

Aus der Eberhard - Karls - Universität Tübingen  
Institut für Medizinische Psychologie und  
Verhaltensneurobiologie  
Leitung: Prof. Dr. phil. N. Birbaumer

**Epidemiologische Studie zur Entstehung  
von Phantomschmerzen nach Amputationen  
an der oberen Extremität**

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Medizinischen Fakultät  
der Eberhard - Karls - Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Petra Wilms

aus  
Heinsberg

2008

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. N. Birbaumer

2. Berichterstatter: Professor Dr. N. Wülker

Meinen Eltern und Großeltern gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung .....	6
1.	Historischer Abriss.....	6
2.	Empfindungen nach Amputation.....	8
2.1	Phantomschmerzen .....	8
2.2	Phantomempfindungen.....	9
2.3	Stumpfschmerzen .....	9
2.4	Stumpfempfindungen.....	10
3.	Pathophysiologie und Ätiologie.....	10
3.1	Schmerzverarbeitung.....	10
3.2	Periphere Sensibilisierung .....	10
3.3	Zentrale Sensibilisierung.....	11
4.	Therapie und Prophylaxe.....	13
4.1	Nicht-invasive Behandlungsverfahren.....	14
4.2	Pharmakotherapie.....	15
4.3	Invasive Behandlungsverfahren.....	16
4.4	Psychologische Therapie.....	18
4.5	Prophylaxe .....	19
5.	Ziele der Studie .....	20
II.	Material und Methoden.....	22
1.	Probanden .....	22
2.	Messmethoden .....	22
2.1	Fragebogen Phantomschmerz und Stumpfschmerz.....	22
2.2	Inhalt: Fragebogen Phantomschmerz und Stumpfschmerz .....	23
2.3	1.Teil: Soziodemographische Daten .....	23
2.4	2.Teil: Prävalenz, Dynamik und Intensität der Schmerzen/ Empfindungen.....	23
2.5	3.Teil: Therapeutische Versorgung .....	24
3.	Studiendurchführung .....	24
4.	Datenauswertung und statistische Methoden .....	25
III.	Ergebnisse .....	26

1.	Demographische Daten .....	26
2.	Ursachen und Prävalenz der Amputation .....	27
3.	Jetziges Alter, Follow-up-Alter und Alter bei Amputation .....	28
4.	Auftretenshäufigkeit, Schmerzdynamik und Schmerzintensität .....	30
5.	Inzidenz von Phantomschmerzen.....	33
IV.	Diskussion .....	34
1.	Prävalenz von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen .....	34
2.	Häufigkeit von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen .....	35
3.	Inzidenz und Entwicklung von Phantomschmerzen.....	36
4.	Aufrechterhaltung und Hemmung von Phantom- und Stumpfsensationen .....	37
V.	Zusammenfassung.....	40
VI.	Literaturverzeichnis .....	41
VII.	Anhang.....	50
1.	Abkürzungsverzeichnis.....	50
2.	Fremdwörterverzeichnis .....	52
3.	Fragebogen .....	53

## I. Einleitung

### 1. Historischer Abriss



Abb. 1

„Amputation  
im Unterarm  
nach Lorenz  
Heister 1743“

aus Botta &  
Baumgartner,  
1997

Bereits vor 3.500 Jahren wurden in Ägypten Amputationen vorgenommen. Mumienfunde aus Theben-West beweisen eine von ägyptischen Ärzten vorgenommene Zehenamputation an einer 55-jährigen Frau (Nerlich A. et al., 2001). Spätere Untersuchungen an dieser Mumie haben gezeigt, dass die Amputation aufgrund von Arteriosklerose stattfand.

Eine Amputation war im Mittelalter, als es weder Narkose- noch andere Betäubungsmittel gab, mit erheblichen Schmerzen verbunden. Substanzen, die Schmerzen lindern können, fehlten. Es standen lediglich Extrakte aus Mohn, Mandragora und Alkohol zur Verfügung (Brand L., 1997). Jedoch prägte sich der Schmerz unauslöschlich in das Gedächtnis ein. Später wurden die

Patienten bei geplanten Amputationen narkotisiert. Allerdings berichteten die betroffenen Patienten immer wieder, dass ein nicht mehr vorhandener Finger, eine nicht mehr vorhandene Hand oder ein nicht mehr vorhandenes Bein immer noch Schmerzen erzeugen können.

Phantomschmerz wurde erstmals 1551 vom französischen Militärarzt Ambroise Paré (1510-1590) beschrieben (Keil G., 1990). Er hatte zwischen Präamputationsschmerzen und nach der Amputation auftretenden Phänomenen unterschieden. Paré beschrieb verschiedene Verläufe, die intermittierend, verzögert oder auch protrahiert sind. Auch kannte er Faktoren, die die Phänomene verstärken (das Wetter) oder mildern (Massage) konnten. Erklärungen für die Entstehung des Phantomschmerzes hatte Paré auch. Er ging von einem Zusammenziehen von Muskeln, Sehnen und Bändern aus. Keil beschreibt in seiner Veröffentlichung von 1990 einen zweiten Erklärungsansatz: Das Einbrennen eines starken Schmerzes könne auch Phantomempfindungen und Schmerzen auslösen.



Abb. 2 Ambroise Paré



Abb. 3 Silas Weir Mitchell

Der Begriff Phantomgliedmaßen stammt von dem amerikanischen Neurologen Silas Weir Mitchell (1829 – 1914). Er unterschied zwischen schmerzlosen und schmerzvollen Phantomgliedmaßen (Wartan S.W. et al., 1997). Diese Phänomene beschrieb er in seinem Buch „injuries of nerves and their consequences“ von 1872, welches er aufgrund seiner Erfahrungen mit Verwundeten aus dem Bürgerkrieg schreiben konnte. Früher wurde aufgrund von Kriegsverletzungen häufig amputiert.

Nach einer Amputation gab es schon im 2. und 3. Jahrhundert vor Christus das Bestreben, das amputierte Glied zu ersetzen. Eine der berühmtesten Personen

der deutschen Geschichte, die mit einer Prothese versorgt worden sind, ist der fränkische Ritter Götz von Berlichingen (1480 – 1562). Seine Prothese wird heute noch im Museum zu Jagsthausen aufbewahrt und kann dort besichtigt werden. Er hatte die rechte Hand während einer Belagerung verloren. Die Glieder der Prothese waren beweglich und konnten in gewissen Positionen fixiert werden, sodass er sogar damit kämpfen konnte (Karpinski O., 1881). Die frühesten Aufzeichnungen von künstlichen Händen existieren wohl über die Schmuckhand eines ägyptischen Tempelpriesters (300 v. Chr.) (Löffler L., 1984) und die eiserne Hand des Römers Marcus Sergius aus dem 2. Punischen Krieg (218 – 201 v. Chr.) (Fritze H.E., 1842). C. Plinius Sekundus der Ältere berichtet darüber (23 - 79 n. Chr.) als ersten Handsatz in Europa (Löffler L., 1984). Heute gibt es myoelektrische Prothesen, die mittels Elektrizität betrieben werden (Baumgartner R. und Botta P., 1997). Der schon erwähnte A. Paré war der Erste, der Prothesen ausführlich beschrieben hat (Gurlt E., 1898).

Heute sind notwendige Extremitätenamputationen in Deutschland in 90% der Fälle Folge der arteriellen Verschlusskrankheit, Diabetes mellitus und durch bösartigen Neubildungen bedingt. Ein geringer Teil der heutigen Amputationen sind traumatischer Genese. In Saudi Arabien ist die Amputation außerdem als Bestrafung erlaubt und wird auch durchgeführt. Die Zahl der Amputationen in Deutschland wird auf 35.000 pro Jahr geschätzt (Müller M., 2004/05).

## **2. Empfindungen nach Amputation**

### **2.1 Phantomschmerzen**

Der Phantomschmerz wird definiert als Schmerz in einem amputierten Körperteil. Phantomschmerzen treten nach Amputationen oder Teilamputationen von Gliedmaßen auf. Jedoch wurden auch über Phantomschmerzen nach Brustamputation, Penisamputation, Darmentfernung oder Zahnextraktion berichtet. Auch Phantomschmerzen nach Entfernung der Harnblase sind beschrieben worden (Biley F.C., 2001). Phantomschmerzen treten mit einer Häufigkeit von 51% bis 82% auf (Kooijman C.M. et al., 2000; Shukla G.D. et al., 1982). Siehe dazu Tabelle 1.



## 2.2 Phantomempfindungen

Phantomempfindungen sind nicht-schmerzhafte Wahrnehmungen in einem amputierten Körperteil. Telescoping ist eine besondere Art von Phantomempfindungen. Bei dieser Wahrnehmung handelt es sich um eine subjektive Verkürzung des Phantomglieds, sodass die Hand oder der Fuß näher am Rumpf empfunden wird (Katz J. und Melzack R., 1990). Weitere Phantomempfindungen können spontane Bewegungen, abnorme Haltungen des Phantomglieds, Berührungsempfindungen, Druck oder Jucken des Phantomglieds sein. Phantomempfindungen müssen nicht zwingend störend sein. Der Patient kann sich daran gewöhnen und sie kaum noch mehr wahrnehmen. Das Phantomglied kann sich in einer festen Position befinden, die entweder einer natürlichen Haltung oder einer unnatürlichen Haltung, wie zum Beispiel die Haltung des Glieds bei dem Unfall, entspricht. Es kann sich aber auch bewegen. Es kommt zu Spontanbewegungen, Willkürbewegungen oder Mitbewegungen (Sherman R.A., 1997; Frank B. und Lorenzoni E., 1992). Die Inzidenz von Phantomempfindungen beträgt bis zu 76% (Kooijman C.M. et al., 2000).

## 2.3 Stumpfschmerzen

Stumpfschmerzen sind Schmerzen aufgrund von lokalen Veränderungen am Stumpf der amputierten Gliedmaße. Ursächlich an der Entstehung beteiligt sind Hautveränderungen, Durchblutungsstörungen, Infektionen der Haut, Knochen oder des Bindegewebes, kleine bis winzige Knochensplitter, die nicht bei der Amputation entfernt wurden, Narbenschmerzen, Fehlbelastung, mangelhafter Prothesensitz, Neurome oder neuropathische Schmerzen nach Nervenverletzungen. Diese Auslöser erregen auch nozizeptive Afferenzen. Wie beim Phantomschmerz können sie als Dauerschmerz oder als belastungsabhängige Schmerzen auftreten. Es wird zwischen einem akuten und einem chronischen Stumpfschmerz unterschieden. Zu Stumpfschmerzen kommt es in bis zu 49% der Fälle (Kooijman C.M. et al., 2000).

### 2.4 Stumpfeempfindungen

Stumpfeempfindungen sind nicht-schmerzhafte Empfindungen am Stumpf wie Kribbeln, Jucken, Wärme, Kälte, Zucken, Ziehen oder Drücken (Jensen T.S. und Rasmussen P., 1995). Zum Auftreten von Stumpfeempfindungen liegen bisher noch keine konkreten Zahlen vor.

## 3. Pathophysiologie und Ätiologie

### 3.1 Schmerzverarbeitung

Der Weg des Schmerzsignals geht von den zuständigen freien Nervenendigungen (Nozizeptoren) in der Haut, Muskeln, Sehnen und Knochen über die peripheren Nerven (A $\delta$ -Fasern, C-Fasern und A $\beta$ -Fasern) zu den Hinterhornneuronen im Rückenmark. Durch hemmende und erregende Interneurone wird hier der Schmerz moduliert. Im Rückenmark (Substantia gelatinosa) wird er umgeschaltet und über zentrale Bahnen (Tractus spinothalamicus) zu den schmerzverarbeitenden Zentren im Gehirn geleitet. Der Gyrus postcentralis im Kortex ist für die Einordnung der sensiblen Reize zuständig. Er enthält zuständige Zellgruppen für jedes Körperareal, welche eine somatotope Ordnung aufweisen. Es entsteht ein projiziertes Abbild des Menschen – der Homunculus (Penfield W. und Rasmussen T., 1950), da für manche Bereiche mehr Zellgruppen zur Verfügung stehen. Nach der Verarbeitung im Kortex wird der Schmerz bewusst. Im limbischen System wird der Schmerz emotional verarbeitet und bewertet.

### 3.2 Periphere Sensibilisierung

Eine Amputation führt unweigerlich zu einem Gewebeschaden. Es kommt zur Ausschüttung einer Vielzahl von Substanzen wie ATP, Protonen und Kalium. Mastzellen setzen Histamin frei, und Arachidonsäure aus den verletzten Zellen wird durch verstärkte Expressierung der Cyclooxygenase in Prostaglandin E<sub>2</sub> umgewandelt. Bradykinin entsteht aus Kininen, die aus verletzten Endothelzellen freigesetzt werden. Durch Bildung von NO, ausgelöst durch

Entzündungsmediatoren, kommt es zur Vasodilatation. Daraus ergibt sich eine erhöhte Gefäßpermeabilität, die die Ödembildung begünstigt. Die Mediatoren haben eine Erregung von peripheren Nozizeptoren zu Folge (Millan M.J., 1999). Das wiederum führt zu einem sogenannten neuronalen Reflex, bei dem der Nervenwachstumsfaktor (NGF) ausgeschüttet wird. Der NGF hat eine Aussprossung von Nervenfasern, die auch ins umliegende Gewebe wachsen, zur Folge, welche zur Sensibilisierung des umliegenden Gewebes führt (Levi-Montalcini R., 1987). Bei der Aussprossung kann es zur Bildung von „Nervenfaserknoten“, sogenannten Neuomen kommen, die für die Auslösung von Stumpf- sowie Phantomschmerzen mitverantwortlich gemacht werden (Coderre T.J. und Katz J., 1997). Durch die Mediatoren werden auch sogenannte stumme Nozizeptoren („silent nociceptors“) aktiviert, die ihrerseits als C-Fasern an der Schmerzweiterleitung beteiligt sind. Dadurch kommt es zur vermehrten Aktivierung von Hinterhornneuronen (Michaelis M. et al., 1996).

