

Aus dem Institut für Klinische Epidemiologie  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg  
(Direktor: Prof. Dr. med. Andreas Stang, MPH)

**Vergleich der Implantation von  
Humeruskopfprothese und Totalendoprothese  
des Schultergelenks.  
Eine deutschlandweite Auswertung der  
Hospitalisationsdaten der Jahre 2005 und 2006**

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Matthias Friedhard Hollatz  
geboren am 02.08.1983 in Berlin

Gutachter: 1. Prof. Dr. Andreas Stang  
2. Prof. Dr. Karl-Stefan Delank  
3. Prof. Dr. Jürgen Stausberg (München)

11.09.2012  
14.06.2013

## Referat

Epidemiologische Daten über Schulterendoprothesen-Implantationen in Deutschland sind bisher nicht verfügbar. Das Ziel dieser Arbeit war es, anhand der bundesweiten DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006 bevölkerungsbezogene Schulterendoprothesen-Raten zu ermitteln und detaillierte Unterschiede im Hinblick auf Geschlecht, Alter, Indikation, Regionalverteilung und Patientenmigration zwischen Humeruskopfprothese (hemiarthroplasty [HA]) und Totalendoprothese (total shoulder arthroplasty [TSA]) aufzuzeigen. Des Weiteren sollte ein Vergleich der erhobenen Schulterendoprothesen-Raten auf internationaler Ebene erfolgen.

HA (N=11 435) und TSA (N=5 134) wurden aus der DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006 identifiziert. Basierend auf diesen Daten wurden altersspezifische, altersstandardisierte und bundeslandspezifische HA- und TSA-Raten ermittelt. Mit Hilfe eines Algorithmus wurden Indikationen für HA und TSA auf Basis der ICD-10 Codes abgeleitet.

In Deutschland im Zeitraum 2005-2006 betrug die altersstandardisierten HA-Raten 3,6 pro 100 000 Personenjahre (95% Konfidenzintervall [95% CI]: 3,4-3,8) (Männer) und 9,3 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 9,0-9,6) (Frauen) und lagen damit deutlich höher als die altersstandardisierten TSA-Raten mit 1,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 1,6-1,9) (Männer) und 3,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 3,5-3,9) (Frauen). In jedem Altersbereich lagen die HA-Raten über den TSA-Raten mit einer größer werdenden Divergenz ab dem 70. Lebensjahr. Für die HA ist die Fraktur mit 64% (Männer 52%, Frauen 68%) die häufigste Indikation und für die TSA die Omarthrose mit 55% (Männer 60%, Frauen 54%). Der Einfluss der Indikationen veränderte sich mit dem Alter. Die bundeslandspezifischen Schulterendoprothesen-Raten zeigten erhebliche Schwankungen vor allem bei der TSA. Für die beiden häufigsten Indikationen, Fraktur und Omarthrose, gab es ebenfalls deutliche regionale Unterschiede hinsichtlich der Prothesenwahl. In einigen Bundesländern zeigte sich ein entgegengesetztes Migrationsverhalten für HA und TSA. Im internationalen Vergleich lag die TSA-Rate Australiens um mehr als das vierfache über der TSA-Rate Deutschlands (nach Altersstandardisierung der deutschen rohen Raten mit der australischen Bevölkerung).

Die bestehenden zum Teil deutlichen regionalen und internationalen Unterschiede der Schulterendoprothese-Raten deuten auf eine unterschiedlich starke klinische Etablierung besonders bei der Anwendung der TSA hin. HA- und TSA-Implantationen im Rahmen von Berufsgenossenschaftlichen Verfahren an Berufsgenossenschaftlichen Kliniken gehen nicht in die DRG-Statistik ein, weswegen die wahren Raten voraussichtlich geringfügig höher ausfallen würden.

Hollatz, Matthias Friedhard: Vergleich der Implantation von Humeruskopfprothese und Totalendoprothese des Schultergelenks. Eine deutschlandweite Auswertung der Hospitalisationsdaten der Jahre 2005 und 2006

Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 57 Seiten, 2012

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Historische Entwicklung der Schulterendoprothetik	1
1.2	Einflussfaktoren der Prothesenwahl	1
1.3	Epidemiologische Datenerfassung außerhalb Deutschlands	4
1.4	Internationale epidemiologische Vergleiche	5
1.5	Epidemiologische Datenerfassung in Deutschland	5
2	Zielstellung	7
3	Material und Methodik	8
3.1	Material	8
3.2	Methodik	9
3.2.1	Berechnung der Studienpopulation	9
3.2.2	Ermittlung der Indikation	11
3.2.3	Regionalspezifische Auswertung	14
3.3	Statistische Methoden	14
4	Ergebnisse	17
4.1	Altersspezifische Betrachtung	17
4.1.1	Altersspezifische Schulterendoprothesen-Raten	17
4.1.2	Altersspezifische Totalendoprothesen-Anteile	20
4.2	Indikationsspezifische Betrachtung	21
4.2.1	Indikationsspezifische Anteile	21
4.2.2	Altersspezifische Betrachtung der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose	21
4.2.3	Indikationsspezifische Totalendoprothese-Anteile	24
4.3	Bundeslandspezifische Betrachtung	24
4.3.1	Bundeslandspezifische Schulterendoprothesen-Raten	24
4.3.2	Bundeslandspezifische Totalendoprothese-Anteile	28
4.3.3	Bundeslandspezifische Migration	29
4.3.4	Bundeslandspezifische Totalendoprothese-Anteile der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose	30
5	Diskussion	32
5.1	Humeruskopfprothese- und Totalendoprothese-Raten	32

