman 1972). Man war auf der Suche nach neuronalen Korrelaten dieser Grundemotionen, die von Ekman als Freude, Angst, Ärger, Abscheu, Traurigkeit und Überraschung definiert werden (Ekman 1972). Dieser Theorieansatz wird durch eine Reihe von Forschern unterstützt (Damasio et al. 2000), (Blair et al. 1999). Jedoch liegen immer wieder uneinheitliche Ergebnisse vor, so ist die Amygdala bekannt dafür bei angstausslösenden Stimuli aktiviert zu sein (LeDoux 2000). Dies heißt aber nicht, dass sofern ein Schaden der Amygdala vorliegt, sich das subjektive Angstempfinden eines Patienten ändert (Phelps, Anderson 1997). Sie spielt ebenfalls in anderen Bereichen eine wichtige Rolle, wie etwa im Belohnungssystem (Baxter, Murray 2002) und beim Anblick von etwas Neuem (Schwartz et al. 2003). Aufgrund unter anderem der Integration dieser Probleme in eine reine Basisemotionen gerichtete Theorie, stellt Barrett (2006) diese in Frage und kommt zu der Ansicht, dass man sich eher auf die psychologischen Basisprozesse konzentrieren sollte und nicht in so scharfen und eingegrenzten Kategorien wie Freude und Traurigkeit denken sollte (Barrett 2006). Kober et al. zeigen dem folgend in einer Metaanalyse emotionaler Studien sechs funktionelle Hirnareal-Gruppen, die beständige Koaktivierungen zeigen. Diese Gruppen sind die lateral occipital/visual association group, medial posterior group, cognitive/motor group, lateral paralimbic group, medial prefrontalcortex group und die core limbic group (Kober et al. 2008). Vytal und Hamann (2010) stellen eine Metaanalyse vor, die erstmals klare Unterschiede zwischen den einzelnen Grundemotionen Angst, Ärger, Abscheu, Traurigkeit und Freude zeigt. Die Hirnareale der Aktivierungen der größten Cluster dieser Emotionen sind in Tabelle 1 dargestellt.

*Tabelle 1: Größte aktivierte Cluster während der Grundemotionen in der Metaanalyse von Vytal und Hamann (2010)*

<b>Emotion</b>	<b>HE</b>	<b>Hirnareal</b>
<b>Freude</b>	RH	Superiorer temporaler Gyrus, BA 22
<b>Traurigkeit</b>	LH	Medial frontaler Gyrus
<b>Ärger</b>	LH	Inferiorer frontaler Gyrus
<b>Angst</b>	LH	Amygdala
<b>Abscheu</b>	RH	Insula
	LH	Inferiorer frontaler Gyrus, BA 47

HE = Hemisphäre, RH = Rechte Hemisphäre, LH = Linke Hemisphäre

Die Aktivierungen, die mit spezifischen Mustern die einzelnen Emotionen definieren und eine klare Abgrenzung möglich machen, werden in Tabelle 2 dargestellt.

*Tabelle 2: Unterschiedliche Aktivierungsmuster der Basisemotionen nach Vytal und Hamann (2010)*

<b>Emotion</b>	<b>Hirnareal</b>
<b>Freude</b>	Rostrales ACC + rechter superiorer temporaler Gyrus
<b>Traurigkeit</b>	Medialer frontaler Gyrus + Caput des Nucleus caudatus + subgenuales ACC
<b>Ärger</b>	Inferiorer frontaler Gyrus + parahippocampaler Gyrus
<b>Angst</b>	Amygdala + Insula
<b>Abscheu</b>	Inferiorer frontaler Gyrus + anteriore Insula

Die Aktivierungen überschneiden sich teilweise in einzelnen Hirnarealen, wie man am Beispiel der Insula sehen kann, jedoch zeigt sich letztendlich erst das Zusammenspiel der oben genannten Aktivierungen als charakteristisch für die einzelne Emotion. Die Autoren stärken mit ihrer Entdeckung die Theorie der Basisemotionen, empfinden aber auch die dimensionale Sichtweise in der Darstellung der Emotionen in Valenzen und Erregungen als wichtig und belegt, so dass sie am ehesten für eine Verbindung dieser Theorien plädieren (Vytal, Hamann 2010)

Im Folgenden werden noch einmal einzelne Strukturen der Emotionsverarbeitung vorgestellt.

Eine Aktivierung der Amygdala findet sich, wie oben schon erwähnt, meist in Zusammenhang mit der Angst (Phan et al. 2004). Es zeigt sich auch, dass je angstvoller ein Stimuli ist, desto stärker die Aktivierung (Morris et al. 1996). Die Amygdala spielt ebenfalls eine Rolle in der Erfassung von Gefahren in der Umwelt und in einer adäquaten Antwort auf diese (Isenberg et al. 1999). Es zeigen sich aber auch Aktivitäten der Amygdala bei angenehmen und aversiven Stimuli beziehungsweise während positiv und negativ valenzierten Emotionen (Hamann et al. 1999), (Garavan et al. 2001). Sie scheint generell bei starker emotionaler Wahrnehmung eine Antwort zu zeigen (Phan et al. 2003) sowie bei der Vermittlung von emotionalem Lernen. Sie ermöglicht die Verarbeitung der Gedächtnisinhalte auch in anderen Regionen wie dem präfrontalen Kortex oder dem Hippocampus (LaBar, Cabeza 2006).

Der anteriore cinguläre Kortex ist in seinen dorsalen Bereichen an kognitiven Aufgaben als auch in den eher rostral-ventralen Bereichen an emotionalen Funktionen beteiligt (Bush et al. 2000). Der ACC spielt eine wichtige Rolle in der Initiation, Motivation und

dem zielgerichteten Verhalten. Ein Anstieg der Aktivität im ACC kann das Bewusstsein, die Affekte und die körperliche Aktivität beeinflussen, so findet man einen Anstieg in dieser Region auch bei Tics, Zwangsstörungen oder abweichendem sozialen Verhalten. Im Gegensatz kann eine Verminderung der Aktivität zu Akinese, verminderter Selbstwahrnehmung, Depression, motorischem Neglect und verminderter Schmerzwahrnehmung führen (Devinsky et al. 1995). Der ACC zeigt ebenfalls eine Aktivität bei der Verarbeitung subjektiver emotionaler Antworten. Dieses Ergebnis bestätigt die Annahme, dass medial präfrontale Strukturen an der Repräsentation des Selbst beteiligt sind (Lane et al. 1997). Auch eine Beteiligung bei der Lösung emotionaler Konflikte wird dem rostralen ACC zugeschrieben. Diese Aktivierung ist begleitet von einer Reduktion der Amygdalaaktivität, weshalb angenommen wird, dass emotionale Konflikte in einer top-down Inhibition der Amygdala durch den ACC gelöst werden (Etkin et al. 2006).

Der mediale präfrontale Kortex (mPFC) zeigt sich in dem Review von Phan et al. als nicht spezifisch für eine Emotion, daher schreiben ihm die Autoren eher eine generelle Rolle bei der Verarbeitung emotionaler Stimuli zu. Sie sind der Ansicht, dass er durch die zahlreichen Verbindungen zu Strukturen des limbischen Systems bei intensiven emotionalen Antworten als top-down Modulator arbeite (Phan et al. 2004). Eine entscheidende Rolle hat der mPFC bei der Darstellung des Selbst auch in Bezug auf die Verarbeitung selbstbezogener Emotionen (Gusnard et al. 2001) und bei der Selbstreflexion (Johnson et al. 2002). So findet sich bei einer Verletzung im mPFC etwa eine fehlende Selbstreflexion, Introspektion und Selbstwahrnehmung (Damasio 1999). Weiterhin wird angenommen, dass der dorsale Bereich des mPFC beteiligt ist an der kognitiven Möglichkeit affektive Stimuli zu monitoren, wieder zu repräsentieren oder wieder darzustellen, wie es in der kognitiven Generierung von Emotionen und in der Emotionsregulation aufzufinden ist (Ochsner et al. 2004), (Ochsner, Gross 2005). Die mediale präfrontale Gruppe, die von Kober et al. beschrieben wird, scheint eine Schnittstelle zwischen kognitivem Kontext und Kernaffekt zu sein. Diese Gruppe ist in manchen Unterregionen, wie dem dmPFC eher verbunden ist mit der kognitiven Repräsentation und durchs Umfeld erzeugten Emotionen und in anderen, wie dem perigenualen ACC, eher beteiligt an der Kontrolle der affektiven Physiologie (Kober et al. 2008).

Die Insula ist die Region, die bei einer Aktivierung von Abscheu oder Ekel genannt wird (Vytal, Hamann 2010), (Phillips et al. 1997). Sie ist aber auch aktiviert bei der

Wiedervorstellung emotionaler Ereignisse (Phan et al. 2004). Anatomisch zeigt die Insula Verbindungen zur Amygdala. Die Insula leitet und kommuniziert interoceptive Informationen, wie somatische Empfindungen, die von emotionalen Stimuli induziert wurden, zur Amygdala (Craig 2002). Außerdem stellt sie eine Art Alarmzentrum für emotional empfundene Gefahren oder homöostatische Änderungen dar, indem sie die eigenen Empfindungen auswertet (Reiman et al. 1997). Daher wird sie unter anderem bei aversiven Stimuli, die viscerale oder somatische Empfindungen verursachen, aktiviert (Phan et al. 2004).

### **3 Empirie**

#### **3.1 Fragestellung und Hypothesen**

Body Integrity Identity Disorder ist ein bisher noch wenig erforschtes Störungsbild. Die Betroffenen haben trotz physisch gesunden Körperteilen das Gefühl, dass sie ohne das betroffene Glied eher sie selbst sind. Ihr vorgestelltes Körperbild entspricht nicht dem eigentlichen Körperzustand. Die Betroffenen verspüren jeden Tag einen hohen Leidensdruck, da sie ihr höchstes Ziel, die Übereinkunft des imaginativen und des realen Körperbildes, nicht ohne lebensgefährlichen Eingriff erreichen können. Aufgrund dieses Zustandes ergibt sich die Frage, wie das reale und das imaginative Körperbild neuronal verankert sind? Bisher gibt es erst eine weitere Studie, die BIID-Betroffene mittels neuronaler Bildgebung untersuchte, siehe hierzu auch Abschnitt 2.3.2. McGeoch et al. untersuchen 2009 mittels MEG bei vier BIID Probanden die Aktivität im rechten superioren parietalen Kortex bei Berührung ihrer Beine. Bei Berührung unterhalb der vorgestellten Amputationslinie zeigt sich dort eine Aktivitätsverminderung (McGeoch et al. 2009b).

In der hier vorliegenden Studie wird nun erstmalig mittels funktioneller Magnetresonanztomographie und einer Stichprobe von 11 Betroffenen nach der neuronalen Repräsentation des intakten und des amputierten Wunschkörpers gesucht. Somit wird eine Lösung der Frage angestrebt, inwiefern sich die neuronale Verarbeitung des Wunsch- und realen Körpers bei BIID Betroffenen von dem gesunder Kontrollprobanden unterscheidet?

Die neuronale Vernetzung und Repräsentation des Körperbildes beschäftigt die Forschung schon seit vielen Jahren. Die moderne Bildgebung ermöglicht es Strukturen, die

an der Repräsentation des Körperbildes beteiligt sind, sichtbar zu machen. Zu diesen Strukturen gehören in kortikalen Bereichen die Körper- und Körperteilerkennungsareale wie im occipitalen Bereich die EBA (Downing et al. 2001), (Taylor et al. 2007), der fusiforme Gyrus (FFA, FBA) zur Integration von Körperteilen und zur Identifikation eines individuellen Körpers (Haxby et al. 2000), (Hodzic et al. 2009a), zur Identifikation des eigenen Körpers der IPL (Hodzic et al. 2009a) und zur vollständigen Integration in das Selbst frontale und parietale Bereiche wie der mPFC und der inferiore und superiore parietale Kortex (Hodzic et al. 2009b). Auch der Precuneus scheint bei der Körperbildpräsentation eine Rolle zu spielen (Cavanna, Trimble 2006) und der ACC der als Teil des CMS Aktivität bei der Verarbeitung selbstbezogener Stimuli und bei der Unterscheidung zwischen Fremd und Selbst zeigt (Northoff, Bermpohl 2004), (Northoff et al. 2011). Zur Darstellung des Selbst gehören neben den kortikalen auch subkortikale Areale, wie die Insula bei der Selbstwahrnehmung (Farrer, Frith 2002) und Selbstbewertung (Fink et al. 1996). Aufgrund dieser Systeme der Körper- und Selbstwahrnehmung und der Annahme, dass bei den BIID-Betroffenen eine Körperbildstörung vorliegt, resultieren Hypothese 1 und 2:

### **1. Körper- und Selbstbild beim Anblick des realen Körpers - (eigen\_r)**

- a. Die Kontrollprobanden zeigen beim Anblick ihres realen Körpers (eigen\_r) mehr Aktivierungen als die BIID-Probanden in körper- und selbstbezogenen Arealen, wie dem Fusiformen Gyrus, dem Parietallappen, dem Precuneus, der Insula und dem Präfrontalen Kortex.

### **2. Körper- und Selbstbild beim Anblick des amputierten Körpers - (eigen\_a)**

- a. Die BIID-Probanden zeigen beim Anblick der eigenen amputierten Bilder (eigen\_a) mehr Aktivierungen in körper- und selbstbezogenen Arealen, wie dem Fusiformen Gyrus, dem Parietallappen, dem Precuneus, der Insula oder dem Präfrontalen Kortex, als die gesunde Kontrollgruppe.

Die immer wieder sehr emotionalen Schilderungen des Amputationswunsches und auch die klinischen Einblicke in das Gefühlsleben der BIID-Probanden, deuten auf eine unterschiedliche Repräsentation neuronaler Emotionskorrelate bei gesunden Kontrollpro-

banden und BIID-Probanden hin, wenn sie die Bilder ihrer realen und amputierten Körper betrachten.

Die neuronalen Korrelate der Emotionsverarbeitung werden seit Beginn der fMRT-Forschung intensiv untersucht. So zeigen sich spezifische Aktivierungen der Grundemotionen, wie etwa für Freude im rostralen ACC und im rechten superioren temporalen Gyrus (Vytal, Hamann 2010). Der Anblick einer Amputation induziert ein sehr intensives Gefühl bei den Betroffenen (Stirn et al. 2010). Daher ist anzunehmen, dass unter anderem durch die intensive Wahrnehmung auch eine Aktivierung der Amygdala bei den BIID-Probanden zu finden ist (Phan et al. 2003). Auch Aktivierungen im präfrontalen Kortex, der unter anderem an der Verarbeitung selbstbezogener Emotionen beteiligt ist (Gusnard et al. 2001), (Lane et al. 1997) und der Affektkontrolle (Kober et al. 2008), können erwartet werden. Bei den gesunden Kontrollprobanden zeigt sich vermutlich aufgrund der doch eher abstoßenden und angsteinflößenden Darstellung der Amputation des eigenen Körpers eine Aktivierung im Bereich der Insula oder Amygdala (Vytal, Hamann 2010).

Aufgrund dieser Zusammenhänge und der schon im Theorieteil präsentierten Studien ergibt sich die 3. Hypothese:

### **3. Emotionales Arousal beim Anblick des amputierten Körpers - (eigen\_a)**

a. Der Anblick der eigenen Amputationsbilder im Gegensatz zu den eigenen realen Bildern ( $\text{eigen\_a} > \text{eigen\_r}$ ) ist für die BIID-Probanden emotional belegter als für die Kontrollprobanden, daher zeigt sich eine deutlichere Mehraktivierung in präfrontalen Bereichen, der Insula und in Bereichen des limbischen Systems.

b. Die Kontrollprobanden zeigen im Unterschied zu den BIID-Probanden beim Anblick des eigenen amputierten im Vergleich zum realen Körper ( $\text{eigen\_a} > \text{eigen\_r}$ ) eine eher aversive Haltung, die durch eine Aktivierung in der Insula repräsentiert wird.

c. Der Anblick der eigenen Amputationsbilder im Gegensatz zu den fremden Amputationsbildern ( $\text{eigen\_a} > \text{fremd\_a}$ ) ist für die BIID-Probanden neuronal emotionaler verankert als für die Kontrollprobanden. Dies zeigt

sich in präfrontalen Bereichen und im limbischen System. Die Kontrollprobanden zeigen keinen Unterschied in der Gehirnaktivität zwischen eigenen und fremden Amputationsbildern.

Abschließend folgt die letzte 4. Hypothese zu den post-fMRT Fragebögen. Da die Überführung ihres imaginativen Körperbildes in das Reale das Wichtigste für die BIID Betroffenen darstellt (First 2005), (Stirn et al. 2010) und häufig mit der Vorstellung oder dem Anblick der Amputation auch eine sexuelle Erregung verbunden ist (First 2005), (Blanke et al. 2008), erscheint es naheliegend, dass auch der Anblick der Bilder des ersehnten Zustandes diese Gefühle auslösen.

#### **4. Bewertung der post-fMRT Fragebögen**

Die BIID-Gruppe bewertet in den post-fMRT Fragebögen die eigenen Amputationsbilder (eigen\_a) positiver, attraktiver, emotional intensiver und sexuell erregender als die eigenen realen Bilder (eigen\_r).

### **3.2 Methoden**

Zur Überprüfung der Hypothesen kamen verschiedene Verfahren zum Einsatz. Während des ersten Untersuchungstermins wurde in einem klinischen Interview die Krankengeschichte erfasst und andere psychiatrische Erkrankungen ausgeschlossen. Anschließend füllten die Probanden das Brief Symptom Inventory von Derogatis (2000) aus, welches ebenfalls zur Differenzierung des Krankheitsbildes diente. Es wurden Fotoaufnahmen der Betroffenen gemacht, die sie bearbeitet, dann zu einem weiteren Termin im fMRT präsentiert bekamen. Nach der fMRT Messung erhielten die Probanden einen post-fMRT-Fragebogen. Je nach Bedürfnis des Probanden wurden nach der Messung weitere klinische Gespräche vereinbart. Im Folgenden werde ich auf die einzelnen Verfahren gesondert eingehen.

#### **3.2.1 Probanden**

Die Rekrutierung der Betroffenen-Stichprobe erfolgte mit Hilfe des Internets über Betroffenenforen, wie zum Beispiel das Diskussionsforum für Behinderte, Amelos, Pretender, BIID`ler und Wannabes (Weber 2004). Es nahmen 12 männliche betroffene Probanden an der Studie teil, wobei einer der Probanden aufgrund eines Abbruchs der

fMRT Messung im 2. Run ausgeschlossen wurde. Das Durchschnittsalter der 11 Probanden beträgt 45,1 Jahre. Der jüngste Teilnehmer ist 32 und der älteste 67 Jahre alt. Acht Probanden haben ein abgeschlossenes Hochschulstudium. Keiner der Probanden ist zur Zeit der Untersuchung arbeitslos gewesen. Die gewünschte Amputationsform ist bei acht Probanden eine linksseitige Oberschenkelamputation, bei zweien eine beidseitige Oberschenkelamputation und bei einem eine rechtsseitige Oberschenkelamputation. Sieben Betroffene sind heterosexuell und vier homosexuell. Für neun Probanden hat BIID beziehungsweise die Amputation auch einen sexuell erregenden Charakter.

Die Kontrollstichprobe besteht aus 12 männlichen Probanden, wobei ein Proband aufgrund von Bewegungsartefakten aus der Studie ausgeschlossen wurde. Das Durchschnittsalter der 11 Probanden beträgt 41,8 Jahre. Der jüngste ist 30 und der älteste 65 Jahre alt. Acht Probanden haben ein abgeschlossenes Hochschulstudium.

Die Einschlusskriterien für die BIID Betroffenen bestanden in einem seit der Kindheit persistierenden Wunsch nach einer Beinamputation. Die Ausschlusskriterien bestanden in den für MRT allgemein aufgrund des technischen Verfahrens geltenden Ausschlusskriterien, wie das Tragen von einem Metallimplantat, Tattoos oder Herzschrittmacher. Zu den Einschlusskriterien der Kontrollprobanden gehörte, dass sie nicht unter BIID oder anderen neurologischen, psychiatrischen und psychischen Störungen litten. Im Umkehrschluss galt eine Erkrankung aus diesen Bereichen als Ausschlusskriterium.

### 3.2.2 Psychometrisches Testverfahren

#### **Brief Symptom Inventory von Derogatis (BSI)**

Das Brief Symptom Inventory (BSI) (Franke 2000) ist eine Kurzform der Symptom-Checklist-90-Revised (SCL-90-R) (Franke 2002). Es erfasst die subjektive Beeinträchtigung durch psychische und körperliche Symptome. Der Test besteht aus 53 Items. Neun Skalen erfassen die Bereiche Somatisierung, Zwanghaftigkeit, Unsicherheit im Sozialkontakt, Depressivität, Ängstlichkeit, Aggressivität/Feindseligkeit, Phobische Angst, Paranoides Denken und Psychotizismus. Die drei globalen Kennwerte des Testes sind der „Global Severity Index“ (GSI), der „Positive Symptom Distress Index“ (PSDI) und das „Positive Symptom Total“ (PST). Die Auswertung des BSI erfolgt durch die Rohwerte der einzelnen Skalen, die zu Skalensummenwerten addiert werden. Anschließend werden sie in T-Werte und Prozentrangwerte transformiert. Als auffällig gelten Werte kleiner 40 und größer 60. Werte zwischen 40 und 60 gelten als unauffällig. Die

Bearbeitungszeit des Testes wird mit 7-10 Minuten angegeben. Die Auswertung des BSI erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS (Version PASW 18.0 für Windows; [www.spss.com](http://www.spss.com)).

### 3.2.3 fMRT-Untersuchung

#### 3.2.3.1 Grundlagen der funktionellen Magnetresonanztomographie

Die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) ist eine Weiterentwicklung der Magnetresonanztomographie (MRT) oder synonym verwendeter Kernspintomographie. Die MRT stellt ein nicht invasives, bildgebendes, diagnostisches Verfahren dar, welches mit Hilfe magnetischer Eigenschaften von Wasserstoffatomen in einem künstlich erzeugten Magnetfeld über eine Spule elektromagnetische Energien misst, die es ermöglichen, eine genaue anatomische Struktur darzustellen. Hier liegt auch der Vorteil gegenüber Verfahren, die mit ionisierender Strahlung arbeiten, wie die Computertomographie (CT). Der Kontrast und die Schärfe der Darstellung verschiedener Gewebe hat beim MRT deutlich höherer Qualität und erlaubt eine sehr differenzierte Beurteilung verschiedener Gewebe (Krukemeyer 2004). Zusätzlich ist die MRT nach heutigem Wissensstand im Gegensatz zu Verfahren mit radioaktiver Strahlung, wie die CT, gesundheitlich unbedenklich. Die funktionelle MRT erweitert die MRT, indem sie es ermöglicht funktionelle Daten, also Aktivitätsmessungen von kortikalen und subkortikalen Arealen, nach einem Reiz darzustellen. Dies gelingt aufgrund der verschiedenen magnetischen Eigenschaften von oxygeniertem (sauerstoffbeladen) und desoxygeniertem (nicht sauerstoffbeladen) Blut. Wird das Gehirn aufgrund eines Reizes stimuliert, erhöht sich in der Region der Stimulation der Stoffwechsel und somit auch der regionale zerebrale Blutfluss. Damit die Region ihre Arbeit leisten kann, werden mehr Metaboliten und vor allem mehr Sauerstoff benötigt. Der Sauerstoff gelangt durch das Transportprotein Hämoglobin zum Zielort. Um Sauerstoff binden zu können, besitzt Hämoglobin einen Eisenkomplex. Entsteht eine Verbindung zwischen dem Eisenkomplex und einem Sauerstoffmolekül, werden die magnetischen Eigenschaften weitestgehend maskiert. Oxygeniertes Blut ist also diamagnetisch. Hingegen kann desoxygeniertes Blut seine magnetischen Eigenschaften voll entfalten. Es wirkt also paramagnetisch. Diese verschiedenen Eigenschaften von oxygeniertem und desoxygeniertem Blut wurden erstmals 1990 als BOLD-Effekt (*blood oxygen level dependency*) von Ogawa beschrieben (Ogawa et al. 1990). Der BOLD-Effekt basiert somit auf dem Sauerstoffgehalt des Blutes und

wirkt daher als indirekter Indikator für die Stoffwechselaktivität der verschiedenen Hirnstrukturen. Der Sauerstoff dient als endogenes Kontrastmittel. Da der Metabolismus jedoch zuerst anläuft ("initial dip") und erst 1-2 Sekunden später eine erhöhte Sauerstoffkonzentration erreicht wird, entsteht ein spezifisches BOLD-Signal, siehe Abbildung 2.

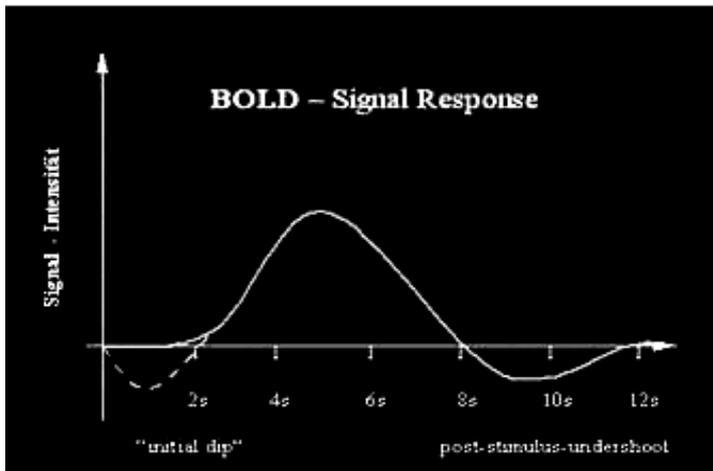


Abbildung 2: Bold-Signal

(Quelle: <http://www.fmri-easy.de/start1.htm>)

Nach etwa 4-6 Sekunden erreicht die Sauerstoffkonzentration ihren Höhepunkt, dem ein bis zu 30 Sekunden andauernder Undershoot folgen kann. Dieser Verlauf des BOLD-Signals ist besonders wichtig, um die Stimuluspräsentation und die Antwortdetektion aufeinander abzustimmen und die Wiederholungsfrequenz so zu wählen, dass sie nicht von dem post-stimulus-undershoot beeinflusst wird (Siedentopf 2010).

Das Bild, welches man durch die fMRT erhält, stellt jedoch keine Momentaufnahme der Gehirnaktivität dar, sondern ist immer ein Vergleich zwischen zwei Zuständen, wie in dieser Studie beispielweise der Anblick des Fixationskreuzes gegenüber dem Anblick des eigenen realen Körpers.

Im Folgenden gehe ich nun auf unser eigenes experimentelles Design ein.

### 3.2.3.2 Experimentelles Design

#### 3.2.3.2.1 Parameter der fMRT Messung

Die fMRT-Daten wurden mittels eines 3 Tesla MRT-Scanners (Siemens Allegra) mit einer Ein-Kanal-Spule im Brain Imaging Center (BIC) in Frankfurt am Main erfasst.

Die fMRT-Daten wurden mittels T2\*-gewichteten EPI-Sequenzen (*echo planar imaging*) mit folgenden Parametern ermittelt: Messwiederholungszeit (repetition time, TR) = 65.7 ms, Echozeit (echo time, TE) = 30 ms, Sichtfeld (field of view, FOV) = 192x192 mm<sup>2</sup>, Flipwinkel (flip angle,  $\alpha$ ) = 90°, Matrixgröße (matrix size, M) = 64x64, Schichtdicke (slice thickness, ST) = 2 mm, Auflösung (in-plane resolution, IPR) = 3x3x2 mm<sup>3</sup>. 38 axiale Schnitte wurden an der anterioren und posterioren Kommissur ausgerichtet (ACPC-Line) und erfassten das gesamte Gehirn. Zur Identifikation der interessierenden anatomischen Strukturen und zur anschließenden Überlagerung mit den funktionellen Aufzeichnungen wurde ein T1-gewichteter dreidimensionaler Datensatz aufgenommen (MP-Rage-Sequenz). Diese Sequenz wies die folgenden Parameter auf: TR= 2300 ms, TE= 3.93 ms, Umkehrzeit (inversion time, TI) = 1100 ms,  $\alpha$ = 12°, FOV= 256x256 mm<sup>2</sup>, 256 Schichten von 1,0 mm Dicke.

#### 3.2.3.2.2 Stimuliauswahl

Die im Scanner dargestellten Bilder wurden eigens für diese Studie erstellt. Es wurden von jedem Probanden Fotos in verschiedenen Positionen gemacht, die mit Adobe Photoshop CS2 bearbeitet wurden, so dass drei Kategorien entstanden. Die in den folgenden drei Abbildungen präsentiert werden.



Abbildung 3: Eigener realer Körper (*eigen\_r*)



Abbildung 4: Eigener amputierter Körper (*eigen\_a*)



Abbildung 5: Eigener Körper mit Prothese (*eigen\_mp*)

Diese drei Kategorien wurden ebenfalls mit einer fremden Person wiederholt, so dass jeder Proband sechs Kategorien zu sehen bekam: Das eigene reale Bild, das eigene Amputationsbild, das eigene Prothesenbild sowie ein Bild einer fremden realen Person, ein fremdes Amputationsbild und ein fremdes Prothesenbild derselben Person. Alle teilnehmenden Probanden bekamen dieselbe Person als Fremdbild gezeigt. Die einzelnen Kategorien beinhalteten 40 Bilder, so dass die Gesamtzahl der Stimuli 240 betrug. In der digitalisierten Form wurden die Stimuli auf 312 x 350 Pixel skaliert und mit Hilfe der Software Presentation © (Neuro-behavioral Systems Inc., Albany, CA/USA; Version 10.3; <http://www.neurobs.com>) präsentiert.

#### 3.2.3.2.3 *Instruktion und Versuchsablauf*

Die Stimuli wurden in einem randomisierten Blockdesign präsentiert. Die Untersuchung gliederte sich in drei Teile. Der erste Run mit einer Stimulipräsentation von 12.17 Minuten, der zweite Run mit einer Stimulipräsentation von ebenfalls 12.17 Minuten und eine anatomische 3D-Messung mit 160 Scans à 8.37 Minuten. In einem Run wurden 120 Bilder gezeigt, die in 24 Blöcke unterteilt wurden. Pro Block wurden 5 Bilder präsentiert. Eine Kategorie wurde in 8 Blöcke unterteilt. Jeder Stimulus wurde 4 Sekunden präsentiert, so dass sich eine Block-Gesamtlänge von 20 Sekunden ergab. Nach jedem Block wurde eine Ruhe Baseline für 10 Sekunden präsentiert. Als Ruhe-Baseline verwendeten wir ein schwarzes Fixationskreuz auf weißem Hintergrund. Die Blöcke in der Untersuchung wurden randomisiert festgelegt. Um Habituationseffekte zu vermeiden wurde jeder Stimulus nur einmal abgebildet.

Vor der Untersuchung wurden die Probanden ausführlich über den Versuchsablauf und aufkommende Problematiken bei der Verwendung eines MRT, wie die magnetische Anziehung von metallischen Gegenständen oder Bewegungsartefakte, aufgeklärt. Sie wurden gebeten ihre Emotionen beim Betrachten der Bilder zu zulassen. Um die Bilder

scharf erkennen zu können, wurde ein Spiegel individuell vor jeder Messung ausgerichtet, da die Bilder kranial des Kopfes mit Hilfe eines Sony Beamers (Type VPL-XP20 (1400 ANSI) auf einen Bildschirm präsentiert wurden. Die Aufmerksamkeit der Probanden wurde überprüft, indem sie die Aufgabe bekamen, beim Erscheinen eines roten Rechteckes einen Knopf zu betätigen, der in ihrer rechten Hand lag.

#### 3.2.3.2.4 *Datenverarbeitung und Analyse*

Die Analyse der funktionellen und anatomischen Daten der Magnetresonanztomographie wurde mit Hilfe der Programme Statistical Parametrical Mapping (SPM 5 software; Well-come Department of Imaging Neuroscience, London, UK) und MATLAB R2007a (The Mathworks Inc., Sherborn, MA/USA) durchgeführt.

Bevor die Daten statistisch analysiert werden konnten, mussten sie durch eine Vorverarbeitung vorbereitet werden. Diese gliederte sich in vier Schritte: Die Bewegungskorrektur (Realignment), die Normalisierung, die räumlichen Glättung (Smoothing) und die Koregistrierung, auf die im Folgenden noch einmal genauer eingegangen wird.