Als Auswirkung der oben genannten Prozesse kann es zur Hyperalgesie (gesteigertes Empfinden von Schmerzreizen) oder zur Ausbildung einer Allodynie (schmerzhafte Empfinden auf einen nicht-schmerzhaften Reiz) kommen. Es wird unterschieden zwischen der primären Hyperalgesie, die zu einer Verstärkung des Schmerzes aufgrund von Reizung im Gebiet der entsprechenden Hautnerven führt, und der sekundären Hyperalgesie, bei der es zu einer Vergrößerung des schmerzauslösenden Areals kommt (Calford M.B. und Tweedale R., 1988).

### 3.3 Zentrale Sensibilisierung

Dauerhaft erhöhte Aktivierung und damit dauerhafter Schmerz führen zu strukturellen und funktionellen Veränderungen an den peripheren Nozizeptoren, an den spinalen Hinterhornneuronen und an supraspinalen Zentren wie Thalamus und Cortex (Suzuki R. & Dickenson A.H., 2000). Es kommt zu Veränderungen der Expression von Transmittern und deren Rezeptoren. Diese wären reversibel, wenn weiterhin eingehende Signale aus Rezeptorzellen der betreffenden Region kommen würden, denn dann wären die Hinterhornneurone in der Lage den Schmerz auch wieder zu „vergessen“ (Tölle T.R. und Baron R.,

2002). Bei einer Amputation ist das nicht der Fall. Das heißt, dass die Neuronen im veränderten Zustand bleiben und dem Gehirn einen Schmerz melden, den es in Wirklichkeit nicht mehr gibt. In diesem Zusammenhang steht die sogenannte Kortikale Reorganisation. Visuelle, auditive, motorische und sensorische Areale im Gehirn können sich nicht nur während der Entwicklung, sondern auch im Erwachsenenalter verändern, wie tierexperimentelle Untersuchungen gezeigt haben (Ersland L. et al., 1996; Chen H.S. et al., 1992; Pons T.P. et al., 1991; Kaas J.H. et al., 1990). Aber auch beim erwachsenen Menschen konnten neuere Untersuchungen die Veränderbarkeit des somatosensorischen und motorischen Kortex zeigen (Flor H., 2004). Durch Amputation werden die peripheren Nerven zwangsweise durchtrennt. Dem Gehirn fehlen Afferenzen aus dem amputierten Gebiet. Je größer das Amputationsareal ist, desto größer ist auch das deafferenzierte kortikale Gebiet. Das adulte Gehirn besitzt die Fähigkeit, sich nach Verletzungen umzuorganisieren. Dieser Vorgang wird kortikale Reorganisation genannt (Birbaumer N. et al., 1997). Das heißt, es kommt zur „Verschiebung“ benachbarter Areale in der Amputationszone und zur Aussprossung neuer axonaler Verbindungen (Florence S.L. et al., 1998). Schon die kurzzeitige Anästhesie eines Fingers führt zu einer temporären Verschiebung der Repräsentationsgebiete der angrenzenden Finger (Buchner H. et al., 1995; Rossini P.M. et al., 1994). Diese Veränderungen haben Einfluss auf die Entwicklung von Phantomschmerzen sowie Tinnitus oder Dystonie (Flor H., 2000). Ursächlich für die Veränderungen wird eine Stimulation durch andauernden exzessiven neuronalen Einstrom, der durch Schmerz hervorgerufen wird. (Flor H., 2000).

Für die kortikale Reorganisation nach peripheren Nervenläsionen spielt der NMDA-Rezeptor eine wichtige Rolle (Garraghty P.E. und Muja N., 1996). Der NMDA-Rezeptor hat mehrere Bindungsstellen für unterschiedliche Substanzen wie zum Beispiel Glutamat, Aspartat, Glycin, Magnesium und andere. Diese Liganden können die Struktur des Rezeptors verändern und dadurch zu einer veränderten Funktion führen. Im Ruhezustand sind an einer zentralen Ligandenstelle Magnesiumionen gebunden. Damit ist der Kanal blockiert und es

findet kein Ionenfluss statt. Erst durch Andocken von Glutamat und Glycin an der entsprechenden Bindungsstelle wird der NMDA-Rezeptor aktiviert (Ascher P. und Nowak L., 1988; Mayer M.L. und Westbrook G.L., 1987). Wenn der NMDA- Rezeptor geöffnet ist, dauert es Tage, bis er wieder durch Magnesiumionen blockiert werden kann. Nach Aktivierung des Kanals können die Natrium-, Kalium- und Kalziumionen fließen. Es kommt zur Depolarisierung der Zelle. Die Kalziumionen haben Funktionen als „second messenger“ und sind für eine Reihe von Signaltransduktionswegen verantwortlich. Der exzitatorische Transmitter Glutamat stammt aus Hinterhornneuronen, die diesen durch Reize aus einer Körperregion mit Gewebetraumatisierung ausschütten (Coderre T.J. et al., 1993).

Der NMDA-Rezeptor ist noch an einem weiteren Mechanismus bei der Entstehung der zentralen Sensibilisierung beteiligt: dem sogenannten „wind up“-Phänomen. Unter „wind-up“ versteht man die Sensibilisierung multimodaler Hinterhornneurone nach wiederholten Schmerzreizen oder nach einer Durchtrennung afferenter Nerven wie bei einer Amputation (Eide P.K., 2000). Das führt zu einer erniedrigten Reizschwelle der Hinterhornneurone. Dann führen nicht nur Reize aktivierter C-Fasern zur Weiterleitung und damit zu Schmerzen, sondern auch Impulse der aktivierten A $\beta$ -Fasern können Schmerzen verursachen. Diesen Mechanismus nennt man Allodynie (Koltzenburg M. et al., 1994). Über A $\beta$ -Fasern werden unter physiologischen Bedingungen nicht-schmerzhaften Reize wie Druck (Merkel-Rezeptoren), Berührung (Meißner-Tastkörperchen) und Vibration (Pacini- und Rufinikörperchen) erfasst und weitergeleitet.

#### **4. Therapie und Prophylaxe**

Zur Therapie von Phantom- und Stumpfschmerzen existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Behandlungsmethoden. Diese reichen von invasiven Behandlungsmöglichkeiten bis hin zur lokalen und systemischen Pharmakotherapie. Neben einer kausalen und symptomatischen Therapie ist für den Patienten auch eine psychotherapeutische Betreuung wichtig, um mit dieser tiefgreifenden Veränderung leben zu können. Die Beeinträchtigung des

Patienten durch die Amputation beeinflusst die Lebensqualität (Troidl H. et al., 1993).

### 4.1 Nicht-invasive Behandlungsverfahren

Physikalische Maßnahmen wie Krankengymnastik, Bäder, Massagen, Elektrotherapie, Wärme- oder Kälteanwendungen, Vibrationen, Bestrahlungen und Ultraschall finden Anwendung in der Therapie von Phantomschmerz. Die Wirksamkeit ist allerdings noch nicht durch Studien bewiesen worden.

In der Therapie finden Gegenirritationsverfahren wie Akupunktur und TENS ebenfalls ihre Anwendung. Der Einsatz der Akupunktur bewirkt eine Modulation der deszendierenden, schmerzhemmenden Bahnen sowie die Ausschüttung endogener Opioiden (Pothmann R., 1996). Die transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS) aktiviert zum einen durch nicht-schmerzhaft elektrische Reizung der A $\beta$ -Fasern inhibitorische Mechanismen im Rückenmark und hemmt zum anderen die C-Fasern, die ebenfalls den Schmerz weiterleiten können.

Ein weiterer Behandlungsansatz beinhaltet eine Anpassung einer Prothese. Es gibt aktive und passive Prothesen. Die passiven Prothesen sind zum Beispiel kosmetische Prothesen. Sie können von der gesunden Hand in eine Position gebracht werden, damit der Patient greifen oder etwas festhalten kann. Aktive Prothesen brauchen einen elektrischen Impuls, der von den Muskeln erzeugt wird. Die erste Prothese mit Greiffunktion wurde durch einen elektrischen Motor angetrieben, konnte eine Volumenänderung des Muskels erfassen und mit einer Greifbewegung darauf reagieren. Diese Technik wurde von dem Schweizer E. Wilms entwickelt. Ernst Ferdinand Sauerbruch (1875-1951) entwickelte 1915 eine Prothese, die durch Muskelzug gesteuert wurde. Zur Zeit werden „bionische“ Prothesen entwickelt, wie zum Beispiel am Institut für angewandte Informatik des Forschungszentrums Karlsruhe. Diese Prothesen sollen mehr Funktionen haben, leichter sein, natürlicher aussehen und eine sensorische Rückkopplung besitzen.

## 4.2 Pharmakotherapie

Als Vertreter der Nichtopioidanalgetika sind zunächst die NSAR (nichtsteroidale Antiphlogistika) zu nennen. Sie führen zu einer irreversiblen Blockade des Schlüsselenzyms der Prostaglandinsynthese, der Cyclooxygenase. Prostaglandine sind Entzündungsmediatoren, die die Reizschwelle der Nozizeptoren für physikalische und chemische Reize senken und so zu einer Schmerzverstärkung führen. Durch die Beseitigung der Entzündung kommt es zu einer Schmerzlinderung. Bedeutsam für ihren Einsatz ist also das Vorliegen einer entzündlichen Komponente der Phantomschmerzen. In manchen Studien sind Hinweise auf einen zentralen Wirkort in Rückenmark, Hirnstamm und Großhirn gefunden worden (Fabbri A. et al., 1992; Willer J.C. et al., 1989; Yaksh T.L., 1982; Ferreira S.H. et al., 1978). Insbesondere kommen Metamizol und intravenös appliziertes Paracetamol in Betracht. Jedoch konnte ein Therapieerfolg bisher noch nicht bewiesen werden.

Opioide werden ebenfalls bei neuropathischen Schmerzen eingesetzt. Allerdings ist deren Wirksamkeit umstritten. Opioide stimulieren absteigende hemmende Bahnen über verschiedene Opioidrezeptoren im Rückenmark. Sie werden eingeteilt in mittelstarke Opioide (WHO Stufe II) wie Tramadol und Tilidin/Naloxon sowie starke Opioide (WHO Stufe III) wie Morphin, Buprenorphin, Levomethadon, Hydromorphon und Fentanyl. Für Fentanyl wurde ein transdermales System entwickelt, welches den Wirkstoff gleichmäßig abgibt. Methadon hat einen zusätzlichen Wirkmechanismus am NMDA-Rezeptor und konnte schon erfolgreich bei Phantomschmerzen eingesetzt werden (Bergmans L. et al., 2002).

Einen hohen Stellenwert für die Behandlung der Phantomschmerzen haben Antidepressiva. Es ist schon seit langem bekannt, dass Antidepressiva wie zum Beispiel Amitriptylin auch eine analgetische Wirkung haben. Ihre Wirkung kommt über eine Wiederaufnahmehemmung von Serotonin und Noradrenalin zustande (McQuay H.J. et al., 1996).

Ebenfalls zur Schmerztherapie können Antikonvulsiva eingesetzt werden. Carbamazepin blockiert am Natriumkanal die Spontanaktivität, beeinflusst aber nicht die normale Reizweiterleitung. Gabapentin wirkt über

spannungsabhängige, präsynaptische Kalziumkanäle. Es zeigt eine schmerzreduzierende Wirkung bei Phantomschmerzen (Bone M. et al., 2002). Pregabalin wirkt ebenfalls an spannungsabhängigen, präsynaptischen Kalziumkanälen und reduziert dort die Ausschüttung des Transmitters Glutamat. Gleichzeitig wirkt es anxiolytisch und schlafverbessernd. Bisher ist es jedoch nur in einer Studie von J. Rosenstock et al. (2004) zur Behandlung von Schmerzen im Rahmen einer diabetischen Neuropathie eingesetzt worden, in der es jedoch zu einer Schmerzlinderung geführt hat.

Bei Phantomschmerzen führt die Infiltration von Botulinumtoxin in die Triggerpunkte der Stumpfmuskulatur zu einer deutlichen Reduktion der Schmerzen (Kern U. et al., 2003; Kern U. et al., 2004).

Weiterhin kommt eine medikamentöse Therapie mit dem NMDA-Antagonisten Ketamin in Betracht, welches durch Hemmung der durch chronische Opiatgabe induzierten Hyperalgesie und Blockierung der zentralen Hyperexzitabilität wirkt (Nikolajsen L. et al., 1996). Das S-Ketamin ist aufgrund seiner neuroprotektiven Effekte von Bedeutung, durch deren Schutz vor Calciumüberladung und pathologischer NO-Produktion. Auch in anderen Studien wird über einen Behandlungserfolg mit NMDA-Antagonisten berichtet (Knox D.J. et al., 1995; Stannard C.F. und Porter G.E., 1993). Außer Ketamin sind noch andere NMDA-Rezeptorantagonisten bekannt, wie zum Beispiel Memantine und Amantadin. Memantine wurde in einer Studie von K. Wiech et al. (2001) unmittelbar postoperativ und bei länger bestehenden Phantomschmerzen eingesetzt. Hierbei zeigte sich verminderte Phantomschmerzausprägung bei der Gruppe, die direkt postoperativ Memantine für 4 Wochen eingenommen hat, im Vergleich zu der Gruppe mit den schon länger bestehenden Phantomschmerzen. Es gibt jedoch keinen Beleg für einen günstigen Einfluss auf die Intensität chronischer, langjähriger Phantomschmerzen und die kortikale Reorganisation (Wiech K. et al., 2004).