5.2	Altersspezifische Betrachtung	33
5.3	Indikationsspezifische Betrachtung	34
5.4	Bundeslandspezifische Betrachtung	35
5.5	Limitation der eigenen Arbeit	37
6	Zusammenfassung	39
7	Literaturverzeichnis	41
8	Anhang	46
9	Thesen	55

## Abkürzungsverzeichnis

Aqua-Institut	angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen GmbH
ASR	Altersstandardisierte Rate
BG-Fall	Die Berufsgenossenschaft betreffender Fall
BG-Klinik	Berufsgenossenschaftliche Klinik
BQS	Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH
CI	Konfidenzintervall
DRG	Diagnosis Related Groups
DRG-GM	Diagnosis Related Groups German Modification
HA	Humeruskopfprothese (englisch: hemiarthroplasty)
HCUP	Healthcare Cost and Utilisation Project
ICD-10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, zehnte Version
InEK	Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH
KHEntgG	Krankenhausentgeltgesetz
MEDPAR	Medicare Provider Analysis and Review
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
SE	Standardfehler
TSA	Totalendoprothese des Schultergelenks (englisch: total shoulder arthroplasty)

# 1 Einleitung

## 1.1 Historische Entwicklung der Schulterendoprothetik

Die Schulterendoprothetik ist im Vergleich zur Hüft- und Knieendoprothetik ein seltener orthopädisch/traumatologischer Eingriff. 1998 kamen in den USA auf einen endoprothetischen Ersatz des Schultergelenks 17 Hüft- und 16 Knieendoprothesen-Implantationen [1].

Das erste künstliche Schultergelenk wurde 1893 von dem Franzosen Jules Emile Péan eingesetzt und bestand aus Platin und einem Hartgummi [2]. Es dauerte eine Zeitlang bis schließlich Neer in den 1950er Jahren die Entwicklung der Schultergelenksendoprothetik durch die Ersetzung des Humeruskopfes (Humeruskopfprothese) nach komplizierten Frakturen voranbrachte [3]. In den folgenden Jahren wurde die Indikation für Humeruskopfprothesen auf Patienten mit Omarthrose ausgeweitet und es wurden erste erfolgreiche Versuche unternommen auch die Gelenkpfanne zu ersetzen [4]. Seit dieser Zeit standen für die Behandlung von traumatischen, degenerativen und entzündlichen Erkrankungen des Schultergelenks sowohl die Humeruskopfprothese (HA) als auch die Totalendoprothese (TSA) zur Verfügung.

## 1.2 Einflussfaktoren der Prothesenwahl

Die Vor- und Nachteile der beiden Gelenkprothesen (HA versus TSA) wurden von vielen Autoren untersucht, wobei die Ergebnisse teils sehr unterschiedlich ausfielen. Ein weitgehender Konsens besteht darüber, dass bei geschädigter Glenoidkomponente, Glenoiderosion und Glenoidinkongruenz eine TSA der HA vorzuziehen ist. Erkrankungen, die auf den Humeruskopf beschränkt sind (Frakturen, Knochennekrose im Frühstadium) und somit mit einer meist intakten glenoidalen Gelenkfläche einhergehen, sollten mittels HA versorgt werden. Die Ätiologie ist somit ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Prothesenwahl, deren Einzelheiten im Folgenden kurz erläutert werden.

- Fraktur des proximalen Humerus:

Proximale Humerusfrakturen sind Frakturen des älteren Menschen, die häufig Frauen mit schlechter Knochenqualität (Osteoporose) betreffen. Die Heilungschancen sind nach osteosynthetischer oder konservativer Therapie besonders der 3- und 4-Fragmentfrakturen, Dislokationsfrakturen oder Trümmerfrakturen durch das Risiko einer sekundären Humeruskopfnekrose eingeschränkt und stellen mögliche Indikationen für eine HA dar. Bei unzureichender Möglichkeit einer Refixierung der Tuberkula, die eine Rotatorenmanschetten-Insuffizienz zur Folge hätte, ist der primäre Einsatz einer TSA in Form einer inversen TSA möglich [5].

- Omarthrose

Bei einer nicht mehr konservativ therapierbaren Omarthrose ist der Einsatz einer Schulterendoprothese möglich und bringt hinsichtlich Schmerzreduktion und Zunahme des Bewegungsspielraums gute Ergebnisse. Die Entscheidung zwischen HA und TSA sollte anhand des Zustandes der Glenoidgelenkfläche festgelegt werden. Der Trend geht bei konzentrischem Glenoidabrieb zur Anwendung einer HA. Bei exzentrischem Glenoidabrieb sollte die TSA bevorzugt werden. Für Patienten mit Omarthrose zeigten zwei prospektive Studien bessere Ergebnisse in der Gruppe der TSA bei einer mittleren Beobachtungszeit zwischen zwei und drei Jahren [6,7]. Die TSA birgt allerdings die Gefahr einer Lockerung der glenoidalen Komponente, die in Langzeitstudien in bis zu 80% der Fälle radiologisch feststellbar waren, obgleich es aus diesem Grund nur in wenigen Fällen zu einer Revisionsoperation gekommen ist [8].