Da es bei der Dauer einer Messung trotz Hilfen, wie das Stabilisieren des Kopfes mit Polstern, leider nicht zu verhindern ist, dass sich der Proband ein wenig bewegt, ist es wichtig diese Bewegungen aus den Bilddaten heraus zurechnen. Daher wurden alle Bilder der Zeitserie an einem Referenzbild ausgerichtet und mit diesem zur Deckung gebracht (Rigid Body-Transformation). Das Referenzbild stellte in unserer Messung nicht das erste sondern das fünfte Bild dar, da wir eine vollständige Magnetfeldsättigung mit konstantem MR-Signal erhalten wollten. Die ersten vier Bilder wurden nicht analysiert. Um die einzelnen Bilddaten einer Gruppe miteinander vergleichen zu können, müssen die individuellen Gehirne an ein standardisiertes Referenzgehirn in einem Koordinatensystem (Montreal Neurological Institute, MNI, Canada) angepasst werden. Makroanatomische Unterschiede sind bei dieser Methode sehr gering, jedoch lässt sich die mikroanatomische Struktur nicht gezielt angleichen.

Bei der räumlichen Glättung wird das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert und Störsignale sind besser von Aktivierungen zu unterscheiden. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist das Verhältnis zwischen dem zu erfassendem Signal und dem durch Bewegungen induziertem Rauschen. Bei der Glättung wird die Sensitivität der statistischen Analyse erhöht, indem Bildgrauwerte eines jeden Voxels mit dem des benachbarten Voxels verrechnet werden.

Die abschließende Koregistrierung dient einer räumlichen Fusion der Bilddaten desselben Probanden mit unterschiedlichen Bildgebungsmodalitäten. In unserer Studie wurden fMRT-EPI Bilder mit 3D-MPR Bildern fusioniert.

Nach der Koregistrierung wurden die Analysen der funktionellen Bilddaten mit SPM5 im Rahmen einer random effects analysis durchgeführt. Diese hat den Vorteil, dass im Gegenteil zur fixed effects analysis (Einzelprobanden-Auswertung) die individuelle Abweichung eines Teilnehmers als zufälliger Faktor in die Gruppenanalyse mit einfließt. Daher beeinflussen individuelle Artefakte die Gruppenanalyse weniger und machen diese mit dem Kollektiv vergleichbarer.

Die Ergebnisse wurden sowohl auf Einzelgruppenebene als auch im Gruppenvergleich dargestellt. Ein Zusatzprogramm für SPM, MNI Space Utility (MSU; Wellcome Department of Imaging Neuroscience, London, UK), vereinfachte die Zuordnung der MNI-Koordinaten der Hauptaktivierungen zu den entsprechenden Gehirnarealen.

#### 3.2.4 Post-fMRT-Fragebögen

Die Post-fMRT-Bögen bestanden aus vier Fragen zu jedem von dem Probanden vorher gesehenen Bild. So entstanden sechs Kategorien à 40 Bildern. Die Kategorien waren das eigene Bild, das eigene Amputationsbild, das eigene Prothesenbild sowie das fremde Bild, das fremde Amputationsbild und das fremde Prothesenbild, siehe hierzu auch Abschnitt 3.2.3.2.2. Die erste Frage erfasste wie unangenehm oder angenehm das Bild empfunden wurde. Die zweite Frage befasste sich damit wie emotional intensiv das Bild empfunden wurde. Bei der dritten Frage beurteilten die Probanden wie sehr sie sich auf dem Bild gefielen beziehungsweise wie sehr ihnen die andere Person gefiel. Zum Schluss wurde mit der vierten Frage die sexuelle Erregung der Probanden beim Anblick des eigenen und der fremden Bilder erfasst. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel des entworfenen Fragebogens.

**1. Bild**

**Wie angenehm/unangenehm empfinden sie das Bild?**

sehr unangenehm (negativ) sehr angenehm (positiv)

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
----	----	----	---	----	----	----

**Wie intensiv empfinden sie das Bild?**

gar nicht intensiv sehr intensiv

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

**Wie sehr gefallen Sie sich auf dem Bild?**

gar nicht sehr

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

**Erregt sie das Bild (sexuell)?**

gar nicht intensiv sehr intensiv

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Abbildung 6: Beispiel eines post-fMRT-Fragebogens

Die Auswertung der Fragebögen erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS (Version PASW 18.0 für Windows; [www.spss.com](http://www.spss.com)). Um die statistische Analyse der einzelnen Skalen zu erleichtern, wurde die Skala für die emotionale Valenz ebenfalls in eine Bewertung von 1-7 (1 = sehr unangenehm; 7 = sehr angenehm) konvertiert. Zunächst wurden für die einzelnen Kategorien und zugehörigen Parameter Mittelwerte gebildet. Um Unterschiede innerhalb einer Gruppe zu berechnen, wurde ein T-Test mit verbundenen Stichproben durchgeführt. Um die Mittelwertunterschiede zwischen den BIID Probanden und der Kontrollgruppe zu untersuchen, wurde aufgrund fehlender Normalverteilung nicht parametrisch mit dem Mann-Whitney-U Test gerechnet. Das Signifikanzniveau liegt für alle Berechnungen bei  $p < .05$ .

## 4 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse des psychometrischen Tests, der fMRT Untersuchung sowie des post-fMRT-Fragebogens dargestellt.

## 4.1 Psychometrisches Testverfahren

Der Vergleich der Mittelwerte des BSI zeigte bei den BIID Probanden keinen signifikanten Unterschied zur Normstichprobe. Sie lagen in allen Skalen zwischen einem T-Wert von 40 bis 60 und gelten somit als unauffällig in diesen Bereichen. Bei einem Referenz-Testwert von 50 zeigte sich lediglich die Skala Aggression als signifikant abweichend von der Normstichprobe. Diese Abweichung liegt jedoch nicht im pathologischen Bereich. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

*Tabelle 3: Deskriptive Statistik des BSI*

Referenz-Testwert, T = 50

Skalen	N	Mittelwert	SD	T	df	Signifikanz
GSI	10	54,30	10,056	1,352	9	,209
PSDI	10	54,60	10,762	1,352	9	,209
PST	10	53,00	8,393	1,130	9	,288
Somatisierung	10	52,80	8,702	1,017	9	,336
Zwanghaftigkeit	10	50,90	9,608	,296	9	,774
Unsicherheit mit Sozialkontakt	10	50,60	11,128	,171	9	,868
Depressivität	10	57,90	12,306	2,030	9	,073
Ängstlichkeit	10	54,30	10,350	1,314	9	,221
Aggressivität / Feindseligkeit	10	55,20	6,647	2,474	9	,035
Phobische Angst	10	47,20	4,638	-1,909	9	,089
Paranoides Denken	10	49,60	10,211	-,124	9	,904
Psychotizismus	10	54,00	5,888	2,148	9	,060

N = Probandenzahl, SD = Standardabweichung, T = T-Wert, df = Freiheitsgrad

## 4.2 fMRT-Untersuchung

Die Ergebnisse der Kernspinnuntersuchung werden nachfolgend beschrieben. Hierbei werden zuerst die Ergebnisse der Einzelgruppenstatistik dargestellt und anschließend die der Gruppenvergleiche. Die Darstellung der Einzelgruppenstatistik erfolgt auf einem Signifikanzniveau von  $p < .01$  FDR (false discovery rate), die der Gruppenvergleiche auf einem Signifikanzniveau von  $p < .001$  unkorrigiert. Aufgrund der aus dem Design resultierenden großen Datenmenge, liegt der Schwerpunkt der Arbeit auf der Darstellung des eigenen realen und eigenen amputierten Körpers, sowie des fremden realen und des fremden amputierten Körpers. Die Ergebnisse der Stimuli der Körper mit Prothese werden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. In der anschließenden Ergebnisdar-

stellung werden sowohl Tabellen als auch Abbildungen der Gehirnareale präsentiert. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in den Tabellen bei bilateraler Gehirnaktivierung nur die Koordinaten der rechten Hemisphäre dargestellt. Die Darstellung der Koordinaten erfolgt nach MNI. Die Clustergröße der Tabellen und Abbildungen entspricht  $\geq 5$  Voxel. Die BIID Gruppe wird mit dem Kürzel BG und die Kontrollgruppe mit dem Kürzel KG dargestellt.

#### 4.2.1 Kontrast **eigen\_r versus Baseline** Einzelgruppenstatistik

##### 4.2.1.1 BIID Probanden *eigen\_r > BL*

Der Kontrast *eigen\_r* gegen die Baseline (BL) zeigt, wie in Tabelle 4 und Abbildung 7 dargestellt, Aktivierungen über den gesamten Kortex verteilt, insbesondere in parietalen, temporalen und occipitalen Bereichen. Frontal zeigen sich signifikante Aktivierungen in der rechten Hemisphäre im inferioren frontalen Gyrus. Parietal finden sich eher bilaterale Aktivierungen superior, inferior und im Precuneus. Auch die Temporallappen zeigen eine bilaterale Aktivierung, insbesondere im Bereich des Fusiformen Gyrus. Occipital fallen ebenfalls bilaterale signifikante Aktivierungen des Cuneus auf. Als subkortikale Struktur findet sich bei diesem Kontrast eine bilaterale Aktivierung des Thalamus mit einer linksseitigen Aktivierung einer seiner Kerne, dem Pulvinar.

*Tabelle 4: Kontrast *eigen\_r > BL* Einzelgruppenstatistik BG*

*Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_r > BL* der BIID Einzelgruppenstatistik,  $p < .01$  FDR*

BIID-Gruppenstatistik <i>eigen_r &gt; BL</i>						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	
<b>Lobus frontalis</b>						
Mittlerer frontaler Gyrus		R	57	30	23	7.51
Inferiorer frontaler Gyrus	9	R	46	3	29	5.7
	45	R	61	25	20	5.01
	46	R	49	47	3	6.16
<b>Lobus parietalis</b>						
Superiorer Parietallappen		R/L	31	-65	46	9.72
	7	R	36	60	56	5.26
Inferiorer Parietallappen	7	R	35	-62	45	5.57

	39	R/L	35	-67	42	5.18
	40	R/L	40	-51	51	6.14
Precuneus		R/L	32	-81	32	5.35
	19	R	34	-69	42	5.91
<b>Lobus temporalis</b>						
Medialer temporaler Gyrus		R/L	54	-51	-2	5.77
Inferiorer temporaler Gyrus		R/L	54	-68	-2	5.74
	20	R	56	-56	-17	7.68
Fusiformer Gyrus	20	R	40	-32	-22	5.43
	37	R/L	41	-46	-22	8.07
<b>Lobus Occipitalis</b>						
Superiorer occipitaler Gyrus		R/L	32	-83	24	6.94
Medialer occipitaler Gyrus		R/L	39	-93	14	7.82
Inferiorer occipitaler Gyrus		R/L	42	-81	-9	8.13
Cuneus	19	R/L	29	-86	28	5.91
Gyrus lingualis	17	R	5	-91	12	7.12
	18	R/L	4	-86	-10	6.31
<b>Cerebellum</b>						
Declive		R/L	12	-77	-20	5.19
<b>Limbisches System</b>						
Parahippocampaler Gyrus	36	R	39	-30	-24	6.03
<b>Diencephalon</b>						
Thalamus		R/L	14	-31	-2	5.01
Pulvinar		L	-24	-30	4	5.76

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

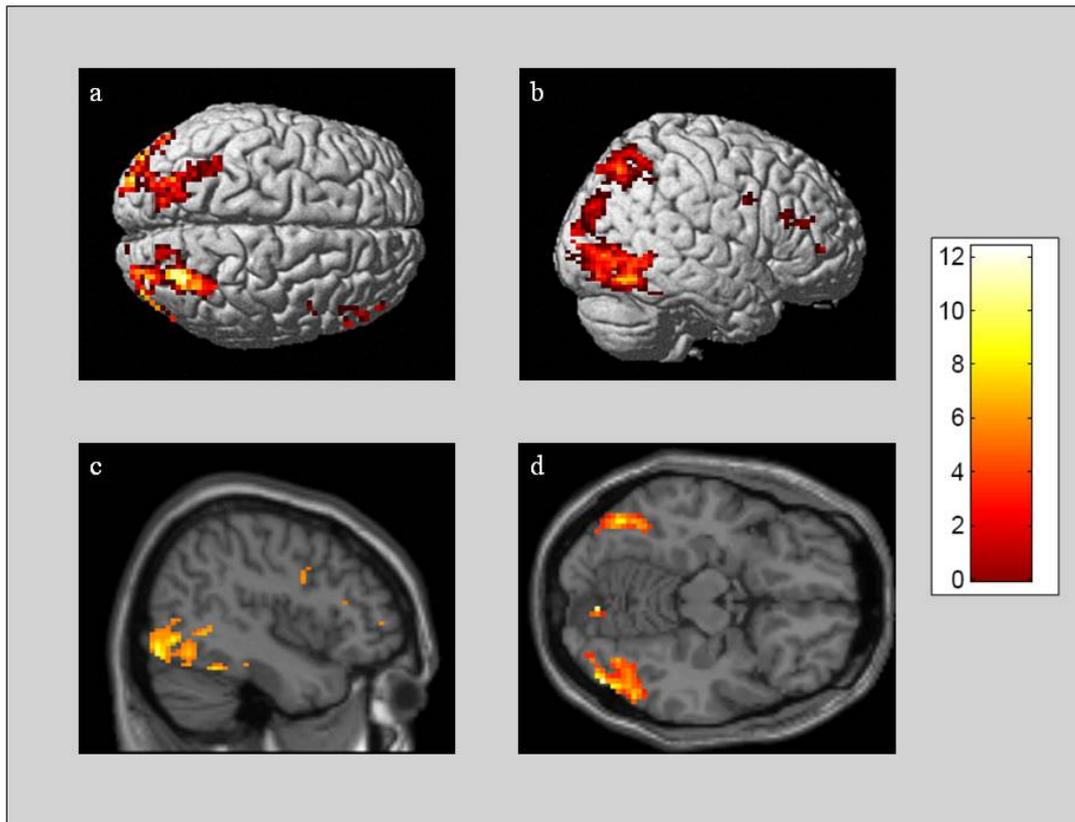


Abbildung 7: Aktivierungsmuster *eigen\_r* > *BL* Einzelgruppenstatistik *BG*

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_r* > *BL* ( $p < .01$  FDR).

**a:** Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b:** Seitenansicht rechte Hemisphäre

**c:** Sagittalschnitt, Fusiformer Gyrus (44/-70/-19) **d:** Axialschnitt, keine Amygdalaakti-

vierung (27/-3/-14)

#### 4.2.1.2 Kontrollprobanden *eigen\_r* > *BL*

In der Kontrollgruppe zeigt sich bei demselben Kontrast *eigen\_r* > *BL* ein ähnliches kortikales und subkortikales Aktivierungsmuster, wie bei der Gruppe der BIID Probanden, siehe Tabelle 5 und Abbildung 8. Zusätzliche Aktivierungen finden sich in der rechten Hemisphäre im medialen frontalen Gyrus, im postzentralen Gyrus, im superioren temporalen Gyrus und bilateral im Culmen des Cerebellums. Eine zusätzliche subkortikale Aktivierung zeigt sich in der rechten Hemisphäre mit der Amygdala. Der Fusiforme Gyrus zeigt sich ebenfalls vermehrt aktiv mit den Brodmann-Arealen (BA) 19, 20 und 37.

Tabelle 5: Kontrast  $eigen_r > BL$  Einzelgruppenstatistik KG

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen_r > BL$  der Kontrollgruppeneinzelstatistik,  $p < .01$  FDR

Kontrollgruppenstatistik $eigen_r > BL$						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus frontalis</b>						
Mittlerer frontaler Gyrus		R	56	15	33	6.93
Inferiorer frontaler Gyrus		R	56	15	29	5.18
Medialer frontaler Gyrus	11	R	4	49	-17	7.87
<b>Lobus parietalis</b>						
Superiorer Parietallappen	7	R/L	36	-60	55	10
	40	R/L	36	-56	53	11.85
Inferiorer Parietallappen	40	R	40	-51	51	6.43
Postzentraler Gyrus		R	41	-38	51	6.32
Precuneus		R	33	-78	36	5.83
<b>Lobus temporalis</b>						
Superior temporaler Gyrus	22	R/L	47	-45	4	5.33
Medialer temporaler Gyrus	21	R	64	-57	5	6.07
	37	R/L	47	-76	7	10.64
	39	R/L	40	-77	24	5.74
Inferiorer temporaler Gyrus	20	R/L	46	-75	6	7.2
Fusiformer Gyrus	19	R/L	44	-70	-19	9.53
	20	R/L	41	-38	-22	5.9
	37	R/L	47	-65	-19	9.08
<b>Lobus Occipitalis</b>						
Superiorer occipitaler Gyrus		R	31	-90	21	6.4
Medialer occipitaler Gyrus		R/L	47	-78	4	11.06
Inferiorer occipitaler Gyrus	18	R/L	34	-84	-18	5.96
Cuneus		R/L	24	-93	22	13.86
Gyrus lingualis		R/L	20	-71	-15	5.33
<b>Cerebellum</b>						
Declive		R/L	14	-78	-22	6.62
Culmen		R/L	34	-49	-25	5.33
<b>Limbisches System</b>						
Amygdala		R	27	-3	-14	5.48
Parahippocampaler Gyrus		R	31	-4	-15	6.41

<b>Diencephalon</b>						
Thalamus		L	-22	-30	-1	5.9
Pulvinar		L	-19	-30	2	5.45

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

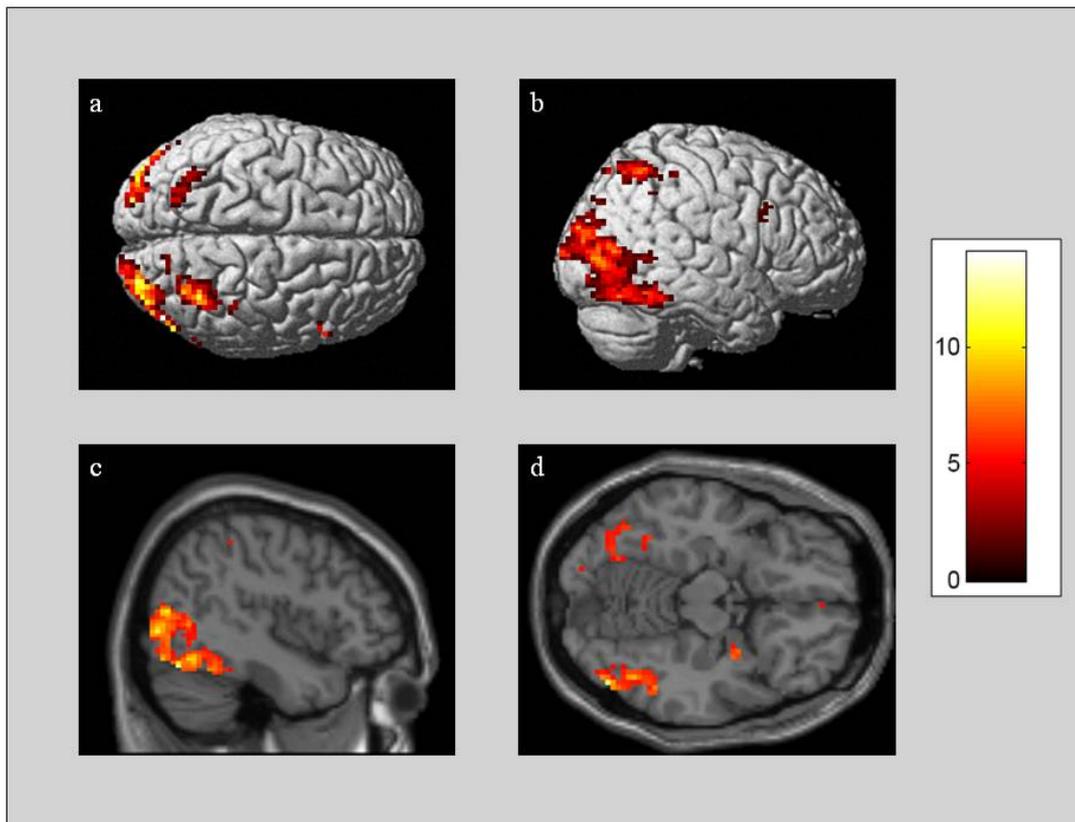


Abbildung 8: Aktivierungsmuster  $eigen\_r > BL$  Einzelgruppenstatistik KG

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > BL$  ( $p < .01$  FDR).

**a:** Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b:** Seitenansicht rechte Hemisphäre

**c:** Sagittalschnitt, Fusiformer Gyrus (44/-70/-19) **d:** Axialschnitt, Amygdala (27/-3/-14)

## 4.2.2 Kontrast **eigen\_a** versus **BL** Einzelgruppenstatistik

### 4.2.2.1 BIID Probanden $eigen\_a > BL$

Der Kontrast  $eigen\_a > BL$  zeigt eine Vielzahl von kortikalen als auch subkortikalen Aktivierungen. Es stellen sich signifikant präfrontale als auch frontale Areale, wie zum Beispiel der supplementär-motorische Kortex BA 6, dar. Es zeigen sich auch primär motorische, somatosensorische und visuelle Areale aktiv (BA 1, 2, 3, 4, 17). Subcorti-

kale funktionelle Systeme, wie die Basalganglien oder Teile des limbischen Systems, werden ebenfalls durch Aktivierungen repräsentiert. Das Mesencephalon wird in der linken Hemisphäre durch den Nucleus ruber und in der Rechten durch die Substantia nigra dargestellt, die ebenfalls im basalganglionären Schaltkreis eingebunden ist. Das Diencephalon wird repräsentiert durch den Thalamus und seinen zahlreichen Kernen, siehe Tabelle 6 und Abbildung 9.

*Tabelle 6: Kontrast eigen\_a > BL Einzelgruppenstatistik BG*

*Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes eigen\_a > BL der BIID Einzelgruppenstatistik,  $p < .01$  FDR*

BIID-Gruppenstatistik eigen_a > BL						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus frontalis</b>						
Superiorer frontaler Gyrus		R/L	4	62	28	4.32
	11	R	24	42	-16	5.47
Mittlerer frontaler Gyrus	9	R	42	45	34	4.63
	10	R	51	48	-2	5.94
	11	R	21	25	-16	4.82
	46	R/L	50	42	18	6.53
Inferiorer frontaler Gyrus	9	R	46	3	28	6.79
	44	R	48	17	18	5.27
	45	R/L	60	21	24	9.09
	46	R	57	30	24	7.34
	47	R/L	54	24	-8	8.4
Medialer frontaler Gyrus	8	R/L	6	16	52	5.02
	10	R/L	4	64	26	4.96
Präzentraler Gyrus	4	R/L	61	-21	44	4.46
	6	R/L	46	0	28	5.98
<b>Lobus parietalis</b>						
Superiorer Parietallappen	7	R/L	31	-60	58	11.97
Inferiorer Parietallappen	40	R/L	37	-58	46	14.06
Gyrus angularis		R/L	36	-76	31	4.32
Gyrus supramarginalis	40	R/L	39	-45	36	4.66
Postzentraler Gyrus	1	R/L	66	-21	32	4.44
	2	R/L	59	-24	32	6.51
	3	R/L	62	-19	32	5.12
Precuneus		R/L	15	-68	43	11.22
	7	R/L	19	-70	43	5.02

<b>Lobus temporalis</b>						
Superiorer temporaler Gyrus	22	R	57	-44	4	5.25
	38	R	49	17	-10	4.43
Medialer temporaler Gyrus	21	R/L	60	-38	-2	5.36
	37	R/L	52	-68	4	10.13
	39	R/L	42	-75	24	4.7
Inferiorer temporaler Gyrus	20	R/L	54	-51	-20	7.93
Fusiformer Gyrus		R/L	42	-48	-20	14.89
	19	R/L	29	-83	-26	8.65
	20	R	39	-29	-22	5.57
	37	R/L	41	-46	-22	9.78
<b>Lobus Occipitalis</b>						
Superiorer occipitaler Gyrus		R/L	39	-80	26	4.38
Medialer occipitaler Gyrus		R/L	37	-88	1	9.13
Inferiorer occipitaler Gyrus		R/L	46	-80	-7	6.89
Cuneus		R/L	27	-90	26	7.67
	17	R/L	18	-96	-6	4.64
Gyrus lingualis	18	R/L	6	-80	-6	6.6
<b>Lobus insularis</b>						
Insula	13	R/L	42	0	0	4.31
<b>Cerebellum</b>						
Declive		R/L	24	-55	-17	8.88
Culmen		R/L	14	-54	-14	4.83
<b>Basalganglien</b>						
Putamen		R/L	27	5	6	6.36
Caput nucleus caudatus		L	-15	22	1	4.59
Corpus nucleus caudatus		L	-14	0	16	5.39
Cauda nucleus caudatus		R/L	34	-28	-5	4.44
Globus pallidus medial		R	15	-6	-2	4.23
Globus pallidus lateral		R	19	-1	1	5.91
<b>Limbisches System</b>						
Hippocampus		R/L	31	-16	-14	7.85
Amygdala		R	23	-6	-9	5.73
Cingulärer Gyrus	24	R	3	-9	34	4.63
	32	R/L	4	19	36	5.02
Anterior cingulärer Kortex	33	L	-2	12	26	5.16
Posteriorer cingulärer Kortex	30	L	-16	-61	6	4.32
Mamillarkörper		R	9	-17	-1	4.53

Parahippocampaler Gyrus		R/L	20	-36	4	5.28
<b>Mesencephalon</b>						
Nucleus ruber		L	-6	-22	-7	5.09
Substantia nigra		R	14	-18	-8	5.42
<b>Diencephalon</b>						
Thalamus		R/L	21	-27	2	7.35
Pulvinar		R/L	20	-31	4	6.55
Corpus geniculatum mediale		R	19	-26	-4	4.17
Corpus geniculatum laterale		R	21	-26	-4	4.17
Lateral posteriorer Nucleus		R	17	-21	16	5.1
Ventral lateraler Nucleus		R	17	-18	16	4.57
Dorsomedialer Nucleus		R	12	-21	12	4.33

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

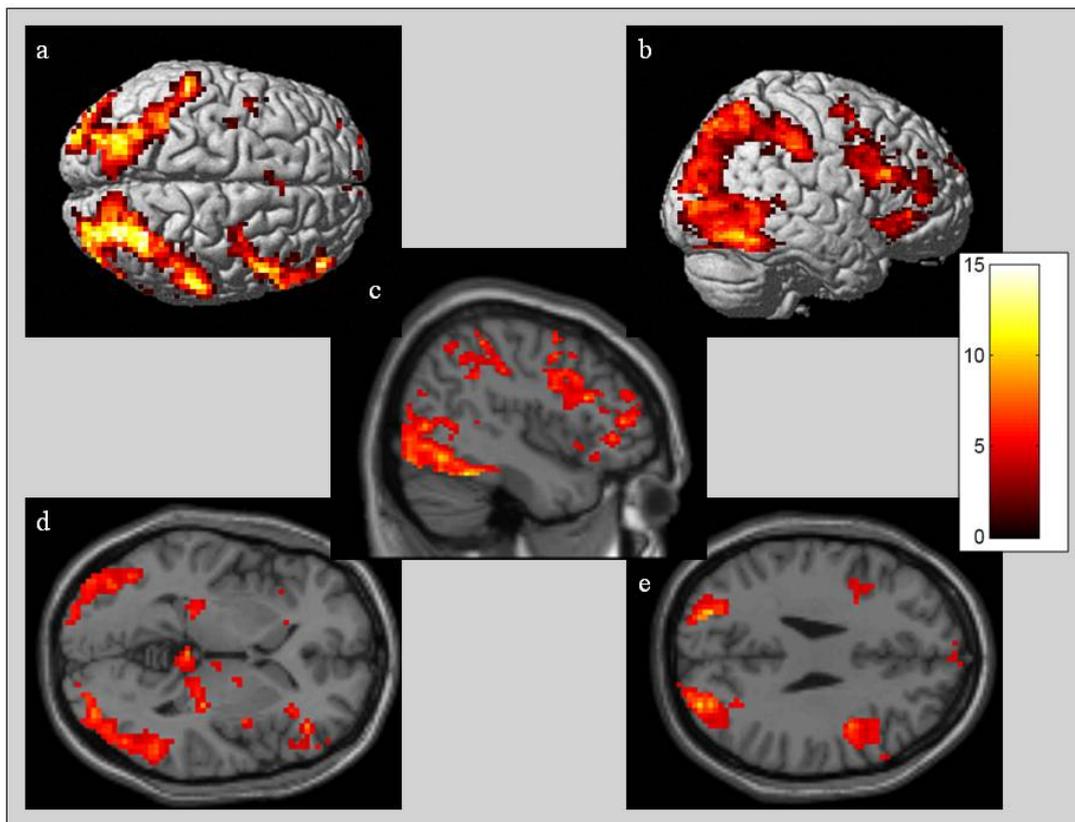


Abbildung 9: Aktivierungsmuster  $eigen\_a > BL$  Einzelgruppenstatistik BG

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_a > BL$  ( $p < .01$  FDR).

**a:** Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b:** Seitenansicht rechte Hemisphäre

**c:** Sagitalschnitt, Fusiformer Gyrus (44/-70/-19) **d:** Axialschnitt (0/0/0) **e:** Axialschnitt;

Brodmann-Areal 6 (46/0/28)

#### 4.2.2.2 Kontrollprobanden *eigen\_a* > BL

Beim Anblick der Kontrollprobanden der eigenen amputierten Bilder finden sich deutlich weniger Aktivierungen als bei den BIID Probanden. Die Kontrollprobanden zeigen beim Anblick des eigenen amputierten Bildes ein ähnliches Aktivierungsmuster, wie beim Anblick des realen Körpers, in frontalen, parietalen, temporalen und occipitalen Bereichen. Es fehlen jedoch gegenüber dem Anblick des realen Körpers Aktivierungen im medialen frontalen Gyrus, dem postzentralen Gyrus und der Amygdala. Hinzu gekommen sind Aktivierungen im mittleren frontalen Gyrus und subkortikal mit dem Putamen, siehe Tabelle 7 und Abbildung 10.

Tabelle 7: Kontrast *eigen\_a* > BL Einzelgruppenstatistik KG

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* BL der Kontrollprobanden Einzelgruppenstatistik,  $p < .01$  FDR

Kontrollgruppenstatistik <i>eigen_a</i> > BL						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus frontalis</b>						
Mittlerer frontaler Gyrus	R	6	39	7	60	5.21
	R	47	49	38	-2	7.17
Inferiorer frontaler Gyrus	R/L	9	61	15	30	7.02
	R	44	54	9	22	5.42
	R	45	54	40	8	5.28
	R/L	46	51	49	8	6.01
<b>Lobus parietalis</b>						
Superiorer Parietallappen	R/L	7	30	-63	52	11.7
Inferiorer Parietallappen	R	40	39	-55	52	6.65
Precuneus	R/L	7	30	-54	53	5.70
<b>Lobus temporalis</b>						
Superiorer temporaler Gyrus	R		45	-58	16	9.95
Medialer temporaler Gyrus	R/L	21	63	-36	-16	7.27
	R/L	39	48	-78	7	6.68
Inferiorer temporaler Gyrus	R/L	37	57	-63	-8	5.43
	R/L	20	53	-54	-17	7.06
Fusiformer Gyrus	R/L	37	48	-58	-18	7.93
	R/L	19	45	-68	-18	7.51
<b>Lobus Occipitalis</b>						

Superiorer occipitaler Gyrus	R/L	19	39	-87	21	5.59
Medialer occipitaler Gyrus	R/L	18	45	-78	-14	8.24
	R/L	19	57	-66	-8	6.37
Inferiorer occipitaler Gyrus	R/L		39	-87	-6	5.58
Cuneus	R/L		24	-93	22	9.55
<b>Cerebellum</b>						
Declive	R/L		39	-72	-22	6.74
Culmen	R/L		36	-36	-28	6.9
<b>Basalganglien</b>						
Putamen	R		30	-15	-6	5.96
<b>Limbisches System</b>						
Parahippocampaler Gyrus	R		33	-3	-18	6.13
<b>Diencephalon</b>						
Thalamus	R		24	-30	0	7.11
Pulvinar	R		17	-30	2	5.73

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

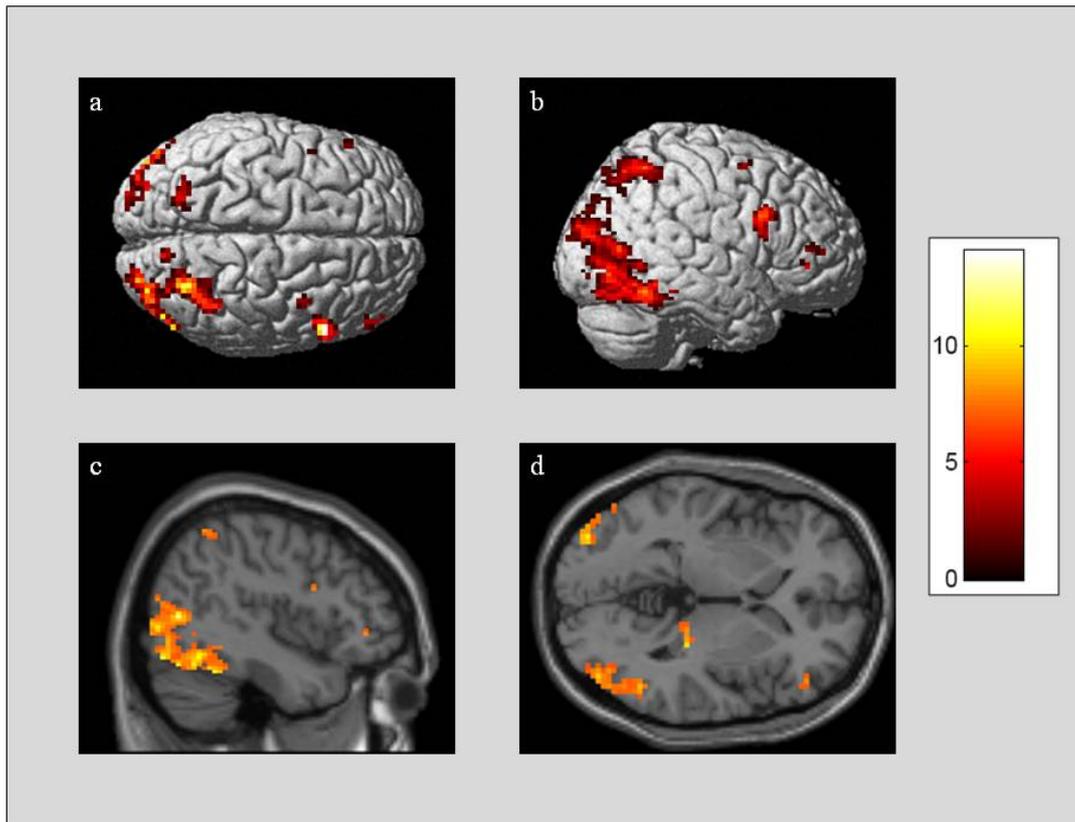


Abbildung 10: Aktivierungsmuster *eigen\_a* > BL Einzelgruppenstatistik KG

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > BL ( $p < .01$  FDR).