### 4.3 Invasive Behandlungsverfahren

Bei der Amputation kommt es durch einen veränderten Muskelzug zu myofaszialen Schmerzsyndromen, die durch Triggerpunkte ausgelöst werden



können. Als Triggerpunkt werden lokal begrenzte Verspannungen der Muskulatur, aber auch Punkte in Bändern und Gelenkkapseln bezeichnet, die zu Schmerzen führen. Man unterscheidet aktive Triggerpunkte, die bei Bewegungen und in Ruhe Schmerzen verursachen, und passive Triggerpunkte, die nur bei Druck auf den Triggerpunkt Beschwerden hervorrufen (Travell J. und Simons D.G., 1992). Die Therapie der Triggerpunkte wird durch Injektion von Lokalanästhetika durchgeführt (Rachlin E.S. und Rachlin I.S., 1994; Hamerhoff S.R. et al., 1981). Auch die Injektion von Kochsalz statt Lokalanästhetika führt zum Erfolg wie F.A. Frost et al. 1980 in seiner Studie beschreibt.

Sind Neurome die Ursache für anhaltende Stumpfschmerzen, kann der Therapeut mit Lokalanästhetika das Neurom umspritzen und so zur Linderung beitragen. Die chirurgische Exzision des Neuroms ist umstritten, da die erneute Neurombildung und die vermehrte Bildung von Narbengewebe nicht ausgeschlossen werden kann und somit nur kurzfristig zu einer Linderung führt. Nervenblockaden können peripher und zentral durchgeführt werden. Zu den peripheren Nervenblockaden zählen auch die Plexusblockaden. Zu den zentralen Blockaden gehören die Spinal- und die Epiduralanästhesie. Die Nervenblockaden werden entweder einmalig (single shot) oder mit Anlage eines Katheters zur zeitnahen erneuten Injektion von Lokalanästhetika durchgeführt. Allerdings eignen sich die Nervenblockaden überwiegend nur zu kurzfristigen Therapieserien. Vorwiegend werden die Nervenblockaden in der Akutschmerztherapie eingesetzt (Wulf H. et al., 1997).

Durch eine Nervenblockade mittels Lokalanästhetika kann der Therapeut über die gesamte Wirkdauer die Unterbrechung der Schmerzimpulse erzielen. Der Patient verspürt während dieser Zeit eine Schmerzreduktion. Dieser Effekt wird durch die präoperativ angelegten Nervenblockaden genutzt, mit dem Ziel, die Weiterleitung der afferenten noxischen Informationen der Peripherie zum Rückenmark zu verhindern. Anderenfalls kann es zu einem langanhaltenden Zustand der zentralen Sensibilisierung und Übererregbarkeit (Hyperexzitabilität) des zentralen Nervensystems und infolge dessen zu einer verstärkten Weiterleitung von Impulsen aus der amputierten Region kommen (Katz J., 1997). Die Unterbrechung der Schmerzweiterleitung wird über

spannungsabhängige Natrium-Kanäle vermittelt. Eine dauerhafte Blockade kann mit neurolytisch wirkenden Substanzen wie Alkohol oder Phenol durchgeführt werden und löst so die sympathischen, sensiblen und motorischen Nervenanteile in diesem Areal auf. Vor einer solchen Neurolyse sollte eine diagnostische Blockade durchgeführt werden, durch die der Patient nach eigener Aussage Beschwerdefreiheit oder zumindest Schmerzreduktion auf ein erträgliches Maß erfährt (Hogan Q.H. und Abram S.E., 1997; Gross D., 1972).

Charakteristika, die zu einer Indikation für eine Sympathikusblockade führen, sind Schmerzen mit brennendem Charakter, Hyper- oder Dysästhesie, Hyperalgesie und Allodynie, trophische Störungen und die Störung der Temperaturregulation. Zuerst sollte eine diagnostische Sympathikusblockade durchgeführt werden, ob die Blockade zu einer signifikanten Linderung der Schmerzen führt. Die Blockade wird mit Lokalanästhetika, Guanethidin, Clonidin und Phentolamin durchgeführt. Die Substanzen werden in die Nähe von Ganglien injiziert, wie zum Beispiel dem Ganglion stellatum. Die Sympathikusblockade kann als Einzel- oder Dauerblockade durchgeführt werden. Selten wird auch eine chemische oder thermische Destruktion als Therapie erwogen.

#### 4.4 Psychologische Therapie

Der Umgang mit Phantomschmerz wird beeinflusst durch die psychische Belastbarkeit. Ergänzend zu den oben bereits genannten Therapieoptionen sollte eine psychologische Betreuung stattfinden. Die Erlernung von Entspannungsverfahren, wie die progressive Muskelentspannung nach Jacobson und autogenes Training, nimmt eine zentrale Stellung im Therapiekonzept ein. Das Biofeedback ist eine Methode der Verhaltenstherapie. Physiologische Prozesse wie Puls, Blutdruck, Atemfrequenz, Hautwiderstand und Muskelspannung können bei dieser Methode in akustische oder optische Signale umgesetzt werden. Der Patient erlernt die Beeinflussung von spezifischen Körperreaktionen und somit auch eine gewisse Entspannung zu induzieren. Biofeedback wurde auch schon

speziell bei Phantomschmerz eingesetzt (Schwartz M., 1995; Dougherty J., 1980).

Hypnose wurde ebenfalls schon erfolgreich eingesetzt (Revenstorf D. und Peter B., 2000; Sthalekar H.A., 1993). Dabei wurden Entspannung, positive Suggestion und Imagination eingesetzt. Der Erfolg wird der Veränderung der kognitiv-emotionalen Schmerzkomponente zugeschrieben.

#### 4.5 Prophylaxe

Phantomschmerzen sind zum Teil kurzfristig reversibel. So konnte gezeigt werden, dass sich unter Plexusanästhesie der oberen Extremität die kortikale Reorganisation im somatosensorischen Kortex (S1) zurückbildet (Birbaumer N. et al., 1997). Für die Phantomschmerz-Prophylaxe kommen deshalb Patienten in Betracht, die zur Amputation an der oberen Extremität vorgesehen sind. Sie sollten möglichst eine kontinuierliche Plexusblockade mit langanhaltender Analgesie erhalten.

Die perioperative, rückenmarksnahe Regionalanästhesie zwei Tage vor der Amputation, kombiniert mit der Gabe von Opioiden, wird als wirksamste Prophylaxe von Phantomschmerzen vorgeschlagen (Gehling M. und Tryba M., 2003). S. Bach et al. (1988) beschrieb in seiner Studie die erfolgreiche Verminderung von Phantomschmerzen nach perioperativer lumbaler epiduraler Anästhesie bei Patienten mit Amputationen an der unteren Extremität aufgrund diabetischer Gangrän. Spätere Studien (Nikolajsen L. et al., 1997; Hayes C. et al., 2004) konnten jedoch eine erfolgreiche Prophylaxe von Phantomschmerzen durch diese Vorgehensweise für dieses Patientenkollektiv nicht wiederholen. Für Patienten, die eine Amputation an der unteren Extremität bekommen sollen, ist dieses Verfahren grundsätzlich sehr gut geeignet. Leider gibt es vielfältige Kontraindikationen für ein regionales Verfahren. Dazu zählen Gerinnungsstörungen, Antikoagulationstherapie, Sepsis, Infektionen an der vorgesehener Punktionsstelle und die Ablehnung durch den Patienten (Haines D.R. und Gaines S.P., 1999).

Hier stehen andere Methoden im Vordergrund, wie zum Beispiel eine Therapie mit NMDA-Rezeptorantagonisten. Wie auch K. Wiech et al. (2001) in ihrer

Studie mit Memantine gezeigt haben, ist der Zeitpunkt des Therapiebeginns entscheidend. Je früher die adäquate Therapie beginnt, desto geringer sind die Phantomschmerzen.

### **5. Ziele der Studie**

Ziel der Studie war, die Prävalenz, die Inzidenz und die Faktoren, die mit Phantomschmerz, Phantomsensationen, Stumpfschmerz und Stumpfsensationen einhergehen, bei Patienten in Deutschland mit einer Amputation an der oberen Extremität festzustellen.

Tabelle 1

Inzidenz (%), Prävalenz (%) und Anzahl (n) von Phantomschmerzen in bisherigen Studien

1) erworbene Amputation

2) Gesamtheit von erworbenen Amputationen und Dysmelie

3) Dysmelie

Studie	Inzidenz (%)	Prävalenz (%)	Anzahl (n)
Kooijman CM et al., 2000		51 <sup>1</sup>	99
Wilkins KL et al., 1998		29 <sup>2</sup>	60
		49 <sup>1</sup>	33
		4 <sup>3</sup>	27
Wartan SW et al., 1997		55	525
Montoya P et al., 1997		50	32
Jones und Davidson, 1995		59	27
Houghton et al., 1994		78	338
Pohjolainen, 1991		59	124
Sherman et al., 1984		78	2750
Jensen et al., 1983	76		58
Steinbach et al., 1982		73	43
Shukla et al., 1982	82	Arm	34
	54	Bein	28
Carlen et al., 1978	67		73

## **II. Material und Methoden**

### **1. Probanden**

Für die Teilnahme an der Studie galten folgende Einschlusskriterien: Patienten mit Amputationsverletzungen an der oberen Extremität in der Zeit von 1997 bis 2003. Als Ausschlusskriterien galten: Kinder und Jugendliche bis 18 Jahre und Erwachsene ab 70 Jahre. Patienten mit akuten schwerwiegenden Erkrankungen oder/und schwerwiegenden, schmerzhaften Erkrankungen waren ebenfalls ausgeschlossen. Die Personalien und Adressen der Patienten stammen aus dem Archiv der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik in Tübingen. Das Einverständnis wurde telefonisch eingeholt.

### **2. Messmethoden**

#### **2.1 Fragebogen Phantomschmerz und Stumpfschmerz**

Als Instrument zur Datenerfassung diente ein eigens dafür entwickelter Fragebogen. Um einen möglichst hohen Standardisierungsgrad bei der Befragung zu erreichen, wurde bei der Erarbeitung des Fragebogens darauf Wert gelegt, hauptsächlich geschlossene Fragen zu verwenden. Zum einen wurden dichotome Fragen gestellt, die der Patient mit „ja“ oder „nein“ zu beantworten hatte, zum anderen konnte der Patient bei Katalogfragen zwischen mehreren vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wählen. Zusätzlich wurden bei einzelnen Parametern offene Fragen gestellt, die der Patient mit einem Stichwort beantworten konnte. Zur Feststellung der Schmerz- bzw. Empfindungsintensität wurden visuelle Analogskalen (VAS) verwendet, bei denen der Patient aufgefordert wurde, auf einer 10 cm langen horizontalen Linie mit den Begrenzungen „kein Schmerz“ / „keine Empfindung“ und „unerträglicher Schmerz“ / „unerträgliche Empfindung“ eine Markierung zu setzen, die der empfundenen Schmerz- bzw. Empfindungsintensität entsprochen hat. Insgesamt wurde bei der Entwicklung des Fragebogens darauf geachtet, die

Fragen möglichst präzise, klar verständlich und ohne Verwendung von Fremdwörtern zu stellen (siehe Fragebogen im Anhang).

2.2 Inhalt: Fragebogen Phantomschmerz und Stumpfschmerz

2.3 1.Teil: Soziodemographische Daten

- Soziodemographische und allgemeine Daten  
Dieser Teil bestand aus Fragen zum Alter und Geschlecht, sowie Datum und Händigkeit.
- Verlauf der Erkrankung  
Dieser Abschnitt erfasste Zeitpunkt, Grund und Ausmaß der Amputation, sowie Auskunft über Replantationsversuche der entsprechenden Gliedmaßen. Weiterhin wurde der Patient gebeten, über eventuelle Prothesen Auskunft zu geben.

2.4 2.Teil: Prävalenz, Dynamik und Intensität der Schmerzen/  
Empfindungen

- Stumpfschmerzen  
In diesem Teil wurden erstmaliges Auftreten, der Verlauf, beeinflussende Faktoren, die Schmerzintensität und die eigens angewandten Behandlungsstrategien ermittelt.
- Stumpfempfindungen  
Dieser Teil erfasste erstmaliges Auftreten, den Verlauf, beeinflussende Faktoren, die Empfindungsintensität und die eigens angewandten Behandlungsstrategien.
- Phantomschmerzen  
In diesem Abschnitt wurden erstmaliges Auftreten, der Verlauf, beeinflussende Faktoren, die Schmerzintensität und die eigens angewandten Behandlungsstrategien erfasst.

- Phantomempfindungen  
Es wurde nach erstmaligem Auftreten, dem Verlauf, beeinflussenden Faktoren, der Empfindungsintensität und den eigens angewandten Behandlungsstrategien gefragt.

### 2.5 3.Teil: Therapeutische Versorgung

- Fragen zur schmerztherapeutischen Versorgung  
Hier wurde nach Narkoseverfahren, Schmerztherapie und Behandlungserfolg gefragt.
- Fragen zum eventuellen Behandlungswunsch  
Es wurde gefragt, ob ein Therapiewunsch besteht und eine Betreuung in der Schmerzambulanz angeboten wird.

## 3. Studiendurchführung

Die Patientendaten stammen aus dem Archiv der Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen, Klinik für Hand-, Plastische, Rekonstruktive und Verbrennungschirurgie (Prof. Dr. med. Schaller). Im Telefonat mit den Patienten wurde die Studie vorgestellt. Die Patienten wurden nach einer Erklärung über Sinn und Zweck der Studie gefragt, ob sie bereit wären, daran teilzunehmen. Bei bestehender Bereitschaft wurde ihnen der Fragebogen zugesandt. Die Patienten wurden gebeten, den Fragebogen zuerst selbständig so weit wie möglich auszufüllen und mit der Beantwortung ihnen unklarer Fragen zu warten. Es wurde ein telefonischer Kontrolltermin vereinbart, bei dem diese Fragen besprochen werden konnten. Nach Eingang des Fragebogens wurde er von der Untersucherin auf Vollständigkeit und adäquate Beantwortung der Fragen überprüft. Im Falle unklarer, widersprüchlicher oder fehlender Angaben wurde erneut mit dem Patienten Kontakt aufgenommen, um die Angaben zusätzlich, soweit möglich, zu vervollständigen oder richtig zu stellen. Allen Teilnehmern wurde eine Behandlung in der Schmerzambulanz angeboten, sofern sie dies wünschten.