- Humeruskopfnekrose

Die avaskuläre Knochennekrose des Humeruskopfes im Stadium III und IV ist eine Indikation für die HA. Die TSA sollte erst im Stadium V eingesetzt werden, wenn eine sekundäre Destruktion der glenoidalen Gelenkfläche eingesetzt hat [9].

- Chronische Polyarthritits

Patienten mit chronischer Polyarthritits sind meist durch eine ausgeprägte arthritische Zerstörung des Glenohumeralgelenkes und Schäden der Rotatorenmanschette charakterisiert. Die Indikation zur Schulterendoprothese ist ab Larsen-Grad  $\geq 3$  gegeben und sollte möglichst vor Beginn einer Rotatorenmannschetten-Insuffizienz erfolgen, die das Ergebnis verschlechtern würde [10]. Die zumeist stark degenerativen Verhältnisse der Glenoidgelenkfläche indizieren in der Regel eine TSA, dessen Verankerung auf Grund der schlechten Knochenqualität bei Rheumatikern allerdings schwierig ist. Kommt eine Rotatorenmanschetten-Läsion hinzu, ist eine inverse TSA in Erwägung zu ziehen.

- Rotatorenmanschetten-Defekt

Bei einem ausgeprägten Rotatorenmanschettendefekt verlagert sich durch den überwiegenden Zug des M. Deltoideus der Drehpunkt des Humeruskopfes nach kranial unter den korakoacromialen Bogen mit der Folge der Entwicklung einer sekundären Arthropathie [11]. Mit einer HA kann zwar eine Schmerzreduktion erreicht werden, jedoch keine funktionell zufriedenstellenden Ergebnisse, da es weiterhin zu einer Kranialisierung des Humeruskopfes kommt. TSA sind in dieser Situation relativ kontraindiziert, da die exzentrische Belastung der glenoidalen Komponente zwangsläufig zu einer Implantatfrühlockerung führen würde. Dies gilt nicht für die inverse

TSA, bei der Kopf und Pfanne vertauscht sind und dadurch der Drehpunkt des Gelenkes distalisiert wird. Für die schwierigen Verhältnisse dieser Patienten liefert die inverse TSA zufriedenstellende Ergebnisse [12].

- Fraktur Spätfolge

Komplikationen nach konservativer Therapie oder osteosynthetischer Versorgung einer proximalen Humeruskopffraktur, die eine sekundäre HA erfordern, sind vor allem die Humeruskopfnekrose und die Pseudarthrose. Durch Implantate, sekundäre Arthrose oder Humeruskopfnekrose im fortgeschrittenen Stadium kann es zu einer sekundären Schädigung der Glenoidgelenkfläche kommen [13] und die Verwendung einer TSA erfordern.

- Proximale Humerustumore

Am proximalen Humerus können primäre Knochentumore und Metastasen auftreten, die je nach Lokalisation und Dignität meist eine radikale chirurgische Exzision erfordern. Zur Wiederherstellung der Funktionalität des Schultergelenks und im Hinblick auf Komplikationen bietet der endoprothetische Gelenkersatz akzeptable Ergebnisse [14].

Neben der Ätiologie und der Beschaffenheit der Glenoidgelenkfläche ist die Abwägung von Nutzen und Risiko für den Patienten ein wichtiger Faktor bei der Entscheidung, ob eine HA oder eine TSA Implantation durchgeführt werden sollte. Für die TSA ist die Lockerung des glenoidalen Gelenkersatzes eine Hauptkomplikation, dessen Risiko mit dem Alter der Endprothese steigt [8,15,16]. Für junge Patienten sollte daher eher auf die HA zurückgegriffen werden. Die HA liefert in Bezug zu Schmerzen und Bewegungsfreiheit weniger gute Ergebnisse als die TSA, aufgrund dessen ein sekundärer Glenoidersatz nötig werden könnte. Der Zustand des Glenoids ist in diesen Fällen, bedingt durch den erhöhten Verschleiß bei Ersetzung nur eines Gelenkpartners, schlecht und gestaltet die Operation einer sekundären TSA schwierig. Sekundäre TSA nach HA zeigten schlechtere Ergebnisse als der primäre Einsatz einer TSA [8].

Ein weiterer Faktor, der die Prothesenwahl beeinflusst, ist die Erfahrung des Operateurs. TSA gelten als eine der anspruchsvollsten endoprothetischen Operationen, da die Glenoidexposition sehr schwierig ist und das Ergebnis stark von einer korrekten Positionierung des Glenoidimplantates abhängt. Für Patienten mit Omarthrose konnten Jain et al. nachweisen, dass Operateure mit einer geringen Anzahl von jährlichen Schulterendoprothesen-Eingriffen weniger TSA durchführten als Operateure mit einer höheren Anzahl an jährlichen Schulterendoprothesen-Eingriffen [17].