**a:** Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b:** Seitenansicht rechte Hemisphäre  
**c:** Sagittalschnitt, Fusiformer Gyrus (44/-70/-19) **d:** Axialschnitt, (0/0/0)

#### 4.2.1 Kontrast **eigen\_r** versus BL Gruppenvergleich

##### 4.2.1.1 BIID Probanden > Kontrollprobanden – *eigen\_r* > BL

Die BIID Probanden zeigen im Kontrast *eigen\_r* > BL bei einem Signifikanzniveau von  $p < .001$  unkorrigiert keine Mehraktivierungen gegenüber den Kontrollprobanden.

##### 4.2.1.2 Kontrollprobanden > BIID Probanden – *eigen\_r* > BL

Beim Anblick des eigenen Körpers zeigt sich bei den Kontrollprobanden eine Mehraktivierung gegenüber den BIID Probanden im superioren Temporallappen und im parietalen Kortex, siehe Tabelle 8 und Abbildung 11.

Tabelle 8: Kontrast  $eigen\_r > BL - KG > BG$

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > BL$  im Gruppenvergleich Kontrollgruppe > BIID Gruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

KG > BG $eigen\_r > BL$						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus parietalis</b>						
Gyrus angularis		L	-49	-58	34	3.89
Gyrus supramarginalis		L	-51	-54	34	4.86
<b>Lobus temporalis</b>						
Superiorer temporaler Gyrus	38	L	-39	9	-20	4.73

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

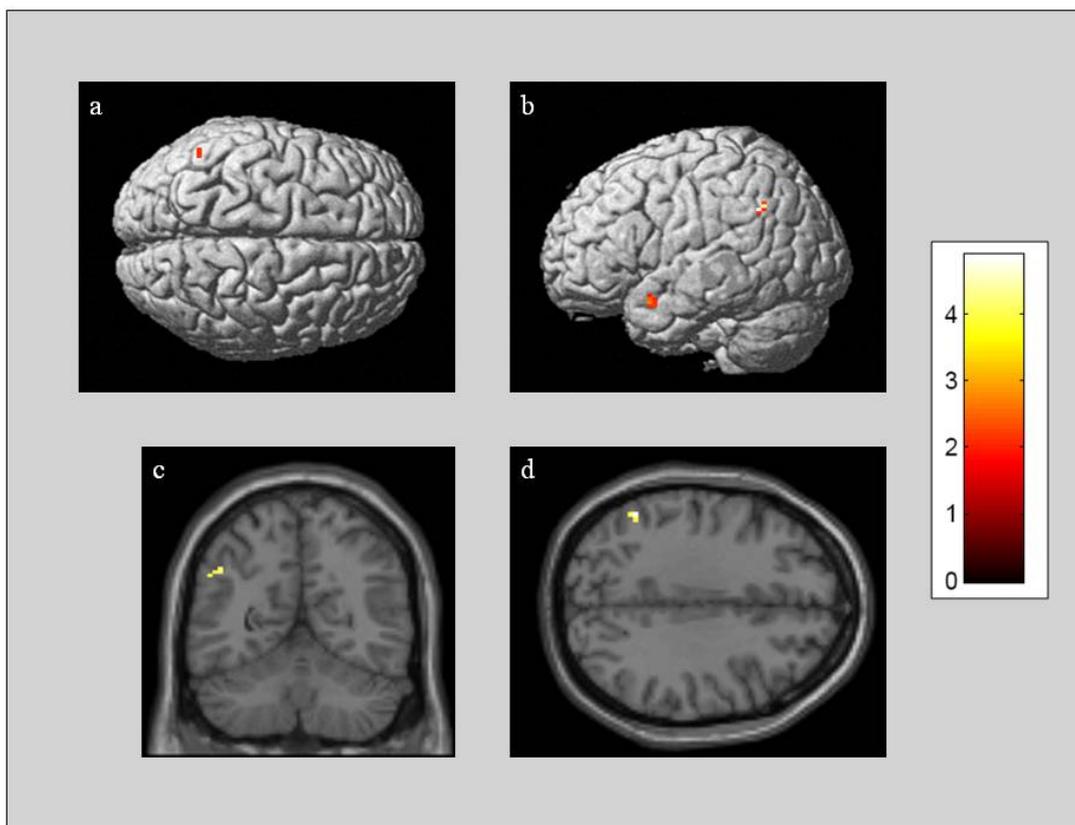


Abbildung 11: Aktivierungsmuster  $eigen\_r > BL - KG > BG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > BL$  KG > BG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Korticale Aufsicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Seitenansicht linke Hemisphäre **c**: Coronarschnitt, Gyrus angularis (-49/-58/34) **d**: Axialschnitt, Gyrus supramarginalis (-51/-54/34)

## 4.2.2 Kontrast **eigen\_a** versus **BL** Gruppenvergleich

### 4.2.2.1 *BIID Probanden > Kontrollprobanden - eigen\_a > BL*

Im Gruppenvergleich, bei dem die Mehraktivierung der BIID Probanden im Gegensatz zu den Kontrollprobanden beim Anblick des eigenen amputierten Körpers gezeigt wird, finden sich signifikante Aktivierungen im präfrontalen Kortex sowie im frontalen supplementär-motorischen Kortex. Der parietale und temporale Kortex wird durch mehrere aktivierte Areale, wie dem postzentralen Gyrus, dem Precuneus oder dem fusiformen Gyrus dargestellt. Subkortikale Aktivierungen zeigen sich im Globus Pallidus medialis, dem Thalamus und dem cingulären Gyrus, siehe Tabelle 9 und Abbildung 12.

*Tabelle 9: Kontrast eigen\_a > BL - BG > KG*

*Dargestellt sind signifikante Aktivierung des Kontrastes eigen\_a > BL im Gruppenvergleich BIID Gruppe > Kontrollgruppe,  $p < .001$  unkorrigiert*

<b>BG &gt; KG eigen_a &gt; BL</b>						
<b>Gehirnareal</b>	<b>BA</b>	<b>HE</b>	<b>MNI</b>			<b>t-Wert</b>
			<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>	
<b>Lobus frontalis</b>						
Superior frontaler Gyrus		R/L	34	52	32	3.88
	10	L	-33	55	20	4.49
Mittlerer frontaler Gyrus	9	R	36	44	31	4.61
		L	-42	9	52	4.54
Medialer frontaler Gyrus	10	R	4	51	3	3.68
	6	L	-3	28	38	3.68
<b>Lobus parietalis</b>						
Superiorer Parietallappen		R/L	31	-60	45	3.92
Inferiorer Parietallappen		R/L	49	-51	41	3.89
Gyrus supramarginalis	40	R	42	-46	36	4.23
Postzentraler Gyrus	2	R	51	-33	38	4.47
Precuneus	7	L	-25	-60	51	5.15
<b>Lobus temporalis</b>						
Superior temporaler Gyrus	22	R	53	-41	4	3.63
Mittlerer temporaler Gyrus	37	R	51	-33	-9	4.22
Transverser temporaler Gyrus		R	49	-29	-9	4.02
Fusiformer Gyrus	19	R	22	-63	-16	4.22
<b>Lobus Occipitalis</b>						

Gyrus lingualis		R	10	-80	-17	4.12
<b>Cerebellum</b>						
Declive		R	5	-73	-16	4.72
Culmen		R/L	6	-63	-16	6.23
<b>Basalganglien</b>						
Globus pallidus medial		L	-11	-1	2	3.67
<b>Limbisches System</b>						
Cingulärer Gyrus		R/L	2	20	32	3.82
	23	R	6	-14	28	4.89
Anteriorer cingulärer Kortex	24	R/L	6	33	18	4.83
	32	R/L	4	39	14	4.35
<b>Diencephalon</b>						
Thalamus		R/L	2	-6	6	4.33

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

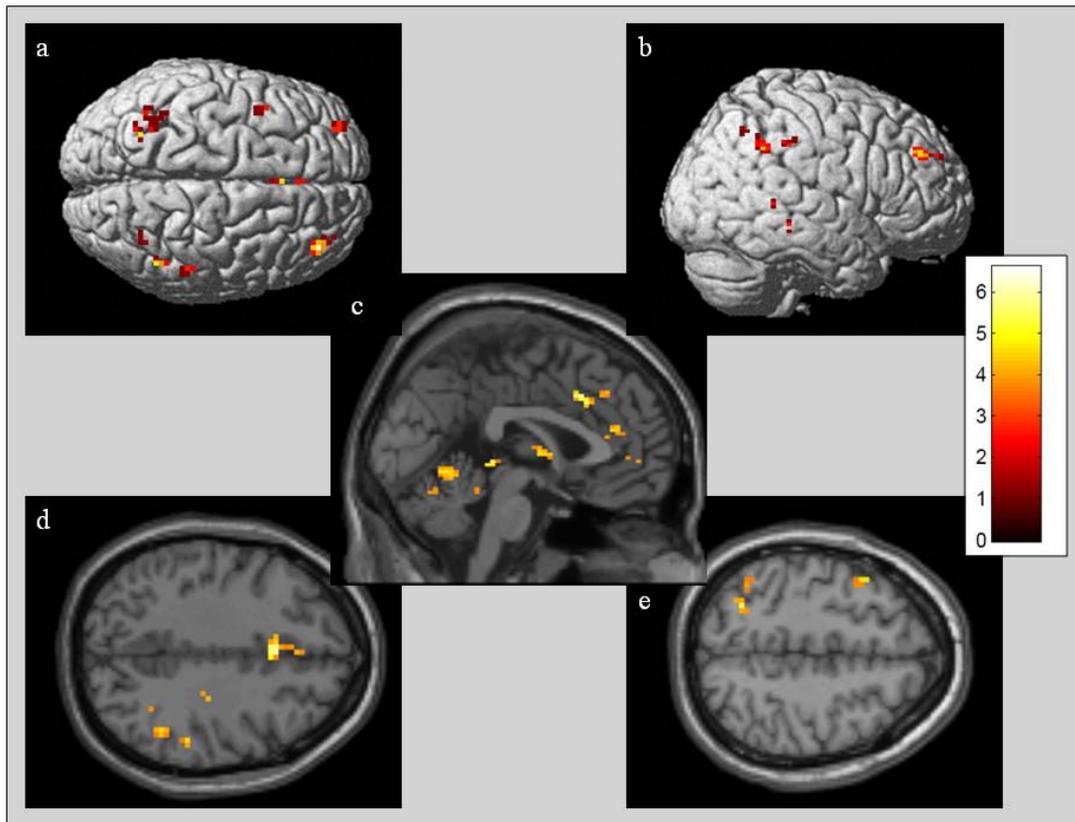


Abbildung 12: Aktivierungsmuster  $eigen\_a > BL - BG > KG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_a > BL - BG > KG$  ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Seitenansicht rechte Hemisphäre **c**: Sagittalschnitt,  $x = 0$  **d**: Axialschnitt, Brodmann-Areal 6 (-3/28/38) **e**: Axialschnitt, Precuneus (-25/-60/51)

#### 4.2.2.2 Kontrollprobanden > BIID Probanden - $eigen\_a > BL$

Der Gegenkontrast und zwar die Mehraktivierung der Kontrollgruppe beim Anblick des eigenen amputierten Körpers stellt sich in einer Aktivierung des mittleren temporalen Gyri dar, siehe Tabelle 10 und Abbildung 13.

Tabelle 10: Kontrast *eigen\_a* > BL - KG > BG

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > BL im Gruppenvergleich Kontrollgruppe > BIID Gruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

KG > BG <i>eigen_a</i> > BL						
Gehirnareal	BA	He	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus temporalis</b>						
Mittlerer temporaler Gyrus	21	R	67	-33	-14	4.71
	39	L	-52	-68	26	4.74

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

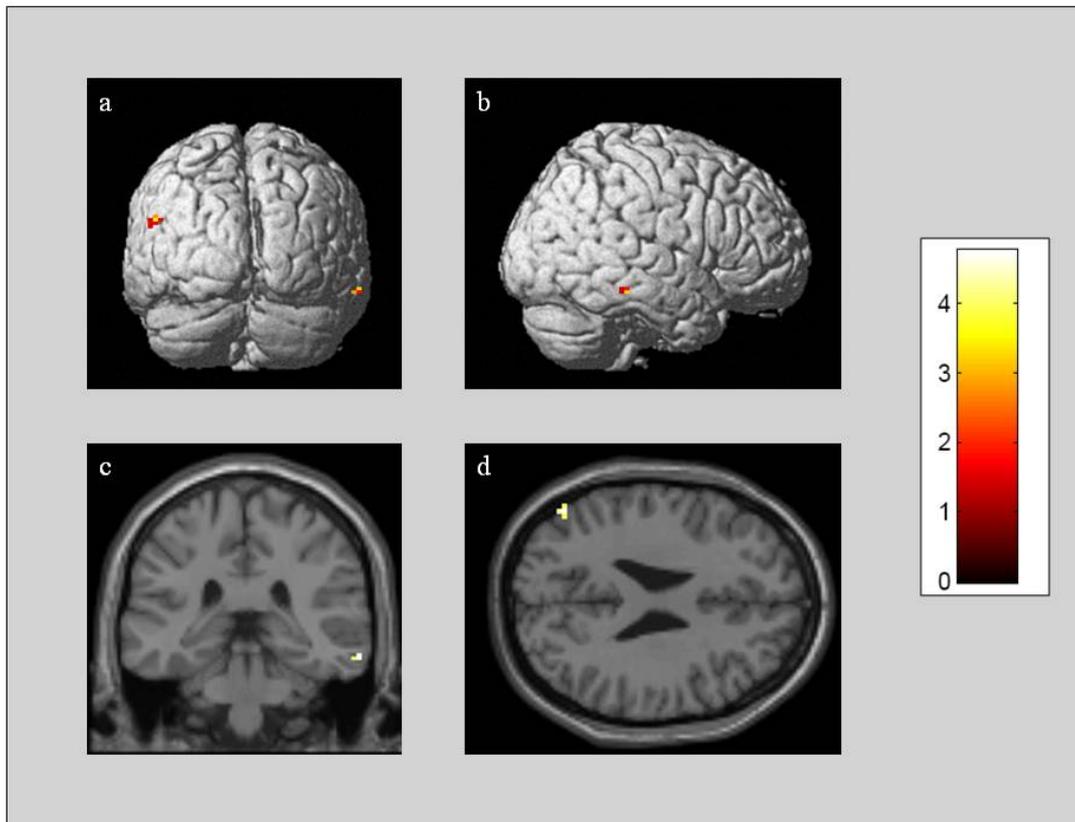


Abbildung 13: Aktivierungsmuster *eigen\_a* > BL - KG > BG

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > BL KG > BG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Occipitale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Seitenansicht rechte Hemisphäre **c**: Coronarschnitt, medialer temporaler Gyrus, BA 21 (67/-33/-14) **d**: Axialschnitt medialer temporaler Gyrus, BA 39 (-52/-68/26)

### 4.2.3 Kontrast **eigen\_a** versus **eigen\_r** Gruppenvergleich

#### 4.2.3.1 BIID Probanden > Kontrollprobanden – *eigen\_a* > *eigen\_r*

Beim Anblick des eigenen amputierten Körpers im Gegensatz zum eigenen realen Körper zeigt sich bei den BIID Probanden eine Mehraktivierung, vor allem in präfrontalen und frontalen Bereichen sowie in Strukturen des limbischen Systems, siehe Tabelle 11 und Abbildung 14. Weiterhin ist der Precuneus und der Cuneus aktiviert. Als weitere subkortikale Strukturen findet man Teile der Basalganglien, wie das Putamen, den Globus pallidus lateralis und den Caput des Nucleus caudatus.

*Tabelle 11: Kontrast eigen\_a > eigen\_r - BG > KG*

*Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes eigen\_a > eigen\_r im Gruppenvergleich BIID Gruppe > Kontrollgruppe, p < .001 unkorrigiert*

<b>BG &gt; KG eigen_a &gt; eigen_r</b>						
<b>Gehirnareal</b>	<b>BA</b>	<b>HE</b>	<b>MNI</b>			<b>t-Wert</b>
			<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>	
<b>Lobus frontalis</b>						
Superior frontaler Gyrus		R/L	42	52	20	4.04
Mittlerer frontaler Gyrus	8	L	-30	36	43	6.11
	9	L	-30	36	42	6.11
	46	R	42	51	20	4.04
Inferiorer frontaler Gyrus	47	R	27	33	-10	6.29
	11	R	27	33	-11	6.29
Medialer frontaler Gyrus		R/L	6	42	-12	5.35
	9	L	-3	48	14	3.87
	10	R/L	4	52	-2	3.65
	11	L	-2	30	-12	3.89
Lobulus paracentralis	5	R	3	-42	50	3.81
<b>Lobus parietalis</b>						
Inferiorer Parietallappen		L	-45	-66	40	4.05
Gyrus angularis	39	R/L	37	-78	30	4.26
Precuneus	7	R/L	3	-75	40	3.84
<b>Lobus temporalis</b>						
Mittlerer temporaler Gyrus		R	36	-75	28	5.42
Fusiformer Gyrus	19	R	23	-60	-14	4.24
<b>Lobus Occipitalis</b>						

Medialer occipitaler Gyrus		R/L	30	-59	2	3.71
Cuneus	7	L	-2	-70	29	3.92
<b>Cerebellum</b>						
Declive		R/L	6	-60	18	7.14
Culmen		R/L	15	-60	-14	4.89
<b>Basalganglien</b>						
Putamen		R	13	9	-6	5.19
Caput nucleus caudatus		R	9	12	-6	4.35
Globus pallidus lateral		R	13	8	-6	5.19
<b>Limbisches System</b>						
Hippocampus		R	27	-16	-16	4.04
Cingulärer Gyrus	24	R/L	3	-3	40	5.29
	23	L	-2	-36	26	3.77
	31	R/L	-6	-58	26	5.79
Posteriorer cingulärer Kortex	30	L	-24	-69	6	3.58
Anteriorer cingulärer Kortex	32	R/L	4	45	-2	3.96
Parahippocampaler Gyrus		R	24	-18	-16	5.92
<b>Diencephalon</b>						
Thalamus		R/L	4	-4	4	4.62

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

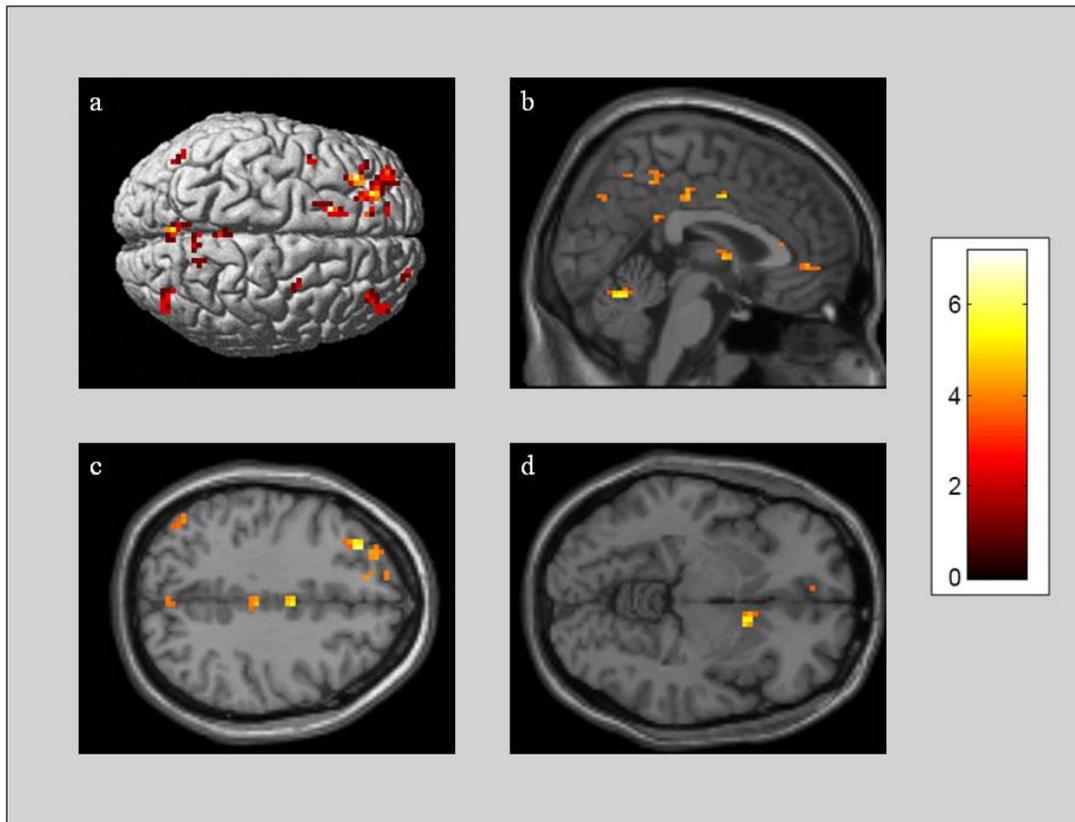


Abbildung 14: Aktivierungsmuster  $eigen\_a > eigen\_r - BG > KG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_a > eigen\_r - BG > KG$  ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Sagittalschnitt, Cingulärer Gyrus (3/-3/40) **c**: Axialschnitt, Precuneus (3/-75/40) **d**: Axialschnitt, Putamen und Globus pallidus (13/8/-6)

#### 4.2.3.2 Kontrollprobanden > BIID Probanden – $eigen\_a > eigen\_r$

Eine Mehraktivierung bei den Kontrollprobanden zeigt sich auf dem Signifikanzniveau von .001 unkorrigiert in der Insula, siehe Tabelle 12 und Abbildung 15.

Tabelle 12: Kontrast *eigen\_a* > *eigen\_r* - KG > BG

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > *eigen\_r* im Gruppenvergleich Kontrollgruppe > BIID Gruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

KG > BG <i>eigen_a</i> > <i>eigen_r</i>						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus insularis</b>						
Insula	13	L	-42	-12	14	4.44

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

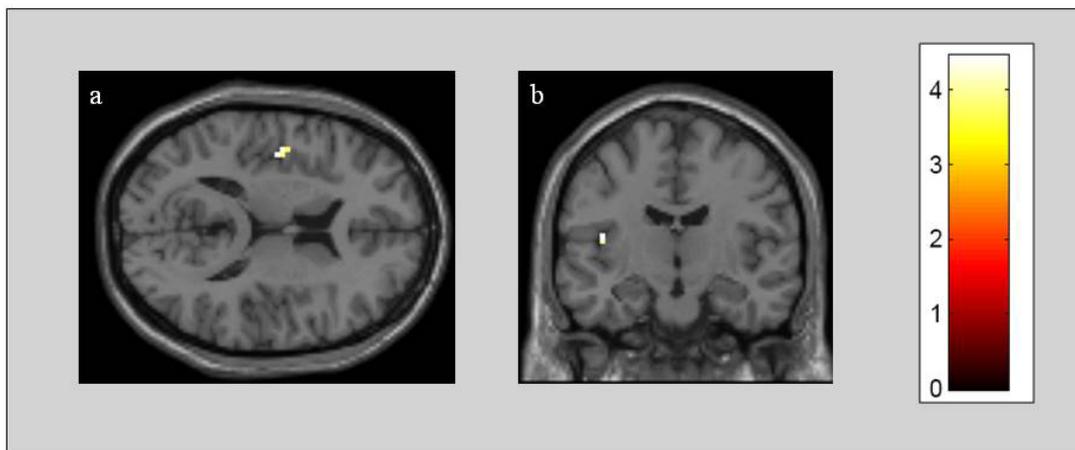


Abbildung 15: Aktivierungsmuster *eigen\_a* > *eigen\_r* - KG > BG

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > *eigen\_r* KG > BG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Axialschnitt, Insula, BA 13 (-42/-12/14) **b**: Coronarschnitt, Insula, BA 13 (-42/-12/14)

#### 4.2.4 Kontrast **eigen\_r** versus **fremd\_r** Gruppenvergleich

##### 4.2.4.1 BIID Probanden > Kontrollprobanden – *eigen\_r* > *fremd\_r*

Es findet sich eine Mehraktivierung der BIID Probanden im Temporallappen sowie subkortikal im Corpus des Nucleus caudatus, siehe Tabelle 13 und Abbildung 16.

Tabelle 13: Kontrast  $eigen\_r > fremd\_r - BG > KG$

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_a > fremd\_r$  im Gruppenvergleich BIID Gruppe > Kontrollgruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

BG > KG $eigen\_r > fremd\_r$						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus temporalis</b>						
Mittlerer temporaler Gyrus		R	54	-54	-2	5.18
<b>Basalganglien</b>						
Corpus nucleus caudatus		L	-15	-7	12	4.29

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

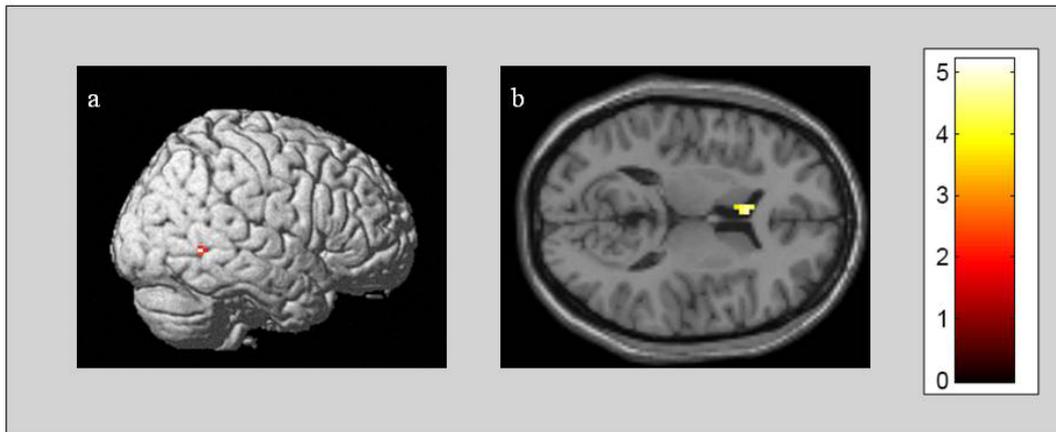


Abbildung 16: Aktivierungsmuster  $eigen\_r > fremd\_r - BG > KG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > fremd\_r$  BG > KG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Seitenansicht rechte Hemisphäre **b**: Axialschnitt, Corpus nucleus caudatus (-15/-7/12)

#### 4.2.4.2 Kontrollprobanden > BIID Probanden – $eigen\_r > fremd\_r$

Die Mehraktivierung dieses Kontrastes stellt sich rechtshemisphärisch mit dem Brodmann-Areal 5 und dem Postzentralen Gyrus dar, siehe Tabelle 14 und Abbildung 17.

Tabelle 14: Kontrast  $eigen\_r > fremd\_r - KG > BG$

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > fremd\_r$  im Gruppenvergleich Kontrollgruppe > BIID Gruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

KG > BG $eigen\_r > fremd\_r$						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus frontalis</b>						
Lobulus paracentralis	5	R	9	-42	54	4.24
<b>Lobus parietalis</b>						
Postzentraler Gyrus		R	9	-48	66	4.81
Precuneus	5	R	5	-45	66	3.65

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

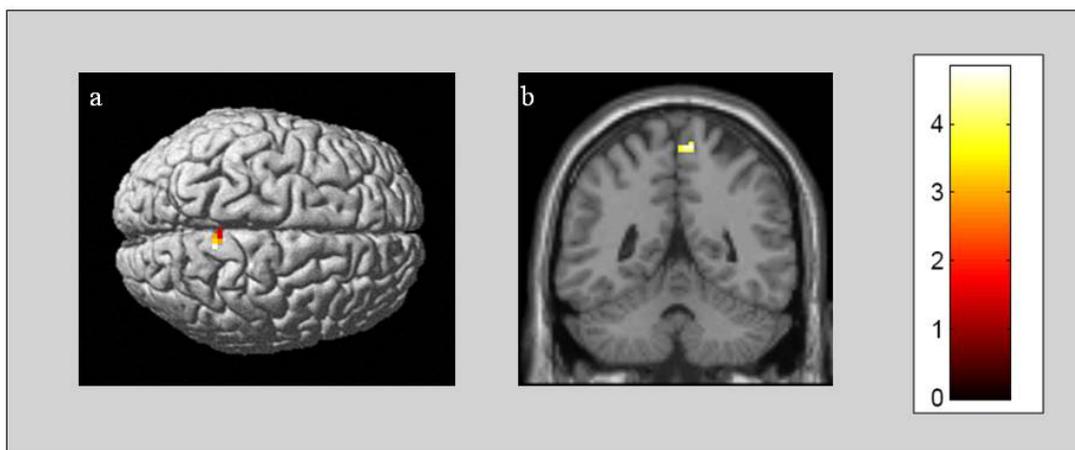


Abbildung 17: Aktivierungsmuster  $eigen\_r > fremd\_r - KG > BG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_r > fremd\_r$  KG > BG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Kortikale Aufsicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Coronarschnitt, Postzentraler Gyrus (9/-48/66)

#### 4.2.5 Kontrast **eigen\_a** versus **fremd\_a** Gruppenvergleich

##### 4.2.5.1 BIID Probanden > Kontrollprobanden – $eigen\_a > fremd\_a$

Besonders der frontale Kortex und subkortikale Strukturen zeigen eine Mehraktivierung der BIID Probanden beim Anblick des eigenen amputierten Körpers im Gegensatz zum fremden amputierten Körper, siehe Tabelle 15 und Abbildung 18.