Die Antworten wurden in eine Datenbank eingegeben und auf ihre Korrektheit überprüft. Alle Daten wurden anonymisiert verarbeitet.

#### **4. Datenauswertung und statistische Methoden**

Das Statistikprogramm Statistica 5.1 (SatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) wurde für die Analyse verwendet. Deskriptive Statistiken wurden errechnet, um die Teilnehmer zu beschreiben. Die Univariate  $\chi^2$  und der Fischer-Genauigkeitstest wurden für die Analyse der Assoziationen zwischen dichotomen Variablen benutzt. Der T-Test wurde für unabhängige Stichproben genutzt. P-Value <0,05 wurde als statistisch signifikant erachtet.

### III. Ergebnisse

#### 1. Demographische Daten

Tabelle 1: Alter, Geschlecht, Amputationsausmaß, betroffene Seite und die Händigkeit

<b>Mittleres Alter</b>	<b>Jahre</b>	<b>SD</b>
Gesamt	45	
Weiblich	41	13,4
Männlich	46	15,3
<b>Geschlecht</b>	<b>Anzahl</b>	<b>%</b>
Weiblich	5	7,69
Männlich	60	92,31
<b>Amputationsausmaß</b>		
Teil 1 Fingers	27	41,54
1 Finger im Grundglied	17	26,15
Mehr als 1 Finger	16	24,62
Handgelenk	1	1,54
Unterarm	2	3,08
Ellbogen	0	0
Oberarm	1	1,54
Schulter	0	0
Unbekannt	1	1,54
<b>Betroffene Seite</b>		
Rechts	27	41,54
Links	37	56,92
Unbekannt	1	1,54
<b>Händigkeit</b>		
Rechtshänder	59	90,78
Linkshänder	4	6,15
Unbekannt	2	3,08

Bei den Altersangaben wird der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) angegeben. Beim Geschlecht, Ausmaß der Amputation, der betroffenen Seite und der Händigkeit wird die absolute Anzahl (Prozent) angegeben.

## 2. Ursachen und Prävalenz der Amputation

Tabelle 2.1: Ursachen der Amputation

Ursache	Anzahl der Patienten	(%)
Unfall	64	98,5
Infektion	1	1,5
Vaskuläre	0	0
Andere	0	0

Tabelle 2.2: Prävalenz von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen

	PS	(%)	PE	(%)	SS	(%)	SE	(%)
Prävalenz	29	(44,6)	35	(53,8)	40	(61,5)	51	(78,5)
95% KI		31-45		55-63		41-56		55-61

Phantomschmerzen (PS), Phantomempfindungen (PE), Stumpfschmerzen (SS) und Stumpfempfindungen (SE). Es sind die Absolutzahlen und das 95%-Konfidenzintervall (%) angegeben.

### 3. Jetziges Alter, Follow-up-Alter und Alter bei Amputation

Tabelle 3.1: Unterteilung der Gruppen mit und ohne Phantomsensationen in Bezug auf jetziges Alter, Follow-up-Alter und Alter bei Amputation

	Ja		Nein		P - Wert
	MW	SD	MW	SD	
<b>Phantomschmerzen</b>	<b>n = 29</b>		<b>n = 36</b>		
Alter	48	15,4	43	14,9	0,51
Follow-up	3	1,0	2	0,9	0,69
Alter bei Amputation	44	15,6	41	15,0	0,71
<b>Phantomempfindungen</b>	<b>n = 35</b>		<b>n = 30</b>		
Alter	44	14,6	47	15,8	0,48
Follow up	3	1,0	2	0,9	0,55
Alter bei Amputation	41	14,7	44	16,0	0,19

Es sind die Absolutzahlen in Jahren sowie der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) angegeben. Follow-up ist der Zeitraum in Jahren zwischen Amputations- und Erhebungszeitpunkt. Der P-Wert ist die Irrtumswahrscheinlichkeit des angegebenen Alters.

Tabelle 3.2: Unterteilung der Gruppen mit und ohne Stumpfsensationen in Bezug auf ihr jetziges Alter, Follow-up-Alter und Alter bei Amputation

	Ja		Nein		P - Wert
	MW	SD	MW	SD	
<b>Stumpfschmerzen</b>	<b>n = 40</b>		<b>n = 25</b>		
Alter	42	15,8	50	13,2	0,22
Follow-up	3	0,9	3	1,0	0,69
Alter bei Amputation	40	15,7	47	13,6	0,48
<b>Stumpfeempfindungen</b>	<b>n = 51</b>		<b>n = 14</b>		
Alter	43	15,0	52	14,4	0,19
Follow up	3	1,0	3	0,9	0,77
Alter bei Amputation	41	15,2	49	14,4	0,38

Es sind die Absolutzahlen in Jahren sowie der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) angegeben. Follow-up ist der Zeitraum in Jahren zwischen Amputations- und Erhebungszeitpunkt. Der P-Wert ist die Irrtumswahrscheinlichkeit des angegebenen Alters.

#### 4. Auftretenshäufigkeit, Schmerzdynamik und Schmerzintensität

Tabelle 4.1: Auftretenshäufigkeit schmerzhafter und nicht-schmerzhafter Phantom- und Stumpfsensationen

Häufigkeit	PS (%)	PE (%)	SS (%)	SE (%)
	n = 29	n = 35	n = 40	n = 51
Immer	2 (6,9)	5 (14,3)	5 (12,5)	14 (27,5)
Mehrmals täglich	4 (13,8)	7 (20)	8 (20)	7 (13,7)
Mehrmals wöchentlich	6 (20,7)	5 (14,3)	7 (17,5)	5 (9,8)
Mehrmals monatlich	6 (20,7)	8 (22,9)	6 (15)	12 (23,5)
< Einmal pro Monat	9 (31)	6 (17,1)	12 (30)	8 (15,7)
Unbekannt	2 (6,9)	4 (11,4)	2 (5)	5 (9,8)

Phantomschmerzen (PS)/ Phantomempfindungen (PE) und Stumpfschmerzen (SS)/ Stumpfempfindungen (SE) nach Amputation in absoluten Zahlen (Prozent).

Tabelle 4.2: Schmerzdynamik schmerzhafter und nicht-schmerzhafter Phantom- und Stumpfsensationen unmittelbar nach der Amputation

Dynamik	PS (%)	PE (%)	SS (%)	SE (%)
	n = 29	n = 35	n = 40	n = 51
Weniger geworden	5 (17,2)	4 (11,4)	6 (15)	5 (9,8)
- Innerhalb von Stunden	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
- 1 Woche später	1 (3,4)	1 (2,9)	1 (2,5)	1 (2)
- 1 Monat später	2 (6,9)	1 (2,9)	5 (12,5)	5 (9,8)
- 6 Monate später	4 (13,8)	2 (5,7)	3 (7,5)	1 (2)
- 12 Monate später	2 (6,9)	1 (2,9)	3 (7,5)	0 (0)
- > 12 Monate später	2 (6,9)	6 (17,1)	1 (2,5)	4 (7,8)
Gleich geblieben	9 (31)	16 (45,7)	12 (30)	22 (43,1)
Mehr geworden	2 (6,9)	1 (2,9)	0 (0)	0 (0)
- Innerhalb von Stunden	0 (0)	0 (0)	1 (2,5)	1 (2)
- 1 Woche später	0 (0)	0 (0)	1 (2,5)	0 (0)
- 1 Monat später	0 (0)	0 (0)	1 (2,5)	0 (0)
- 6 Monate später	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (3,9)
- 12 Monate später	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2)
- > 12 Monate später	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (2)
Unbekannt	2 (6,9)	3 (8,6)	6 (15)	8 (15,7)

Phantomschmerzen (PS)/ Phantomempfindungen (PE) und Stumpfschmerzen (SS)/ Stumpfeempfindungen (SE) nach Amputation in absoluten Zahlen (Prozent).

Tabelle 4.3: Erstes Auftreten schmerzhafter und nicht-schmerzhafter Phantom- und Stumpfsensationen nach der Amputation

Erstes Auftreten	PS	(%)	PE	(%)	SS	(%)	SE	(%)
Sofort	8	(27,6)	5	(14,3)	12	(30)	9	(17,6)
1 Woche später	1	(3,4)	2	(5,7)	4	(10)	2	(3,9)
1 Monat später	2	(6,9)	3	(8,6)	5	(12,5)	6	(11,8)
6 Monate später	3	(10,3)	3	(8,6)	2	(5)	7	(13,7)
> 12 Monate später	12	(41,4)	19	(54,3)	16	(40)	22	(43,1)
Unbekannt	3	(10,3)	3	(8,6)	1	(2,5)	5	(9,8)

Phantomschmerzen (PS)/ Phantomempfindungen (PE) und Stumpfschmerzen (SS)/ Stumpfempfindungen (SE) nach Amputation in absoluten Zahlen (Prozent).

Tabelle 4.4: Intensität schmerzhafter und nicht-schmerzhafter Phantom- und Stumpfsensationen zum Erhebungszeitpunkt

Intensität	PS	(SD)	PE	(SD)	SS	(SD)	SE	(SD)
VAS aktuell	17	(23)	18	(19)	23	(26)	22	(21)
VAS maximal	37	(27)	41	(13)	43	(22)	36	(23)
VAS durchschnittlich	24	(20)	18	(15)	31	(20)	25	(18)
VAS minimal	12	(14)	9	(4)	16	(16)	14	(16)

Phantomschmerzen (PS)/ Phantomempfindungen (PE) und Stumpfschmerzen (SS)/ Stumpfempfindungen (SE) nach Amputation. Es werden die Mittelwerte und die Standardabweichung (SD) angegeben. VAS= Visuelle Analog Skala.



## 5. Inzidenz von Phantomschmerzen

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen Entstehungszeitpunkt der Phantomschmerzen und Ausmaß der Amputation

Ausmaß der Amputation	(n)	Erstes Auftreten von PS (%)			p
		früh <sup>1</sup> (n)	spät <sup>2</sup> (n)	nie (n)	
Teil eines Fingers	(27)	7,4 (2)	18,5 (5)	74 (19)	<0,01
Finger ab der Fingerbasis	(16)	31,3 (5)	25 (4)	43,7 (7)	0,69
Mehr als ein Finger	(22)	18,2 (4)	40,9 (9)	40,9 (9)	<0,01

<sup>1</sup>) Erstes Auftreten innerhalb von 3 Monaten

<sup>2</sup>) Erstes Auftreten nach 12 Monaten

## IV. Diskussion

Schmerzhafte und nicht-schmerzhafte Empfindungen sind ein bekanntes Phänomen nach Amputation an der oberen Extremität. Diese Empfindungen sind keinesfalls einheitlich in ihrer Ausprägung, haben verschiedene Eigenschaften und eine unterschiedliche Auftretenshäufigkeit. Die Ergebnisse dieser Untersuchung enthalten den Zeitpunkt des erstmaligen Auftretens, den Verlauf der Häufigkeit, die Dauer, die Intensität und das Ende der schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantomsensationen und/oder Stumpfsensationen. Das Kollektiv der untersuchten Personen wies folgende charakteristische Merkmale auf:

- jung (mittleres Alter von 45 Jahren)
- Nachuntersuchungszeitpunkt innerhalb von 3 Jahren nach Amputation
- fast ausschließlich unfallbedingte Amputation
- Finger-dominierte Amputation
- hauptsächlich männliches Geschlecht der Teilnehmer

Keiner der Teilnehmer benutzte eine Prothese. Bei den meisten Studienteilnehmern (98,5%) führte ein Unfall zur Amputation. Nur bei einem Teilnehmer musste aufgrund einer Infektion die Entscheidung zur Amputation getroffen werden.

### 1. Prävalenz von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen

In unserer Stichprobe von seit kurzem, unfallbedingten Amputierten ist die Prävalenz von Phantomschmerzen 44,6%. Das ist die niedrigste Prävalenz im Vergleich zu bisherigen epidemiologischen Studien die Langzeitamputierte untersucht haben. Bei einer Studie von C.M. Kooijman et al. (2000) ergab die Prävalenz von Phantomschmerzen nahezu 51%. Bei dieser untersuchten Gruppe von Amputierten führten verschiedene Gründe zur Amputation. Bei 78% kam es durch einen Unfall zur Amputation. Eine maligne Erkrankung führte in 15% und andere Gegebenheiten führten in 7% zur Amputation. Kooijman

beschreibt eine Gruppe von Amputierten mit einer medianen Nachuntersuchungszeit (Follow-up-Zeit) von 19,1 Jahren und einem mittleren Patientenalter von 44,2 Jahren. In unserer Untersuchung erfolgte durchschnittlich die Nachuntersuchung nach 3 Jahren und das durchschnittliche Alter der Teilnehmer war 45 Jahre. Die ermittelte Prävalenz weicht doch von anderen Studien zu diesem Thema ab. Das hat verschiedene Gründe. Zum einen gibt es eine unterschiedliche Anzahl an Studienteilnehmer bei den einzelnen Studien, die von 27 bis 2750 Untersuchten reicht. Weiterhin variieren die Gründe für die Amputation bei den Betroffenen: Kriegsveteranen, die bei einem der beiden Weltkriege oder bei Kriegs- und Militäreinsätzen im Nahen Osten verletzt wurden, Amputierte aufgrund von vaskulären Erkrankungen und Amputierte aufgrund diabetischer Folgeerkrankungen. Abweichungen kommen auch bei der Anzahl der Prothesennutzer und bei der Berücksichtigung von Amputierten an der unteren Extremität zustande (Steinbach T.V. et al., 1982; Sherman R.A. et al., 1984; Wartan S.W. et al., 1997; Houghton A.D. et al., 1994; Wilkins K.L. et al., 1998).