### 1.3 Epidemiologische Datenerfassung außerhalb Deutschlands

Epidemiologische Daten die Schultergelenksendoprothetik betreffend sind in Deutschland bisher nicht vorhanden. In einigen anderen Ländern liefern vor allem nationale Endoprothesen-Register bevölkerungsbezogene Daten, wobei nur wenige dieser Register auch die Schulterendoprothetik mit einbeziehen. Nach einer Arbeit von Kolling et al. gab es im Jahr 2007 in elf verschiedenen Ländern qualitativ akzeptable Endoprothesen-Register, von denen vier außer der üblichen Dokumentation von Hüft- und Knieendoprothesen auch Schulterendoprothesen listeten [18]. Von diesen vier Schulterendoprothesen-Registern sind nach aktuellem Stand nur Daten aus Norwegen öffentlich zugänglich. Neu hinzugekommen und in der Arbeit von Kolling et al. nicht miterfasst, ist das Register Australiens, dessen erste Ergebnisse 2010, basierend auf den Erhebungen der Jahre 2004 bis 2009, veröffentlicht wurden [19].

Bei Endoprothesen-Registern ist ein wichtiges Charakteristikum die Vollständigkeit der Daten. Es ist nicht nur ein wichtiges Qualitätsmerkmal sondern auch für den internationalen Vergleich der Daten von großer Bedeutung. Die Vollständigkeit des Schulterregisters von Norwegen wird von Espehaug et al. mit 89% angegeben [20]. Für das australische Register konnte für Hüft- und Knieendoprothesen-Prozeduren eine nahezu 100%ige Vollständigkeit der Registrierung ermittelt werden [21]. Für die australische Schulterendoprothesen-Registrierung wird in gleicherweise Vollständigkeit angenommen [22]. Wie schwierig es ist, eine möglichst vollständige Datenerfassung zu gewährleisten, zeigte sich an dem Schulterendoprothesen-Register Schottlands, dessen Vollständigkeit nach drei Jahren 53% betrug und nach fünf Jahren sogar nur noch 18% [23]. In Deutschland erfolgte im Jahr 2010 die Gründung des Endoprothesenregisters Deutschland (EPRD gGmbH). Der Beginn der Datenerhebung im Jahr 2012 wird auf die Registrierung von Hüft- und Knieendoprothesen beschränkt bleiben [24].

Neben den Endoprothesen-Registern gibt es noch andere Möglichkeiten der epidemiologischen Datengewinnung wie beispielsweise den Weg über eine repräsentative Stichprobe eines Landes oder mit Hilfe von Krankenhausabrechnungsdaten. Jain et al. konnten mit Hilfe einer repräsentativen Stichprobe des Healthcare Cost and Utilisation Project (HCUP) der USA, die Daten von 20% aller US-amerikanischen Krankenhäuser umfassen, u. a. altersspezifische Schätzungen von TSA-Raten in den USA der Jahre 1990 bis 2000 ermitteln [25]. Unter Verwendung der Abrechnungsdaten der Gesundheitsfürsorge der USA (Medicare Provider Analysis and Review – MEDPAR), konnten Vitale et al. große regionale Unterschiede in der Verwendung von HA und TSA feststellen [26]. Allerdings konnten wegen der Struktur und Charakteristik der MEDPAR-Daten nur Personen über 65 Jahre eingeschlossen werden und die Raten mussten auf 100 000 MEDPAR-Begünstigte bezogen werden, was einen internationalen Vergleich der Raten nicht möglich macht.

## 1.4 Internationale epidemiologische Vergleiche

Vergleicht man die verfügbaren epidemiologischen Daten der Länder Norwegens und Australiens miteinander, so zeigen sich teils erhebliche Unterschiede. In Norwegen lag die rohe Rate der Erstimplantation von Schulterendoprothesen (HA und TSA zusammen) im Jahr 2005 mit 4,7 pro 100 000 Einwohner [27] deutlich unter der rohen Rate Australiens im Jahr 2008/09 (Einjahreszeitraum) mit 12,5 pro 100 000 Einwohner [19]. Noch deutlicher waren die Unterschiede in der getrennten Betrachtung von HA und TSA. In Norwegen wurden im Jahr 2005 von insgesamt 217 Schulterendoprothesen 85% HA und 15% TSA durchgeführt [27]. In Australien waren es im Jahr 2008/09 (Einjahreszeitraum) von 2 729 Schulterendoprothesen 31% HA und 69% TSA [22].

Für das Jahr 1998/99 (Einjahreszeitraum) konnten Ravenscroft et al. Erhebungen für das Vereinigte Königreich (UK) vornehmen und ermittelten eine rohe Rate für Schulterendoprothesen (HA und TSA zusammen) von 3,7 pro 100 000 Einwohner [28]. In dieser Studie waren von insgesamt 2 142 Schulterendoprothesen 69% HA und 29% TSA. In den USA waren für das Jahr 1994 nach einer Studie von Vitale et al. in einem Kollektiv von 4 542 Schulterendoprothesen (Patienten älter als 65 Jahre und Mitglied der Gesundheitsfürsorge MEDPAR) 49% HA und 51% TSA [26].

Regionale Schulterendoprothesen-Raten in einzelnen Ländern konnten für Australien und die USA ermittelt werden und zeigten teils große Unterschiede. Während in den USA die TSA-Raten bis zu zehnfach und die HA-Raten bis zu vierfach variierten [26], fiel in Australien die regionale Variation moderater aus mit Schwankungen bis zum Dreifachen bei den HA-Raten und bis zum Zweifachen bei den TSA-Raten [19].

## 1.5 Epidemiologische Datenerfassung in Deutschland

Um für Deutschland auch ohne das Vorhandensein eines Endoprothesen-Registers aussagekräftige bevölkerungsbezogene Daten die Schultergelenksendoprothetik betreffend zu erheben, könnte die DRG-Statistik einen wichtigen Beitrag leisten.