Tabelle 15: Kontrast *eigen\_a* > *fremd\_a* - BG > KG

Dargestellt sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes *eigen\_a* > *fremd\_a* im Gruppenvergleich BIID Gruppe > Kontrollgruppe,  $p < .001$  unkorrigiert

BG > KG <i>eigen_a</i> > <i>fremd_a</i>						
Gehirnareal	BA	HE	MNI			t-Wert
			x	y	z	
<b>Lobus frontalis</b>						
Superior frontaler Gyrus		L	-7	3	65	4.39
Mittlerer frontaler Gyrus		L	-45	6	52	4.66
Medialer frontaler Gyrus	10	R	11	49	12	4.14
	6	L	-9	0	64	5.17
<b>Lobus parietalis</b>						
Precuneus	7	L	-12	-78	34	4.22
<b>Cerebellum</b>						
Culmen		R/L	15	-48	-14	4.9
<b>Basalganglien</b>						
Cauda nucleus caudatus		R	28	-39	6	3.87
<b>Limbisches System</b>						
Hippocampus		R	27	-42	1	3.89
Parahippocampaler Gyrus		R	42	-43	-2	3.85
Cingulärer Gyrus		R	18	-30	30	3.61

BA = Brodmann-Areal, HE = Hemisphäre (R = rechts, L = links), MNI = Montreal Neurological Institut

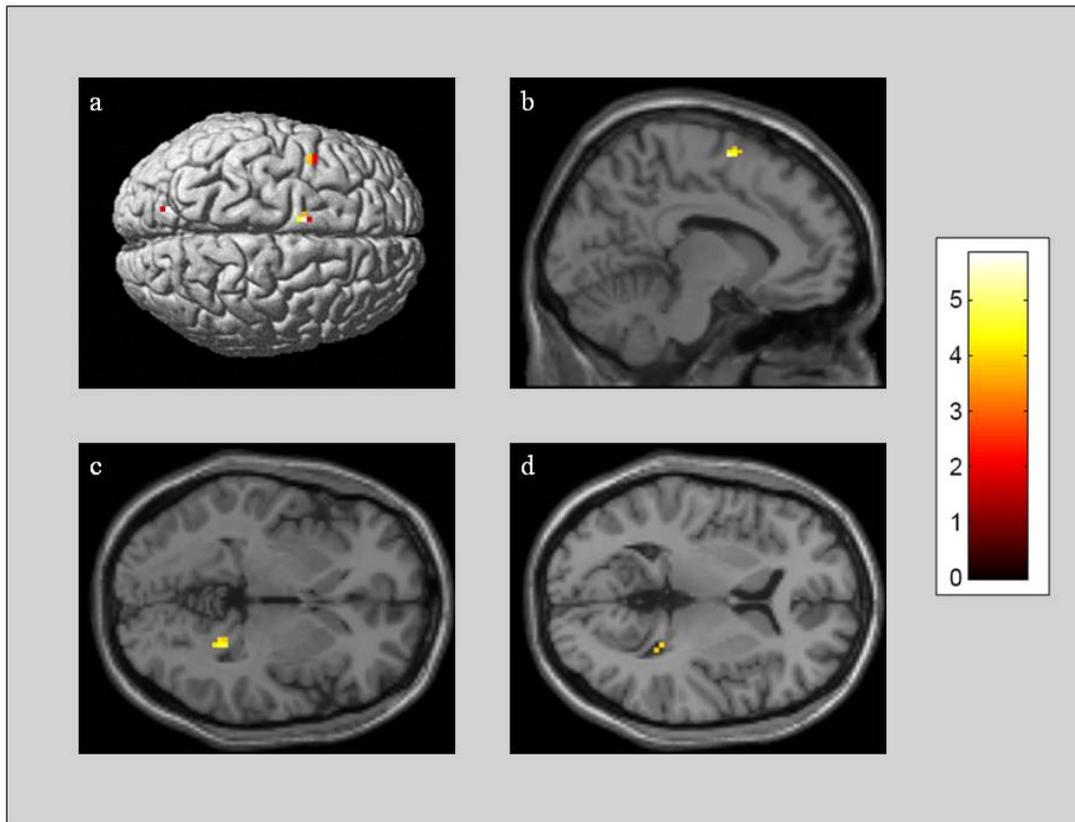


Abbildung 18: Aktivierungsmuster  $eigen\_a > fremd\_a - BG > KG$

Abgebildet sind signifikante Aktivierungen des Kontrastes  $eigen\_a > fremd\_a$  BG > KG ( $p < .001$  unkorrigiert). **a**: Kortikale Ansicht rechte und linke Hemisphäre **b**: Sagittalschnitt, Brodmann-Areal 6 (-9/0/64) **c**: Axialschnitt, Parahippocampaler Gyrus (42/-43/-2) **d**: Axialschnitt, Cauda nucleus caudatus (28/-39/6)

#### 4.2.5.2 Kontrollprobanden > BIID Probanden – $eigen\_a > fremd\_a$

Die Kontrollprobanden zeigen im Kontrast  $eigen\_a > fremd\_a$  bei einem Signifikanzniveau von  $p < .001$  unkorrigiert keine Mehraktivierungen gegenüber den BIID Probanden.

### 4.3 Ergebnisse der post-fMRT-Fragebögen

Im Folgenden werden die post-fMRT Ergebnisse dargestellt, zuerst auf Einzelgruppenebene und anschließend im Gruppenvergleich.

Die BIID Probanden empfinden den Anblick ihres amputierten Körpers als angenehmer, intensiver, attraktiver und auch sexuell erregender als den Anblick ihres realen Körpers, siehe hierzu Tabelle 16.

*Tabelle 16: Ergebnisse der Post-fMRT-Fragebögen der BIID Gruppe*

*Dargestellt sind die Ergebnisse der BIID Probanden beim Anblick des eigenen realen Körpers versus des eigenen amputierten Körpers (eigen\_r > eigen\_a).*

	<b>Kontrast</b>	<b>MW</b>	<b>N</b>	<b>SD</b>	<b>T</b>	<b>df</b>	<b>Sig.</b>
Angenehm	eigen_r	4,0827	11	1,18575	-4,785	10	,001
	eigen_a	6,2409	11	,62866			
Intensiv	eigen_r	3,0382	11	1,43741	-5,615	10	,000
	eigen_a	5,9582	11	,88764			
Attraktiv	eigen_r	3,2873	11	1,32801	-5,519	10	,000
	eigen_a	5,9800	11	,97278			
Sexuell	eigen_r	1,3055	11	,45623	-4,073	10	,002
	eigen_a	3,4573	11	1,95230			

MW = Mittelwert, N = Probandenzahl, SD = Standardabweichung, T = T-Wert, df = Freiheitsgrad, Sig. = Signifikanz (2-seitig)

Im Gegensatz zu den BIID Probanden empfinden die Kontrollprobanden ihren realen Körper als angenehmer und attraktiver, siehe hierzu Tabelle 17.

*Tabelle 17: Ergebnisse der Post-fMRT-Fragebögen der Kontrollgruppe*

*Dargestellt sind die Ergebnisse der Kontrollprobanden beim Anblick des eigenen realen Körpers versus des eigenen amputierten Körpers (eigen\_r > eigen\_a)*

	<b>Kontrast</b>	<b>MW</b>	<b>N</b>	<b>SD</b>	<b>T</b>	<b>df</b>	<b>Sig.</b>
Angenehm	eigen_r	4,9700	10	1,35097	5,742	9	,000
	eigen_a	1,8400	10	,61968			
Attraktiv	eigen_r	3,7500	10	1,52563	4,514	9	,001
	eigen_a	1,4480	10	,43657			

MW = Mittelwert, N = Probandenzahl, SD = Standardabweichung, T = T-Wert, df = Freiheitsgrad, Sig. = Signifikanz (2-seitig)

Im Gruppenvergleich zeigt sich für die BIID-Gruppe der Anblick des eigenen amputierten Körpers sowie des fremden amputierten Körpers als angenehmer, attraktiver und sexuell erregender als für die Kontrollgruppe, siehe hierzu Tabelle 18.

Tabelle 18: Ergebnisse der post fMRT Fragebögen - Mittelwertunterschiede

Dargestellt sind die Mittelwertunterschiede im Gruppenvergleich beim Betrachten der post-fMRT Bilder.

	KG	BG	Gruppenvergleich*			
	M	M	U	W	Z	Sig.
eigen_a_ANG	1,7400	6,4500	,000	55,000	-3,874	,000
eigen_a_ATT	1,3000	6,2500	,000	55,000	-3,884	,000
eigen_a_SEX	1,0000	3,3000	10,000	65,000	-3,512	,000
fremd_a_ANG	2,1900	4,9800	5,000	60,000	-3,531	,000
fremd_a_ATT	1,0000	4,0000	12,000	40,000	-2,432	,015
fremd_a_SEX	1,0000	1,0000	30,000	85,000	-2,356	,018

\* Mann-Whitney-U Test zum Vergleich der Mittelwerte bei nicht-parametrischer Normalverteilung

KG = Kontrollgruppe, BG = BIID-Gruppe, M = Median, U = Mann-Whitney-U, W = Wilcoxon-W, Z = Approximative kritische Werte, Sig. = Asymptotische Signifikanz (2-seitig), ANG = angenehm, ATT = attraktiv, SEX = sexuelle Erregung

Weitere Ergebnistabellen der statistischen Auswertung befinden sich im Anhang.

#### 4.4 Überprüfung der Hypothesen

##### 1. Körper- und Selbstbild beim Anblick des realen Körpers - (eigen\_r)

Die Kontrollprobanden zeigen beim Anblick ihres realen Körpers (eigen\_r) mehr Aktivierungen als die BIID-Probanden in körper- und selbstbezogenen Arealen, wie dem Fusiformen Gyrus, dem Parietallappen, dem Precuneus, der Insula und dem präfrontalen Kortex.

Hypothese 1 kann teilweise bestätigt werden. In der Gruppenstatistik der Kontrollprobanden zeigen sich aktivierte körper- und selbstbezogene Areale, die sich bei den BIID Probanden im selben Kontrast und Signifikanzniveau ( $p < .01$ ) nicht finden. Zu diesen Arealen gehören der mediale frontale Gyrus als Teil des präfrontalen Kortex, der Gyrus postcentralis als Teil des Parietallappens und das Brodmann-Areal 19 als Teil des Gyrus fusiformis. In beiden Gruppen aktiviert zeigen sich der Precuneus, der inferiore und mittlere frontale Gyrus und der superiore und inferiore Parietallappen. Die Insula hingegen wird in keiner der Gruppen aktiviert. Der direkte Gruppenvergleich mit einem Signifikanzniveau von  $p < .001$  unkorrigiert weicht in seinem Ergebnis von der Statistik der einzelnen Gruppen ab, was am ehesten auf die geringe Stichprobengröße zurückzu-

führen ist. Bei dem Gruppenvergleich Kontrollgruppe versus BIID-Gruppe eigen\_r versus BL zeigt sich in den untersuchten Arealen eine Mehraktivierung des Gyrus supra-marginalis und Gyrus angularis des Parietallappens. Aufgrund der Ergebnisse der Einzelgruppenstatistik ist dennoch davon auszugehen, dass die Kontrollprobanden zu ihrem realen Körper einen stärkeren Bezug haben als die BIID Probanden. Auch zeigt sich durch die Areale des Gyrus fusiformis und des Gyrus postzentralis ein deutlicher Körperbezug.

## **2. Körper- und Selbstbild beim Anblick des amputierten Körpers - (eigen\_a)**

Die BIID-Probanden zeigen beim Anblick der eigenen amputierten Bilder (eigen\_a) mehr Aktivierungen in körper- und selbstbezogenen Arealen, wie dem Fusiformen Gyrus, dem Parietallappen, dem Precuneus, der Insula und dem präfrontalen Kortex als die gesunde Kontrollgruppe.

Die 2. Hypothese wird bestätigt. Im Gruppenvergleich BIID Gruppe versus KG eigen\_a versus BL zeigen sich Mehraktivierungen in allen beschriebenen Arealen bis auf die Insula. Eine Aktivierung der Insula findet sich jedoch in der Einzelgruppenstatistik der BIID Probanden. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass für die BIID Probanden beim Anblick ihres eigenen amputierten Körpers ein stärkerer Selbstbezug herrscht und eine Mehraktivierung körperbezogener Areale zu finden ist im Vergleich zu den Kontrollprobanden.

## **3. Emotionales Arousal beim Anblick des amputierten Körpers - (eigen\_a)**

- a. Der Anblick der eigenen Amputationsbilder im Gegensatz zu den eigenen realen Bildern ( $eigen\_a > eigen\_r$ ) ist für die BIID-Probanden emotional bedeutsamer als für die Kontrollprobanden, daher zeigen sich Mehraktivierungen in präfrontalen Bereichen und in Bereichen des limbischen Systems.

Hypothese 3a wird bestätigt. Es zeigt sich eine Mehraktivierung bei den BIID Probanden beim Anblick des amputierten Körpers im Gegensatz zum realen Körper, insbesondere im medialen frontalen Gyrus mit den Brodmann-Arealen 9, 10 und 11 sowie in

limbischen Strukturen, wie dem Hippocampus, dem Gyrus cinguli und dem Gyrus parahippocampalis.

- b. Die Kontrollprobanden zeigen im Unterschied zu den BIID-Probanden beim Anblick des eigenen amputierten im Vergleich zum realen Körper ( $\text{eigen\_a} > \text{eigen\_r}$ ) eine eher aversive Haltung, die durch eine Aktivierung in der Insula repräsentiert wird.

Die Hypothese 3b wird ebenfalls bestätigt. Im Gruppenvergleich KG versus BG zeigt sich beim Anblick des amputierten im Gegensatz zum realen Körper lediglich eine Mehraktivierung in der linken Insula, welche gut mit der von den Kontrollprobanden berichteten Abneigung und den Schrecken bei der Vorstellung eines amputierten Beines in Einklang zu bringen ist.

- c. Der Anblick der eigenen Amputationsbilder im Gegensatz zu den fremden Amputationsbildern ( $\text{eigen\_a} > \text{fremd\_a}$ ) ist für die BIID-Probanden emotional bedeutender als für die Kontrollprobanden. Dies zeigt sich in Aktivierungen des präfrontalen Kortex und des limbischen Systems. Die Kontrollprobanden zeigen keinen Unterschied in der Gehirnaktivität.

Hypothese 3c wird ebenfalls bestätigt. Dies wird bei den BIID Probanden dargestellt durch Bereiche des medial frontalen Gyrus sowie Strukturen des limbischen Systems, wie dem Hippocampus, dem Gyrus cinguli und dem Gyrus parahippocampalis.

#### **4. Bewertung der post-fMRT-Fragebögen**

Die BIID-Gruppe bewertet in den post-fMRT Fragebögen die eigenen Amputationsbilder ( $\text{eigen\_a}$ ) positiver, attraktiver, emotional intensiver und sexuell erregender als die eigenen realen Bilder ( $\text{eigen\_r}$ ).

Die 4. Hypothese wird durch die in Abschnitt 4.3 dargestellten Ergebnisse bestätigt. Die Bewertung aller Skalen des eigenen amputierten Körpers ist in der Valenz signifikant positiver als die Bewertung des eigenen realen Körpers.

## 5 Diskussion

### 5.1 Betrachtung des realen Körpers - eigen\_r

Schon in den Gesprächen mit den BIID Probanden wurde deutlich, dass sie ihren realen Körper nicht ablehnen, wie beispielsweise bei einer dysmorphen Störung. Sie empfinden ihr Bein nicht als hässlich sondern vielmehr als überflüssig. Sie identifizieren sich mit ihrem amputierten Körper und nicht mit ihrem unveränderten Körper. Daher erscheint mir naheliegend, dass der Anblick ihres realen Körpers zwar Selbst- und körperbezogene Areale zeigt, da sie ihren Körper als ihren eigenen erkennen, jedoch sollte die Identifikation und die Selbstbezogenheit bei den Kontrollprobanden zu ihrem intakten Körper deutlicher sein, da sie sich mit ihm, so wie er sich real darstellt, identifizieren. In den post-fMRT Fragebögen zeigt sich dies signifikant, da die Kontrollprobanden ihren realen Körper sowohl als angenehmer und auch attraktiver gegenüber ihrem amputierten Körper bewerten. Bei den BIID Probanden wird hingegen der amputierte Körper als angenehmer und attraktiver dargestellt.

Betrachtet man nun zuerst die einzelnen Gruppenstatistiken, fallen auf den ersten Blick keine großen Unterschiede auf. Nach Hodzic et al. präsentiert sich die Verarbeitung des Körperbildes in einem fronto-parietalen Körperidentifikationsnetzwerk und in einem parieto-occipitalen Körpererkennungsnetzwerk (Hodzic et al. 2009a). Teile dieser beschriebenen Netzwerke finden sich in beiden Gruppenstatistiken wieder. Bei den BIID Probanden fehlt jedoch gegenüber den Kontrollprobanden die Aktivität im medialen frontalen Gyrus, der bei dem angeführten Modell zum Körperidentifikationsnetzwerk gehört. Auch zeigt sich bei den BIID Probanden eine geringere Aktivität im Bereich des Gyrus fusiformis, dargestellt durch das Fehlen der Aktivität des Brodmann-Areal 19 im Gyrus fusiformis und durch die Größe der aktivierten Cluster im temporo-occipitalen Bereich. Das größte Cluster zeigt sich in der rechten Hemisphäre in diesem Bereich bei den Kontrollprobanden mit einer Voxelanzahl von 851 Voxel und einer Beteiligung des Fusiformen Gyrus von 15%. Im Gegensatz dazu zeigt sich das größte Cluster in diesem Bereich bei den BIID Probanden mit einer Voxelanzahl von 648 und einer Beteiligung des Gyrus fusiformis von 4%. Zum Gyrus fusiformis gehört die FBA (Peelen, Downing 2005). Dieses Areal spielt in dem Modell von Hodzic eine wichtige Rolle als Areal, welches Körperteile zu einem vollständigen Körper zusammenfügt und einen individuellen Körper identifiziert (Hodzic et al. 2009a). Hier könnte also schon ein erstes neuro-

nales Integrationsproblem der Körperteile der BIID Probanden beim Anblick ihres intakten Körpers zu finden sein. Es wäre eine genaue Region of Interest (ROI) Analyse des fusiformen und temporo-parietalen Bereichs von Nöten um die Regionen der FBA und auch der EBA detaillierter darzustellen. Geht man aber davon aus, dass der Schritt der Integration der Körperteile und Identifizierung im fusiformen Bereich schon ein Problem darstellt, erscheint es schlüssig, dass auch im letzten von Hodzic (Hodzic et al. 2009a) beschriebenen Schritt, der Verschlüsselung des Selbst im fronto-parietalen Netzwerk, Störungen auftreten, die wie bei den BIID Probanden durch eine fehlende Aktivierung des medialen frontalen Gyrus dargestellt sein könnten.

Eine weitere Überlegung, die eine Mehraktivierung im Bereich des Gyrus fusiformis erklären könnte, beruht auf einer Studie von Gauthier, der einen Anstieg der Aktivität im Bereich der FFA zeigt, wenn Experten in einem Gebiet Bilder aus diesem Bereich gezeigt bekommen, wie zum Beispiel Ornithologen beim Anblick von Vögeln (Gauthier et al. 2000). Peelen und Downing erklären unter anderem die Aktivität der FBA beim Betrachten von Körpern damit, dass erwachsene Personen Experten in dem Bereich der Körperwahrnehmung sind (Peelen, Downing 2005). Die gesunden Kontrollprobanden zeigen somit durch eine Mehraktivierung eine Expertise für intakte Körper und für die Formen, die ein intakter Körper mit sich bringt. Die BIID Probanden hingegen sind von Kindheit an nicht an dem vollständigen Körperbild interessiert. Sie sind fasziniert von der Ästhetik des amputierten Körpers und somit auch von den entsprechenden Formen, die eine Amputation mit sich bringt. Daher kann man sie als Experten für amputierte Körper und Formen ansehen. Es zeigt sich also eine sehr ähnliche Aktivierung des Temporallappens, einschließlich des Gyrus fusiformis, bei den BIID Probanden beim Anblick des amputierten Körpers und bei den Kontrollprobanden beim Anblick des realen, intakten Körpers, siehe hierzu auch die Temporallappenaktivität in Tabelle 5 und Tabelle 6.

Ein weiteres körperspezifisches Areal, welches sich nicht bei den Kontrollprobanden, aber bei den BIID Probanden aktiviert zeigt, ist ein Bereich im somatosensorischen Kortex. Im somatosensorischen Kortex gehen sensible Informationen aus den Nervenendigungen der Haut, Muskelspindeln, Sehnen- und Gelenkrezeptoren ein. Es ist daher anzunehmen, dass die Kontrollprobanden, durch die stärkere Identifikation mit ihrem intakten Körper, diesen auch eher wahrnehmen und spüren. Daher findet sich bei den BIID Probanden beim Anblick des amputierten Körpers, zu dem sie die stärkere Bin-

dung haben und mit dem sie sich identifizieren, eher die Aktivität im somatosensorischen Kortex als beim Anblick des realen Körpers.

Betrachtet man den Gruppenvergleich, zeigen Bereiche des Parietallappens, der Gyrus angularis und der Gyrus supramarginalis, bei den Kontrollprobanden eine Mehraktivierung beim Anblick des realen Körpers. Diese Bereiche sind höhere Assoziationszentren, in denen verschiedene Zentren vernetzt werden, wie die sekundäre Seh- und Hörrinde mit motorischen und sensorischen Arealen. Bei einem Ausfall dieser Region, meist linksseitig, können das Gerstmann oder teilweise synonym verwendete Angularis Syndrom auftreten, zu deren Ausfällen verschiedene Symptome gehören, wie zum Beispiel die Agraphie, Akalkulie, optische Agnosie oder Asomatognosie (Pschyrembel 2004). Vallar beschreibt, dass einige der Patienten mit Somatoparaphrenie eine Beteiligung des temporo-parietalen Bereichs zeigten (Vallar, Ronchi 2009) und Feinberg beschreibt eine Gruppe Patienten mit verbaler Asomatognosie, bei der die Mehrheit den Defekt im rechten supramarginalen Gyrus und der corona radiata aufwies (Feinberg 1997). Die Symptompräsentation der BIID Probanden weicht jedoch von der Somatoparaphrenie oder Asomatognosie ab, wie auch schon im Abschnitt 2.7.6 dargestellt wurde. BIID Betroffene sind sich darüber bewusst, dass ihr Bein zu ihnen gehört. Es ist ihnen nicht fremd. Dennoch haben sie das Gefühl, dass es nicht zu ihrem Körperbild und folglich zu ihrer Identität gehört. Hierin liegt die Überschneidung und auch der Unterschied zur Asomatognosie oder Somatoparaphrenie, denn die Betroffenen haben zwar das Bewusstsein, dass dieses Bein zu ihrem Körper gehört, sie empfinden aber, dass dies eigentlich nicht sein kann und es eigentlich nicht dazu gehören dürfte. Somit ist es durchaus vorstellbar, dass die BIID Betroffenen unterbewusst diesen Körperteil nicht als zugehörig erkennen, da er nicht im Körperbild repräsentiert wird. Daher kann durchaus ein Fehler in den Strukturen vorliegen, die zu Somatoparaphrenie oder Asomatognosie führen. Dieser Fehler beeinflusst jedoch nicht das Bewusstsein sondern eher das Unterbewusste der Betroffenen und unterscheidet sich darin von den erwähnten Störungen. Die Kontrollprobanden zeigten die Mehraktivierung in der linken Hemisphäre. Diese Mehraktivierung könnte bedeuten, dass entweder dieser Bereich bei den BIID Probanden gar nicht aktiviert wurde oder weniger aktiviert wurde als bei den Kontrollprobanden. Da die Aktivierung auch auf der linken Seite lag, ist es schwieriger sie mit der Somatoparaphrenie oder Asomatognosie in Verbindung zu bringen, da diese meist auf einem Schaden der rechten Hemisphäre beruhen, sie können aber, wenn auch seltener links

auftreten (Paulig et al. 2000). Dies würde jedoch mit der bevorzugten Amputationspräferenz unserer Probanden nicht übereinstimmen, da nur ein Proband eine rechtseitige Amputation bevorzugte. Beim Gerstmann Syndrom hingegen ist meist die linke Hemisphäre betroffen. Würde man eine Fehlverknüpfung oder Repräsentation in diesem Bereich erwarten, müsste es eher ein genereller Verarbeitungsprozess sein, der nicht, wie zum Beispiel die Repräsentation von linksseitigen sensiblen Stimuli eine Aktivierung im rechten somatosensorischen Kortex, voraussetzt. Man könnte sich eher eine Repräsentation des Selbstbildes vorstellen, die aus irgendeinem Grund durch fehlende oder veränderte Verknüpfungen im Assoziationskortex eine veränderte Information erhält und daher das reale und das imaginative Körperbild abweichen, so dass sich unterbewusst das Gefühl durchsetzt, dass diese Gliedmaßen nicht zugehörig sind.

Der superiore temporale Gyrus ist im Gruppenvergleich bei der Kontrollgruppe ebenfalls mehraktiviert. In der Einzelgruppenstatistik ist er auch nur bei der Kontrollgruppe zu finden. Dies erklärt sich am ehesten, indem man noch einmal zum Anfang der Betrachtung *eigen\_r* zurück schaut, in dem die Beantwortung der post-fMRT Fragebögen kurz dargestellt wurde. Hier zeigte sich, dass die Kontrollprobanden ihren eigenen unversehrten Körper angenehmer und attraktiver fanden, somit haben sie bei dessen Anblick ein positiveres und freudigeres Gefühl als die BIID Probanden und darin findet sich auch die Aktivierung wieder. Der superiore temporale Gyrus zeigte sich in einer Reihe neuronaler Studien zur Emotion Freude aktiviert (Vytal, Hamann 2010). Zur Verarbeitung dieser selbstbezogenen Emotion und der Selbstreflexion diesen Körper als angenehm zu empfinden, passt auch die Aktivierung im medial frontalen Kortex, die sich in der Gruppenstatistik nur bei den Kontrollprobanden nicht aber bei den BIID Probanden zeigt. Beide Aktivierungen, sowohl die des superioren temporalen Gyrus als auch die des medialen frontalen Gyrus, finden sich aber bei der Betrachtung der BIID Probanden beim Anblick des amputierten Körpers, so dass dieser Ansatz der Erklärung unterstützt wird.

Eine Beobachtung, die eher unerwartet war, zeigt sich bei den Kontrollprobanden mit der Aktivierung der Amygdala. Die BIID Probanden zeigen bei *eigen\_r* keine Aktivierung der Amygdala. Die Amygdalaaktivierung ist in Einklang zu bringen mit der Tatsache, dass für die Kontrollprobanden ihr eigenes Bild keinen neutralen Reiz darstellt. Sie zeigen, wie oben angeführt, eher positive Emotionen beim Anblick ihres Bildes. Garavan et al. zeigen in ihrer Studie eine Beteiligung der Amygdala bei sowohl positi-

ven als auch negativ valenzierten Stimuli (Garavan et al. 2001). Gegen diese Tatsache spricht jedoch die fehlende Aktivierung in dem Kontrast *eigen\_a*, der wie auch von den Probanden in den post-fMRT Fragebögen ausgefüllt, durchaus Emotionen auslöste, wie unter anderem auch neuronal durch die Insula repräsentiert. Ein weiterer Ansatz, der die Aktivierung erklären könnte, zeigt sich in der Aktivierung der Amygdala während der autobiographischen Erinnerung (Markowitsch et al. 2000). Die Kontrollprobanden erkennen ihren eigenen Körper und erinnern sich an die Situation, in der das Bild aufgenommen wurde. Piefke et al. zeigen ebenfalls eine Aktivierung der Amygdala bei positiven Erinnerungen (Piefke et al. 2003). Der Anblick des eigenen realen Körpers induziert daher eher bei den Kontrollprobanden eine angenehme Erinnerung als bei den BIID Probanden, die hier keine Aktivierung zeigen. Diese Erinnerungen an den eigenen realen Körper, könnten auch eine Erklärung für die Mehraktivierung der temporalen Region bei den Kontrollprobanden gegenüber den BIID Probanden sein, die sich sowohl im Gruppenvergleich, als auch in der Einzelgruppenstatistik darstellt. Die Aktivierung des Temporallappens bei autobiographischen Erinnerungen wird ebenfalls unter anderem in den beiden oben angeführten Studien dargestellt (Piefke et al. 2003), (Markowitsch et al. 2000).

## 5.2 Betrachtung des amputierten Körpers – *eigen\_a*

Der Anblick des Wunschkörpers löste bei den BIID Probanden eine Vielzahl von Eindrücken aus. Sie waren nach den fMRT Messungen meist emotional sehr aufgewühlt und bewegt. Sie genossen den Anblick der Bilder und verglichen diesen mit ihren bisherigen Vorstellungen und Phantasien. Gleichwohl schwang auch eine Art Melancholie mit, da die Realisierung, des auf dem Bild so nahe scheinenden Zustandes, doch so fern war. Diese starke Beschäftigung und Verbundenheit mit dem Wunschkörper stellt sich auch auf neuronaler Ebene mit Aktivierungen in verschiedenen Arealen dar. Es bestehen verschiedene Netzwerke, die man unterschiedlichen Systemen zuordnen kann. Es zeigen sich Aktivierungen, wie schon in den Hypothesen bestätigt, in einer großen Anzahl selbstbezogener Areale und es finden sich ebenfalls entsprechende Emotionskorrelate. Nicht in diesem Maße erwartet, zeigen sich jedoch auch Aktivierungen im Bereich der Bewegungsplanung, in Gedächtnisstrukturen und dem Belohnungssystem. Im Folgenden werde ich auf die einzelnen Systeme und Strukturen eingehen und versuchen die Verbindung und das Zusammenspiel dieser zu verdeutlichen.

### 5.2.1 Neuronale Korrelate des Körper- und Selbstbildes

In der Diskussion um die Repräsentation des realen Körperbildes (eigen\_r) zeigt sich, dass die Kontrollprobanden im Vergleich zu den BIID Probanden den größeren Selbstbezug, eine stärkere Verbindung und die stärkere Akzeptanz zu ihrem realen Körper haben. Wie schon mehrfach angedeutet, zeigt sich ein umgedrehtes Verhältnis bei den BIID Probanden, das heißt, sie zeigen den größeren Selbstbezug, eine stärkere Verbindung und die stärkere Akzeptanz zu ihrem amputierten Körper, nicht zu ihrem realen. Wie auch schon in den post-fMRT Fragebögen deutlich wurde, empfinden sie den amputierten Körper als angenehmer, attraktiver und sexuell erregender. Der stärkere Körper- und Selbstbezug wird deutlich, durch Aktivierungen, die bei eigen\_r nicht dargestellt werden, wie Aktivierungen im medialen frontalen Gyrus, im Gyrus fusiformis, dem somatosensorischen Kortex oder der Insula. Der mediale frontale Gyrus und der Gyrus fusiformis gehören unter anderem zu dem schon unter eigen\_r angeführten Körperidentifikations- und Körpererkenntnisnetzwerk von Hodzic et al. (Hodzic et al. 2009a). Es zeigen sich im Gruppenvergleich, eigen\_a > eigen\_r - BG > KG, Mehraktivierungen der BIID Probanden in allen Bereichen die Hodzic et al. zum Körperidentifikationsnetzwerk zählen, also dem Netzwerk, welches zwischen bekannten und unbekannt Körpern unterscheiden soll. Zu diesem Netzwerk gehören die FBA, der IPL sowie der mediale und inferiore frontale Gyrus (Hodzic et al. 2009a). Im Bereich des Self-Identification-Netzwerkes, das der Identifizierung des eigenen Körpers dient, zeigen sich keine Aktivierungsunterschiede zwischen der Kontrollgruppe und der BIID Gruppe. Nach dem Modell von Hodzic et al. (Hodzic et al. 2009a) könnte man daher am ehesten von einer Dysfunktion im Körpererkenntnis- und oder Identifikationsnetzwerk ausgehen. Es könnte aber auch eine Dysfunktion, in dem von ihnen beschriebenen letzten Schritt der Körperbildgenerierung und somit in einem fronto-parietalen Netzwerk, liegen. Dort zeigt sich im Gruppenvergleich bei den BIID Probanden sowohl im Kontrast eigen\_a > BL als auch eigen\_a > eigen\_r eine deutliche Mehraktivierung gegenüber den Kontrollprobanden. Dieses fronto-parietale Netzwerk enthält nicht nur körperbezogene Informationen, sondern auch Informationen aus anderen Bereichen des Gehirns, die zur Bildung des Selbst beitragen (Hodzic et al. 2009a).

Nach Hodzic et al. (2009) ist der parietale Kortex ein wichtiger Teil eines Netzwerkes, welches zum Bewusstsein des Selbst beiträgt. In ihm fließen propriozeptive und visuelle Signale, die wichtig für die Repräsentation des Körperschemas sind, zusammen und

werden verarbeitet (Hodzic et al. 2009b). Insbesondere dem superioren parietalen Kortex wird, wie im Theorieteil unter Abschnitt 2.3.2 erwähnt, besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Hier vermuten McGeoch et al. (2009) eine Dysfunktion, die eine Ursache für BIID darstellen könnte. Sie zeigen bei BIID Probanden eine verminderte Aktivierung des rechten superioren parietalen Kortex bei taktiler Reizung des kontralateralen Beines unterhalb der gewünschten Amputationslinie (McGeoch et al. 2009a). Bei rein visueller Betrachtung des realen Körpers, *eigen\_r*, wie in dem vorliegenden Design, kann ich jedoch keine Mehraktivierung des superioren parietalen Kortex bei der Kontrollgruppe gegenüber den BIID Probanden beobachten. Lediglich die zum Parietallappen gehörenden, linksseitigen Gyrus angularis und supramarginalis zeigen eine Mehraktivierung. In den Einzelgruppenstatistiken stellt sich im Kontrast  $\textit{eigen\_r} > \textit{BL}$  der superiore Parietallappen bei beiden Gruppen aktiviert dar. Im Gruppenvergleich  $\textit{eigen\_a} > \textit{BL}$  zeigt sich der superiore Parietallappen in der BIID Gruppe sogar als mehr aktiviert gegenüber der Kontrollgruppe. Daher ist auf visueller Ebene nicht von einer fehlenden Aktivierung im superioren Parietallappen auszugehen und die Beobachtung von McGeoch et al. (McGeoch et al. 2009a) können im visuellen Bereich nicht unterstützt werden.