Bei den Phantomsensationen zeigte sich bei unserer Stichprobe eine Prävalenz von 53,8%, wohingegen Kooijman et al. (2000) über eine Prävalenz von 76% für Phantomsensationen berichten.

Im weiteren fanden wir eine höhere Prävalenz von Stumpfschmerzen (61,5%) und Stumpfeempfindungen (78,5%). In dieser Studie zeigte sich, dass Stumpfschmerzen und -empfindungen bei seit kurzem amputierten Patienten vorherrschend sind. Phantomschmerzen und Phantomempfindungen sind dagegen bei seit langem amputierten Patienten dominierend.

## **2. Häufigkeit von schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen**

Es war bisher nicht bekannt, ob bei allen Amputierten die schmerzhaften oder nicht-schmerzhaften Phantom- und Stumpfsensationen durchgehend vorhanden sind. Ein verhältnismäßig geringer Anteil der Patienten gibt einen dauerhaften Schmerz oder eine dauerhafte Empfindung an. Zwischen den Schmerzattacken bzw. Sensationen lässt sich eine Diskontinuität feststellen,

oder es liegt zwischen den einzelnen Schmerz- oder Empfindungszeiträumen ein vollkommen schmerz- oder empfindungsfreies Intervall unterschiedlicher Länge. Bei unseren seit kurzem Amputierten sind dauerhaft vorhandene Sensationen seltener als bei seit langem Amputierten:

- Phantomschmerzen 6,9% versus 24%
- Phantomsensationen 14,3% versus 40%
- Stumpfschmerzen 12,5% versus 17%

Die meisten Amputierten erleben schmerzhaft oder nicht-schmerzhaft Phantom- oder Stumpfsensationen zwischen ein paar Mal pro Tag und ein paar Mal pro Jahr (Kooijman C.M. et al. 2000; Borsje S. et al., 2004).

### **3. Inzidenz und Entwicklung von Phantomschmerzen**

Phantomschmerzen treten erstaunlicherweise schon in der unmittelbaren postoperativen Phase auf. Amputierte sind in dieser Zeit in einem Zustand, in dem sie Stumpf- und Phantomschmerzen in der Phase des akuten Schmerzes sehr wohl deutlich unterscheiden können (Shukla G.D. et al., 1982). Ein erstes Auftreten von Phantomschmerzen sofort nach der Amputation war bei 27,9% der Fälle festzustellen. Bei 41% der Fälle traten die Phantomschmerzen zum ersten Mal ca. ein Jahr nach der Amputation auf. Interessanterweise gab es eine hohe Anzahl der Patienten, die Phantomschmerzen, Phantomempfindungen, Stumpfschmerzen und Stumpfempfindungen zum ersten Mal erst ein Jahr nach der Amputation verspürten. In der perioperativen Zeit hatte diese Thematik für diese Patienten keine besondere Bedeutung gehabt.

In einigen wenigen Fällen hatten die schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Sensationen nach Amputation einen zunehmenden Charakter. In den meisten Fällen jedoch erlebten die Patienten eine abnehmende bis gleichbleibende Dynamik ihrer Schmerzen und Empfindungen. In Übereinstimmung mit bisherigen Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass Phantomschmerzen und -empfindungen nach ihrer Entstehung eher die Tendenz besitzen geringer zu werden, um nach etwa einem Monat nach

Amputation eventuell ganz zu verschwinden (Wilkins K.L. et al., 2004; Wartan S.W. et al., 1997).

Jedoch berichtete in unserer Erhebung eine beträchtliche Anzahl von Amputierten über Phantomschmerzen (37,9%), Phantomempfindungen (45,7%), Stumpfschmerzen (30%) und Stumpfempfindungen (43,1%) mit einem gleichbleibenden, stabilen Charakter. Unklar bleiben jedoch die Faktoren, die zu einer zunehmenden, gleichbleibenden oder abnehmenden Dynamik der Beschwerden führen. Aus diesem Grund sollten Patienten nach einer Amputation in den ersten beiden Jahren nach der Amputation regelmäßig und engmaschig untersucht werden.

#### **4. Aufrechterhaltung und Hemmung von Phantom- und Stumpfsensationen**

Deafferenzierungsschmerzen sind nicht alleine Folge von Extremitätenamputationen, sondern treten auch nach Mastektomie (Krøner K. et al., 1992; Rothmund Y. et al., 2004), Entfernung des Auges (Sörös P. et al., 2003), abdominaler Rektumresektion (Ovesen P. et al., 1991) und nach Extraktion von Zähnen (Klausner J.J., 1994) auf. Bei all diesen chirurgischen oder traumatischen Interventionen ist es unvermeidlich, dass es zu Läsionen von peripheren Nerven und Geweben kommt.

Es existieren Beweise für Veränderungen der neuronalen Prozesse in der Schmerzverarbeitung nach peripheren Nervenläsionen, die durch unterschiedlichste Mechanismen zustande kommen können. Funktionelle Kernspinuntersuchungen des Gehirns haben plastische Veränderungen im primären somatosensorischen Kortex des Gehirns nach Amputation an der oberen Extremität zeigen können (Flor H. et al., 1995). Ebenso konnte bei Phantomschmerzpatienten eine gesteigerte zentrale (Visuelle Evozierte Potentiale) und periphere (Elektromyographie) Verarbeitung nachgewiesen werden (Larbig W. et al., 1996). Außerdem haben Patienten mit angeborenem Fehlen der oberen Extremität (Extremitätenagenesie) keine kortikale Reorganisation und keine feststellbaren Phantomsensationen (Flor H. et al., 1998). Im Gegensatz dazu weisen Amputierte eine erhebliche kortikale

Reorganisation auf. Es kommt zu einer funktionellen „Invasion“ kortikaler benachbarter Hirnregionen hin zur Zone des deafferenzierten Körperteils (Montoya P. et al., 1998). Alle diese Ergebnisse aus unterschiedlichen Studien lassen den Rückschluss zu, dass eine traumatische Amputation zu einer Veränderung des anatomisch-funktionellen Substrats im Gehirn führt. Diese Veränderung führt ihrerseits zur Auslösung eines multidimensionalen Prozesses im zentralen und peripheren Nervensystem (Melzack R., 1999).

Die Patienten unserer Studie waren fast ausschließlich männlich (92%) und mittleren Alters. Die Zeitspanne zwischen Amputation und Erhebungszeitpunkt war relativ kurz (im Mittel 2,5 Jahre). Die Patienten konnten sich noch sehr gut an die schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Ereignisse unmittelbar nach der Amputation erinnern. Fast alle erlitten eine Amputation eines Fingers oder mehrerer Finger. Keiner benutzt eine Prothese. Bei den meisten Teilnehmern hat ein Unfall zum Verlust eines Fingers oder mehrerer Finger geführt. Aus diesem Grund fehlen auch die langanhaltenden schmerzgedächtnisbildenden Wundschmerzen (Präamputationsschmerzen), wie sie zum Beispiel beim diabetischen Gangrän vorkommen, völlig. Die durchschnittlichen Schmerzintensitäten waren sehr moderat. Spezifische Therapien zur Behandlung von unerträglichen Phantom- und Stumpfschmerzen wurden in unserer Erhebung keine benannt. Daher war es nachvollziehbar, dass kein befragter Patient unser Angebot angenommen hat, eine Behandlung in der Schmerzambulanz in Anspruch zu nehmen.

Weiterhin wurden in unserer Studie die Faktoren untersucht, die mit schmerzhaften und nicht-schmerzhaften Phantomsensationen assoziiert sind. Auch andere Autoren fanden in ihren Studien ein erhöhtes Risiko, Phantomsensationen zu entwickeln, bei denjenigen Patienten, die gleichzeitig auch unter Stumpfschmerzen litten, verglichen mit denen, die keine Stumpfschmerzen hatten (Montoya P. et al., 1997; Kooijman C.M. et al., 2000; van der Schans C.P. et al., 2002).

Präamputationsschmerzen sind ein gut untersuchter Prädiktor für Phantomschmerzen (Jensen T.S. et al., 1985). Jedoch ist die Identifizierung der Phantomschmerzen als ehemalige Präamputationsschmerzen nur bis etwa 6

Monate nach der Amputation ein entscheidender Einflussfaktor. Die „Erinnerung“ des Nervensystems an die Schmerzen vor der Amputation beeinflusst die Entstehung und Aufrechterhaltung von Phantomsensationen nur kurzfristig.

Studien haben Geschlecht oder Amputationslevel als Determinante von Phantomschmerz untersucht. Neueste Daten weisen auf einen Einfluss des Geschlechts auf die Triggerpunkte bei Phantomschmerzen hin (Wilkins K.L. et al., 2004). In Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Kooijman C.M. et al. (2000) lassen auch unsere Daten einen Trend zur Assoziation zwischen der Prävalenz von Phantomschmerzen und dem Amputationslevel zu. Der überwiegende Teil der amputierten Patienten ohne Phantomschmerz hat lediglich einen Finger verloren.

## **V. Zusammenfassung**

Schmerzhafte und nicht-schmerzhafte Phantomsensationen und Stumpfsensationen bei traumatisch Amputierten sind weit verbreitet, wohingegen nicht-schmerzhafte Sensationen in der Phase nach der Amputation am häufigsten sind. Das Auftreten von Phantom- und Stumpfschmerzen unterliegt einer vom zeitlichen Verlauf abhängigen Dynamik. Es konnten zwei zeitliche Inzidenz-Spitzen identifiziert werden: eine Spitze nach einem Monat und eine zweite Spitze nach etwa zwölf Monaten nach der Amputation. In der unmittelbaren postoperativen Phase können Phantomschmerzen dominieren und müssen als solche erkannt werden. Die Dynamik der Intensität und Qualität der schmerzhaften Sensationen ändert sich in der Zeit nach der Amputation und sollte innerhalb der ersten beiden Jahre regelmäßig dokumentiert werden. Eine effektive Schmerztherapie der Phantom- und Stumpfsensationen in der unmittelbaren Phase nach der Amputation ist von großer Bedeutung.



## VI. Literaturverzeichnis

- Ascher P, Nowak L.** The role of divalent cations in the N-methyl-D-aspartate responses of mouse central neurones in culture. *J Physiol.* May 1988;399:247-266.
- Bach S, Noreng MF, Tjélliden NU.** Phantom limb pain in amputees during the first 12 months following limb amputation, after preoperative lumbar epidural blockade. *Pain.* Jun 1988;33(3):297-301.
- Baumgartner R, Botta P (Hrsg.).** Amputation und Prothesenversorgung der oberen Extremität. Stuttgart Enke (1997).
- Bergmans L, Snijdelaar DG, Katz J, Crul BJ.** Methadone for phantom limb pain. *Clin J Pain.* May-Jun 2002;18(3):203-205.
- Biley FC.** Phantom bladder sensations: a new concern for stoma care workers. *Br J Nurs.* Oct-Nov 2001;10(19):1290-1296.
- Birbaumer N, Lutzenberger W, Montoya P, Larbig W, Unertl K, Töpfner S, Grodd W, Taub E, Flor H.** Effects of regional anesthesia on phantom limb pain are mirrored in changes in cortical reorganization. *J Neurosci.* Jul 1997;17(14):5503-5508.
- Bone M, Critchley P, Buggy DJ.** Gabapentin in postamputation phantom limb pain: a randomized, double-blind, placebo-controlled, cross-over study. *Reg Anaesth Pain Med.* Sep-Oct 2002;27(5):481-486.
- Borsje S, Bosmans JC, van der Schans CP, Geertzen JH, Dijkstra PU.** Phantom pain: a sensitivity analysis. *Disabil Rehabil.* Jul-Aug 2004;26(14-15):905-910.
- Brandt L (Hrsg.).** Illustrierte Geschichte der Anästhesie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart (1997).
- Buchner H, Kauert C, Radermacher I.** Short-term changes of finger representation at the somatosensory cortex in humans. *Neurosci Lett.* Sep 1995;198(1):57-59.

- Calford MB, Tweedale R.** Immediate and chronic changes in responses of somatosensory cortex in adult flying-fox after digit amputation. *Nature*. Mar 1988;332(6163):446-448.
- Carlen PL, Wall PD, Nadvorna H, Steinbach T.** Phantom limbs and related phenomena in recent traumatic amputations. *Neurology*. Mar 1978;28(3):211-217.
- Chen HS, Pellegrini JW, Aggarwal SK, Lei SZ, Warach S, Jensen FE, Lipton SA.** Open-channel block of N-methyl-D-aspartate (NMDA) responses by memantine: therapeutic advantage against NMDA receptor-mediated neurotoxicity. *J Neurosci*. Nov 1992;12(11):4427-4436.
- Coderre TJ, Katz J, Vaccarino AL, Melzack R.** Contribution of central neuroplasticity to pathological pain: review of clinical and experimental evidence. *Pain*. Mar1993;52(3):259-285.
- Coderre TJ, Katz J.** What exactly is central to the role of central neuroplasticity in persistent pain? *Behav Brain Sci*. Mar 1997;20(3):483-486.
- Dougherty J.** Relief of phantom limb pain after EMG biofeedback-assisted relaxation: a case report. *Behav Res Ther*. 1980;18(4):355-357.
- Eide PK.** Wind-up and the NMDA receptor complex from a clinical perspective. *Eur J Pain*. 2000;4(1):5-15.
- Ersland L, Rosén G, Lundervold A, Smievoll AI, Tillung T, Sundberg H, Hugdahl K.** Phantom limb imaginary fingertapping causes primary motor cortex activation: an fMRI study. *Neuroreport*. Dec 1996;8(1):207-210.
- Fabrizi A, Cruccu G, Sperti P, Ridolfi M, Ciampani T, Leardi MG, Ferracuti S, Bonifacio V.** Piroxicam induced analgesia: evidence for a central component which is not opioid mediated. *Experientia*. Dec 1992;48(11-12):1139-1142.
- Ferreira SH, Lorenzetti BB, Corrêa FM.** Central and peripheral antialgesic action of aspirin-like drugs. *Eur J Pharmacol*. Dec 1978;53(1):39-48.