Seit 2004 erfolgt die Bemessung der Erlöse von Krankenhäusern für stationäre Behandlungen anhand des Systems der diagnosebezogenen Fallgruppen (Diagnosis Related Groups - DRG). Die DRG-Statistik beinhaltet für jeden individuellen Krankenhausaufenthalt alle Kodierungen der bereits vorhandenen bzw. festgestellten Diagnosen, durchgeführten medizinischen Prozeduren und soziodemografischen Merkmale wie beispielsweise Alter, Geschlecht, Patientenwohnsitz und Krankenhaussitz. Ein großer Vorteil der Nutzung der DRG-Daten zu wissenschaftlichen Auswertungen ist die flächendeckende Datenerhebung. Bis auf wenige Ausnahmen wie die Behandlung von Berufsunfällen (die Berufsgenossenschaft betreffende Fälle - BG-Fälle), Bun-

deswehrsoldaten in Bundeswehrkrankenhäusern, die Versorgung in Gefängniskrankenhäusern und Therapien in einigen psychiatrischen und psychotherapeutischen Abteilungen fließen alle stationären und teilstationären Hospitalisationen in die DRG-Statistik mit ein. Es wurden bereits auf Grundlage dieser Statistik umfangreiche epidemiologische Projekte über Hautmelanome, Hodenkrebs und Hysterektomien publiziert [29-33]. Für den orthopädisch-traumatologischen Bereich der Schultergelenksendoprothetik ist die Anwendung der DRG-Statistik zur Auswertung epidemiologischer Fragestellungen neu. Im Gegensatz zur Hüft- und Knieendoprothetik, für die beispielsweise die Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung gGmbH (BQS) von 2001 bis 2009 einen umfangreichen jährlichen Qualitätsreport veröffentlichte, gibt es die Schulterendoprothetik betreffend bisher keine deutschlandweiten Datenerhebungen. Auch die Übertragung der Qualitätskontrolle und jährlichen Berichterstattung vom BQS auf die angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen GmbH (Aqua-Institut) im Jahr 2010 erbrachte keine Ausweitung der Datenerhebung auf Implantationen von Schulterendoprothesen. Mithilfe einer Auswertung der Daten der DRG-Statistik könnte diese Lücke teilweise geschlossen werden. Auch wäre ein internationaler Vergleich der HA- und TSA-Raten möglich.

Regional vergleichende Auswertungen sind aufgrund der deutschlandweit verbindlich geltenden deutschen Kodierrichtlinien für die Verschlüsselung von Haupt- und Nebendiagnosen sowie medizinischen Prozeduren möglich. Dem deutschen System verwandte DRG-Systeme anderer Länder wie den USA, England, Frankreich, Australien und den Ländern Skandinaviens decken nur einzelne Regionen oder Patientenkollektive ab und sind demzufolge nur begrenzt für nationale Auswertungen nutzbar [34]. Es gibt jedoch auch Einschränkungen in der Nutzung der deutschen DRG-Daten. Zur Wahrung des Datenschutzgesetzes sind die DRG-Daten anonymisiert, wodurch eine Verlaufsbeobachtung über eine einzelne Hospitalisation hinaus unmöglich wird. Prothesenüberlebenszeiten können aus diesem Grund nicht ermittelt werden. Auch wenn mit dieser Einschränkung zentrale klinische Fragestellungen die Revisionsendoprothetik betreffend nicht beantwortet werden können, so besitzen die DRG-Daten nichtsdestotrotz ein großes Potential in der Ermittlung bevölkerungsrepräsentativer Häufigkeitsangaben auf dem nur wenig bekannten Gebiet der Schulterendoprothetik.

## 2 Zielstellung

Unter Verwendung der bundesweiten DRG-Hospitalisationsdaten der Jahre 2005 und 2006 sollen mit Hilfe der deskriptiven Epidemiologie die beiden Operationsprozeduren Implantation einer Humeruskopfprothese (HA) und Implantation einer Totalendoprothese des Schultergelenks (TSA) analysiert und verglichen werden. Folgende Fragestellungen stehen unter Berücksichtigung des Geschlechts für die Analysen im Vordergrund:

- 1 Altersspezifik
  - 1.1 Welchen Einfluss hat das Alter auf die HA-Raten und die TSA-Raten?
  - 1.2 Welchen Einfluss hat das Alter auf das Verhältnis der beiden Operationsprozeduren?
  
- 2 Indikationsspezifik
  - 2.1 Welchen Einfluss hat die Indikation auf die relativen Implantationshäufigkeiten von HA und TSA?
  - 2.2 Welchen Einfluss hat die Indikation auf das Verhältnis der beiden Operationsprozeduren?
  - 2.3 Welchen Einfluss hat das Alter bei den Indikationen Fraktur und Omarthrose auf die relativen Implantationshäufigkeiten von HA und TSA?
  
- 3 Bundeslandspezifik
  - 3.1 Welchen Einfluss hat der Wohnsitz des Patienten (Bundesland) auf die HA-Raten und die TSA-Raten?
  - 3.2 Inwieweit hat der Wohnsitz des Patienten (Bundesland) Einfluss auf das Verhältnis der beiden Operationsprozeduren?
  - 3.3 Gibt es zwischen den Bundesländern eine Patientenmigration für die Implantation einer HA bzw. TSA?
  - 3.4 Gibt es zwischen den Bundesländern bei den Indikationen Fraktur und Omarthrose Unterschiede hinsichtlich des Verhältnisses der beiden Operationsprozeduren?