Weitere Areale, die für den stärkeren Selbstbezug zum amputierten Körper stehen, werden durch die Insula und den anterioren cingulären Kortex (ACC) dargestellt. In einer Metaanalyse von Northoff et al., in der zwischen unbekanntem, bekanntem und selbstspezifischen Stimuli unterschieden wird, sind diese beiden Strukturen die Einzigen, die nur bei selbstspezifischen Stimuli aktiviert werden (Northoff et al. 2011). Und auch die starke emotionale Beteiligung der BIID Probanden beim Anblick des amputierten Körpers, stellt den Selbstbezug durch Aktivierung des ACC und der Insula dar. In den Gesprächen nach der fMRT Messung waren die BIID Probanden meist emotional aufgewühlt. Ihre Phantasie, wie es sein wird amputiert zu sein, wurde durch die Bilder stark angeregt. Der ACC im Bereich BA 32, der bei den BIID Probanden in der Einzelgruppenstatistik und im Gruppenvergleich, bei dem Kontrast  $\textit{eigen\_a} > \textit{eigen\_r}$  und  $\textit{eigen\_a} > \textit{BL}$ , aktiviert ist und Mehraktivierungen zeigt, spielt eine wichtige Rolle bei der Verarbeitung subjektiver Emotionen (Lane et al. 1997). Der ACC ist beteiligt an der Affektkontrolle (Kober et al. 2008), daher kann ein Anstieg in dieser Region sowohl die Affekte als auch die körperliche Aktivität beeinflussen. Diese Regulierung beeinflusst ebenfalls die Initiation und Motivation von Verhalten (Devinsky et al. 1995). Die somatische Komponente der starken Empfindungen, während des Betrachtens der Bilder,

wird unter anderem durch eine Aktivierung der Insula repräsentiert. Diese leitet interoceptive Informationen zur Amygdala (Craig 2002) und wertet durch homöostatische Änderungen eigene Empfindungen aus (Reiman et al. 1997). So wird beispielsweise durch die intensiven Empfindungen beim Betrachten der Amputationsbilder, auch reflektorisch das Herzzeitvolumen erhöht. Hier besteht die Aufgabe der Insula festzustellen, wieso dies so ist. Ist der Körper so erregt, weil Gefahr droht und gleich die Flucht ergriffen werden muss, weil das Bild vielleicht sexuell erregenden Charakter hat oder weil das Bild alle Sehnsüchte der letzten 20 Jahre verkörpert und das Ziel zum Greifen nahe erscheint? Die langjährigen Sehnsüchte nach einer Amputation des Beines könnten durch eine weitere Beteiligung der Insula erklärt werden, da sie an der Wiedervorstellung emotionaler Ereignisse beteiligt ist (Phan et al. 2004). Erinnerungen an die vergangene Zeit mit BIID sind meist, wie von den Probanden berichtet, mit unterschiedlichen Emotionen belegt. Positiv bei der Erinnerung an das letzte pretending Erlebnis oder mit Neid beim Treffen eines Amputierten, da man gerne auch endlich dieses Ziel erreichen würde. Die aktivierte Amygdala spielt ebenfalls eine Rolle im emotionalen autobiographischen Gedächtnis (Markowitsch et al. 2000), (Piefke et al. 2003), in der oben erwähnten Informationsübertragung mit der Insula (Craig 2002) und bei der Verarbeitung emotionaler Gedächtnisinhalte (LaBar, Cabeza 2006). Aufgrund der Stärke der emotionalen Beteiligung kann man sicherlich die Amygdalaaktivierung teilweise auch auf diesen starken Stimulus zurückführen. Für die Intensität beziehungsweise für das hohe Erregungsniveau spricht auch, dass man keine der von Vytal und Hamann (2010) beschriebenen Grundemotionen, Freude, Trauer, Ärger, Angst und Abscheu, klar abgrenzen kann, da bei den BIID Probanden Erregungen aller als spezifisch beschriebenen Regionen zu finden sind (Vytal, Hamann 2010). Dies wird auch von der Aussage der BIID Probanden gestützt, die mit gemischten Gefühlen, jedoch eher positiv valenziert, den fMRT Scanner verließen.

Neben dem schon oben erwähnten Körper- und Selbstbezug des medialen präfrontalen Kortex (mPFC), erfüllt er auch bei der Verarbeitung der eigenen Emotionen eine wichtige Funktion (Gusnard et al. 2001). Durch zahlreiche Verbindungen zum limbischen System besitzt er außerdem eine generelle Rolle in der Emotionsverarbeitung (Phan et al. 2004). Es zeigen sich im Gruppenvergleich bei den BIID Probanden sowohl im Kontrast  $\text{eigen}_a > \text{BL}$  als auch  $\text{eigen}_a > \text{eigen}_r$  zahlreiche Mehraktivierungen im präfrontalen Kortex und dem limbischen System. Diese sind sicherlich auf die intensive

emotionale Beteiligung zurückzuführen, aber auch auf die Selbstreflektion (Johnson et al. 2002) und Introspektion (Gusnard et al. 2001) der BIID Probanden, die berichteten, dass sie ihr imaginäres Bild mit dem im MRT vorgeführten Amputationsbild verglichen. Es wird vermutet, dass der mPFC auch eine Rolle spielt in der Wiedervorstellung und dem Monitoring von emotionalen Informationen (Ochsner, Gross 2005), (Ochsner et al. 2004) und beim Abruf des autobiographischen Gedächtnisses (Oddo et al. 2010). Dies würde auch zu den Beobachtungen passen, die oben in Zusammenhang mit der Aktivierung der Insula und Amygdala erwähnt wurden, die auch mit der Repräsentation von Gedächtnisinhalten in Verbindung stehen. Da das Gedächtnis eine wichtige Funktion in der Störung einnimmt, wird im Folgenden noch genauer auf die zugehörigen Strukturen und die Gedächtnisbildung eingegangen.

### 5.2.2 Gedächtnisbildung und zugehörige Strukturen

Der Wunsch amputiert zu sein, besteht bei allen BIID Probanden seit der Kindheit. Es ist ein Gedanke, der die Betroffenen jeden Tag beschäftigt und sie auch in ihren Handlungen beeinflusst. Die Vorstellung und auch das Nachahmen amputiert zu sein, beschäftigt das Gehirn seit 20, 30, 40 und sogar 50 Jahren. Verschiedene Auslöser regen die Betroffenen zu Phantasien an, wie zum Beispiel der Anblick eines körperbehinderten Menschen oder Dinge, die einem mit einer Amputation Schwierigkeiten im Alltag bereiten könnten, wie das Fehlen eines Fahrstuhles, unwegsames Gelände oder auch das problemfreie Arbeiten in einer Küche. Die Betroffenen spielen diese Probleme in ihren Gedanken viele Male durch. Jede einzelne Bewegung wird überlegt und wiederholt durchgeführt. Jedes Problem wird analysiert. Die Gedanken werden aber nicht nur gedacht, sondern tatsächlich durch Nachahmen umgesetzt und somit Bewegungsabläufe erlernt und trainiert. Viele Situationen werden gedanklich und wenn möglich real durchgespielt. Wegen der hohen gedanklichen Beschäftigung der Betroffenen ist es daher vorstellbar, dass Strukturen, die zum episodischen Gedächtnis gehören, aufgrund des Abrufens und Vergleichens früherer eigener Bilder aktiviert sind. Der Abruf von Informationen aus dem episodischen Langzeitgedächtnis erfolgt durch ein frontotemporales Netzwerk. Zu diesem gehören Teile des präfrontalen Kortex, anterolaterale Areale des Temporalpol, medial temporale Regionen, der posteriore Gyrus cinguli sowie der retrospleniale Kortex. Als beteiligte posteriore Region könnte der Precuneus zur visuellen Vorstellung während des Informationsabrufes beitragen. Diese visuellen Vorstellungen

gen sind vor allem spezifisch beim Abruf episodisch autobiographischer Erinnerungen (Kellermann, Piefke 2007). Das beschriebene frontotemporale Netzwerk, einschließlich des Precuneus, wird von den BIID Probanden beim Anblick ihres amputierten Körpers, Kontrast eigen\_a > BL, repräsentiert. Im präfrontalen Kortex zeigt sich bei den BIID Probanden mit BA 10 ein Areal, welches wiederholt in Verbindung gebracht wurde mit der Fähigkeit, sich an früher erlebte Ereignisse zu erinnern und diese wiederzuerleben, sowie dem Planen und Vorstellen der persönlichen Zukunft durch Projektion vergangener Erfahrungen. Diese Fähigkeit wird auch unter dem Begriff des autooetischen Bewusstseins zusammengefasst (Kellermann, Piefke 2007). Weitere Areale, die sich in Schaltkreisen der Gedächtniskonsolidierung und -enkodierung wieder finden, sind unter anderem die Amygdala und der Hippocampus. Damit eine Information ins Langzeitgedächtnis übernommen werden (gelernt/enkodiert) und somit bei Bedarf wieder abgerufen werden kann, muss sie vorher einige Prozesse durchlaufen. Über eine sensorische Bahn wird die Information aufgenommen, die kurzzeitig in kortikalen Assoziationsarealen, wie zum Beispiel dem parietalen Kortex, gespeichert wird. Danach erfolgt die Enkodierung<sup>3</sup> und Konsolidierung<sup>4</sup> der kognitiven und emotionalen Informationen im limbischen System, welches die Information evaluiert und über die zahlreichen Verbindungen zu neokortikalen Strukturen zur endgültigen Speicherung zu diesen überträgt. Die Bewertung und Verarbeitung affektiver und emotionaler Aspekte erfolgt im basolateralen limbischen Schaltkreis, zu dem die Amygdala, der dorsomediale Thalamus und die subkallosale Region des basalen Vorderhirns gehören. Im Papez-Schaltkreis erfolgen eher kognitive Aspekte der Informationsverarbeitung. Es erfolgt die Evaluation, die Verknüpfung und die Übertragung von Informationen in das Langzeitgedächtnis. Zu diesem Schaltkreis werden die Mamillarkörper, der Hippocampus, der anteriore Thalamus und der Gyrus cinguli gerechnet (Kellermann, Piefke 2007). Interessant erscheint, dass große Teile dieser Netzwerke, wie die Amygdala, der dorsomediale Thalamus, der Hippocampus, die Mamillarkörper und der Gyrus cinguli, bei den BIID Probanden beim Anblick ihres amputierten Körpers aktiviert werden, bei den Kontrollprobanden hingegen nicht. Welche Rolle diese Aktivierungen in dem Störungsbild spielen, bleibt zu diskutieren. Es scheint sogar, als sei nicht nur das episodische Gedächtnis involviert, sondern

---

<sup>3</sup> Verarbeitung von Informationen zur Überführung ins Langzeitgedächtnis

<sup>4</sup> Verfestigung des Erlernten in neuronalen Strukturen zum Beispiel durch wiederholen der Information.

auch das prozedurale Gedächtnis, auf welches im nächsten Abschnitt ausführlich eingegangen wird.

### 5.2.3 Das prozedurale Gedächtnis und Bewegung

Das prozedurale Gedächtnis speichert hochgradig automatisierte Handlungen und Fertigkeiten, die in der Regel antrainiert oder trainierbar sind, wie zum Beispiel Autofahren, Klavierspielen oder das Lesen von Wörtern (Markowitsch 2007). Speicherung und Abruf erfolgen mit Hilfe der Basalganglien, dem Kleinhirn, frontalen und parietalen Regionen, wie den sensorischen und motorischen Kortexarealen (Mochizuki-Kawai 2008), (Trepel 2003). Betrachtet man nun die Aktivierungen der BIID Probanden innerhalb des Kontrastes  $\text{eigen}_a > \text{BL}$ , zeigt sich eine vollständig geplante Bewegungsabfolge. Es wird angenommen, dass die Absicht beziehungsweise der Antrieb eine Bewegung auszuführen, in Strukturen des limbischen Systems entsteht. Von dort wird der Impuls weitergeleitet an den Assoziationskortex sowie an die prä- und supplementär-motorische Rinde, um einen Bewegungsentwurf zu planen. Gleichzeitig werden noch zwei weitere Schleifen aktiviert, die an der Entstehung einer Bewegung beteiligt sind. Dies ist einmal eine Schleife über die Basalganglien und eine dritte Schleife über das Kleinhirn. Die drei Schleifen konvergieren im Thalamus, der den Bewegungsentwurf bei einer Ausführung an den motorischen Kortex und von dort an das Rückenmark weitergibt (Trepel 2003). Bei den BIID Probanden zeigen sich BA 6 als das supplementär-motorische Areal und primär motorischen Rindenanteilen in BA 4 aktiviert. Dort und in parietalen Rindenanteilen entsteht die geplante Bewegung. Die Schleife über, das auch hier aktivierte Kleinhirn, sorgt für eine Feinabstimmung der Bewegungsabläufe. Passend hierzu findet sich auch eine Aktivierung im Nucleus ruber, der unter Beteiligung der Olive dem Kleinhirn wiederholt Informationen zur Feinabstimmungen liefert (Trepel 2003), (Boecker et al. 2008). Das Zusammenspiel der Basalganglien bestimmt dann, ob die Bewegung ausgeführt oder unterdrückt wird. Bei den BIID Probanden sieht man deutliche Aktivitäten in den einzelnen Strukturen der Basalganglien, wie dem Striatum oder dem Pallidum. Im Gruppenvergleich zeigt sich im Kontrast  $\text{eigen}_a > \text{BL}$  bei den BIID Probanden eine Mehraktivierung im medialen Pallidum, welches letztendlich mit hauptverantwortlich ist für die Unterdrückung der Bewegung. Die Informationen der einzelnen Schleifen konvergieren im Nucleus ventralis anterolateralis des Thalamus, der sich bei den BIID Probanden durch den Nucleus ventrolateralis aktiviert

zeigt. Hier enden die Schleifen der exakt geplanten Bewegung. Der Bewegungsentwurf wird somit nicht zur Ausführung an den Kortex weitergeleitet. Auch Aktivierungen in der Substantia nigra, die sich ebenfalls bei den BIID Probanden aktiviert zeigt, werden bei der Bewegungsplanung und nicht nur beim Ausführen einer Bewegung dargestellt (Boecker et al. 2008). Es scheint erstaunlich, dass allein der Anblick ihres amputierten Körpers dazu fähig ist, den Abruf oder die Planung einer vollständigen Bewegungsabfolge auszulösen. In Gesprächen mit den BIID Probanden scheint die Bewegung für sie auch eine große Rolle zu spielen, insbesondere die Ästhetik der Bewegung des behinderten Gliedes. Die BIID Probanden stellen sich die Bewegung des Stumpfes genau vor, so zum Beispiel wie er zwischen den Gehhilfen beim Gehen mitschwingt. Von diesen speziellen Bewegungen geht eine Faszination und Bewunderung aus. So wird von einem Probanden beschrieben, dass er keine Prothese im Falle einer Amputation tragen möchte, um die Faszination des Besonderen zu erhalten. Verstärkend wird diese Bewegung aber nicht nur vorgestellt, sondern auch mit intensiven Gefühlen nachgeahmt. Durch das Hochbinden des Beines wird der ersehnte Bewegungsablauf trainiert. Daher ist es nachzuvollziehen, dass nach vielen Jahren des mentalen und körperlichen Trainings, dieser Bewegungsablauf genau eingespeichert ist. Profigolfer zeigen zum Beispiel ein unterschiedliches Aktivierungsmuster allein bei der Vorstellung eines Abschlages im Gegensatz zu Golfneulingen (Milton et al. 2007). Dies verdeutlicht die Plastizität der Neuronen, die durch Training Verbindungen von Hirnstrukturen modifizieren und stärken können. Es bleibt jedoch die Frage, worin der Vorteil oder der Auslöser besteht, dass die BIID Probanden bei einem statischen Bild einen Bewegungsablauf erleben oder sich gerne die Bewegung vorstellen? Um dies zu klären, muss man noch einen Blick auf weitere Aufgaben beziehungsweise Verbindungen der Basalganglien zu anderen Hirnstrukturen werfen.

#### 5.2.4 Das mesolimbische Dopaminsystem

Die Basalganglien sind nicht nur an der Planung und Ausführung von Bewegung beteiligt, sondern auch an der Regulation kognitiver und emotionaler Impulse, wie beispielsweise innerhalb des Belohnungssystem, bei positiver oder negativer Verstärkung, beim Suchtverhalten oder bei Erlangen von Routine im Bezug zum prozeduralen Gedächtnis (Stathis et al. 2007). Die Basalganglien haben zahlreiche Verbindungen zu präfrontalen Arealen (Middleton, Strick 2002) und auch zum limbischen System (Fudge

et al. 2002). Klassische Erkrankungen der Basalganglien, wie Parkinson oder Chorea Huntington, zeigen sekundäre Erkrankungen, wie Depressionen, die in Zusammenhang mit einer reduzierten metabolischen Aktivität im orbitofrontalen Kortex und dem Nucleus caudatus stehen (Mayberg 1994). Neurologische Erklärungsmodelle für Zwangserkrankungen legen ebenfalls eine basalganglionäre Beteiligung nahe. Bei Zwangserkrankungen findet sich eine erhöhte Aktivität in einem fronto-striatalen Netzwerk. Im orbitofrontalen Kortex, im ACC, im Thalamus und im Caput des Nucleus caudatus stellen sich Hyperaktivitäten dar (Aouizerate et al.), (Baxter 1992). BIID weist eine gewisse Ähnlichkeit zu Zwangserkrankungen auf, in der Form, dass der Gedanke amputiert zu sein, sich zwanghaft in verschiedenen Situationen aufdrängt und sich nur schwer bis gar nicht unterdrücken lässt. Diese Parallele könnte durch die Beteiligung ähnlicher Strukturen in beiden Störungen bedingt sein. Die angeführten Beispiele verdeutlichen den Einfluss, den Basalganglien bei verschiedenen neurologischen, aber auch psychiatrischen Erkrankungen spielen können und legen nahe, dass diese auch in der Störung BIID eine wichtige Rolle übernehmen könnten, auf die im Folgenden noch einmal eingegangen wird.

Wie oben schon erwähnt, spielen Teile der Basalganglien auch im Belohnungssystem, dem mesolimbischen Dopaminsystem, eine wichtige Rolle. In den letzten Jahren diskutierten Forscher eine mögliche Verbindung des Belohnungssystems zum Konzept des Selbst (de Greck et al. 2008), (Enzi et al. 2009). Northoff und Hayes stellen die Frage: „Is our self nothing but reward?“ (Northoff, Hayes 2011, S.1019) und präsentieren drei mögliche Modelle, wie die einzelnen Systeme verknüpft sein könnten. Von dieser Frage lässt sich eine weitere ableiten, und zwar, inwiefern das Selbstkonzept eines BIID Betroffenen vom Belohnungssystem beeinflusst wird oder abhängig ist? In einer Studie zeigten sich Aktivierungen in selbstspezifischen und belohnungsbezogenen Arealen bei dem Anblick von Personen, von denen man wusste, dass sie einen mögen (Davey et al. 2010). Das soziale Bedürfnis gemocht zu werden, ist also in der Lage das Belohnungssystem und selbstspezifische Areale zu aktivieren. In seinem Review verweist Northoff ebenfalls auf den Zusammenhang, dass Erinnerungen an individuelle Erfahrungen direkt belohnungsbezogene Prozesse involvieren können (Northoff, Hayes 2011). Dies ist gut vereinbar mit den Aktivierungen der BIID Probanden beim Anblick des eigenen amputierten Körpers und den positiven Emotionen beziehungsweise dem Verlangen nach diesem Zustand, der beim Anblick vorherrscht. Im heutigen wissenschaftlichen

Sprachgebrauch umfasst das Belohnungssystem nicht mehr nur die durch Stimuli auszulösende Freude oder das Angenehme. Diese Sichtweise steht sehr in der Kritik (Salamone 2007), (Berridge 2007). Vielmehr spielt das Dopaminsystem auch eine Rolle bei der Anreizhervorhebung (incentive salience), dem Verlangen (wanting) (Berridge 2007), der Vorliebe (liking) (Peciña et al. 2006), sowie beim instrumentellen Lernen, bei der klassischen Konditionierung, bei der Belohnungserwartung und in der Verhaltensaktivierung (Salamone 2007), (Northoff, Hayes 2011). Somit wirkt das Dopaminsystem modulierend für verschiedene Verhaltensweisen und trägt zur Aufrechterhaltung dieser bei. Inwiefern es bei den BIID Patienten eine Rolle spielen könnte, wird im Folgenden beschrieben.

### 5.2.5 Mögliches Pathogenesemodell der Störung BIID

Aufgrund der oben angeführten Hintergrundinformationen könnte man sich folgendes Modell der Pathogenese vorstellen:

Als Auslöser der Störung ist sowohl eine psychische als auch eine genetische Ursache vorstellbar oder gar ein Zusammenspiel dieser.

Man stelle sich ein kleines Kind vor, dessen Welt in Ordnung ist, wenn es genug zu Essen und zu Trinken bekommt, ausreichend schläft, von seinem Umfeld geliebt wird und auch kognitiv ausreichend angeregt wird. Nun stellt man sich ein Kind vor, das zwar ausreichend Nahrung und Schlaf hat, aber nicht die Liebe und Aufmerksamkeit erhält und damit die Anregung, die es benötigt, um sich wohl zu fühlen und ein stabiles Bild seines Selbst zu entwickeln. Dieses Kind ist aber dennoch ein aufgewecktes Kind, so dass es sich neugierig und aufmerksam auf die Suche macht, um die Lücke in sich zu schließen. Dieses Kind trifft eines Tages einen körperbehinderten Menschen, um den sich liebevoll gekümmert wird, der Aufsehen erregt, weil er etwas kann, was andere nicht behinderte kaum schaffen oder der einfach nur etwas Besonderes ist, weil er sich anders bewegt und anders aussieht als die übrigen Menschen. Das Kind ist fasziniert von dieser Person und von der neuen Entdeckung. Dieses Neugierverhalten und die Neugiermotivation sind bei Lebewesen natürliche Bedürfnisse (Edelmann 2000). Die Anregung des Neuen in einem positiven Kontext, führt zur Aktivierung des mesolimbischen Dopaminsystems (Spanagel, Weiss 1999). Bekommt man dieses zuvor so interessante Neue jedoch öfter gezeigt, führt dies nicht mehr zu einem Anstieg sondern zu einer Abnahme der Aktivierung des Dopaminsystems (Spanagel, Weiss 1999). So zum

Beispiel in einer Schulklasse, in der ein Kind ein Bein gebrochen hat. Alle möchten gerne einmal die Gehhilfen ausprobieren. Nachdem man aber ein paar Mal damit gelaufen ist und sie ausreichend erforscht hat, sind sie nicht mehr so spannend und auch das Kind mit dem gebrochenen Bein ist froh sie los zu werden und wieder rennen zu können. Was muss nun also passieren, dass dies nicht der Fall ist? Beim oben beschriebenen Anblick empfindet das Kind demzufolge nicht nur Neugier sondern assoziiert die Situation mit weiteren emotionalen Eigenschaften. Vielleicht ist die ganze Situation an sich schon emotional belegt, da eine andere Bezugsperson großes Mitleid empfindet und dem behinderten Menschen große Aufmerksamkeit geschenkt wird, eben diese, nachdem unser Kind sucht. Oder das Kind bewunderte den behinderten Menschen so sehr, da er etwas Besonderes darstellt, und das Kind auch gerne etwas Besonderes wäre. Es verknüpft somit die Behinderung mit positiven Erwartungen und Gefühlen, die durch das Verhalten anderer noch verstärkt werden (Mitleid, Beachtung) und speichert diese Situation als sehr emotionales Ereignis in sein Gedächtnis. Bei diesem Vorgang des assoziativen und Verstärkungslernen spielt das Dopaminsystem wieder eine tragende Rolle (Redgrave et al. 1999), so dass ähnliche Situationen ähnliche Emotionen durch die Erinnerung auslösen können. Das Kind malt in seiner Phantasie diese Situation der besonderen Begegnung immer wieder aus und konsolidiert so die Gedächtnisspur, weshalb die Probanden sich wahrscheinlich heute noch so gut an das „Schlüsselereignis“ erinnern können. Die Erinnerung allein schafft es jedoch nicht, das Verlangen nach dieser Situation zu stillen oder das gute Gefühl dieser Situation aufrecht zu erhalten. Und da die Stärke der Emotionen das Potential zeigt, die vorhandene Lücke zu schließen, muss nach Mechanismen gesucht werden, dieses Gefühl aufrecht zu erhalten, um es in Situationen, in denen es besonders gebraucht wird, abzurufen. Das Kind fängt an eine Behinderung heimlich nachzuahmen, begleitet von dem Verstärker der Spannung von den Eltern nicht dabei erwischt zu werden. Grundlagen der Bewegungsabläufe im prozeduralen Gedächtnis, die wir viele Jahre später mit Hilfe der fMRT gezeigt bekommen, werden gelegt. Oder das Kind beobachtet behinderte Menschen auf der Straße oder im Schwimmbad und ist dabei weiterhin fasziniert und emotional aktiviert. Um aber das bisher gedankliche Konstrukt und die positiven Emotionen aufrecht zu erhalten, entwickelt das Kind im Laufe der Zeit eine Motivation, die Motivation selbst körperbehindert zu werden. Ein Ziel das höher, da nicht direkt umsetzbar, kaum gesteckt sein könnte. Durch die hohe Zielsetzung bedarf es einer starken Motivation um durch-

zuhalten und das Ziel nicht aus den Augen zu verlieren. Durch diese Motivation werden die schon begonnenen Lernprozesse unterstützt und weiter fixiert. Es wird vermutet, dass die motivationale Komponente eines Stimulus einen wichtigen Faktor bei Verstärkungsprozessen darstellt (Salamone 2006). Es ist daher vorstellbar, dass die Vorstellung selbst amputiert zu sein und auch das Nachahmen, als sekundäre Verstärker wirken, um das Ziel selbst so zu sein, zu erreichen. Als primärer Verstärker wirken in dem angeführten Modell die Zuneigung und Aufmerksamkeit, die die körperbehinderte Person erhält, aber auch die Befriedigung des Neugierverhaltens. Durch einen Dopaminanstieg, während der positiven Verstärkung zum Beispiel beim Nachahmen, wird der direkte, bewegungsfördernde Weg in den Basalganglien aktiviert und ermöglicht so Lernprozesse (Frank et al. 2004). Die Lernprozesse laufen teilweise automatisiert im prozeduralen Gedächtnis der BIID Probanden ab, so dass, wie bei einem Süchtigen, verschieden Auslöser oder Reize genügen, um diese Automatismen abzuspielen, wie etwa das Foto eines Amputierten, das einen immensen Aktivitätsanstieg und starke Emotionen zur Folge hatte. Die Automatismen lösen somit nicht nur die Vorstellung aus, wie es ist amputiert zu sein, sondern auch über emotionale Gedächtnisinhalte ein positives und gutes Gefühl bei der Vorstellung dieses Zustandes. Die sexuelle Komponente von BIID passt insofern zu dem aufgebauten System, als dass sie die Motivation und die Emotionen amputiert zu sein noch einmal verstärkt und die Beschäftigung mit der Thematik erhöht. Die Basalganglien scheinen auch eine Rolle beim sexuellen Verlangen zu spielen. So haben Patienten nach einem Schlaganfall in diesem Bereich häufig ein vermindertes sexuelles Verlangen (Jung et al. 2008). Die Beschäftigung mit BIID ist für die Probanden positiv. Sie kann entspannend, aber auch anregend sein. Sie ist auch eine Art sichere Zuflucht, die man ungern wieder her gibt, denn sie ist fest im Gehirn und somit in einem selbst verankert. Negativ erscheint in Gesprächen meist nur die Schwierigkeit, das Verlangen und die Sehnsucht nach dem ersehnten Zustand nicht befriedigen zu können und damit nicht man selbst sein zu können. Body Integrity Identity Disorder wurde über viele Jahre erlernt. Was dies für die Struktur des Gehirns bedeutet, beschreibt sehr schön ein Satz von Pinel: „Lernen ist die Induktion neuronaler Veränderung aufgrund von Erfahrung, und Gedächtnis ist die Aufrechterhaltung und verhaltensrelevante Anwendung dieser Veränderung.“ (Pinel 1997, S.405).

Es ist daher verständlich, wieso auch die Seitenpräferenz und die genaue Höhe so fixiert sind. Im Gedächtnis wurde eine bestimmte Höhe auf einer bestimmten Seite konsoli-

diert. So kann der Seitenwunsch zu Beginn der Störung sicherlich wechseln, es ist aber sehr unwahrscheinlich, dass dies bei einem älteren BIID Betroffenen geschieht.

Dennoch bleibt bei dieser Sichtweise die Frage offen, wieso dann nicht jedes Kind mit einem emotionalen Defizit BIID hat? Hier könnte man sich daher eine genetische Prädisposition vorstellen, die die Betroffenen für eine solche Störung anfälliger macht. Ähnlich wie man in Zwillingsstudien einen genetischen Faktor fand, der das Risiko für Substanzmissbrauch und Verhaltensstörungen erhöht (Slutske et al. 1998), (Kendler et al. 2003). Es wird auch gezeigt, dass eine starke Suche nach Neuem und ein geringes Vermeidungsverhalten gegenüber Schaden, zu einem frühen Beginn des Substanzmissbrauchs bei Jungen führt (Masse, Tremblay 1997). Auch vorstellbar wäre ein Fehler im Genom der Region um EBA oder FBA, die für die Identifizierung von Formen und Körperteilen grundlegend ist. Downing et al. (2001) vermuten für den EBA und FFA eventuell eine genetische Grundlage (Downing et al. 2001). Die Vorstellung einer genetischen Mutation im Bereich der Körperformen wäre sehr ähnlich der Hypothese von Ramachandran et al. (2009), die vermuten, dass das Körperbild genetisch determiniert ist und dass bei BIID Probanden dieses Bild, das eines Amputierten ist. Wenn dies so wäre, wäre es erstaunlich und beeindruckend, welche Mechanismen das Gehirn benutzt, um das Ziel der Amputation zu erreichen beziehungsweise wie es den Fehler zwischen realem und imaginärem Körperbild versucht auszugleichen. Es bleibt also die Frage, ob BIID durch Erfahrungen erlernt ist oder ob eine genetische Ursache zu solchen neuronalen Veränderungen führt.

### 5.3 Betrachtung des fremden Körpers

Der fremde Körper zeigt in den verschiedenen Kontrasten generell eine geringere Aktivität als der eigene Körper. Beim Anblick des eigenen realen Körpers versus dem fremden Körper zeigt sich in der Kontrollgruppe eine Mehraktivierung in somatosensiblen Bereichen und im Precuneus. Dies könnte an der schon unter dem Kontrast eigen\_r (Abschnitt 5.2) erklärten engeren Beziehung der Kontrollprobanden zu ihrem realen Körper liegen. Sie empfinden ihren realen Körper eher als den fremden Körper und zeigen somit den stärkeren Bezug zu ihrem realen Körper gegenüber den BIID Probanden. Derselbe Kontrast zeigt bei den BIID Probanden eine Mehraktivierung im rechten mittleren temporalen Gyrus und im linken Nucleus caudatus. Piefke et al. (2003) zeigen in

einer Studie beim Abruf negativer episodisch-autobiographischer Informationen eine erhöhte Aktivierung des rechten mittleren temporalen Gyri (Piefke et al. 2003). Die BIID Probanden verbinden mit dem Anblick ihres eigenen Körpers gegenüber eines fremden Körpers eher negative Emotionen, denn dieser Körper erinnert sie daran, dass sie nicht so sind, wie sie sein möchten, nämlich amputiert. Der Nucleus caudatus ist ebenfalls unter anderem am Abruf des autobiographischen Gedächtnisses beteiligt (Burianova, Grady 2007).