**Flor H, Elbert T, Knecht S, Wienbruch C, Pantev C, Birbaumer N, Larbig W, Taub E.** Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature*. Jun 1995;375(6531):482-484.

**Flor H, Elbert T, Mühlnickel W, Pantev C, Wienbruch C, Taub E.** Cortical reorganization and phantom phenomena in congenital and traumatic upper-extremity amputees. *Exp Brain Res*. Mar 1998;119(2):205-212.

**Flor H.** The functional organization of the brain in chronic pain. *Prog Brain Res*. 2000;129:313-322.

**Flor H.** Visualisierung von Phantom- und Rückenschmerzen durch bildgebende Verfahren. *Orthopäde*. 2004;5:553-557.

**Florence SL, Taub HB, Kaas JH.** Large-scale sprouting of cortical connections after peripheral injury in adult macaque monkeys. *Science*. Nov 1998;282(5391):1117-1121.

**Frank B, Lorenzoni E.** Phantomerleben und Phantomschmerz. *Fortschr Neurol Psychiatr*. Feb 1992;60(2):74-85.

**Fritze HE.** Arthroplastik, oder die sämtlichen, bisher bekannt gewordenen künstlichen Hände und Füße zum Ersatz dieser verloren gegangenen Gliedmaßen nach Manuskripten des Königl. Geheimen Medicinal-Rates, Professor Dr. CAF Kluge. Lemgo (1842), 26 Tafeln.

**Frost FA, Jessen B, Siggaard-Andersen J.** A control, double-blind comparison of mepivacaine injection versus saline injection for myofascial pain. *Lancet*. Mar 1980;1(8167):499-500.

**Garraghty PE, Muja N.** NMDA receptors and plasticity in adult primate somatosensory cortex. *J Comp Neurol*. Jan 1996;367(1):319-326.

**Gehling M, Tryba M.** Prophylaxis of phantom pain: is regional analgesia ineffective? *Schmerz*. Jan 2003;17(1):11-19.

**Gross D (Hrsg.).** Therapeutische Blockaden Grundlagen. Hippokrates. Stuttgart (1972).

**Gurlt E (Hrsg.).** Geschichte der Chirurgie und ihrer Ausübung. Bd. 2 und Bd. 3, Hildesheim 1964. Reprografischer Nachdruck der Ausgabe Berlin (1898).

**Haines DR, Gaines SP.** N of 1 randomised controlled trials of oral ketamine in patients with chronic pain. *Pain.* Nov 1999;83(2):283-287.

**Hamerhoff SR, Crago BR, Blitt CD, Womble J, Kanel J.** comparison of bupivacaine, etidocaine and saline for trigger point therapy. *Anesth. Analg.* 1981;60:752-755.

**Hayes C, Armstrong-Brown A, Burstal R.** Perioperative intravenous ketamine infusion for the prevention of persistent post-amputation pain: a randomized, controlled trial. *Anaesth Intensive Care.* Jun 2004;32(3):330-338.

**Hogan QH, Abram SE.** Neural blockade for diagnosis and prognosis. A review. *Anesthesiology.* Jan 1997;86(1):216-241.

**Houghton AD, Nicholls G, Houghton AL, Saadah E, McColl L.** Phantom pain: natural history and association with rehabilitation. *Ann R Coll Surg Engl.* Jan 1994;76(1):22-25.

**Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, Rasmussen P.** Phantom limb, phantom pain and stump pain in amputees during the first 6 months following limb amputation. *Pain.* Nov 1983;17(3):243-256.

**Jensen TS, Krebs B, Nielsen J, Rasmussen P.** Immediate and long-term phantom limb pain in amputees: incidence, clinical characteristics and relationship to pre-amputation limb pain. *Pain.* Mar 1985;21(3):267-278.

**Jensen TS, Rasmussen P.** Phantom limb pain and related phenomena after amputation. *Textbook of pain.* New York: Churchill Livingstone. 1995:651-665.

**Jones LE, Davidson JH.** The long-term outcome of upper limb amputees treated at a rehabilitation centre in Sydney, Australia. *Disabil Rehabil.* Nov-Dec 1995;17(8):437-442.

**Kaas JH, Krubitzer LA, Chino YM, Langston AL, Polley EH, Blair N.** Reorganisation of retinotopic cortical maps in adult mammals after lesions of the retina. *Science.* Apr 1990;248(4952):229-231.

- Karpinski O.** Studien über künstliche Glieder. Berlin (1881);29.
- Katz J, Melzack R.** Pain 'memories' in phantom limbs: review and clinical observations. *Pain*. Dec 1990;43(3):319-336.
- Katz J.** Phantom limb pain. *Lancet*. Nov 1997;350(9088):1338-1339.
- Keil G.** So-called initial description of phantom pain by Ambroisé Paré. "Chose digne d'admiration et quasi incroyable": the "douleur ès parties mortes et amputées". *Fortschr. Med.* Feb 1990;108(4):62-66.
- Kern U, Martin C, Scheicher S, Müller H.** Treatment of phantom pain with botulinum toxin A. A pilot study. *Apr* 2003;17(2):117-124.
- Kern U, Martin C, Schleicher S, Müller H.** Long-term treatment of phantom- and stump pain with Botulinum toxin type A over 12 months. A first clinical observation. *Der Nervenarzt*. Apr 2004;75(4):336-340.
- Klausner JJ.** Epidemiology of chronic facial pain: diagnostic usefulness in patient care. *J Am Dent Assoc*. Dec 1994;125(12):1604-1611.
- Knox DJ, McLeod BJ, Goucke CR.** Acute phantom limb pain controlled by ketamine. *Anaesth Intensive Care*. Oct 1995;23(5):620-622.
- Koltzenburg M, Torebjörk HE, Wahren LK.** Nociceptor modulated central sensitization causes mechanical hyperalgesia in acute chemogenic and chronic neuropathic pain. *Brain*. Jun 1994;117(Pt3):579-591.
- Kooijman CM, Dijkstra PU, Geertzen JH, Elzinga A, van der Schans CP.** Phantom pain and phantom sensations in upper limb amputees: an epidemiological study. *Pain*. Jul 2000;87(1):33-41.
- Krøner K, Knudsen UB, Lundby L, Hvid H.** Long-term phantom breast syndrome after mastectomy. *Clin J Pain*. Dec 1992;8(4):346-350.
- Larbig W, Montoya P, Flor H, Bilow H, Weller S, Birbaumer N.** Evidence for a change in neural processing in phantom limb pain patients. *Pain*. Oct 1996;67(2-3):275-83.

- Levi-Montalcini R.** The nerve growth factor 35 years later. *Science*. Sep 1987;237(4819):1154-1162.
- Löffler L (Hrsg.).** Der Ersatz für die obere Extremität. Die Entwicklung von den ersten Zeugnissen bis heute. Stuttgart (1984).
- Mayer ML, Westbrook GL.** Permeation and block of N-methyl-D-aspartic acid receptor channels by divalent cations in mouse cultured central neurones. *J Physiol*. Dec 1987;394:501-527.
- McQuay HJ, Tramèr M, Nye BA, Caroll P, Wiffen PJ, Moore RA.** A systematic review of antidepressants in neuropathic pain. *Pain*. Dec 1996;68(2-3):217-227.
- Melzack R.** Pain - an overview. *Acta Anaesthesiol Scand*. Oct 1999;43(9):880-884.
- Michaelis M, Häbler H-J, Jänig W.** Silent afferents: a further class of nociceptors? *Clin Exp Pharmacol and Physiol* 1996;23:14-20.
- Millan MJ.** The induction of pain: an integrative review. *Prog Neurobiol*. Jan 1999;57(1):1-164.
- Montoya P, Larbig W, Grulke N, Flor H, Taub E, Birbaumer N.** The relationship of phantom limb pain to other phantom limb phenomena in upper extremity amputees. *Pain*. Aug 1997;72(1-2):87-93.
- Montoya P, Ritter K, Huse E, Larbig W, Braun C, Töpfner S, Lutzenberger W, Grodd W, Flor H, Birbaumer N.** The cortical somatotopic map and phantom phenomena in subjects with congenital limb atrophy and traumatic amputees with phantom limb pain. *Eur J Neurosci*. Mar 1998;10(3):1095-1102.
- Müller M (Hrsg.).** Chirurgie für Studium und Praxis. 2004/05:330-331.
- Nerlich A, Zink A.** Leben und Krankheit im alten Ägypten. *Bayerisches Ärzteblatt*. Aug 2001:373-376.

**Nikolajsen L, Hansen CL, Nielsen J, Keller J, Arendt-Nielsen L, Jensen TS.** The effect of ketamine on phantom pain: a central neuropathic disorder maintained by peripheral input. *Pain*. Sep1996;67(1):69-77.

**Nikolajsen L, Ilkjaer S, Christensen JH, Krøner K, Jensen TS.** Randomised trial of epidural bupivacaine and morphine in prevention of stump and phantom pain in lower-limb amputation. *Lancet*. Nov 1997;350(9088):1353-1357.

**Ovesen P, Krøner K, Ornsholt J, Bach K.** Phantom-related phenomena after rectal amputation: prevalence and clinical characteristics. *Pain*. Mar 1991;44(3):289-291.

**Penfield W, Rasmussen T.** *The Cerebral Cortex of Man. A Clinical Study of Localization of Function.* New York, The Macmillan Comp. 1950.

**Pohjolainen T.** A clinical evaluation of stumps in lower limb amputees. *Prosthet Orthot Int*. Dec 1991;15(3):178-84.

**Pons TP, Garraghty PE, Ommaya AK, Kaas JH, Taub E, Mishkin M.** Massive cortical reorganization after sensory deafferentation in adult macaques. *Science*. Jun 1991;252(5014):1857-1860.

**Pothmann R (Hrsg.).** *TENS - Transkutane elektrische Nervenstimulation in der Schmerztherapie.* Hippokrates Stuttgart (1996).

**Rachlin ES, Rachlin I (Hrsg.).** *Myofascial pain and fibromyalgia. Triggerpoint management.* Mosby, St. Louis, MO. 1994;143-260.

**Revenstorf D, Peter B (Hrsg.).** *Hypnose in Psychotherapie, Psychosomatik und Medizin. Manual für die Praxis.* Springer Berlin (2000).

**Rosenstock J, Tuchmann M, LaMoreaux L, Sharma U.** Pregabalin zur Behandlung der schmerzhaften peripheren diabetischen Neuropathie: eine doppelblinde, Placebo-kontrollierte Studie. *Pain*. 2004;110:628-638.

**Rossini PM, Martino G, Narici L, Pasquarelli A, Peresson M, Pizzella V, Tecchio F, Torrioli G, Romani GL.** Short-term brain 'plasticity' in humans: transient finger representation changes in sensory cortex somatotopy following ischemic anaesthesia. *Brain Research*. Apr 1994;642(1-2):169-177.

- Rothemund Y, Grüsser SM, Liebeskind U, Schlag PM, Flor H.** Phantom phenomena in mastectomized patients and their relation to chronic and acute pre-mastectomy pain. *Pain*. Jan 2004;107(1-2):140-146.
- Schans van der CP, Geertzen JH, Schoppen T, Dijkstra PU.** Phantom pain and health-related quality of life in lower limb amputees. *J Pain Symptom Manage*. Oct 2002;24(4):429-36.
- Schwartz M (Hrsg.).** Biofeedback: a practitioner's guide. New York Guilford (1995).
- Sherman RA, Sherman CJ, Parker L.** Chronic phantom and stump pain among American veterans: results of a survey. *Pain*. Jan 1984;18(1):83-95.
- Sherman RA (Hrsg.).** Phantom pain. Plenum Press New York (1997).
- Shukla GD, Sahu SC, Tripathi RP, Gupta DK.** Phantom limb: a phenomenological study. *Br J Psychiatry*. Jul 1982;141:54-58.
- Stannard CF, Porter GE.** Ketamine hydrochloride in the treatment of phantom limb pain. *Pain*. Aug 1993;54(2):227-230.
- Steinbach TV, Nadvorna H, Arazi D.** A five year follow-up study of phantom limb pain in post traumatic amputees. *Scand J Rehabil Med*. 1982;14(4):203-207.
- Sthalekar HA.** Hypnosis for relief of chronic phantom pain in a paralysed limb: a case study. *Australian Journal of Clinical Hypnotherapy and Hypnosis*. 1993;14:75-80.
- Suzuki R, Dickenson AH.** Neuropathic pain: nerves bursting with excitement. *Neuroreport*. Aug 2000;11(12):R17-21.
- Sörös P, Vo O, Husstedt IW, Evers S, Gerding H.** Phantom eye syndrome: Its prevalence, phenomenology, and putative mechanisms. *Neurology*. May 2003;60(9):1542-1543.
- Tölle TR, Baron R.** Neuropathische Schmerzen. *Fortschritte der Medizin* 120.Jg.- Originalien Nr. II-III 2002:49-59.