## 3 Material und Methodik

### 3.1 Material

Die Daten stammen aus der Krankenhausdiagnosestatistik (DRG-Statistik) und basieren auf dem Zweijahreszeitraum 2005 und 2006.

Mit dem Gesetz über die Entgelte für voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen wurde in Verbindung mit dem Gesetz zur wirtschaftlichen Sicherung der Krankenhäuser und zur Regelung der Krankenhauspflegesätze zum 1. Januar 2004 das deutsche DRG-System für die allermeisten Krankenhäuser der Bundesrepublik zur Vergütung voll- und teilstationärer Leistungen verpflichtend eingeführt. Vom DRG-System ausgenommen sind Krankenhäuser im Straf- oder Maßregelvollzug, Krankenhäuser der Träger der allgemeinen Rentenversicherung und, soweit die gesetzliche Unfallversicherung die Kosten trägt, Krankenhäuser der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung und ihrer Vereinigungen. Weiterhin sind Krankenhäuser und Fachabteilungen der Psychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapeutischen Medizin ausgenommen. Nach § 21 Krankenhausentgeltgesetz (KHEntgG) [35] sind alle Krankenhäuser, die nach dem DRG-System vergütet werden, verpflichtet, ihre Daten aller entlassenen voll- und teilstationären Krankenhausfälle an das Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus GmbH (InEK) zu übermitteln. Das InEK prüft alle eingegangenen Datensätze auf Vollständigkeit und formale Plausibilität und erstellt ein Fehlerprotokoll, anhand dessen die Krankenhäuser eine erneute, eventuell korrigierte Datenlieferung vornehmen können. Fehler bei der Erfassung der Daten können durch eine nicht fristgerechte oder nur unvollständige Datenlieferung der Krankenhäuser an das InEK entstehen. In diesem Fall käme es zu einer Untererfassung der Hospitaldaten. Da die Kostenvergütung nur anhand einer ausführlichen und sorgfältigen Datenübermittlung erfolgt, ist von einer starken Motivation der Krankenhäuser auszugehen, die Datenlieferungen möglichst vollständig durchzuführen.

Die geprüften Daten werden nach § 21 Abs. 3 Satz 1 Nr. 4 KHEntgG [35] vom InEK an das Statistische Bundesamt ohne das krankenhauserinterne Kennzeichen des Behandlungsfalles übermittelt. Das bedeutet, dass die dem Statistischen Bundesamt vorliegenden Daten anonymisiert sind und die Zuordnung eines Abrechnungs- und Behandlungsfalles zu einem Patienten nicht mehr möglich ist. Folglich sind auch eine Verlaufsbeobachtung bei mehreren stationären Aufenthalten eines Patienten und dessen erneute Identifizierung nicht möglich.

Basierend auf dem Bundesstatistikgesetz [36] können seit 2005 mittels Fernrechnung die Strukturdaten jedes Krankenhauses und die Leistungsdaten jedes Behandlungsfalles vom Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamts zu wissenschaftlichen Zwecken von Universitäten und Forschungseinrichtungen ausgewertet werden.

Die Struktur der Daten beinhaltet für jede Hospitalisation soziodemografische Merkmale der Patienten, wie beispielsweise Geschlecht, Alter, Wohnort und Sitz des Krankenhauses sowie Hauptdiagnose, Nebendiagnosen und medizinische Prozeduren, die vom Zeitpunkt der Aufnahme bis zum Zeitpunkt der Entlassung vorgenommen wurden. Für jede Hospitalisation sind eine Hauptdiagnose und bis zu 89 Nebendiagnosen vorgesehen, die jeweils nach dem für das Kalenderjahr geltenden ICD-10-GM [37,38] kodiert werden. Als Hauptdiagnose ist nach den deutschen Kodierrichtlinien [39] für die Verschlüsselung der Krankheiten und Prozeduren die Diagnose anzugeben, die am Ende des stationären Aufenthaltes (rückblickend zum Zeitpunkt der Entlassung) hauptsächlich für die Veranlassung des stationären Krankenhausaufenthaltes maßgebend war. Als relevante Nebendiagnosen in Hinblick auf Komorbidität und Komplikation gelten Krankheiten oder Beschwerden, die entweder gleichzeitig mit der Hauptdiagnose bestehen oder sich während des Krankenhausaufenthaltes entwickeln. Für das Jahr 2005 wurden die Diagnosen nach dem ICD-10-GM Version 2005 [37] verschlüsselt. Dem Jahr 2006 lag der ICD-10-GM Version 2006 [38] zugrunde.

Bis zu 100 medizinische Prozeduren konnten pro Hospitalisation auf Basis des Operationen und Prozeduren Schlüssels (OPS) kodiert werden. Für die Jahre 2005 und 2006 war die jeweilig gültige OPS Version von 2005 [40] bzw. 2006 [41] maßgebend. Patienten, bei denen die Aufnahme im Jahr 2005 und die Entlassung im Jahr 2006 erfolgte, wurden mit den im Jahr 2005 gültigen Klassifikationen verschlüsselt und in die amtliche ICD- und OPS-Klassifikation für 2006 umkodiert.