Beim Anblick des amputierten fremden Körper versus der Baseline zeigt sich im Gruppenvergleich bei den BIID Probanden eine Mehraktivierung im ACC, in präfrontalen und parietalen Bereichen. Der ACC in Verbindung mit dem präfrontalen, speziell dem lateralen und dorsolateralen Kortex, zeigt Aktivierungen beim Auftreten von sowohl kognitiven als auch emotionalen Konflikten und bei der Konfliktlösung (Etkin et al. 2006), (Carter, van Veen 2007), (Sohn et al. 2007). Speziell diese Areale, repräsentiert durch den ACC, BA 46 und BA 9, zeigen sich bei den BIID Probanden aktiviert. Die BIID Probanden berichteten in den Gesprächen, dass sie gerne amputierte Personen betrachten. Sie verbinden mit ihnen jedoch unterschiedliche Gefühle. Wenn sie einem Amputierten auf der Straße begegnen, sind sie sich darüber bewusst, dass die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, dass ihr gegenüber freiwillig amputiert ist. Daher haben sie Mitleid oder besonderen Respekt davor, wie er sein Leben meistert. Gleichwohl sind sie aber auch neidisch, denn er erlebt das, was sie gerne erleben würden. Daher spiegelt sich dieser Konflikt vermutlich auch neuronal wieder. Sie wären auch gerne amputiert, wie der Fremde auf dem Bild und daher zeigt sich auch der inferiore Parietallappen aktiv, der wie in Abschnitt 2.10.2 ausführlich beschrieben, an der Repräsentation des eigenen Körperbildes beteiligt ist. Dazu könnte auch die Mehraktivierung des somatosensiblen Kortex passen, da die BIID Probanden genau wissen, wie sie sich die Amputation vorstellen, wo die Amputationslinie ist und sogar wie sich der Stumpf vermutlich anfühlt, so dass diese Aktivierung durchaus für ein neuronales Abrufen dieses Gefühls stehen könnte. Dies könnte auch erklären, wieso man keine Mehraktivierung des somatosensiblen Kortex im Kontrast eigenes Amputationsbild gegen fremdes Amputationsbild ( $\text{eigen}_a > \text{fremd}_a$ ) findet, obwohl er im Kontrast eigenes Amputationsbild gegen die Baseline bei den BIID Probanden als Mehraktivierung vorhanden war. Der Kontrast  $\text{eigen}_a > \text{fremd}_a$ , BIID Probanden gegen Kontrollprobanden zeigt mit seinen Mehraktivierungen, wie auch schon in anderen Kontrasten zu sehen war, den stärkeren Selbst-

bezug zum eigenen amputierten Körper. Dies wird dargestellt durch Aktivierungen des medialen frontalen Gyrus. Die Aktivierungen des Kontrastes zeigen aber auch, wie schon bei *eigen\_a* (Abschnitt 5.3) beschrieben wurde, die starken Verknüpfungen des eigenen amputierten Körpers in Strukturen des episodischen und prozeduralen Gedächtnisses, die ein fremder amputierter Körper nicht in der Lage ist auszulösen.

#### 5.4 Methodische Kritik und Ausblick

Ein Kritikpunkt an der hier vorliegenden Studie und der fMRT Studien allgemein, ist die geringe Stichprobengröße. In der hier vorliegenden Studie sind 11 BIID sowie 11 Kontrollprobanden eingeschlossen. Obwohl man in der einzelnen Gruppenstatistik ein gutes Signifikanzniveau von  $p < 0.01$  FDR erzielen konnte, liegt das Signifikanzniveau des Gruppenvergleiches bei  $p < 0.001$  unkorrigiert. Hier wären sicherlich bei einer größeren Stichprobe noch deutlichere Ergebnisse zu erwarten. Allerdings muss man festhalten, dass die vorliegende Studie bisher die einzige fMRT-Studie ist und es sehr schwierig ist, BIID-Probanden für Studien mit persönlichen Begegnungen zu gewinnen. Ein weiteres Problem stellt die Heterogenität der Probanden dar. So gibt es Unterschiede in der Störungsdauer. Während der Jüngste ungefähr von 20 Jahren berichtet, leidet der Älteste seit ca. 55 Jahren unter BIID. Dies hat sicherlich auch Auswirkungen auf die neuronale Repräsentation und die Stärke der Verknüpfungen. Hier wäre zumindest eine Einzelfalldarstellung von Interesse, da es aufgrund der nur schwer abzuschätzenden Prävalenz der Störung vermutlich nicht möglich ist, größere Stichproben einer Altersklasse zu erhalten. Der Amputationswunsch stellt sich unter den Probanden auch unterschiedlich dar, insofern als dass zwei Probanden eine beidseitige Amputation wünschen und ein Proband eine rechtsseitige. Unterschiede in der Verarbeitung emotionaler Aspekte sind hierbei sicherlich nicht zu erwarten, jedoch wäre zu prüfen, ob die kontralaterale Hemisphäre in der Darstellung des Körperschemas stärker eingebunden wird. In weiteren Studien sollte man versuchen diese Heterogenität zu vermeiden, um die Varianz möglichst gering zu halten. Ein weiterer Unterschied der BIID Probanden liegt in ihrer sexuellen Orientierung und auch in der Verknüpfung von BIID mit der Sexualität. So geben zwei Probanden keine sexuelle Beteiligung in Zusammenhang mit BIID an. Daher wäre es von Interesse, wenn man diese Aspekte in Augenschein nimmt, diese Probanden aus der Gruppenstatistik auszuschließen und durch zwei weitere, die ebenfalls angeben BIID mit ihrer Sexualität zu verbinden, zu ersetzen, um dann die Daten

vergleichen zu können und die sexuelle Komponente sichtbar zu machen. In weiteren Studien könnte man auch homosexuelle von heterosexuellen Probanden trennen und den heterosexuellen Probanden auch Bilder von amputierten Frauen zeigen, um die sexuelle Verknüpfung mit der Störung noch genauer zu untersuchen. Es wäre interessant zu sehen, ob das sexuelle Arousal beim Anblick einer fremden amputierten Person stärker ist, als beim Anblick des eigenen amputierten Körpers. Die bisherigen Ergebnisse lassen vermuten, dass durch die starke Fixation der BIID Probanden auf sich selbst, dies nicht so ist. Als problematisch stellt sich in der Studie auch die Rekrutierung der Probanden dar. Diese erfolgte via Internetforen. Somit sind schon alle Betroffenen ausgeschlossen, die zu diesem Zeitpunkt nicht in Internetforen aktiv waren. Des Weiteren erhält man durch diese Art der Rekrutierung auch nur Probanden, die wissenschaftlich interessiert sind und Zeit und Mittel haben an einer Studie teilzunehmen. Wie uns die Probanden berichteten, kannten sie sich teilweise durch die Internetforen untereinander, daher ist davon auszugehen, dass die Probanden, die gegen Ende der Studie gemessen wurden mit einer anderen Erwartungshaltung gemessen wurden, als noch die ersten Teilnehmer. Es ist jedoch anzunehmen, dass dies für die Betrachtungen des Körperbildes keine Relevanz hat. Vorstellbar wäre eine stärkere emotionale Anspannung durch die Erwartungshaltung, die aber durch die Gruppenberechnung nicht statistisch signifikant sein dürfte.

Um in Zukunft die Störung besser verstehen zu lernen, ist es sicherlich von Bedeutung nicht nur Männer einzubinden, wie in unserer Studie, sondern ebenso die neuronalen Aktivierungen bei Frauen zu betrachten. Da, wie in früheren Studien gezeigt wurde, scheinbar Geschlechtsunterschiede bezüglich der Anzahl der amputierten Gliedmaßen bestehen. Frauen zeigten dabei häufiger den Wunsch nach Mehrfachamputationen (Blanke et al. 2008), (First 2005). Hier wäre dann sicherlich auch eine ROI-Analyse von Bedeutung, denn schon 2001 vermuteten Downing et al. (Downing et al. 2001) eine vielleicht genetische Komponente der EBA oder der FFA und Taylor et al. (Taylor et al. 2007) vermuteten eine Repräsentation der Körperteile ähnlich des somatosensorischen Kortex. Somit wäre es sicherlich sinnvoll, auch die Ergebnisse der vorliegenden Studie einer ROI-Analyse zu unterziehen, um eine eventuell verringerte Aktivierung bei der Verarbeitung der Körperteile sichtbar zu machen. Interessant wäre auch eine entsprechende Genanalyse der BIID Betroffenen, da es durchaus möglich ist, dass hier eine Ursache für BIID zu finden ist. In diesem Zusammenhang könnte man sich auch eine

Bildpräsentation vorstellen, bei der die Betroffenen nicht die gewünschte Gliedmaße amputiert bekämen. Beim Anblick dieser Bilder müsste ein Verarbeitungsunterschied zum Anblick des gewünschten Amputationszustandes vorliegen. Auch die emotionale neuronale Antwort müsste eine andere sein. Dies wäre natürlich kein Beweis für eine genetische Komponente, würde aber die starke Determination auf ein bestimmtes Körperteil darstellen. Aufschlussreich könnte auch eine Aktivitätsdarstellung des BIID Gehirns während des Resting state beziehungsweise, wie schon im Theorieteil in Abschnitt 2.10.2 erwähnt, eine prozessbasierte Sichtweise auf die Verarbeitung des Selbst sein, denn nach Northoff et al. könnte hier das Kernselbst repräsentiert sein (Northoff et al. 2006; Northoff et al. 2011).

Eine entscheidende Frage, die man an diese Studie stellen muss, ist die nach den therapeutischen Konsequenzen, die aus den hier präsentierten Ergebnissen resultieren. Wie oben dargestellt, ist BIID eine neuronal intensiv verknüpfte, durch Automatismen geprägte, Störung. Man könnte daher in einer Therapie versuchen, erlernte Mechanismen zu verlernen, beziehungsweise andere Verhaltensweisen zu stärken, so dass sich die synaptischen Verbindungen in den Regelkreisen abschwächen. Dies könnte zum Beispiel den in Abschnitt 2.8 beschriebenen Erfolg während des imaginativen Resonanztrainings (IRT) erklären. Durch Imagination werden sich beide Beine vorgestellt und untersucht sowie verschiedene Übungen mit beiden gesunden Beinen vollzogen. In der Imagination von Körperteilen und der imaginativen Durchführung von Bewegungen sind BIID Betroffene sozusagen Experten, daher ist es durchaus nachvollziehbar, wieso sie auf diese Art der Therapie gut ansprechen. Die erlernten IRT Übungen werden intensiv durch den Betroffenen trainiert, so dass es vorstellbar ist, dass das Gehirn mit dem Erlernen der neuen Mechanismen so eingebunden ist, dass andere Verknüpfungen in Vergessenheit geraten können. Das IRT stellt daher eine durchaus vorstellbare Therapiemethode dar, deren Wirksamkeit es aber weiterhin zu überprüfen gilt. Deshalb wertet unsere Arbeitsgruppe momentan fMRT Ergebnisse eines Probanden vor und nach IRT aus, so dass dort vielleicht schon erste Ergebnisse der Wirksamkeit dargestellt werden könnten. Geht man, wie in dem weiter oben beschriebenen Modell, von einer psychodynamischen Grundursache für BIID aus, ist es auch vorstellbar, diese psychotherapeutisch zu bearbeiten. Dies erweist sich jedoch gerade im Fall von BIID als sehr schwierig, da viele Verhaltensmechanismen bestehen, die der intensiven Mitarbeit in einer Therapie entgegen wirken. Hinzu kommt, dass die chirurgische Amputation für

viele als alleinige Lösungsmöglichkeit angesehen wird und daher eine länger dauernde Therapie mit intensiver Bearbeitung der Vergangenheit nicht in Frage käme. Diese Sichtweise erschwert daher auch verhaltenstherapeutische Ansätze. Erschwerend wirkt beim möglichen Versuch der Löschung des Verhaltens auch die Problematik die Verstärker zu entfernen, da die BIID Probanden ihr Verhalten selbst verstärken. Genauso schwierig ist es, diesem Verhalten durch aversive Reize entgegen zu treten, da die Verhaltensweisen stabil integriert sind und die BIID Probanden eine hohe Motivation haben diese auszuführen. Edelman (2000) beschreibt, dass ein Aufbau eines Verhaltens, parallel zur Löschung, welches nicht vereinbar ist mit dem ursprünglichen Verhalten, zur Löschung beiträgt (Edelman 2000). Dies wäre zum Beispiel die Imagination der zwei gesunden Beine oder eine sportliche Aktivität, die nur mit zwei Beinen auszuführen ist, aber sehr viel Freude bereitet.

Eine weitere Schwierigkeit ist die starke Identifikation der Probanden mit dem amputierten Körper. Sollte hier wirklich eine genetische Ursache in Bereichen der Körpererkennung oder des Körperbildnetzwerkes zu finden sein, ist die Wirksamkeit der Psychotherapie bei dieser Störung natürlich in Frage gestellt. Dennoch kann sie supportiv wirken und den Umgang und das Leben mit der Störung erleichtern. Gerade auch in Bezug auf die starke Einbindung des prozeduralen Gedächtnisses, erscheint es schwierig durch verschiedene Therapieformen diese automatisierten Vorstellungen und Handlungen zu verlernen. Dass ein Verlernen aber nicht unbedingt sein muss, um mit der Störung umzugehen, beschreibt ein kleines Beispiel. Wenn jemand als kleines Kind Fahrradfahren gelernt hat und dann 20 Jahre nicht mehr gefahren ist, kann er das mit leichten Anlaufschwierigkeiten wahrscheinlich immer noch. Die Frage ist nur, ob man fahren muss oder ob es Mechanismen gibt, das Fahrradfahren zu umgehen, weil man auch mit Inlineskates fahren kann? Daher ist es durchaus vorstellbar, dass Verhaltenstherapie oder Tiefenpsychologie zwar nicht dazu beitragen können das Fahrradfahren zu verlernen, sie aber durchaus dazu beitragen können, es zu vermeiden und zu lernen mit Inlineskates zu fahren. Deshalb ist es im besonderen Maße wichtig, auch im Hinblick auf eine mögliche chirurgische Amputation, zuerst alle nicht chirurgischen therapeutischen Möglichkeiten voll auszuschöpfen, zumal es bisher keine wissenschaftliche Grundlage gibt, die die chirurgische Amputation unterstützen würde. Zwar zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass BIID Betroffene den größeren Selbstbezug zu einem möglichen amputierten anstatt zu ihrem realen Körper haben, dennoch kann man davon nicht die Ent-

scheidung für eine Amputation abhängig machen. Wenn man davon ausgeht, dass es sich bei dieser Störung nur um eine Körperschemastörung handeln würde, in der Form, dass imaginatives und reales Körperbild nicht übereinstimmen, wieso sind dann BIID-Betroffene nicht in der Lage, sich diesem Zustand so gut wie möglich anzupassen und trotzdem ein glückliches Leben zu führen? Ähnlich wie eine Person, die durch einen Unfall ein Körperteil verliert. Hier stimmen imaginatives und reales Körperbild auch nicht mehr überein. Diese Person leidet dann vielleicht unter Phantomschmerzen, ist aber dennoch in der Lage, eventuell auch erst nach psychotherapeutischer Hilfe, ein glückliches und erfülltes Leben zu führen. Es stellen sich die Fragen, wieso der Wunsch so zwingend ist, dass er den normalen Alltag mit prägt und man der Meinung ist, viele Dinge, wie etwa das Zusammenleben in der Familie, wären amputiert viel einfacher und schöner? Und wie der Wunsch nach Körperveränderung ein ganzes Leben beeinflussen kann? In der obigen Diskussion der hier vorliegenden Studie wurde versucht, diesen Fragen auf den Grund zu gehen und Mechanismen aufzuzeigen, die ein solches Verhalten unterstützen und aufrechterhalten. Diese neuen Erkenntnisse könnten, wie oben beschrieben, auch in der Therapie von BIID weiterhelfen. Zukünftige Studien werden benötigt, um dieser vielschichtigen Störung auf den Grund zu gehen. Unabhängig von den Studien bleibt jedoch das größte Anliegen, diese Störung in der Fachwelt bekannt zu machen und anzuerkennen. Dies ist insbesondere wichtig, damit den Betroffenen die Angst genommen wird, sich einem medizinischen oder psychologischen Therapeuten anzuvertrauen und dadurch für sie die best möglichen Therapieoptionen erlangt werden können. Im Vordergrund steht die therapeutische Unterstützung des Patienten, damit er sich nicht durch Selbstverletzung in lebensgefährliche Situationen bringt. Längerfristig sollte dann mit dem Patienten nach einer passenden therapeutischen Lösung gesucht werden, um ein zufriedenes Leben mit oder ohne BIID führen zu können. Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass es Regelkreise gibt, die man therapeutisch bearbeiten kann, so dass es letzten Endes an den Betroffenen liegt, inwiefern sie bereit sind, sich auf eine andere Therapieoption als die chirurgische Amputation einzulassen.

## **6 Zusammenfassung**

Body Integrity Identity Disorder (BIID) ist eine bisher kaum erforschte Störung, bei der die Betroffenen den Wunsch beziehungsweise das Verlangen nach einer Körperbehinderung verspüren. In den meisten Fällen, wie auch in dieser Studie, ist eine Oberschen-

kelamputation die gewünschte Modifikation. Durch die Amputation erhoffen die Betroffenen endlich sie selbst zu werden, da sie sich mit ihrem realen Körperbild nicht identifizieren können. Ihr vorgestelltes Körperbild ist das eines Amputierten. Die Störung manifestiert sich bereits im Kindesalter. Im Laufe der Zeit nimmt das Verlangen der Amputation zu, so dass es neben der vermehrten Beschäftigung sogar zu lebensgefährlichen Selbstverletzungen im Zuge einer Verwirklichung kommen kann.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich erstmalig mittels funktioneller Magnetresonanztomographie mit der neuronalen Repräsentation der Störung BIID beim Anblick des eigenen realen und des gewünschten amputierten Körpers. Für die Studie wurden Fotos von den Probanden und einer fremden Person gemacht und mit einer Software so modifiziert, dass die Probanden in sechs verschiedenen Kategorien sowohl sich selbst real, sowie amputiert und mit Prothese als auch die fremde Person real, amputiert und mit Prothese gezeigt bekamen. Dasselbe Design wurde auch einer gesunden Kontrollgruppe vorgeführt. Aufgrund der Datenmenge wird in dieser Studie nur der reale und der amputierte Körper berücksichtigt.

Es zeigen sich deutliche Aktivierungsunterschiede zwischen der BIID Gruppe und der Kontrollgruppe beim Anblick des eigenen realen Körpers und beim Anblick des eigenen amputierten Körpers. Beim Anblick des eigenen realen Körpers zeigt die Kontrollgruppe gegenüber der BIID Gruppe einen stärkeren Selbstbezug zu ihrem Körper durch Aktivierungen des medialen frontalen Gyrus, des postzentralen Gyrus oder der Amygdala und einen positiver valenzierten Anblick, der sich im Gruppenvergleich durch eine Mehraktivierung im superioren temporalen Gyrus ausdrückt sowie durch die Ergebnisse der post-fMRT-Fragebögen unterstützt wird. Beim Anblick des eigenen amputierten Körpers zeigt sich durch ein fronto-parietales Netzwerk der stärkere Selbstbezug bei der BIID Gruppe. Die deutliche emotionale Involviertheit wird repräsentiert durch große Teile des limbischen Systems sowie durch präfrontale Bereiche. Hinzu kommen Aktivierungen, die eine deutliche Beteiligung des episodisch-autobiographischen und prozeduralen Gedächtnisses zeigen. So ist eine vollständig geplante Bewegungsabfolge der BIID Probanden beim Anblick ihres amputierten Körpers anhand der aktivierten Areale darstellbar, einschließlich der Feinregulationen in den Basalganglien, dem Nucleus ruber und dem Kleinhirn.

Die Ergebnisse zeigen neuronale Netzwerke der Körperrepräsentation, bei denen fehlende Aktivierungen der BIID Probanden beim Anblick des eigenen realen Körpers auf

eine Fehlfunktion hindeuten könnten. Sie zeigen aber auch ein Netzwerk aus Erinnerungen und erlernten Prozessen, die mit Hilfe des mesolimbischen Dopaminsystems zur Aufrechterhaltung der Störung beitragen könnten. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass das amputierte Wunschkörperbild neuronal stark und breitgefächert verankert ist und viel dominanter repräsentiert ist als das reale Körperbild. Durch die dargestellten Aktivierungen und Regelkreise leiten sich vor allem neue therapeutische Ansätze ab, die zu einer Linderung der Symptome von BIID beitragen könnten und vielleicht auch neue Anstöße in Hinblick auf eine Heilung der Störung liefern.

## **7 Summary**

Body Integrity Identity Disorder is a barely explored disorder, in which the sufferers have the desire for a body disability. In most of the cases, like in this study, an above-knee amputation is the desired modification. The sufferers believe that they can only be themselves if they become an amputee, because they cannot identify themselves with their real body image. Their visualized body image is that of an amputee. The onset of the disorder is in the early childhood. In the course of time, there is an increasing desire to be an amputee, so that besides the increased preoccupation with BIID, the sufferers risk their lives by harming themselves to achieve their goal.

This study is the first one to use functional magnetic resonance imaging to find neuronal correlates of BIID while the sufferers view their own real and their desired amputated body. Throughout the course of the study, pictures of each subject and a foreign person were taken. The pictures were modified via software, so that every subject would see six different categories. The categories were a picture of the real self, one amputated and one with prosthesis, and a picture of the foreign person real, amputated and with prosthesis. The same design would be shown to a healthy control group. Due to the amount of data, the focus lay on the real and the amputated body.

Significant differences in activity between the BIID subjects and the control subjects were observed while watching the own real and the own amputated body. The control subjects activated more areas, which show the self-relatedness of their own body, while watching the real body compared to the BIID subjects. These areas included the medial frontal gyrus, the postcentral gyrus or the amygdala. Furthermore, the view of the real body is more positive valence to the control subject, which becomes apparent in the comparison of the two subject groups in the activation of the superior temporal gyrus.

These results are also supported by the post-fMRI-surveys. When the BIID subjects see their own amputated body they activate a fronto-parietal network. This demonstrates the stronger self-relatedness to their own amputated body. The significant emotional involvement is presented by huge parts of the limbic system and prefrontal areas. Further activations demonstrate the involvement of episodic-autobiographical and procedural memory. While they see their own amputated body, a complete planned movement is presented in the activations of the BIID subjects, including the fine adjustment of the basal ganglia, nucleus ruber and cerebellum.

The results demonstrate neural body representation networks. The absence of activity in these networks, while BIID subjects are watching their own real pictures, could be an indication for a dysfunction in this area. However, the results also present a network of memories and learned processes, which contributed, with the aid of the mesolimbic dopaminssystem, to the perpetuation of the disorder. In summary, the desired amputated body image is neurally fixed in a strong and wide-ranging way and it is represented much more dominant than the real body image. Based on the demonstrated activities and networks, it is possible to derive therapeutic procedures to reduce the symptoms of BIID, or perhaps give new impulses in order to find a cure for the disorder.

## 8 Literaturverzeichnis

- American Psychiatric Association (Hg.) (2000): Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fourth Edition, Text Revision. Online verfügbar unter <http://www.behavenet.com/capsules/disorders/dsm4tr.htm>, zuletzt geprüft am 20.12.2010.
- Aouizerate, B.; Rotgé, J. Y.; Bioulac, B.; Tignol, J.: [Present contribution of neurosciences to a new clinical reading of obsessive-compulsive disorder]. In: *L'Encéphale*, Jg. 33, H. 2, S. 203–210.
- Astafiev, Serguei V.; Stanley, Christine M.; Shulman, Gordon L.; Corbetta, Maurizio (2004): Extrastriate body area in human occipital cortex responds to the performance of motor actions. In: *Nature neuroscience*, Jg. 7, H. 5, S. 542–548. Online verfügbar unter doi:10.1038/nn1241.
- Barrett, Lisa Feldman (2006): Are Emotions Natural Kinds? In: *Perspectives on Psychological Science*, Jg. 1, S. 28–58.
- Baxter, L. R. (1992): Neuroimaging studies of obsessive compulsive disorder. In: *The Psychiatric clinics of North America*, Jg. 15, H. 4, S. 871–884.
- Baxter, Mark G.; Murray, Elisabeth A. (2002): The amygdala and reward. In: *Nature reviews. Neuroscience*, Jg. 3, H. 7, S. 563–573. Online verfügbar unter doi:10.1038/nrn875.
- Bayne, Tim; Levy, Neil (2005): Amputees by choice: body integrity identity disorder and the ethics of amputation. In: *Journal of applied philosophy*, Jg. 22, H. 1, S. 75–86.
- Becker, Andrew (2009): Body Integrity Identity Disorder (BIID) and me. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 103–106.
- Bensler, J. Mike; Paauw, Douglas S. (2003): Apotemnophilia masquerading as medical morbidity. In: *Southern medical journal*, Jg. 96, H. 7, S. 674–676.
- Berger, Bertrand D.; Lehrmann, Jon A.; Larson, Gunnar; Alverno, Luca; Tsao, Carol I. (2005): Nonpsychotic, nonparaphilic self-amputation and the internet. In: *Comprehensive psychiatry*, Jg. 46, H. 5, S. 380–383. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.comppsy.2004.12.003.
- Berridge, Kent C. (2007): The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience. In: *Psychopharmacology*, Jg. 191, H. 3, S. 391–431. Online verfügbar unter doi:10.1007/s00213-006-0578-x.
- Blair, R. J.; Morris, J. S.; Frith, C. D.; Perrett, D. I.; Dolan, R. J. (1999): Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. In: *Brain : a journal of neurology*, Jg. 122 ( Pt 5), S. 883–893.
- Blanchard, R.; Clemmensen, L. H.; Steiner, B. W. (1985): Social desirability response set and systematic distortion in the self-report of adult male gender patients. In: *Archives of sexual behavior*, Jg. 14, H. 6, S. 505–516.
- Blanchard, Ray; Racansky I.G.; Steiner, Betty W. (1986): Phallometric Detection of Fetishistic Arousal in Heterosexual Male Cross-Dressers. In: *The Journal of Sex Re-*

search, Jg. 22, H. 4, S. 452–462. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/3812291>.

Blanke, Olaf; Morgenthaler, Florence D.; Brugger, Peter; Overney, Leila S. (2008): Preliminary evidence for a fronto-parietal dysfunction in able-bodied participants with a desire for limb amputation. In: *Journal of neuropsychology*. Online verfügbar unter doi:10.1348/174866408X318653.

Blanke, Olaf; Ortigue, Stéphanie; Landis, Theodor; Seeck, Margitta (2002): Stimulating illusory own-body perceptions. In: *Nature*, Jg. 419, H. 6904, S. 269–270. Online verfügbar unter doi:10.1038/419269a.

Boecker, H.; Jankowski, J.; Ditter, P.; Scheef, L. (2008): A role of the basal ganglia and midbrain nuclei for initiation of motor sequences. In: *NeuroImage*, Jg. 39, H. 3, S. 1356–1369. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2007.09.069.

Braam, Arjan W.; Visser, Sako; Cath, Daniëlle C.; Hoogendijk, W. J. G. (2006): Investigation of the syndrome of apotemnophilia and course of a cognitive-behavioural therapy. In: *Psychopathology*, Jg. 39, H. 1, S. 32–37. Online verfügbar unter doi:10.1159/000089661.

Brang, David; McGeoch, Paul D.; Ramachandran, Vilayanur S. (2008): Apotemnophilia: a neurological disorder. In: *Neuroreport*, Jg. 19, H. 13, S. 1305–1306. Online verfügbar unter doi:10.1097/WNR.0b013e32830abc4d.

Bridy, Annemarie (2004): Confounding extremities: surgery at the medico-ethical limits of self-modification. In: *The Journal of law, medicine & ethics : a journal of the American Society of Law, Medicine & Ethics*, Jg. 32, H. 1, S. 148–158.

Bridy, Annemarie (2009): Response to Müller. Body integrity identity disorder (BIID). In: *The American journal of bioethics : AJOB*, Jg. 9, H. 9, S. W8. Online verfügbar unter doi:10.1080/15265160903195378.

Bruno, Richard L. (1997): Devotees, Pretenders and Wannabes: Two Cases of Factitious Disability Disorder. In: *Sexuality and Disability*, Jg. 15, H. 4, S. 243–260.

Buhlmann, Ulrike (2007): *Körperdysmorphie Störung*. Humboldt Universität (Berlin). Online verfügbar unter <http://www.koerperdysmorphiestoerung.de/index.htm>, zuletzt geprüft am 21.12.2010.

Burianova, Hana; Grady, Cheryl L. (2007): Common and unique neural activations in autobiographical, episodic, and semantic retrieval. In: *Journal of cognitive neuroscience*, Jg. 19, H. 9, S. 1520–1534. Online verfügbar unter doi:10.1162/jocn.2007.19.9.1520.

Bush; Luu; Posner (2000): Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. In: *Trends in cognitive sciences*, Jg. 4, H. 6, S. 215–222.

Calder, A. J.; Lawrence, A. D.; Young, A. W. (2001): Neuropsychology of fear and loathing. In: *Nature reviews. Neuroscience*, Jg. 2, H. 5, S. 352–363. Online verfügbar unter doi:10.1038/35072584.

Carter, Cameron S.; van Veen, Vincent (2007): Anterior cingulate cortex and conflict detection: an update of theory and data. In: *Cognitive, affective & behavioral neuroscience*, Jg. 7, H. 4, S. 367–379.

- Cavanna, Andrea E.; Trimble, Michael R. (2006): The precuneus: a review of its functional anatomy and behavioural correlates. In: *Brain : a journal of neurology*, Jg. 129, H. Pt 3, S. 564–583. Online verfügbar unter doi:10.1093/brain/awl004.
- Chan, Annie W-Y; Peelen, Marius V.; Downing, Paul E. (2004): The effect of view-point on body representation in the extrastriate body area. In: *Neuroreport*, Jg. 15, H. 15, S. 2407–2410.
- Craig, A. D. (2002): How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. In: *Nature reviews. Neuroscience*, Jg. 3, H. 8, S. 655–666. Online verfügbar unter doi:10.1038/nrn894.
- dak\_dhd\_dbk\_girls\_in\_wheelchair : DAK DHD DBK Girls In WheelChair (2003). Online verfügbar unter [http://groups.yahoo.com/group/dak\\_dhd\\_dbk\\_girls\\_in\\_wheelchair/](http://groups.yahoo.com/group/dak_dhd_dbk_girls_in_wheelchair/), zuletzt geprüft am 27.07.2009.
- Damasio, A. R.; Grabowski, T. J.; Bechara, A.; Damasio, H.; Ponto, L. L.; Parvizi, J.; Hichwa, R. D. (2000): Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions. In: *Nature neuroscience*, Jg. 3, H. 10, S. 1049–1056. Online verfügbar unter doi:10.1038/79871.
- Damasio, Antonio R. (1999): *The feeling of what happens. Body and emotion in the making of consciousness*. 1st ed. New York: Harcourt Brace.
- Darwin, Charles (1872): *The expression of the emotions in man and animals*. London: John Murray.
- Davey, Christopher G.; Allen, Nicholas B.; Harrison, Ben J.; Dwyer, Dominic B.; Yücel, Murat (2010): Being liked activates primary reward and midline self-related brain regions. In: *Human brain mapping*, Jg. 31, H. 4, S. 660–668. Online verfügbar unter doi:10.1002/hbm.20895.
- DeMuth, G. W.; Strain, J. J.; Lombardo-Maher, A. (1983): Self-amputation and restitution. In: *General hospital psychiatry*, Jg. 5, H. 1, S. 25–30.
- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) (Hg.) (2010): *ICD 10. Internationale Klassifikation der Krankheiten*. Online verfügbar unter <http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/index.htm>, zuletzt geprüft am 20.12.2010.
- Devinsky, O.; Morrell, M. J.; Vogt, B. A. (1995): Contributions of anterior cingulate cortex to behaviour. In: *Brain : a journal of neurology*, Jg. 118 ( Pt 1), S. 279–306.
- Devue, Christel; Collette, Fabienne; Balteau, Evelyne; Degueldre, Christian; Luxen, André; Maquet, Pierre; Brédart, Serge (2007): Here I am: the cortical correlates of visual self-recognition. In: *Brain research*, Jg. 1143, S. 169–182. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.brainres.2007.01.055.
- Dotinga, Randy (2000): *Out on a limb*. A New York psychologist searches for a hospital to allow his healthy right leg to be cut off after a Scottish facility refuses. Salon Media Group (San Francisco). Online verfügbar unter <http://www.salon.com/health/feature/2000/08/29/amputation>, zuletzt geprüft am 13.12.2010.
- Downing, P. E.; Jiang, Y.; Shuman, M.; Kanwisher, N. (2001): A cortical area selective for visual processing of the human body. In: *Science (New York, N.Y.)*, Jg. 293, H. 5539, S. 2470–2473. Online verfügbar unter doi:10.1126/science.1063414.