- Travell J, Simons DG (Hrsg.).** Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual. Williams and Wilkens. Baltimore (1992).
- Troidl H, Angelini L, Klimek D, Finken U.** Zur Situation der postoperativen Schmerzbehandlung aus operativer Sicht. *Anästh Intensiv.* 1993;34:269-276.
- Wartan SW, Hamann W, Wedley JR, McColl I.** Phantom pain and sensation among British veteran amputees. *Br J Anaesth.* Jun 1997;78(6):652-659.
- Wiech K, Preissl H, Kiefer RT.** Prevention of phantom limb pain and cortical reorganisation in the early phase after amputation in humans. *Soc Neurosci.* 2001;28:163-169.
- Wiech K, Kiefer RT, Töpfner S, Preissl H, Braun C, Unertl K, Flor H, Birbaumer N.** A placebo-controlled randomized crossover trial of the N-methyl-D-aspartic acid receptor antagonist, memantine, in patients with chronic phantom limb pain. *Anesth Analg.* Feb 2004;98(2):408-413.
- Wilkins KL, McGrath PJ, Finley GA, Katz J.** Phantom limb sensations and phantom limb pain in child and adolescent amputees. *Pain.* Oct 1998;78(1):7-12.
- Wilkins KL, McGrath PJ, Finley GA, Katz J.** Prospective diary study of nonpainful and painful phantom sensations in a preselected sample of child and adolescent amputees reporting phantom limbs. *Clin J Pain.* Sep-Oct 2004;20(5):293-301.
- Willer JC, De Broucker T, Busse B, Roby-Brami A, Harrewyn JM.** Central analgesic effect of ketoprofen in humans: electrophysiological evidence for a supraspinal mechanism in a double-blind and cross-over study. *Pain.* Jul 1989;38(1):1-7.
- Wulf H, Neugebauer E, Maier C (Hrsg.).** Die Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen. Thieme. Stuttgart (1997).
- Yaksh TL.** Central and peripheral mechanisms for the analgesic action of acetylsalicylic acid: New Aspects for an Old Drug. Raven Press. New York 1982:137-151.

## VII. Anhang

### 1. Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenosintriphosphat, ein Nucleotid, Baustein für DNA/RNA und Energielieferant der Zelle
KI	Konfidenzintervall (Bei einem ermittelten 95%-Konfidenzintervall für den wahren Erwartungswert bedeutet dies, dass bei ca. 5 von 100 gleichgroßen Stichproben ein Konfidenzintervall ermittelt werden kann, das den Erwartungswert nicht enthält)
MW	Mittelwert
n	Anzahl der Patienten
NGF	Nerve Growth Factor (Nervenwachstumsfaktor)
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat (Rezeptor)
NO	Stickstoffmonoxid
PE	Phantomempfindung
PS	Phantomschmerz
P-Wert	Irrtumswahrscheinlichkeit
SD	Standardabweichung
SE	Stumpfempfindung
SS	Stumpfschmerz
TENS	Transkutane elektrische Nervenstimulation
VAS	Visuelle Analog-Skala; Instrument zur Messung der Schmerzstärke. Es ist meist eine Art Schieber, auf dem der Patient zwischen ‚kein Schmerz‘ und ‚unerträglicher Schmerz‘

seine momentane Empfindung einstellen kann. Der Therapeut kann dann auf der Rückseite die Zahl ablesen

## 2. Fremdwörterverzeichnis

Dysmelie	Eine Dysmelie ist eine angeborene Fehlbildung eines oder mehrerer Gliedmaßen, also der Arme oder Beine
Follow up	Zeit zwischen Amputation und Erfassung in der Studie
Second messenger	Sekundärer Botenstoff ist eine chemische Substanz, deren Konzentration sich als Antwort auf ein Primärsignal erhöht. Es dient der intrazellulären Weiterleitung eines von außen (extrazellulär) kommenden Signals, das die Zellmembran nicht passieren kann. Dient das Primärsignal der Signalübertragung zwischen Zellen, so dient der Second Messenger der Signalübertragung
Mandragora	Alraune; Nachtschattengewächs

### 3. Fragebogen

## BEFRAGUNG VON FINGER-, HAND- UND ARMAMPUTIERTEN

#### Bearbeitungshinweis:

Bitte fügen Sie Ihre Eintragungen in die

grau unterlegten Flächen ein !

#### 1. Heutiges Datum ?

(Bitte fügen Sie das Datum ein)

\_\_\_\_.\_\_\_\_.200

#### 2. Wie alt sind Sie ?

(Bitte eintragen)

\_\_\_\_ Jahre

#### 3. Sind Sie Rechtshänder oder Linkshänder ?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Rechtshänder
<input type="checkbox"/>	Linkshänder

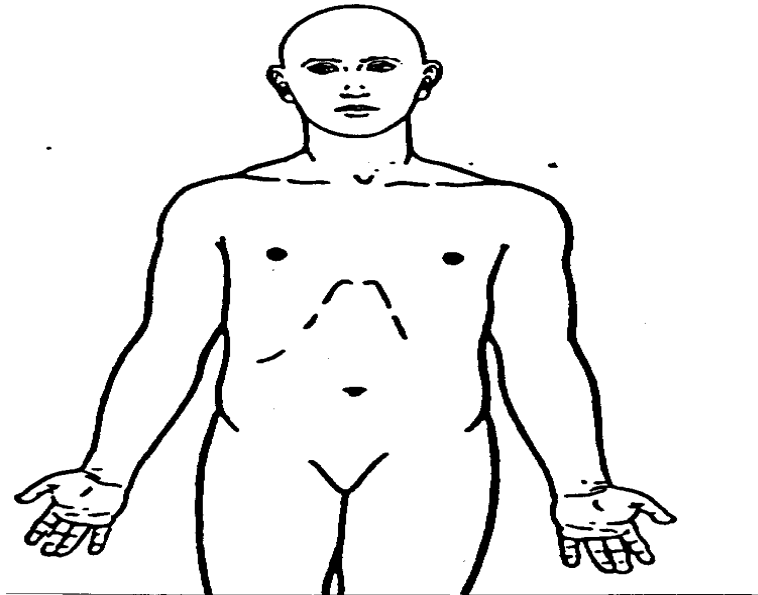
#### 4. Ihr Geschlecht ?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	weiblich
<input type="checkbox"/>	männlich

**5. Ausmaß der Amputation:**

(Bitte zeichnen Sie in die unten aufgeführte Skizze ein, welche Gliedmaßen Sie verloren haben )



Rechts

Links

**6. Was war der Grund der Amputation?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Unfall? Unfallhergang?	
<input type="checkbox"/>	Infektion? Welcher Art?	
<input type="checkbox"/>	Bösartige Erkrankung? Welche?	
<input type="checkbox"/>	Sonstige - welche?	

**7. Hatten Sie vor der Amputation Schmerzen?**

<input type="checkbox"/>	Nein	<input type="checkbox"/>	Ja	Wie lange?	<input type="checkbox"/>	Weniger als 1 Woche
					<input type="checkbox"/>	1 - 4 Wochen
					<input type="checkbox"/>	Weniger als ½ Jahr
					<input type="checkbox"/>	½ - 1 Jahr
					<input type="checkbox"/>	Mehr als 1 Jahr

**8. Wann fand die Amputation statt?**

(Bitte fügen Sie das Datum ein)

_____ . _____ . _____
-----------------------

**9. Wurden die abgetrennten Gliedmaßen wieder angenäht?****(Replantationsversuch)**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja	<input type="checkbox"/>	Nein
--------------------------	----	--------------------------	------

**a) Wie lange dauerte der Replantationsversuch bis zur Amputation?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	1 Tag
<input type="checkbox"/>	2-3 Tage
<input type="checkbox"/>	5 Tage
<input type="checkbox"/>	Mehr als ein Woche

**10. Tragen Sie eine Prothese?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**a) Welche Art von Prothese tragen Sie?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Kosmetische Prothese (nicht bewegungsfähige Prothese)
<input type="checkbox"/>	Mechanische Prothese (bewegungsfähige Prothese)
<input type="checkbox"/>	Myoelektrische Prothese (bewegungsfähige Prothese)

**b) Wieviele Stunden am Tag tragen Sie Ihre Prothese?**

Stunden am Tag
----------------

**c) Wenn Sie keine Prothese tragen: warum nicht?**

<input type="checkbox"/>	Es wurde nie eine angepasst
<input type="checkbox"/>	Meine Prothese stört mich mehr als sie nützt
<input type="checkbox"/>	Ich wollte keine Prothese
<input type="checkbox"/>	Andere Gründe - welche?



## 1. STUMPFSCHMERZEN

(Das heißt **Schmerzen**, die Sie **unmittelbar am Stumpf** wahrnehmen)

### 11. Hatten Sie jemals Stumpfschmerzen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

Falls Sie diese Frage mit "**Nein**" beantwortet haben, blättern Sie bitte um auf **Seite 10** zur **Frage Nr. 13**  
Ansonsten bitte hier weitermachen:

#### a) Wann sind die Stumpfschmerzen zuletzt aufgetreten?

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

#### b) Haben Sie zur Zeit (das heißt auch in den letzten Wochen) Stumpfschmerzen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**c) Wann sind die Stumpfschmerzen erstmals aufgetreten?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

**d) Wie häufig treten die Stumpfschmerzen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sind immer vorhanden
<input type="checkbox"/>	Mehrmals täglich
<input type="checkbox"/>	Wöchentlich mehrmals
<input type="checkbox"/>	Mehrmals im Monat
<input type="checkbox"/>	Seltener als einmal im Monat

**e) Wie haben sich die Stumpfschmerzen im Laufe der Zeit entwickelt?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Sind weniger geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

<input type="checkbox"/>	Sind gleich geblieben
--------------------------	-----------------------

<input type="checkbox"/>	Sind stärker geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

**f) Treten die Stumpfschmerzen nur unter bestimmten Bedingungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Nein, immer vorhanden.
<input type="checkbox"/>	Bei Berührung des Stumpfes
<input type="checkbox"/>	Beim Tragen der Prothese
<input type="checkbox"/>	Bei Wärme
<input type="checkbox"/>	Bei Kälte
<input type="checkbox"/>	Wetterabhängig
<input type="checkbox"/>	Andere Gründe - welche?

**Hinweis: zur weiteren Bearbeitung der folgenden Fragen, lesen Sie bitte das Beispiel durch!**

**Bearbeitungshinweis:** markieren Sie bitte auf der schwarzen Linie den Ort, der der Stärke Ihrer Schmerzen entspricht!

**Beispiel**



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**g) Wie groß sind Ihre Stumpfschmerzen jetzt im Augenblick?**

(Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**h) Wenn die Stumpfschmerzen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **maximale Schmerzstärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**i) Wenn die Stumpfschmerzen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **durchschnittliche Schmerzstärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**j) Wenn die Stumpfschmerzen nur manchmal auftreten:**

Schätzen Sie bitte die Stärke ein, wenn Sie sie **am geringsten** empfinden  
(Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**12. Behandeln Sie Ihre Stumpfschmerzen oder haben Sie sie behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**a) Wie behandeln Sie Ihre Stumpfschmerzen oder haben behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Medikamente	Welche?
<input type="checkbox"/>	Akupunktur	
<input type="checkbox"/>	Psychologische Therapie	
<input type="checkbox"/>	TENS-Gerät	
<input type="checkbox"/>	Krankengymnastik	
<input type="checkbox"/>	Sonstiges:	

**b) Wie schätzen Sie den Behandlungserfolg ein?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sehr gut
<input type="checkbox"/>	Gut
<input type="checkbox"/>	Befriedigend
<input type="checkbox"/>	Ausreichend
<input type="checkbox"/>	Mangelhaft
<input type="checkbox"/>	Ungenügend

## 2. STUMPFEMPFindUNGEN

(Das heißt, **NICHT-schmerzhaft**e Empfindungen, die Sie **unmittelbar am Stumpf** wahrnehmen, z. B. Kribbeln, Jucken, Ziehen, o.ä.)

### 13. Hatten Sie jemals Stumpfempfindungen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

Falls Sie diese Frage mit "**Nein**" beantwortet haben, blättern Sie bitte um auf **Seite 15** zur **Frage Nr.15**  
Ansonsten bitte hier weitermachen:

#### a) Wann sind die Stumpfempfindungen zuletzt aufgetreten?

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach dem Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

#### b) Haben Sie zur Zeit (d.h. auch in den letzten Wochen) Stumpfempfindungen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**c) Wann sind die Stumpfeempfindungen erstmals aufgetreten?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

**d) Wie häufig treten die Stumpfeempfindungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sind immer vorhanden
<input type="checkbox"/>	Mehrmals täglich
<input type="checkbox"/>	Wöchentlich mehrmals
<input type="checkbox"/>	Mehrmals im Monat
<input type="checkbox"/>	Seltener als einmal im Monat

**e) Wie haben sich die Stumpfeempfindungen im Laufe der Zeit entwickelt?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Sind weniger geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

<input type="checkbox"/>	Sind gleich geblieben
--------------------------	-----------------------

<input type="checkbox"/>	Sind stärker geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

**f) Treten die Stumpfempfindungen nur unter bestimmten Bedingungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Nein, immer vorhanden.
<input type="checkbox"/>	Bei Berührung des Stumpfes
<input type="checkbox"/>	Beim Tragen der Prothese
<input type="checkbox"/>	Bei Wärme
<input type="checkbox"/>	Bei Kälte
<input type="checkbox"/>	Wetterabhängig
<input type="checkbox"/>	Andere Gründe - welche?

**Hinweis: zur weiteren Bearbeitung der folgenden Fragen, lesen Sie bitte das Beispiel durch!**

**Bearbeitungshinweis:** Markieren Sie bitte auf der schwarzen Linie den Ort, der der Stärke Ihrer Empfindungen entspricht!