Das Alter der Patienten wurde am Tag der Krankenhausaufnahme bestimmt. Die Erfassung des Patientenwohnortes und des Krankenhaussitzes beschränkt sich zur Wahrung des Datenschutzes auf die Ebene der Bundesländer. Eine Auswertung der Daten hinsichtlich kleinerer regionaler Bezirke würde eine hinreichende Anonymisierung der Patienten bei einigen Fragestellungen, die sehr kleine Fallzahlen hervorrufen, nicht mehr gewährleisten.

## **3.2 Methodik**

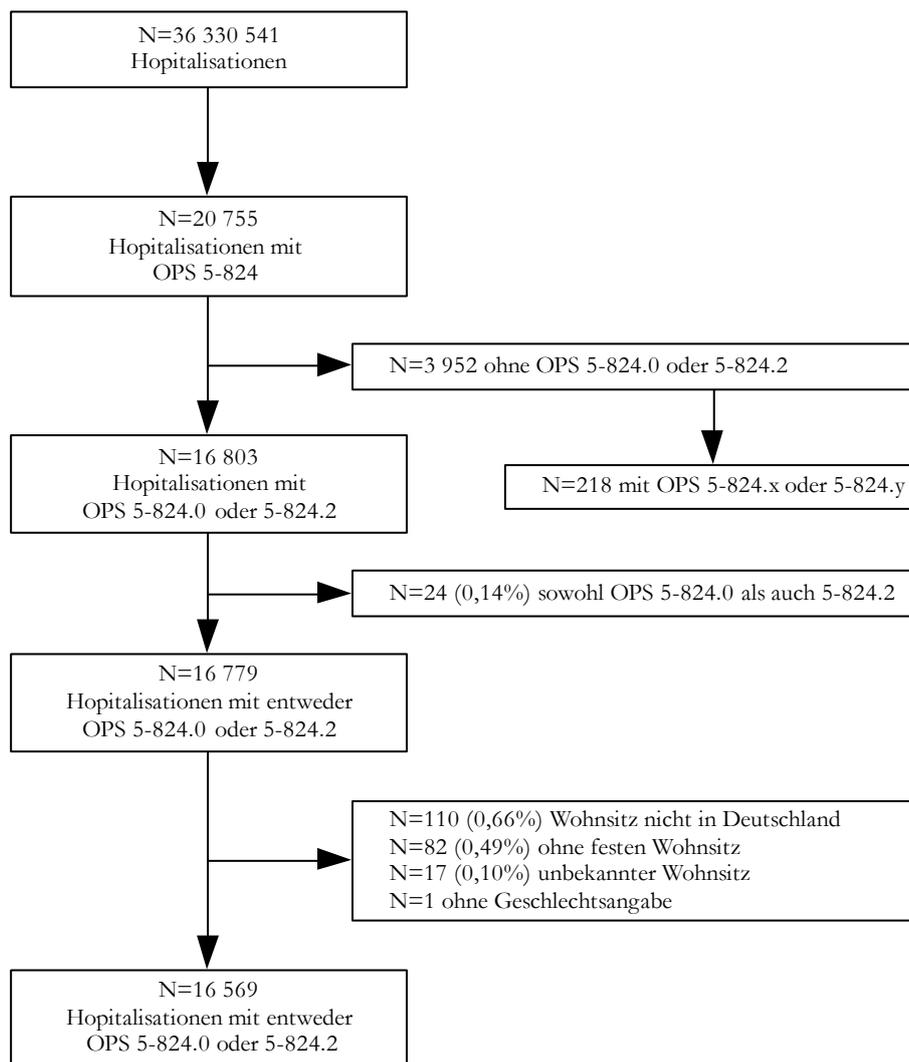
### **3.2.1 Berechnung der Studienpopulation**

Nach dem Abschluss des Vertrages mit dem Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes wurde für das Fernrechnen mit den Daten der Fallpauschalen bezogenen Krankenhausstatistik der Kalenderjahre 2005 und 2006 vom Forschungsdatenzentrum des Statistischen Bundesamtes ein Strukturdatensatz mit 4 000 Hospitalisationen zur Verfügung gestellt. Anhand dieses Datensatzes erfolgte die Erstellung eines Programms mittels SAS Version 9.2 [42] zur Ermittlung der für die Analysen benötigten Hospitalisationen.

Primär wurden alle Hospitalisationen extrahiert, in denen mindestens einmal die medizinische Prozedur „Implantation einer Endoprothese an Gelenken der oberen Extremität“ (OPS 5-824) durchgeführt wurde. Aus der DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006, die insgesamt 36,3 Millionen Hospitalisationen umfasste, konnten vom Forschungsdatenzentrum 20 755 Hospitalisationen nach dem oben genannten Kriterium extrahiert werden. Die weitere Datenfilterung nach den OPS 5-824.0 (HA) und OPS 5-824.2 (TSA) ergab 16 803 Hospitalisationen. Um die Zugehörigkeit einer jeden Hospitalisation zu genau einer der beiden Gruppen HA (OPS 5-824.0) oder TSA (OPS 5824.2) zu gewährleisten, wurden 24 (0,14%) Hospitalisationen von der Auswertung ausgeschlossen, weil sowohl OPS 5-824.0 als auch OPS 5-824.2 in ein und derselben Hospitalisation auftraten. Weiterhin wurden 209 Fälle bei der Auswertung nicht mitberücksichtigt, weil der Wohnsitz der Patienten nicht in Deutschland lag (N=110, 0,66%), unbekannt war (N=17, 0,10%) oder es keinen festen Wohnsitz gab (N=82, 0,49%). Wegen fehlender Geschlechtsangabe wurde eine Hospitalisation ausgeschlossen. Somit konnten insgesamt 16 569 Hospitalisationen für die Analysen herangezogen werden. Abbildung 1 gibt eine Übersicht der schrittweisen Berechnung der Studienpopulation.