- Dyer, C. (2000): Surgeon amputated healthy legs. In: *BMJ (Clinical research ed.)*, Jg. 320, H. 7231, S. 332.
- Eckhardt, Annegret (1996): Artificielle Störungen. In: *Deutsches Ärzteblatt*, Jg. 93, H. 24, S. 52–56. Online verfügbar unter <http://www.aerzteblatt.de/v4/archiv/artikel.asp?id=1904>, zuletzt geprüft am 20.12.2010.
- Edelmann, Walter (2000): *Lernpsychologie*. 6. Aufl. Weinheim: Beltz, PVU.
- Ehrsson, H. Henrik; Kito, Tomonori; Sadato, Norihiro; Passingham, Richard E.; Naito, Eiichi (2005): Neural substrate of body size: illusory feeling of shrinking of the waist. In: *PLoS biology*, Jg. 3, H. 12, S. e412. Online verfügbar unter doi:10.1371/journal.pbio.0030412.
- Ekman, Paul (1972): Universals And Cultural Differences In Facial Expressions Of Emotions. In: Cole, James K. (Hg.): *Nebraska symposium on motivation* (19), Bd. 19, S. 207–283.
- Elliott, Carl (2000): A New Way to Be Mad. In: *The Atlantic Monthly*, Jg. 286, H. 6, S. 72–84.
- Enzi, Björn; Greck, Moritz de; Prösch, Ulrike; Tempelmann, Claus; Northoff, Georg (2009): Is our self nothing but reward? Neuronal overlap and distinction between reward and personal relevance and its relation to human personality. In: *PloS one*, Jg. 4, H. 12, S. e8429. Online verfügbar unter doi:10.1371/journal.pone.0008429.
- Etkin, Amit; Egner, Tobias; Peraza, Daniel M.; Kandel, Eric R.; Hirsch, Joy (2006): Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. In: *Neuron*, Jg. 51, H. 6, S. 871–882. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuron.2006.07.029.
- Farrer, C.; Frith, C. D. (2002): Experiencing oneself vs another person as being the cause of an action: the neural correlates of the experience of agency. In: *NeuroImage*, Jg. 15, H. 3, S. 596–603. Online verfügbar unter doi:10.1006/nimg.2001.1009.
- Feinberg, T. E. (1997): Some interesting perturbations of the self in neurology. In: *Seminars in neurology*, Jg. 17, H. 2, S. 129–135. Online verfügbar unter doi:10.1055/s-2008-1040922.
- Feinberg, Todd E. (2009): *From axons to identity. Neurological explorations of the nature of the self*. 1st ed. New York: W. W. Norton (The Norton series on interpersonal neurobiology).
- Fighting It (2001). Online verfügbar unter <http://health.groups.yahoo.com/group/fighting-it/>, zuletzt geprüft am 27.07.2009.
- Fink, G. R.; Markowitsch, H. J.; Reinkemeier, M.; Bruckbauer, T.; Kessler, J.; Heiss, W. D. (1996): Cerebral representation of one's own past: neural networks involved in autobiographical memory. In: *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, Jg. 16, H. 13, S. 4275–4282.
- First, Michael B. (2005): Desire for amputation of a limb: paraphilia, psychosis, or a new type of identity disorder. In: *Psychological medicine*, Jg. 35, H. 6, S. 919–928.
- Frank, Michael J.; Seeberger, Lauren C.; O'reilly, Randall C. (2004): By carrot or by stick: cognitive reinforcement learning in parkinsonism. In: *Science (New York, N.Y.)*, Jg. 306, H. 5703, S. 1940–1943. Online verfügbar unter doi:10.1126/science.1102941.

- Franke, Gabriele Helga (2000): BSI. Brief symptom inventory von L. R. Derogatis ; (Kurzform der SCL-90-R) ; deutsche Version ; Manual. Göttingen: Beltz Test.
- Franke, Gabriele Helga (2002): SCL-90-R. Symptom-Checkliste von L. R. Derogatis ; deutsche Version ; Manual. 2., vollst. überarb. und neu normierte Aufl. Göttingen: Beltz Test.
- Freund, K.; Blanchard, R. (1993): Erotic target location errors in male gender dysphorics, paedophiles, and fetishists. In: *The British journal of psychiatry : the journal of mental science*, Jg. 162, S. 558–563.
- Fudge, J. L.; Kunishio, K.; Walsh, P.; Richard, C.; Haber, S. N. (2002): Amygdaloid projections to ventromedial striatal subterritories in the primate. In: *Neuroscience*, Jg. 110, H. 2, S. 257–275.
- Furth, Gregg M.; Smith, Robert (2002): *Amputee Identity Disorder: Information, questions, answers, and recommendations about self-demand amputation*. rev. ed. [Bloomington Ind.]: 1stBooks.
- Garavan, H.; Pendergrass, J. C.; Ross, T. J.; Stein, E. A.; Risinger, R. C. (2001): Amygdala response to both positively and negatively valenced stimuli. In: *Neuroreport*, Jg. 12, H. 12, S. 2779–2783.
- Garcia-Falgueras, Alicia; Swaab, Dick F. (2008): A sex difference in the hypothalamic uncinate nucleus: relationship to gender identity. In: *Brain : a journal of neurology*, Jg. 131, H. Pt 12, S. 3132–3146. Online verfügbar unter doi:10.1093/brain/awn276.
- Gauthier, I.; Skudlarski, P.; Gore, J. C.; Anderson, A. W. (2000): Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. In: *Nature neuroscience*, Jg. 3, H. 2, S. 191–197. Online verfügbar unter doi:10.1038/72140.
- Gillihan, Seth J.; Farah, Martha J. (2005): Is self special? A critical review of evidence from experimental psychology and cognitive neuroscience. In: *Psychological bulletin*, Jg. 131, H. 1, S. 76–97. Online verfügbar unter doi:10.1037/0033-2909.131.1.76.
- Gleixner, Christiane; Müller, Markus; Wirth, Steffen-Boris (2007): *Neurologie und Psychiatrie für Studium und Praxis 2007/08*. Unter Berücksichtigung des Gegenstandskataloges und der mündlichen Examina in den Ärztlichen Prüfungen: Medizinische Verlags- und Informationsdienste.
- Graziano, M. S.; Cooke, D. F.; Taylor, C. S. (2000): Coding the location of the arm by sight. In: *Science (New York, N.Y.)*, Jg. 290, H. 5497, S. 1782–1786.
- Greck, M. de; Rotte, M.; Paus, R.; Moritz, D.; Thiemann, R.; Proesch, U. et al. (2008): Is our self based on reward? Self-relatedness recruits neural activity in the reward system. In: *NeuroImage*, Jg. 39, H. 4, S. 2066–2075. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2007.11.006.
- Gusnard, D. A.; Akbudak, E.; Shulman, G. L.; Raichle, M. E. (2001): Medial prefrontal cortex and self-referential mental activity: relation to a default mode of brain function. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Jg. 98, H. 7, S. 4259–4264. Online verfügbar unter doi:10.1073/pnas.071043098.
- Hamann, S. B.; Ely, T. D.; Grafton, S. T.; Kilts, C. D. (1999): Amygdala activity related to enhanced memory for pleasant and aversive stimuli. In: *Nature neuroscience*, Jg. 2, H. 3, S. 289–293. Online verfügbar unter doi:10.1038/6404.

- Haxby; Hoffman; Gobbini (2000): The distributed human neural system for face perception. In: Trends in cognitive sciences, Jg. 4, H. 6, S. 223–233.
- Hodzic, Amra; Kaas, Amanda; Muckli, Lars; Stirn, Aglaja; Singer, Wolf (2009a): Distinct Cortical Networks for the Detection and Identification of Human Body. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 211–224.
- Hodzic, Amra; Muckli, Lars; Singer, Wolf; Stirn, Aglaja (2009b): Cortical responses to self and others. In: Human brain mapping, Jg. 30, H. 3, S. 951–962. Online verfügbar unter doi:10.1002/hbm.20558.
- Isenberg, N.; Silbersweig, D.; Engelien, A.; Emmerich, S.; Malavade, K.; Beattie, B. et al. (1999): Linguistic threat activates the human amygdala. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Jg. 96, H. 18, S. 10456–10459.
- Johnson, Sterling C.; Baxter, Leslie C.; Wilder, Lana S.; Pipe, James G.; Heiserman, Joseph E.; Prigatano, George P. (2002): Neural correlates of self-reflection. In: Brain : a journal of neurology, Jg. 125, H. Pt 8, S. 1808–1814.
- Johnston, Josephine; Elliott, Carl: Healthy limb amputation: ethical and legal aspects. In: Clinical medicine (London, England), Jg. 2, H. 5, S. 431–435.
- Jung, Jea-Hun; Kam, Sung-Chul; Choi, Sae-Min; Jae, Sung-Uk; Lee, Seung-Hyun; Hyun, Jae-Seog (2008): Sexual dysfunction in male stroke patients: correlation between brain lesions and sexual function. In: Urology, Jg. 71, H. 1, S. 99–103. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.urology.2007.08.045.
- Kanwisher, N.; McDermott, J.; Chun, M. M. (1997): The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. In: The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, Jg. 17, H. 11, S. 4302–4311.
- Kasten, E. (2009): [Body Integrity Identity Disorder (BIID): interrogation of patients and theories for explanation]. In: Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie, Jg. 77, H. 1, S. 16–24. Online verfügbar unter doi:10.1055/s-0028-1100837.
- Kasten, Erich; Stirn, Aglaja (2009): Body Integrity Identity Disorder (BIID). Wechselnder Amputationswunsch vom linken auf das rechte Bein. In: Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie, Jg. 57, H. 1, S. 55–61.
- Keenan; Wheeler; Gallup; Pascual-Leone (2000): Self-recognition and the right prefrontal cortex. In: Trends in cognitive sciences, Jg. 4, H. 9, S. 338–344.
- Kellermann, T.; Piefke, M. (2007): Gedächtnis. In: Schneider, Frank; Fink, Gereon R. (Hg.): Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie: Springer, S. 297–308.
- Kendler, Kenneth S.; Prescott, Carol A.; Myers, John; Neale, Michael C. (2003): The structure of genetic and environmental risk factors for common psychiatric and substance use disorders in men and women. In: Archives of general psychiatry, Jg. 60, H. 9, S. 929–937. Online verfügbar unter doi:10.1001/archpsyc.60.9.929.
- Kircher, T. T.; Senior, C.; Phillips, M. L.; Benson, P. J.; Bullmore, E. T.; Brammer, M. et al. (2000): Towards a functional neuroanatomy of self processing: effects of faces and words. In: Brain research. Cognitive brain research, Jg. 10, H. 1-2, S. 133–144.

- Kircher, T. T.; Senior, C.; Phillips, M. L.; Rabe-Hesketh, S.; Benson, P. J.; Bullmore, E. T. et al. (2001): Recognizing one's own face. In: *Cognition*, Jg. 78, H. 1, S. B1-B15.
- Klonsky, E. David (2007): Non-suicidal self-injury: An introduction. In: *J. Clin. Psychol.*, Jg. 63, H. 11, S. 1039–1043. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1002/jclp.20411>.
- Klonsky, E. David; Muehlenkamp, Jennifer J. (2007): Self-injury: A research review for the practitioner. In: *J. Clin. Psychol.*, Jg. 63, H. 11, S. 1045–1056. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1002/jclp.20412>.
- Kneip, Ansbart (2009): Das Bein im Kopf. Warum ein Mann seinen gesunden Unterschenkel verlieren wollte. In: *Der Spiegel*, Jg. 34, S. 43.
- Kober, Hedy; Barrett, Lisa Feldman; Joseph, Josh; Bliss-Moreau, Eliza; Lindquist, Kristen; Wager, Tor D. (2008): Functional grouping and cortical-subcortical interactions in emotion: a meta-analysis of neuroimaging studies. In: *NeuroImage*, Jg. 42, H. 2, S. 998–1031. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2008.03.059.
- Krafft-Ebing, Richard von (1886): *Psychopathia sexualis. Eine klinisch forensische Studie*. Stuttgart: Enke.
- Kruijver, F. P.; Zhou, J. N.; Pool, C. W.; Hofman, M. A.; Gooren, L. J.; Swaab, D. F. (2000): Male-to-female transsexuals have female neuron numbers in a limbic nucleus. In: *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, Jg. 85, H. 5, S. 2034–2041.
- Krukemeyer, Manfred G. (2004): *Strahlenmedizin. Ein Leitfaden für den Praktiker*. Berlin: de Gruyter.
- LaBar, Kevin S.; Cabeza, Roberto (2006): Cognitive neuroscience of emotional memory. In: *Nature reviews. Neuroscience*, Jg. 7, H. 1, S. 54–64. Online verfügbar unter doi:10.1038/nrn1825.
- Lane, R. D.; Fink, G. R.; Chau, P. M.; Dolan, R. J. (1997): Neural activation during selective attention to subjective emotional responses. In: *Neuroreport*, Jg. 8, H. 18, S. 3969–3972.
- Lawrence, Anne A. (2005): Sexuality before and after male-to-female sex reassignment surgery. In: *Archives of sexual behavior*, Jg. 34, H. 2, S. 147–166. Online verfügbar unter doi:10.1007/s10508-005-1793-y.
- Lawrence, Anne A. (2006): Clinical and theoretical parallels between desire for limb amputation and gender identity disorder. In: *Archives of sexual behavior*, Jg. 35, H. 3, S. 263–278. Online verfügbar unter doi:10.1007/s10508-006-9026-6.
- Lawrence, Anne A. (2009): Parallels between Gender Identity Disorder and Body Integrity Identity Disorder: A Review and Update. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 154–172.
- LeDoux, J. E. (2000): Emotion circuits in the brain. In: *Annual review of neuroscience*, Jg. 23, S. 155–184. Online verfügbar unter doi:10.1146/annurev.neuro.23.1.155.
- LeDoux, J. E.; Farb, C. R.; Romanski, L. M. (1991): Overlapping projections to the amygdala and striatum from auditory processing areas of the thalamus and cortex. In: *Nature reviews. Neuroscience*, Jg. 134, H. 1, S. 139–144.

- Legrand, Dorothée; Ruby, Perrine (2009): What is self-specific? Theoretical investigation and critical review of neuroimaging results. In: *Psychological review*, Jg. 116, H. 1, S. 252–282. Online verfügbar unter doi:10.1037/a0014172.
- Mac Lean, Paul D. (1952): Some psychiatric implications of physiological studies on frontotemporal portion of limbic system (visceral brain). In: *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, Jg. 4, H. 4, S. 407–418.
- Markowitsch, Hans J. (2007): Amnesien. In: Schneider, Frank; Fink, Gereon R. (Hg.): *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*: Springer, S. 479–490.
- Markowitsch, Hans J.; Thiel, Alexander; Reinkemeier, Mechthild; Kessler, Josef; Koyuncu, Adem; Heiss, Wolf-Dieter (2000): Right amygdalar and temporofrontal activation during autobiographic, but not during fictitious memory retrieval. In: *Behavioural neurology*, Jg. 12, H. 4, S. 181–190.
- Martin, Ilse (2009): Fascination Handicap - A Desire for Differentness. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 175–186.
- Màsse, L. C.; Tremblay, R. E. (1997): Behavior of boys in kindergarten and the onset of substance use during adolescence. In: *Archives of general psychiatry*, Jg. 54, H. 1, S. 62–68.
- Mayberg, H. S. (1994): Frontal lobe dysfunction in secondary depression. In: *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, Jg. 6, H. 4, S. 428–442.
- McGeoch, Paul; Brang, David; Ramachandran, Vilayanur S. (2009a): A New Right Parietal Lobe Syndrom? In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 225–237.
- McGeoch, Paul; Brang, David; Song, Tao; Lee, Roland; Huang, Mingxiong; Ramachandran, Vilayanur (2009b): Apotemnophilia – the Neurological Basis of a ‘Psychological’ Disorder. Herausgegeben von Paul Brang David Song Tao Lee Roland Huang Mingxiong and Ramachandran Vilayanur McGeoch. *Nature Precedings*. Online verfügbar unter <http://hdl.handle.net/10101/npre.2009.2954.1>, zuletzt geprüft am 06.08.2009.
- Meyer, Paul: IRT Imaginatives Resonanz Training. Online verfügbar unter <http://www.ir-training.com>, zuletzt geprüft am 02.01.2011.
- Middleton, Frank A.; Strick, Peter L. (2002): Basal-ganglia 'projections' to the prefrontal cortex of the primate. In: *Cerebral cortex* (New York, N.Y. : 1991), Jg. 12, H. 9, S. 926–935.
- Milton, John; Solodkin, Ana; Hlustik, Petr; Small, Steven L. (2007): The mind of expert motor performance is cool and focused. In: *NeuroImage*, Jg. 35, H. 2, S. 804–813. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2007.01.003.
- Mochizuki-Kawai, Hiroko (2008): [Neural basis of procedural memory]. In: *Brain and nerve = Shinkei kenkyū no shinpo*, Jg. 60, H. 7, S. 825–832.
- Money, John; Jobaris, Russell; Furth, Gregg (1977): Apotemnophilia: Two Cases of Self-Demand Amputation as a Paraphilia. In: *The Journal of Sex Research*, Jg. 13, H. 2, S. 115–125. Online verfügbar unter <http://www.jstor.org/stable/3811894>.

- Money, John; Simcoe, Kent W. (1984): Acrotomophilia, sex and disability: New concepts and case report. In: *Sexuality and Disability*, Jg. 7, H. 1-2, S. 43–50.
- Morris, J. S.; Frith, C. D.; Perrett, D. I.; Rowland, D.; Young, A. W.; Calder, A. J.; Dolan, R. J. (1996): A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. In: *Nature*, Jg. 383, H. 6603, S. 812–815. Online verfügbar unter doi:10.1038/383812a0.
- Müller, Sabine (2009): Body integrity identity disorder (BIID)--is the amputation of healthy limbs ethically justified? In: *The American journal of bioethics : AJOB*, Jg. 9, H. 1, S. 36–43. Online verfügbar unter doi:10.1080/15265160802588194.
- Müller, Sabine (2010): Sollen Ärzte gesunde Gliedmaßen amputieren? In: *Neuroethik & Neurophilosophie*, H. 29, S. 67–70.
- Nelson (2009): Living a Life with BIID. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 82–87.
- Nieder, Timo O.; Richter-Appelt, Hertha (2010): Differentialdiagnostik der Gender Identity Disorder. (GID, resp. Transsexualität). In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Störungsbild, Diagnostik, Therapieansätze*. 1. Auflage. Weinheim: Beltz, S. 36–44.
- Niescken, Svenja (2006): Basisinfo. Schweizerische Gesellschaft für Zwangsstörungen. Online verfügbar unter <http://www.zwaenge.ch/index/32/de/>, zuletzt geprüft am 22.12.2010.
- Nieuwenhuys, R. (1996): The greater limbic system, the emotional motor system and the brain. In: *Progress in brain research*, Jg. 107, S. 551–580.
- Northoff, Georg; Bermpohl, Felix (2004): Cortical midline structures and the self. In: *Trends in cognitive sciences*, Jg. 8, H. 3, S. 102–107. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.tics.2004.01.004.
- Northoff, Georg; Hayes, Dave J. (2011): Is our self nothing but reward? In: *Biological psychiatry*, Jg. 69, H. 11, S. 1019–1025. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.biopsych.2010.12.014.
- Northoff, Georg; Heinzl, Alexander; Greck, Moritz de; Bermpohl, Felix; Dobrowolny, Henrik; Panksepp, Jaak (2006): Self-referential processing in our brain--a meta-analysis of imaging studies on the self. In: *NeuroImage*, Jg. 31, H. 1, S. 440–457. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2005.12.002.
- Northoff, Georg; Qin, Pengmin; Feinberg, Todd E. (2011): Brain imaging of the self - Conceptual, anatomical and methodological issues. *Brain and Self: Bridging the Gap*. In: *Consciousness and Cognition*, Jg. 20, H. 1, S. 52–63. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WD0-515YH0D-3/2/c50af03ce7e7198ac04efae067135c5a>.
- Ochsner, Kevin N.; Gross, James J. (2005): The cognitive control of emotion. In: *Trends in cognitive sciences*, Jg. 9, H. 5, S. 242–249. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.tics.2005.03.010.
- Ochsner, Kevin N.; Ray, Rebecca D.; Cooper, Jeffrey C.; Robertson, Elaine R.; Chopra, Sita; Gabrieli, John D. E.; Gross, James J. (2004): For better or for worse: neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. In: *Neuro-*

- Image, Jg. 23, H. 2, S. 483–499. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2004.06.030.
- Oddo, Silvia; Lux, Silke; Weiss, Peter H.; Schwab, Anna; Welzer, Harald; Markowitsch, Hans J.; Fink, Gereon R. (2010): Specific role of medial prefrontal cortex in retrieving recent autobiographical memories: an fMRI study of young female subjects. In: *Cortex; a journal devoted to the study of the nervous system and behavior*, Jg. 46, H. 1, S. 29–39. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.cortex.2008.07.003.
- Ogawa, S.; Lee, T. M.; Kay, A. R.; Tank, D. W. (1990): Brain magnetic resonance imaging with contrast dependent on blood oxygenation. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Jg. 87, H. 24, S. 9868–9872.
- Papez, J. W. (1937): A proposed mechanism of emotion. In: *Arch Neurol Psychiatry*, Jg. 38, H. 4, S. 725–743. Online verfügbar unter 10.1001/archneurpsyc.1937.02260220069003 / <http://archneurpsyc.ama-assn.org>.
- Paraquad-Fr (handicapés et devotees) (1999). Online verfügbar unter <http://fr.groups.yahoo.com/group/paraquad-fr/>, zuletzt geprüft am 06.08.2009.
- Patrone, D. (2009): Disfigured anatomies and imperfect analogies: body integrity identity disorder and the supposed right to self-demanded amputation of healthy body parts. In: *Journal of medical ethics*, Jg. 35, H. 9, S. 541–545. Online verfügbar unter doi:10.1136/jme.2009.029256.
- Paulig, M.; Weber, M.; Garbelotto, S. (2000): Somatoparaphrenie. In: *Nervenarzt*, Jg. 71, S. 123–129.
- Peciña, Susana; Smith, Kyle S.; Berridge, Kent C. (2006): Hedonic hot spots in the brain. In: *The Neuroscientist : a review journal bringing neurobiology, neurology and psychiatry*, Jg. 12, H. 6, S. 500–511. Online verfügbar unter doi:10.1177/1073858406293154.
- Peelen, Marius V.; Downing, Paul E. (2005): Selectivity for the human body in the fusiform gyrus. In: *Journal of neurophysiology*, Jg. 93, H. 1, S. 603–608. Online verfügbar unter doi:10.1152/jn.00513.2004.
- Peelen, Marius V.; Wiggett, Alison J.; Downing, Paul E. (2006): Patterns of fMRI activity dissociate overlapping functional brain areas that respond to biological motion. In: *Neuron*, Jg. 49, H. 6, S. 815–822. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuron.2006.02.004.
- Pellijeff, Asa; Bonilha, Leonardo; Morgan, Paul S.; McKenzie, Kirsten; Jackson, Stephen R. (2006): Parietal updating of limb posture: an event-related fMRI study. In: *Neuropsychologia*, Jg. 44, H. 13, S. 2685–2690. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.009.
- Phan, K. Luan; Taylor, Stephan F.; Welsh, Robert C.; Decker, Laura R.; Noll, Douglas C.; Nichols, Thomas E. et al. (2003): Activation of the medial prefrontal cortex and extended amygdala by individual ratings of emotional arousal: a fMRI study. In: *Biological psychiatry*, Jg. 53, H. 3, S. 211–215.
- Phan, K. Luan; Wager, Tor D.; Taylor, Stephan F.; Liberzon, Israel (2004): Functional neuroimaging studies of human emotions. In: *CNS spectrums*, Jg. 9, H. 4, S. 258–266.
- Phelps, E. A.; Anderson, A. K. (1997): Emotional memory: what does the amygdala do? In: *Current biology : CB*, Jg. 7, H. 5, S. R311-4.

- Phillips, K. A.; Atala, K. D.; Albertini, R. S. (1995): Case study: body dysmorphic disorder in adolescents. In: *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, Jg. 34, H. 9, S. 1216–1220. Online verfügbar unter doi:10.1097/00004583-199509000-00020.
- Phillips, Katharine A.; Didie, Elizabeth R.; Feusner, Jamie; Wilhelm, Sabine (2008): Body dysmorphic disorder: treating an underrecognized disorder. In: *The American journal of psychiatry*, Jg. 165, H. 9, S. 1111–1118. Online verfügbar unter doi:10.1176/appi.ajp.2008.08040500.
- Phillips, Katharine A.; Menard, William; Fay, Christina; Weisberg, Risa (2005): Demographic characteristics, phenomenology, comorbidity, and family history in 200 individuals with body dysmorphic disorder. In: *Psychosomatics*, Jg. 46, H. 4, S. 317–325. Online verfügbar unter doi:10.1176/appi.psy.46.4.317.
- Phillips, M. L.; Young, A. W.; Senior, C.; Brammer, M.; Andrew, C.; Calder, A. J. et al. (1997): A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. In: *Nature*, Jg. 389, H. 6650, S. 495–498. Online verfügbar unter doi:10.1038/39051.
- Piefke, Martina; Weiss, Peter H.; Zilles, Karl; Markowitsch, Hans J.; Fink, Gereon R. (2003): Differential remoteness and emotional tone modulate the neural correlates of autobiographical memory. In: *Brain : a journal of neurology*, Jg. 126, H. Pt 3, S. 650–668.
- Pinel, John P. J. (1997): *Biopsychologie. Eine Einführung*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akad. Verl.
- Pinsk, Mark A.; Arcaro, Michael; Weiner, Kevin S.; Kalkus, Jan F.; Inati, Souheil J.; Gross, Charles G.; Kastner, Sabine (2009): Neural representations of faces and body parts in macaque and human cortex: a comparative fMRI study. In: *Journal of neurophysiology*, Jg. 101, H. 5, S. 2581–2600. Online verfügbar unter doi:10.1152/jn.91198.2008.
- Platek, Steven M.; Keenan, Julian Paul; Gallup, Gordon G.; Mohamed, Feroze B. (2004): Where am I? The neurological correlates of self and other. In: *Brain research. Cognitive brain research*, Jg. 19, H. 2, S. 114–122. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.cogbrainres.2003.11.014.
- Platek, Steven M.; Keenan, Julian Paul; Mohamed, Feroze B. (2005): Sex differences in the neural correlates of child facial resemblance: an event-related fMRI study. In: *NeuroImage*, Jg. 25, H. 4, S. 1336–1344. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2004.12.037.
- Platek, Steven M.; Loughhead, James W.; Gur, Ruben C.; Busch, Samantha; Ruparel, Kosha; Phend, Nicholas et al. (2006): Neural substrates for functionally discriminating self-face from personally familiar faces. In: *Hum. Brain Mapp.*, Jg. 27, H. 2, S. 91–98. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.20168>.
- Pschyrembel, Willibald (Hg.) (2004): *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*. 260., neu bearb. Aufl. Berlin u.a.: de Gruyter.
- Puce, A.; Allison, T.; Asgari, M.; Gore, J. C.; McCarthy, G. (1996): Differential sensitivity of human visual cortex to faces, letterstrings, and textures: a functional magnetic resonance imaging study. In: *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, Jg. 16, H. 16, S. 5205–5215.

- Ramachandran, V. S.; McGeoch, Paul (2007): Can vestibular caloric stimulation be used to treat apotemnophilia? In: *Medical hypotheses*, Jg. 69, H. 2, S. 250–252. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.mehy.2006.12.013.
- Ramachandran, Vilayanur S.; Brang, David; McGeoch, Paul D.; Rosar, William (2009): Sexual and food preference in apotemnophilia and anorexia: interactions between 'beliefs' and 'needs' regulated by two-way connections between body image and limbic structures. In: *Perception*, Jg. 38, H. 5, S. 775–777.
- Redgrave, P.; Prescott, T. J.; Gurney, K. (1999): Is the short-latency dopamine response too short to signal reward error? In: *Trends in neurosciences*, Jg. 22, H. 4, S. 146–151.
- Reiman, E. M.; Lane, R. D.; Ahern, G. L.; Schwartz, G. E.; Davidson, R. J.; Friston, K. J. et al. (1997): Neuroanatomical correlates of externally and internally generated human emotion. In: *The American journal of psychiatry*, Jg. 154, H. 7, S. 918–925.
- Renzi, E. de; Perani, D.; Carlesimo, G. A.; Silveri, M. C.; Fazio, F. (1994): Prosopagnosia can be associated with damage confined to the right hemisphere--an MRI and PET study and a review of the literature. In: *Neuropsychologia*, Jg. 32, H. 8, S. 893–902.
- Ryan, Christopher (2009): Out on a Limb: The Ethical Management of Body Integrity Identity Disorder. In: *Neuroethics*, Jg. 2, H. 1, S. 21–33.
- Salamone, John D. (2006): Will the last person who uses the term 'reward' please turn out the lights? Comments on processes related to reinforcement, learning, motivation and effort. In: *Addiction biology*, Jg. 11, H. 1, S. 43–44. Online verfügbar unter doi:10.1111/j.1369-1600.2006.00011.x.
- Salamone, John D. (2007): Functions of mesolimbic dopamine: changing concepts and shifting paradigms. In: *Psychopharmacology*, Jg. 191, H. 3, S. 389. Online verfügbar unter doi:10.1007/s00213-006-0623-9.
- Saxe, Rebecca; Jamal, Nasheed; Powell, Lindsey (2006): My body or yours? The effect of visual perspective on cortical body representations. In: *Cerebral cortex (New York, N.Y. : 1991)*, Jg. 16, H. 2, S. 178–182. Online verfügbar unter doi:10.1093/cercor/bhi095.
- Schultz, Christine; Rossion, Bruno (2006): Faces are represented holistically in the human occipito-temporal cortex. In: *NeuroImage*, Jg. 32, H. 3, S. 1385–1394. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2006.05.037.
- Schultz, Kolja; Witzel, Joachim; Northoff, Georg; Zierhut, Kathrin; Gubka, Udo; Fellmann, Hermann et al. (2007): Brain pathology in pedophilic offenders: evidence of volume reduction in the right amygdala and related diencephalic structures. In: *Archives of general psychiatry*, Jg. 64, H. 6, S. 737–746. Online verfügbar unter doi:10.1001/archpsyc.64.6.737.
- Schlozman, S. C. (1998): Upper-extremity self-amputation and replantation: 2 case reports and a review of the literature. In: *The Journal of clinical psychiatry*, Jg. 59, H. 12, S. 681–686.
- Schwartz, Carl E.; Wright, Christopher I.; Shin, Lisa M.; Kagan, Jerome; Whalen, Paul J.; McMullin, Katherine G.; Rauch, Scott L. (2003): Differential amygdalar response to novel versus newly familiar neutral faces: a functional MRI probe developed for studying inhibited temperament. In: *Biological psychiatry*, Jg. 53, H. 10, S. 854–862.

Schwarzlose, Rebecca F.; Baker, Chris I.; Kanwisher, Nancy (2005): Separate face and body selectivity on the fusiform gyrus. In: *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience*, Jg. 25, H. 47, S. 11055–11059. Online verfügbar unter doi:10.1523/JNEUROSCI.2621-05.2005.

Shimada, Sotaro; Hiraki, Kazuo; Oda, Ichiro (2005): The parietal role in the sense of self-ownership with temporal discrepancy between visual and proprioceptive feedbacks. In: *NeuroImage*, Jg. 24, H. 4, S. 1225–1232. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2004.10.039.

Siedentopf, Christian (2010): fMRI easy. Online verfügbar unter <http://www.fmri-easy.de/start1.htm>, zuletzt aktualisiert am 2010, zuletzt geprüft am 06.09.2011.

Skoruppa, Silke; Oddo, Silvia; Thiel, Aylin; Steis, Nadine; Stirn, Aglaja (2010): Der Wunsch, amputiert zu sein. In: *neuro aktuell*, Jg. 24, H. 191, S. 3–6.

Skoruppa, Silke; Steis, Nadine (2010): Aktueller Forschungsstand. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Störungsbild, Diagnostik, Therapieansätze*. 1. Auflage. Weinheim: Beltz, S. 67–90.

Slutske, W. S.; Heath, A. C.; Dinwiddie, S. H.; Madden, P. A.; Bucholz, K. K.; Dunne, M. P. et al. (1998): Common genetic risk factors for conduct disorder and alcohol dependence. In: *Journal of abnormal psychology*, Jg. 107, H. 3, S. 363–374.

Smith, Robert (2009): Body Integrity Identity Disorder: The Surgeon`s Perspective. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 41–48.

Sohn, Myeong-Ho; Albert, Mark V.; Jung, Kwanjin; Carter, Cameron S.; Anderson, John R. (2007): Anticipation of conflict monitoring in the anterior cingulate cortex and the prefrontal cortex. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Jg. 104, H. 25, S. 10330–10334. Online verfügbar unter doi:10.1073/pnas.0703225104.