**Beispiel**



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen



**g) Wie groß sind Ihre Stumpfeempfindungen jetzt im Augenblick?**

(Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**h) Wenn die Stumpfeempfindungen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **maximale Stärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**i) Wenn die Stumpfeempfindungen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **durchschnittliche Stärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**j) Wenn die Stumpfeempfindungen nur manchmal auftreten:**

Schätzen Sie bitte die Stärke ein, wenn Sie sie **am geringsten** empfinden  
(Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**14. Behandeln Sie Ihre Stumpfeempfindungen oder haben sie behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**a) Wie behandeln Sie Ihre Stumpfeempfindungen oder haben behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Medikamente	Welche?
<input type="checkbox"/>	Akupunktur	
<input type="checkbox"/>	Psychologische Therapie	
<input type="checkbox"/>	TENS-Gerät	
<input type="checkbox"/>	Krankengymnastik	
<input type="checkbox"/>	Sonstiges:	Bitte beschreiben Sie:

**b) Wie schätzen Sie den Behandlungserfolg ein?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sehr gut
<input type="checkbox"/>	Gut
<input type="checkbox"/>	Befriedigend
<input type="checkbox"/>	Ausreichend
<input type="checkbox"/>	Mangelhaft
<input type="checkbox"/>	Ungenügend

### 3. PHANTOMSCHMERZEN

(Das heißt **Schmerzen**, die Sie in den **nicht mehr vorhandenen Gliedmaßen** wahrnehmen)

#### 15. Hatten Sie jemals Schmerzen im Phantomglied (-glieder)?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

Falls Sie diese Frage mit "**Nein**" beantwortet haben, blättern Sie bitte um auf **Seite 20** zur **Frage Nr.17**  
Ansonsten bitte hier weitermachen:

#### a) Wann sind die Phantomschmerzen zuletzt aufgetreten?

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

#### b) Haben Sie zur Zeit (das heißt auch in den letzten Wochen) Phantomschmerzen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**c) Wann sind die Phantomschmerzen erstmals aufgetreten?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

**d) Wie häufig treten die Phantomschmerzen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sind immer vorhanden
<input type="checkbox"/>	Mehrmals täglich
<input type="checkbox"/>	Wöchentlich mehrmals
<input type="checkbox"/>	Mehrmals im Monat
<input type="checkbox"/>	Seltener als einmal im Monat

**e) Wie haben sich die Phantomschmerzen im Laufe der Zeit entwickelt?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Sind weniger geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

<input type="checkbox"/>	Sind gleich geblieben
--------------------------	-----------------------

<input type="checkbox"/>	Sind stärker geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

**f) Treten die Phantomschmerzen nur unter bestimmten Bedingungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Nein, immer vorhanden.
<input type="checkbox"/>	Bei Berührung des Stumpfes
<input type="checkbox"/>	Beim Tragen der Prothese
<input type="checkbox"/>	Bei Wärme
<input type="checkbox"/>	Bei Kälte
<input type="checkbox"/>	Wetterabhängig
<input type="checkbox"/>	Andere Gründe - welche?

**Hinweis: Zur weiteren Bearbeitung der folgenden Fragen, lesen Sie bitte das Beispiel durch!**

**Bearbeitungshinweis:** Markieren Sie bitte auf der schwarzen Linie den Ort, der der Stärke Ihrer Schmerzen entspricht!

**Beispiel**



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**g) Wie groß sind Ihre Phantomschmerzen jetzt im Augenblick?**

(Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**h) Wenn die Phantomschmerzen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **maximale Schmerzstärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**i) Wenn die Phantomschmerzen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **durchschnittliche Schmerzstärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**j) Wenn die Phantomschmerzen nur manchmal auftreten:**

Schätzen Sie bitte die Stärke ein, wenn Sie sie **am geringsten** empfinden  
(Bitte ankreuzen)



Kein Schmerz

Unerträglicher Schmerz

**16. Behandeln Sie Ihre Phantomschmerzen oder haben Sie sie behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**a) Wie behandeln Sie Ihre Phantomschmerzen oder haben sie behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Medikamente	Welche?
<input type="checkbox"/>	Akupunktur	
<input type="checkbox"/>	Psychologische Therapie	
<input type="checkbox"/>	TENS-Gerät	
<input type="checkbox"/>	Krankengymnastik	
<input type="checkbox"/>	Sonstiges:	Bitte beschreiben Sie:

**b) Wie schätzen Sie den Behandlungserfolg ein?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sehr gut
<input type="checkbox"/>	Gut
<input type="checkbox"/>	Befriedigend
<input type="checkbox"/>	Ausreichend
<input type="checkbox"/>	Mangelhaft
<input type="checkbox"/>	Ungenügend

## 4. PHANTOMEMPFINDUNGEN

(Das heißt, **NICHT-schmerzhafte Empfindungen**, die Sie in den nicht mehr vorhandenen Gliedmaßen wahrnehmen, z.B. **Jucken, Kribbeln, Stechen, Ziehen**, o.ä.)

### 17. Hatten Sie jemals Phantomempfindungen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

Falls Sie diese Frage mit "**Nein**" beantwortet haben, blättern Sie bitte um auf **Seite 25** zur **Frage Nr.19**  
Ansonsten bitte hier weitermachen:

#### a) Wann sind die Phantomempfindungen zuletzt aufgetreten?

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

#### b) Haben Sie zur Zeit (das heißt auch in den letzten Wochen) Phantomempfindungen?

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein



**c) Wann sind die Phantomempfindungen erstmals aufgetreten?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Später als 12 Monate nach der Amputation

**d) Wie häufig treten die Phantomempfindungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sind immer vorhanden
<input type="checkbox"/>	Mehrmals täglich
<input type="checkbox"/>	Wöchentlich mehrmals
<input type="checkbox"/>	Mehrmals im Monat
<input type="checkbox"/>	Seltener als einmal im Monat

**e) Wie haben sich die Phantomempfindungen im Laufe der Zeit entwickelt?**

(Zeitraum angeben, der am ehesten zutrifft)

<input type="checkbox"/>	Sind weniger geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

<input type="checkbox"/>	Sind gleich geblieben
--------------------------	-----------------------

<input type="checkbox"/>	Sind stärker geworden
<input type="checkbox"/>	Stunden bis Tage nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Woche nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	1 Monat nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	6 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	12 Monate nach der Amputation
<input type="checkbox"/>	Mehr als 12 Monate nach der Amputation

**f) Treten die Phantomempfindungen nur unter bestimmten Bedingungen auf bzw. sind aufgetreten?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Nein, immer vorhanden.
<input type="checkbox"/>	Bei Berührung des Stumpfes
<input type="checkbox"/>	Beim Tragen der Prothese
<input type="checkbox"/>	Bei Wärme
<input type="checkbox"/>	Bei Kälte
<input type="checkbox"/>	Wetterabhängig
<input type="checkbox"/>	Andere Gründe - welche?

**Hinweis: zur weiteren Bearbeitung der folgenden Fragen, lesen Sie bitte das Beispiel durch!**

**Bearbeitungshinweis:** Markieren Sie bitte auf der schwarzen Linie den Ort, der der Stärke Ihrer Empfindungen entspricht!

**Beispiel**



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**g) Wie groß sind Ihre Phantomempfindungen jetzt im Augenblick?**

(Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**h) Wenn die Phantomempfindungen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **maximale Stärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**i) Wenn die Phantomempfindungen nur manchmal auftreten:**

Geben Sie bitte die **durchschnittliche Stärke** an, die Sie im vergangenen Monat empfunden haben (Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**j) Wenn die Phantomempfindungen nur manchmal auftreten:**

Schätzen Sie bitte die Stärke ein, wenn Sie sie **am geringsten** empfinden  
(Bitte ankreuzen)



Keine Empfindungen

Unerträgliche Empfindungen

**18. Behandeln Sie Ihre Phantomempfindungen oder haben sie behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja
<input type="checkbox"/>	Nein

**a) Wie behandeln Sie Ihre Phantomempfindungen oder haben behandelt?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Medikamente	Welche?
<input type="checkbox"/>	Akupunktur	
<input type="checkbox"/>	Psychologische Therapie	
<input type="checkbox"/>	TENS-Gerät	
<input type="checkbox"/>	Krankengymnastik	
<input type="checkbox"/>	Sonstiges:	Bitte beschreiben Sie:

**b) Wie schätzen Sie den Behandlungserfolg ein?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Sehr gut
<input type="checkbox"/>	Gut
<input type="checkbox"/>	Befriedigend
<input type="checkbox"/>	Ausreichend
<input type="checkbox"/>	Mangelhaft
<input type="checkbox"/>	Ungenügend

## 5. FRAGEN ZUR SCHMERZTHERAPEUTISCHEN VERSORGUNG

### 19. Schmerztherapie während und nach der Operation

a) Operation: Welches Narkoseverfahren wurde zur Operation eingesetzt?

<input type="checkbox"/>	Vollnarkose
<input type="checkbox"/>	Teilnarkose des Armes (Plexusanästhesie)
<input type="checkbox"/>	Teilnarkose des Armes mit Katheter
<input type="checkbox"/>	Weiß ich nicht

b) Nach der Operation: Welche Mittel wurden zur Schmerztherapie angewendet?

<input type="checkbox"/>	Schmerzmedikamente (Tabletten / Tropfen)
<input type="checkbox"/>	Schmerzmedikamente über die Vene / als Tropf
<input type="checkbox"/>	Schmerzmittelpumpe über die Vene
<input type="checkbox"/>	Teilnarkose des Armes mit Katheter
<input type="checkbox"/>	Andere Verfahren - welche?
<input type="checkbox"/>	Ich habe <b>keine</b> Schmerzmittel gebraucht

c) Behandlungserfolg: Wie beurteilen Sie den Erfolg der Schmerztherapie?

<input type="checkbox"/>	Sehr gut
<input type="checkbox"/>	Gut
<input type="checkbox"/>	Befriedigend
<input type="checkbox"/>	Ausreichend
<input type="checkbox"/>	Mangelhaft
<input type="checkbox"/>	Ungenügend

**20. Fragen zur allgemeinen Stimmung**

**a) Wie würden sie Ihre Stimmung in den letzten 2 Monaten einschätzen?**

(Bitte ankreuzen)



Ausgezeichnet und fröhlich

Sehr traurig und niedergeschlagen

**b) Wie würden sie Ihre Stimmung heute einschätzen?**

(Bitte ankreuzen)



Ausgezeichnet und fröhlich

Sehr traurig und niedergeschlagen

**21. Zukünftige Behandlung Ihrer Phantom- und/oder Stumpfschmerzen**

**a) Möchten Sie von uns eine Therapie in Anspruch nehmen?**

(Bitte ankreuzen)

<input type="checkbox"/>	Ja, gern.
<input type="checkbox"/>	Nein, nicht nötig.

Ihre persönlichen Hinweise und Anmerkungen:

---

---

---

---

---

---

**VIELEN DANK FÜR DIE BEANTWORTUNG DER FRAGEN.**

## Danksagung

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater **Herrn Prof. Dr. Niels Birbaumer** für die freundliche Überlassung dieses Themas für meine Dissertation.

Ein sehr herzliches Dankeschön geht an meinen Betreuer **Herrn Dr. Marcus Schley** für seine tatkräftige und konstruktive Unterstützung während der ganzen Arbeit. Vielen Dank auch für die zahlreichen wertvollen Ratschläge. Bedanken möchte ich mich auch bei dem MEG Team, welches mir den Arbeitsplatz bereitgestellt hat.

Ein herzliches Dankeschön geht an **Herrn Dr. Wilhelm Loewe** von der Berufgenossenschaftliche Unfallklinik Tübingen, der mir eine Liste der Patienten mit Amputation an der oberen Extremität angefertigt hat. Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Archivs der BG Unfallklinik bedanken für Ihre Hilfe mit dem „Aktendschungel“.

Ich möchte mich auch bei allen Patienten bedanken, die an dieser Studie teilgenommen haben und sich die Mühe gemacht haben, den umfangreichen Fragebogen zu beantworten. Sie haben mitgeholfen, dem Mysterium Phantomschmerz ein Stück näher zu kommen.

Einen sehr lieben Dank auch meinem Freund **Thomas Mailänder**, der mich bei „Computerproblemen“ sehr tatkräftig und sehr geduldig unterstützt hat. Seine Rückendeckung während dieser Arbeit und im ganzen Studium war sehr wichtig für mich. Er wurde nicht müde, mich ständig wieder zu motivieren.

Ein ganz besonderer Dank meiner Mutter **Maria Wilms**, die mich während meines Studiums auf besondere Weise mit ihrer ganzen Liebe, Geduld und Carepaketen unterstützt hat. Meinem Vater **Jakob Wilms** danke ich für die vielen Aufmunterungen und Anregungen aus Bereichen jenseits der Medizin und seine grenzenlose Unterstützung.



---

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

---

Name: Petra Wilms  
Geboren am: 03. März 1977  
Geboren in: Heinsberg  
Eltern: Jakob und Maria Wilms geb. Brück  
Geschwister: Markus Wilms  
Familienstand: ledig

### Schulbildung

---

1983 - 1987 Grundschule Birgden  
1987 - 1993 Realschule Gangelt  
1993 - 1996 Gymnasium St. Ursula Geilenkirchen  
1996 Allgemeine Hochschulreife

### Praktika

---

1996 - 1997 Freiwilliges Soziales Jahr im Maria Hilf in Gangelt  
1997 - 1998 Nachtwache bei der Lebenshilfe in Wassenberg

### Studium

---

1998 Beginn Studium Humanmedizin an der Universität Rostock  
2001 Ärztliche Vorprüfung an der RWTH Aachen  
2002 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Tübingen  
2005 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Tübingen  
24.05.2006 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Stuttgart

### Famulaturen:

02/03 2002 Anästhesie in der Uniklinik Düsseldorf  
03/04 2002 Orthopädie in einer Praxis in Geilenkirchen  
09/10 2002 Gynäkologie und Geburtshilfe im Krankenhaus Heinsberg  
03/04 2004 Pädiatrie in der Kinderklinik Tübingen

### Beruf

---

01/02 - 04/2006 Telefondienst im Transplantationszentrum Tübingen  
08/06 - 12/2007 Assistenzärztin Anästhesie Rems Murr Klinik Schorndorf  
01/07 - jetzt Assistenzärztin Anästhesie Klinik am Eichert in Göppingen