Sorene, E. D.; Heras-Palou, C.; Burke, F. D. (2006): Self-amputation of a healthy hand: a case of body integrity identity disorder. In: *Journal of hand surgery (Edinburgh, Scotland)*, Jg. 31, H. 6, S. 593–595. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.jhsb.2006.05.022.

Spanagel, R.; Weiss, F. (1999): The dopamine hypothesis of reward: past and current status. In: *Trends in neurosciences*, Jg. 22, H. 11, S. 521–527.

Sperry, R. W.; Zaidel, E.; Zaidel, D. (1979): Self recognition and social awareness in the disconnected minor hemisphere. In: *Neuropsychologia*, Jg. 17, H. 2, S. 153–166.

Stathis, P.; Panourias, I. G.; Themistocleous, M. S.; Sakas, D. E. (2007): Connections of the basal ganglia with the limbic system: implications for neuromodulation therapies of anxiety and affective disorders. In: *Acta neurochirurgica. Supplement*, Jg. 97, H. Pt 2, S. 575–586.

Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.) (2009): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ.

Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.) (2010): *Body Integrity Identity Disorder. Störungsbild, Diagnostik, Therapieansätze*. 1. Auflage. Weinheim: Beltz.

Sugiura, Motoaki; Sassa, Yuko; Jeong, Hyeonjeong; Miura, Naoki; Akitsuki, Yuko; Horie, Kaoru et al. (2006): Multiple brain networks for visual self-recognition with different sensitivity for motion and body part. In: *NeuroImage*, Jg. 32, H. 4, S. 1905–1917. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.neuroimage.2006.05.026.

Swindell, Marian; St. Lawrence, Jan (2009): Body Integrity Identity Disorder: An Overview. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 11–19.

Taylor, John C.; Wiggett, Alison J.; Downing, Paul E. (2007): Functional MRI analysis of body and body part representations in the extrastriate and fusiform body areas. In: *Journal of neurophysiology*, Jg. 98, H. 3, S. 1626–1633. Online verfügbar unter doi:10.1152/jn.00012.2007.

Thiel, Jürgen (2010): Kognitiv-verhaltenstherapeutische Therapieansätze. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Störungsbild, Diagnostik, Therapieansätze*. 1. Auflage. Weinheim: Beltz, S. 45–50.

Trepel, Martin (2003): *Neuroanatomie. Struktur und Funktion*: Urban & Fischer Verlag GmbH & Co. KG.

Uddin, Lucina Q.; Rayman, Jan; Zaidel, Eran (2005): Split-brain reveals separate but equal self-recognition in the two cerebral hemispheres. In: *Consciousness and cognition*, Jg. 14, H. 3, S. 633–640. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.concog.2005.01.008.

Urgesi, Cosimo; Berlucchi, Giovanni; Aglioti, Salvatore M. (2004): Magnetic stimulation of extrastriate body area impairs visual processing of nonfacial body parts. In: *Current biology : CB*, Jg. 14, H. 23, S. 2130–2134. Online verfügbar unter doi:10.1016/j.cub.2004.11.031.

Vallar, Giuseppe; Ronchi, Roberta (2009): Somatoparaphrenia: a body delusion. A review of the neuropsychological literature. In: *Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale*, Jg. 192, H. 3, S. 533–551. Online verfügbar unter doi:10.1007/s00221-008-1562-y.

Vitacco, Deborah; Hilti, Leonie; Brugger, Peter (2009): Negative Phantom Limbs? A Neurological Account of Body Integrity Identity Disorder. In: Stirn, Aglaja; Thiel, Aylin; Oddo, Silvia (Hg.): *Body Integrity Identity Disorder. Psychological neurobiological ethical and legal aspects*. Lengerich [u.a.]: Pabst Science Publ., S. 201–210.

Vytal, Katherine; Hamann, Stephan (2010): Neuroimaging support for discrete neural correlates of basic emotions: a voxel-based meta-analysis. In: *Journal of cognitive neuroscience*, Jg. 22, H. 12, S. 2864–2885. Online verfügbar unter doi:10.1162/jocn.2009.21366.

wannabe-fr : Groupe destiné aux wannabes francophones (2001). Online verfügbar unter <http://fr.groups.yahoo.com/group/wannabe-fr/>, zuletzt geprüft am 27.07.2009.

Weber, Petra (Hg.) (2004): *Diskussionsforum für Behinderte, Ameloses, Pretender, BIID'ler und Wannabes*. Online verfügbar unter <http://amputee.ultraboard.ch/>, zuletzt geprüft am 27.07.2009.

Welch, Jeffrey M.; Lu, Jing; Rodriguiz, Ramona M.; Trotta, Nicholas C.; Peca, Joao; Ding, Jin-Dong et al. (2007): Cortico-striatal synaptic defects and OCD-like behaviours

in Sapap3-mutant mice. In: Nature, Jg. 448, H. 7156, S. 894–900. Online verfügbar unter doi:10.1038/nature06104.

Zhou, J. N.; Hofman, M. A.; Gooren, L. J.; Swaab, D. F. (1995): A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality. In: Nature, Jg. 378, H. 6552, S. 68–70. Online verfügbar unter doi:10.1038/378068a0.

## 9 Anhang

### A. Tabellarische Darstellung der Ergebnisse

#### Post-fMRT-Fragebögen

Tabelle 19: T-Test, Statistik bei gepaarten Stichproben; BIID Probanden

	Kategorie	MW	N	SD	T	df	Sig.
Paar 1	eigen_r_ANG	4,0827	11	1,18575	,590	10	,568
	fremd_r_ANG	3,8809	11	,65274			
Paar 2	eigen_r_ANG	4,0827	11	1,18575	-4,785	10	,001
	eigen_a_ANG	6,2409	11	,62866			
Paar 3	eigen_r_ANG	4,0827	11	1,18575	-1,404	10	,191
	fremd_a_ANG	4,6900	11	,85438			
Paar 4	eigen_r_ANG	4,0827	11	1,18575	-4,576	10	,001
	eigen_pro_ANG	5,7145	11	,73599			
Paar 5	eigen_r_ANG	4,0827	11	1,18575	-1,125	10	,287
	fremd_pro_ANG	4,5536	11	1,03706			
Paar 6	eigen_r_INT	3,0382	11	1,43741	2,469	10	,033
	fremd_r_INT	2,0273	11	1,02779			
Paar 7	eigen_r_INT	3,0382	11	1,43741	-5,615	10	,000
	eigen_a_INT	5,9582	11	,88764			
Paar 8	eigen_r_INT	3,0382	11	1,43741	-,932	10	,373
	fremd_a_INT	3,5555	11	1,50657			
Paar 9	eigen_r_INT	3,0382	11	1,43741	-5,928	10	,000
	eigen_pro_INT	5,2745	11	1,03142			
Paar 10	eigen_r_INT	3,0382	11	1,43741	-1,453	10	,177
	fremd_pro_INT	3,7700	11	1,44710			
Paar 11	eigen_r_ATT	3,2873	11	1,32801	2,151	10	,057
	fremd_r_ATT	2,4409	11	,93065			
Paar 12	eigen_r_ATT	3,2873	11	1,32801	-5,519	10	,000
	eigen_a_ATT	5,9800	11	,97278			
Paar 13	eigen_r_ATT	3,2873	11	1,32801	,003	10	,998
	fremd_a_ATT	3,2855	11	1,49743			
Paar 14	eigen_r_ATT	3,2873	11	1,32801	-4,744	10	,001
	eigen_pro_ATT	5,0109	11	,97278			
Paar 15	eigen_r_ATT	3,2873	11	1,32801	,141	10	,890
	fremd_pro_ATT	3,2027	11	1,54479			
Paar 16	eigen_r_SEX	1,3055	11	,45623	2,179	10	,054
	fremd_r_SEX	1,0755	11	,16801			
Paar 17	eigen_r_SEX	1,3055	11	,45623	-4,073	10	,002
	eigen_a_SEX	3,4573	11	1,95230			
Paar 18	eigen_r_SEX	1,3055	11	,45623	-1,494	10	,166
	fremd_a_SEX	1,7927	11	1,31149			
Paar 19	eigen_r_SEX	1,3055	11	,45623	-3,416	10	,007

	eigen_pro_SEX	2,8582	11	1,70640			
Paar 20	eigen_r_SEX	1,3055	11	,45623	-,964	10	,358
	fremd_pro_SEX	1,6118	11	1,31044			
Paar 21	eigen_a_ANG	6,2409	11	,62866	8,821	10	,000
	fremd_a_ANG	4,6900	11	,85438			
Paar 22	eigen_a_INT	5,9582	11	,88764	7,557	10	,000
	fremd_a_INT	3,5555	11	1,50657			
Paar 23	eigen_a_ATT	5,9800	11	,97278	7,233	10	,000
	fremd_a_ATT	3,2855	11	1,49743			
Paar 24	eigen_a_SEX	3,4573	11	1,95230	3,948	10	,003
	fremd_a_SEX	1,7927	11	1,31149			
Paar 25	eigen_a_ANG	6,2409	11	,62866	1,946	10	,080
	eigen_pro_ANG	5,7145	11	,73599			
Paar 26	eigen_a_INT	5,9582	11	,88764	1,905	10	,086
	eigen_pro_INT	5,2745	11	1,03142			
Paar 27	eigen_a_ATT	5,9800	11	,97278	2,573	10	,028
	eigen_pro_ATT	5,0109	11	,97278			
Paar 28	eigen_a_SEX	3,4573	11	1,95230	2,507	10	,031
	eigen_pro_SEX	2,8582	11	1,70640			
Paar 29	eigen_pro_ANG	5,7145	11	,73599	4,697	10	,001
	fremd_pro_ANG	4,5536	11	1,03706			
Paar 30	eigen_pro_INT	5,2745	11	1,03142	4,985	10	,001
	fremd_pro_INT	3,7700	11	1,44710			
Paar 31	eigen_pro_ATT	5,0109	11	,97278	4,661	10	,001
	fremd_pro_ATT	3,2027	11	1,54479			
Paar 32	eigen_pro_SEX	2,8582	11	1,70640	3,103	10	,011
	fremd_pro_SEX	1,6118	11	1,31044			

MW = Mittelwert, N = Probandenzahl, SD = Standardabweichung, T = T-Wert, df = Freiheitsgrad, Sig. = Signifikanz (2-seitig), ANG = angenehm, INT = intensiv, ATT = attraktiv, SEX = sexuelle Erregung

*Tabelle 20: T-Test, Statistik bei gepaarten Stichproben; Kontrollprobanden*

	<b>Kategorie</b>	<b>MW</b>	<b>N</b>	<b>SD</b>	<b>T</b>	<b>df</b>	<b>Sig.</b>
Paar 1	eigen_r_ANG	4,9700	10	1,35097	2,828	9	,020
	fremd_r_ANG	4,0840	10	1,04167			
Paar 2	eigen_r_ANG	4,9700	10	1,35097	5,742	9	,000
	eigen_a_ANG	1,8400	10	,61968			
Paar 3	eigen_r_ANG	4,9700	10	1,35097	4,316	9	,002
	fremd_a_ANG	2,3010	10	1,16119			
Paar 4	eigen_r_ANG	5,0722	9	1,39129	4,199	8	,003
	eigen_pro_ANG	2,1200	9	,91786			
Paar 5	eigen_r_ANG	4,9700	10	1,35097	3,414	9	,008
	fremd_pro_ANG	2,7160	10	1,01894			
Paar 6	eigen_r_INT	2,8410	10	1,79464	1,832	9	,100
	fremd_r_INT	2,2760	10	1,68467			
Paar 7	eigen_r_INT	2,8410	10	1,79464	-1,860	9	,096
	eigen_a_INT	4,6740	10	1,84982			

Paar 8	eigen_r_INT	2,8410	10	1,79464	-,112	9	,913
	fremd_a_INT	2,9440	10	1,79616			
Paar 9	eigen_r_INT	3,0178	9	1,80880	-1,128	8	,292
	eigen_pro_INT	4,2322	9	1,90920			
Paar 10	eigen_r_INT	2,8410	10	1,79464	-,224	9	,828
	fremd_pro_INT	3,0510	10	1,92882			
Paar 11	eigen_r_ATT	3,8700	7	1,63271	1,924	6	,103
	fremd_r_ATT	3,1500	7	1,55376			
Paar 12	eigen_r_ATT	3,7500	10	1,52563	4,514	9	,001
	eigen_a_ATT	1,4480	10	,43657			
Paar 13	eigen_r_ATT	3,8729	7	1,62835	3,661	6	,011
	fremd_a_ATT	1,4614	7	,47897			
Paar 14	eigen_r_ATT	3,9722	9	1,43630	3,051	8	,016
	eigen_pro_ATT	1,7644	9	,94776			
Paar 15	eigen_r_ATT	4,2267	6	1,45956	2,982	5	,031
	fremd_pro_ATT	1,6467	6	,78859			
Paar 16	eigen_r_SEX	1,1740	10	,49570	1,151	9	,280
	fremd_r_SEX	1,0260	10	,09058			
Paar 17	eigen_r_SEX	1,1740	10	,49570	1,110	9	,296
	eigen_a_SEX	1,0000	10	,00000			
Paar 18	eigen_r_SEX	1,1740	10	,49570	1,110	9	,296
	fremd_a_SEX	1,0000	10	,00000			
Paar 19	eigen_r_SEX	1,1933	9	,52175	1,057	8	,322
	eigen_pro_SEX	1,0089	9	,02667			
Paar 20	eigen_r_SEX	1,1740	10	,49570	1,110	9	,296
	fremd_pro_SEX	1,0000	10	,00000			
Paar 21	eigen_a_ANG	1,9333	9	,57793	-1,077	8	,313
	eigen_pro_ANG	2,1200	9	,91786			
Paar 22	eigen_a_INT	4,4156	9	1,76015	1,300	8	,230
	eigen_pro_INT	4,2322	9	1,90920			
Paar 23	eigen_a_ATT	1,4978	9	,43191	-1,160	8	,280
	eigen_pro_ATT	1,7644	9	,94776			
Paar 24	eigen_a_SEX	1,0000	9	,00000	-1,000	8	,347
	eigen_pro_SEX	1,0089	9	,02667			
Paar 25	eigen_a_ANG	1,8400	10	,61968	-1,641	9	,135
	fremd_a_ANG	2,3010	10	1,16119			
Paar 26	eigen_a_INT	4,6740	10	1,84982	3,066	9	,013
	fremd_a_INT	2,9440	10	1,79616			
Paar 27	eigen_a_ATT	1,4686	7	,43694	,077	6	,941
	fremd_a_ATT	1,4614	7	,47897			
Paar 28 <sup>a</sup>	eigen_a_SEX	1,0000 <sup>a</sup>	10	,00000			
	fremd_a_SEX	1,0000 <sup>a</sup>	10	,00000			
Paar 29	eigen_pro_ANG	2,1200	9	,91786	-3,033	8	,016
	fremd_pro_ANG	2,5733	9	,96905			
Paar 30	eigen_pro_INT	4,2322	9	1,90920	2,551	8	,034
	fremd_pro_INT	3,2789	9	1,89767			
Paar 31	eigen_pro_ATT	1,8717	6	1,13702	1,370	5	,229
	fremd_pro_ATT	1,6467	6	,78859			
Paar 32	eigen_pro_SEX	1,0089	9	,02667	1,000	8	,347

fremd\_pro\_SEX 1,0000 9 ,00000

a. Korrelation und T konnten nicht berechnet werden, da der Standardfehler der Differenz gleich 0 ist.

MW = Mittelwert, N = Probandenzahl, SD = Standardabweichung, T = T-Wert, df = Freiheitsgrad, Sig. = Signifikanz (2-seitig), ANG = angenehm, INT = intensiv, ATT = attraktiv, SEX = sexuelle Erregung

*Tabelle 21: Mann-Whitney-U Test bei nicht parametrischer Normalverteilung; direkter Gruppenvergleich*

	KG		Gruppenvergleich*			
	M	M	U	W	Z	Sig.
eigen_r_ANG	4,65	4,25	29,5	95,5	-1,802	,072
eigen_r_INT	1,815	3,18	49,5	104,5	-,388	,698
eigen_r_ATT	3,59	3,73	46	112	-,635	,526
eigen_r_SEX	1	1	49,5	104,5	-,461	,645
fremd_r_ANG	4,04	4	39,5	105,5	-1,123	,262
fremd_r_INT	1,39	2,1	52,5	107,5	-,177	,859
fremd_r_ATT	2,6	2,58	27,5	93,5	-,999	,318
fremd_r_SEX	1	1	45	100	-,883	,377
eigen_a_ANG	1,74	6,45	0	55	-3,874	,000
eigen_a_INT	5,44	6,28	30,5	85,5	-1,727	,084
eigen_a_ATT	1,3	6,25	0	55	-3,884	,000
eigen_a_SEX	1	3,3	10	65	-3,512	,000
fremd_a_ANG	2,19	4,98	5	60	-3,531	,000
fremd_a_INT	2,015	4,03	49,5	104,5	-,388	,698
fremd_a_ATT	1	4	12	40	-2,432	,015
fremd_a_SEX	1	1	30	85	-2,356	,018
eigen_pro_ANG	2	5,7	0	45	-3,762	,000
eigen_pro_INT	4,7	5,3	36	81	-1,026	,305
eigen_pro_ATT	1,65	5	2	47	-3,621	,000
eigen_pro_SEX	1	3,05				
fremd_pro_ANG	2,64	4,38				
fremd_pro_INT	2	3,98				
fremd_pro_ATT	1,44	3,68				
fremd_pro_SEX	1	1				

\* Mann-Whitney-U Test zum Vergleich der Mittelwerte bei nicht-parametrischer Normalverteilung

KG = Kontrollgruppe, BG = BIID-Gruppe, M = Median, U = Mann-Whitney-U, W = Wilcoxon-W, Z = Approximative kritische Werte, Sig. = Asymptotische Signifikanz (2-seitig), ANG = angenehm, ATT = attraktiv, SEX = sexuelle Erregung

---

## B. MRT-Aufklärungsbogen



Klinikum der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

Zentrum der Psychiatrie Heinrich-Hoffmann-Str. 10 60528 Frankfurt

**Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie**

Direktor: Prof. Dr. K. Maurer

Studienleiterin: Priv. Doz. Dr. med. A. Stim

Tel.: 069/63 01-5039

Fax: 069/63 01-6183

### Untersuchung von Body Integrity Identity Disorder mittels funktioneller Magnetresonanztomographie

Fragebogen zu Ausschlusskriterien für Untersuchungen mit fMRT

Im Folgenden haben wir eine Reihe von Fragen zusammengestellt. Die Beantwortung dieser Fragen ermöglicht es uns, zu entscheiden, ob Sie einer Personengruppe angehören, die an dieser Untersuchung nicht teilnehmen sollte.

Bitte beantworten Sie daher folgende Fragen:

Name \_\_\_\_\_ Geb.-Datum \_\_\_\_\_

Gewicht \_\_\_\_\_

1. Tragen Sie einen Herzschrittmacher?  
(Wenn ja, kann die Untersuchung nicht durchgeführt werden!) Ja O Nein O
2. Haben Sie Fieber? Ja O Nein O
3. Sind Sie schon einmal operiert worden? Ja O Nein O
4. Sind in Ihrem Körper evtl. Metallteile?  
(z.B. Splitter, Clips oder Klammern nach Operationen) Ja O Nein O
5. Hatten Sie schon einmal eine Metallsplittersplinterverletzung (z.B. am Auge)? Ja O Nein O
6. Sind oder waren Sie in der metallverarbeitenden Branche tätig? Ja O Nein O
7. Tragen Sie einen Neurostimulator oder eine Medikamentenpumpe? Ja O Nein O
8. Tragen Sie ein Hörgerät?  
(Dieses sollte zur Untersuchung herausgenommen werden) Ja O Nein O
9. Haben Sie Zahnersatz zum Herausnehmen?  
(Er sollte herausgenommen werden) Ja O Nein O

- 
- |     |  |      |        |
|-----|--|------|--------|
| 10. | Leiden Sie unter Platzangst (z.B. beim Aufzugfahren)?  | Ja O | Nein O |
| 11. | Haben Sie ein Tattoo oder Piercing?<br>(Es könnte evtl. warm werden, bitte informieren Sie uns dann sofort!) | Ja O | Nein O |
| 12. | Sind Sie geschminkt?<br>(Make-Up könnte sich erhitzen, bitte schminken Sie sich ab!)                         | Ja O | Nein O |
| 13. | Tragen Sie einen Bügel-BH?<br>(Metallbügel können warm werden, bitte legen Sie ihn ab!)                      | Ja O | Nein O |
| 14. | Tragen Sie eine Spirale?   | Ja O | Nein O |
| 15. | Könnten Sie Schwanger sein?  | Ja O | Nein O |

**Bitte beachten Sie beim Betreten des Untersuchungsbereiches:**

- **Legen Sie alle Metallgegenstände ab, wie z.B. Taschenmesser, Feuerzeug, Kleingeld, Schlüssel, Haarnadeln usw. Diese könnten in den Magneten hineingezogen werden und zu Verletzungen führen oder die Bildqualität verschlechtern.**
- **Legen Sie Ihren Schmuck und Ihre Uhr ab. Uhren können im Magnetfeld stehen bleiben oder dauerhaft beschädigt werden.**
- **Nehmen Sie keine Scheckkarten oder Kreditkarten mit in den Untersuchungsraum. Die Magnetstreifen werden unwiederbringlich gelöscht. Dies gilt auch für Magnetbänder (z.B. von Diktiergeräten).**
- **Wenn Sie noch weitere Fragen haben, beantworten wir Ihnen diese selbstverständlich gerne.**

Ich bestätige hiermit, dass ich die obigen Fragen gewissenhaft beantwortet und die allgemeinen Information zur Kenntnis genommen habe.

---

Datum

---

*Unterschrift*

## C. Verwendetes Testverfahren

### Brief Symptom Inventory von Derogatis

<b>Codenummer / Name:</b> ..... <b>Geschlecht:</b> <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich <b>Bildungsstand:</b> <input type="checkbox"/> Haupt-/Realschule <input type="checkbox"/> Abitur <input type="checkbox"/> Student/in <input type="checkbox"/> abgeschl. Studium <input type="checkbox"/> unbekannt <b>Alter:</b> ..... <b>Datum:</b> .....	BSI
---	-----

BSI - Sie finden nachstehend eine Liste von Problemen und Beschwerden, die man manchmal hat. Bitte lesen Sie jede Frage einzeln sorgfältig durch und entscheiden Sie, wie stark Sie durch diese Beschwerden gestört oder bedrängt worden sind, und zwar **während der vergangenen sieben Tage bis heute**. Überlegen Sie bitte nicht erst, welche Antwort „den besten Eindruck“ machen könnte, sondern antworten Sie so, wie es für Sie persönlich zutrifft. Machen Sie bitte hinter jeder Frage ein Kreuz bei der für Sie am besten zutreffenden Antwort.

**Bitte beantworten Sie jede Frage!**

überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
0	1	2	3	4
<b>Wie sehr litten Sie in den letzten sieben Tagen unter...</b>				
1. Nervosität oder innerem Zittern				0 1 2 3 4
2. Ohnmachts- und Schwindelgefühlen				0 1 2 3 4
3. der Idee, daß irgend jemand Macht über Ihre Gedanken hat				0 1 2 3 4
4. dem Gefühl, daß andere an den meisten Ihrer Schwierigkeiten Schuld sind				0 1 2 3 4
5. Gedächtnisschwierigkeiten				0 1 2 3 4
6. dem Gefühl, leicht reizbar oder verärgert zu sein				0 1 2 3 4
7. Herz- oder Brustschmerzen				0 1 2 3 4
8. Furcht auf offenen Plätzen oder auf der Straße				0 1 2 3 4
9. Gedanken, sich das Leben zu nehmen				0 1 2 3 4
10. dem Gefühl, daß man den meisten Menschen nicht trauen kann				0 1 2 3 4
11. schlechtem Appetit				0 1 2 3 4
12. plötzlichem Erschrecken ohne Grund				0 1 2 3 4
13. Gefühlsausbrüchen, denen gegenüber Sie machtlos waren				0 1 2 3 4
14. Einsamkeitsgefühlen, selbst wenn Sie in Gesellschaft sind				0 1 2 3 4
15. dem Gefühl, daß es Ihnen schwerfällt, etwas anzufangen				0 1 2 3 4
16. Einsamkeitsgefühlen				0 1 2 3 4
17. Schwermut				0 1 2 3 4
18. dem Gefühl, sich für nichts zu interessieren				0 1 2 3 4
19. Furchtsamkeit				0 1 2 3 4
20. Verletzlichkeit in Gefühlsdingen				0 1 2 3 4
21. dem Gefühl, daß die Leute unfreundlich sind oder Sie nicht leiden können				0 1 2 3 4
22. Minderwertigkeitsgefühlen gegenüber anderen				0 1 2 3 4

überhaupt nicht	ein wenig	ziemlich	stark	sehr stark
0	1	2	3	4
<b>Wie sehr litten Sie in den letzten sieben Tagen unter...</b>				
23. Übelkeit oder Magenverstimmung				0 1 2 3 4
24. dem Gefühl, daß andere Sie beobachten oder über Sie reden				0 1 2 3 4
25. Einschlafschwierigkeiten				0 1 2 3 4
26. dem Zwang, wieder und wieder nachzukontrollieren, was Sie tun				0 1 2 3 4
27. Schwierigkeiten, sich zu entscheiden				0 1 2 3 4
28. Furcht vor Fahrten in Bus, Straßenbahn, U-Bahn oder Zug				0 1 2 3 4
29. Schwierigkeiten beim Atmen				0 1 2 3 4
30. Hitzewallungen oder Kälteschauern				0 1 2 3 4
31. der Notwendigkeit, bestimmte Dinge, Orte oder Tätigkeiten zu meiden, weil Sie durch diese erschreckt werden				0 1 2 3 4
32. Leere im Kopf				0 1 2 3 4
33. Taubheit oder Kribbeln in einzelnen Körperteilen				0 1 2 3 4
34. dem Gefühl, daß Sie für Ihre Sünden bestraft werden sollten				0 1 2 3 4
35. einem Gefühl der Hoffnungslosigkeit angesichts der Zukunft				0 1 2 3 4
36. Konzentrationsschwierigkeiten				0 1 2 3 4
37. Schwächegefühl in einzelnen Körperteilen				0 1 2 3 4
38. dem Gefühl, gespannt oder aufgeregt zu sein				0 1 2 3 4
39. Gedanken an den Tod und ans Sterben				0 1 2 3 4
40. dem Drang, jemanden zu schlagen, zu verletzen oder ihm Schmerz zuzufügen				0 1 2 3 4
41. dem Drang, Dinge zu zerbrechen oder zu zerschmettern				0 1 2 3 4
42. starker Befangenheit im Umgang mit anderen				0 1 2 3 4
43. Abneigung gegen Menschenmengen, z. B. beim Einkaufen oder im Kino				0 1 2 3 4
44. dem Eindruck, sich einer anderen Person nie so richtig nahe fühlen zu können				0 1 2 3 4
45. Schreck- oder Panikanfällen				0 1 2 3 4
46. der Neigung, immer wieder in Erörterungen und Auseinandersetzungen zu geraten				0 1 2 3 4
47. Nervosität, wenn Sie allein gelassen werden				0 1 2 3 4
48. mangelnder Anerkennung Ihrer Leistungen durch andere				0 1 2 3 4
49. so starker Ruhelosigkeit, daß Sie nicht stillsitzen können				0 1 2 3 4
50. dem Gefühl, wertlos zu sein				0 1 2 3 4
51. dem Gefühl, daß die Leute Sie ausnutzen, wenn Sie es zulassen würden				0 1 2 3 4
52. Schuldgefühlen				0 1 2 3 4
53. dem Gedanken, daß irgendetwas mit Ihrem Verstand nicht in Ordnung ist				0 1 2 3 4

---

## Danksagung

Danken möchte ich Frau PD Dr. Aglaja Stirn für die Betreuung und Begutachtung dieser Arbeit sowie Herrn Prof. Dr. Johannes Pantel für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Besonders danken möchte ich Frau Dr. Dipl.-Psych. Silvia Oddo für ihr Engagement und ihre Energie, die sie in die Studie und in meine Unterstützung investierte. Sie stand mir stets mit ihrem fachlichen Wissen zur Seite, und trug so zum Gelingen dieser Arbeit entscheidend bei.

Mein außerordentlicher Dank gilt allen Probanden dieser Studie. Sie haben mit ihrem Einsatz und dem Vertrauen, das sie mir entgegenbrachten, diese Arbeit erst ermöglicht. Allen beteiligten Doktoranden, Diplomanden und Mitarbeitern der Psychosomatik danke ich für ihre Hilfsbereitschaft und die nette Zeit, die wir zusammen hatten. Insbesondere möchte ich mich hier bei Nadine Steis bedanken, die nicht nur durch ihre positive Kritik diese Arbeit unterstützte, sondern auch dadurch, dass sie immer ein offenes Ohr, eine gute Idee oder ein motivierendes Wort zu vergeben hatte.

Ich danke Judith Kempe und Désirée Skoruppa für das formale Korrekturlesen dieser Arbeit.

Bei meinem Bruder Jörg möchte ich mich dafür bedanken, dass er stets ein Lichtblick in der Welt der Computersoftware und ihren Irrwegen war.

Ich danke von Herzen meiner Familie und Jan für den Rückhalt, die Unterstützung und all die lieben Worte.

Mein größter Dank gilt meiner Mutter und meinem Vater, die es mir ermöglichten diesen Weg zu gehen - daher möchte ich Euch meine Arbeit widmen.

---

## Lebenslauf

### **Persönliche Daten**

---

Name	Silke Skoruppa
Geburtsdatum und -ort	16. September, 1984 in Frankfurt am Main
Staatsangehörigkeit	Deutsch

### **Schulbildung**

---

1995 – 2004	Schiller Gymnasium in Frankfurt am Main, Abitur
-------------	---

### **Hochschulausbildung**

---

2004 - 2010	Studium der Humanmedizin an der Goethe Universität in Frankfurt am Main
08/2006	1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
2009 - 2010	Praktisches Jahr am Klinikum Frankfurt Höchst
11/2010	2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung
2011	Promotionsstudent in der Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie der Goethe Universität in Frankfurt am Main

### **Beschäftigungen**

---

2005 - 2007	Tutor an der Dr. Senckenbergischen Anatomie der Goethe Universität in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Oelschläger
2008 - 2010	Instruktor und Tutor am Frankfurter interdisziplinären Institut für Notfallmedizin und Simulationstraining

Frankfurt am Main, 19.10.2011

Silke Skoruppa

## Schriftliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich, die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Dissertation, mit dem Titel

### **Body Integrity Identity Disorder Der Wunsch körperbehindert zu sein - Eine fMRT Studie -**

in der Klinik für Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie der Goethe Universität unter Betreuung und Anleitung von PD Dr. Aglaja Stirn mit Unterstützung durch Dr. Dipl.-Psych. Silvia Oddo ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe. Darüber hinaus versichere ich, nicht die Hilfe einer kommerziellen Promotionsvermittlung in Anspruch genommen zu haben.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht. Die vorliegende Arbeit wurde bisher nicht als Dissertation eingereicht.

Vorliegende Ergebnisse der Arbeit wurden (oder werden) in folgendem Publikationsorgan veröffentlicht:

Skoruppa, S., Oddo, S., Thiel, A., Steis, N., Stirn, A. Der Wunsch amputiert zu sein, *Neuro aktuell*, Jg. 24-191, 3-6, (2010).

Skoruppa, S., Steis, N. Aktueller Forschungsstand. In Stirn, A., Thiel, A., Oddo, S., *Body Integrity Identity Disorder, Störungsbild, Diagnostik, Therapieansätze*, Beltz Verlag, 67-90, (2010).

Thiel, A., Oddo, S., Skoruppa, S., Thiel, J., Ehni, F., Bennett, D., Stirn, A. Psychotherapy- and Psychometric Research with BIID-Sufferers. In A. Stirn, A. Thiel &

S. Oddo (Eds.), Body Integrity Identity Disorder: Psychological, Neurobiological, Ethical and Legal Aspects, Lengerich, Pabst Science Publisher 58-69, (2009).

Oddo, S., Thiel, A., Skoruppa, S., Klinger, D., Steis, N., Markowitsch, H. J., Stirn, A. (2009). Neurobiological and Psychological Aspects of BIID – An integrative Approach. In A. Stirn, A. Thiel & S. Oddo (Eds.), Body Integrity Identity Disorder: Psychological, Neurobiological, Ethical and Legal Aspects, Lengerich, Pabst Science Publisher, 238-245, (2009).

---

(Ort, Datum)

---

(Unterschrift)