Von 11 435 Hospitalisationen mit dem OPS 5-824.0 (HA) kam es in N=93 (0,81%) Fällen zu einer zweimaligen Kodierung dieses OPS. In einem Fall trat dieser OPS viermal auf. Dergleichen trat von 5 134 Hospitalisationen mit dem OPS 5-824.2 (TSA) eine zweimalige Kodierung in N=32 (0,62%) Fällen auf, sowie in einem Fall eine fünfmalige Kodierung dieses OPS. Da nach Angaben des Forschungsdatenzentrums eine Auswertung der Seitenangabe (links, rechts oder beidseits) des jeweiligen OPS aufgrund eines fehlenden Clusters im Datensatz nicht möglich war, konnte nicht zwischen einer denkbaren beidseitigen Prothesenimplantation oder einer eventuell fälschlicherweise mehrfachen Kodierung unterschieden werden. Obwohl Revisions- und Wechseloperationen eigenständige OPS besaßen, war es in einigen Fällen denkbar, dass die Kodierungen nicht korrekt angewendet wurden und sekundäre Eingriffe mit der erneuten Kodierung des OPS 5-824.0 (HA) bzw. OPS 5-824.2 (TSA) erfolgten. Unter der Annahme, dass bei Mehrfachnennung eines OPS zumindest eine reale Operation erfolgte, wurden diese Hospitalisationen behandelt, als würde der jeweilige OPS nur einfach auftreten. Ein solches Vorgehen wurde bereits in ähnlichen auf der DRG-Statistik basierenden Projekten angewandt, wie beispielsweise in einer Arbeit von Stang et al. zu Hysterektomien [32].

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wurde der Begriff HA bzw. TSA synonym für Hospitalisationen mit HA- bzw. TSA-Implantation verwendet.



**Abbildung 1:** Bundesweite Hospitalisationen der DRG-Daten in Deutschland 2005-2006. Ein- und Ausschlusskriterien und schrittweise Ermittlung der Studienpopulation.

OPS 5-824: Implantation einer Endoprothese an Gelenken der oberen Extremität

OPS 5-824.0: Humeruskopfprothese

OPS 5-824.2: Totalendoprothese Schultergelenk

OPS 5-824.x: Sonstige

OPS 5-824.y: Nicht näher bezeichnet

### 3.2.2 Ermittlung der Indikation

Unter Betrachtung der Hauptdiagnosen der Studienpopulation und unter Anlehnung an die Schulterendoprothesenregister Australiens und Norwegens [22,27] wurden acht Indikationsgruppen für Schulterprothesenimplantationen abgeleitet: Fraktur, Omarthrose, Knochennekrose, Luxation, Rotatorenmanschettenläsion, Fraktur Spätfolge, chronische Polyarthrititis und Neoplasie. Jeder Indikationsgruppe wurden entsprechende ICD-10 Codes [37,38] zugeordnet

(Tabelle 1). Die verwendeten ICD-10 Kodierungen der Indikationsgruppen waren für die betrachteten Jahre 2005 und 2006 identisch.

Es wurde primär ausschließlich die Hauptdiagnose einer jeden Hospitalisation nach den ICD-10 Kodes der Indikationsgruppen abgesucht. Sofern die Indikation aus der Hauptdiagnose nicht abgeleitet werden konnte, wurden die Nebendiagnosen zur Ermittlung der Indikation herangezogen. Dieses Verfahren berücksichtigt die besondere Stellung der Hauptdiagnose nach den Vergabekriterien der deutschen Kodierrichtlinien [39]. Für Patienten der Studienpopulation, bei denen während ihres stationären Krankenhausaufenthaltes eine Schulterendoprothesen-Implantation durchgeführt wurde, scheint aufgrund der Größe und Bedeutung des Eingriffes eine Verschlüsselung der Indikation für diesen Eingriff direkt in der Hauptdiagnose sehr wahrscheinlich. In 92,1% (N=15 265) der Fälle führte der Weg über die Hauptdiagnose zu einer eindeutigen Indikation. Für die verbleibenden 7,9% (N=1 304) wurden die Nebendiagnosen ausgewertet. Dabei war es problematisch, dass in N=177 (1,1%) Fällen zwei oder mehr Indikationen für ein und denselben Krankenhausaufenthalt vorlagen. Um eine eindeutige Zuordnung einer Hospitalisation zu genau einer Indikationsgruppe zu gewährleisten, wurden diese Fälle unter Berücksichtigung von Haupt- und Nebendiagnosen sowie durchgeführter medizinischer Prozeduren manuell einer Indikationsgruppe zugeordnet. Beispielsweise lagen bei N=75 Hospitalisationen in den Nebendiagnosen gleichzeitig ICD-10 Kodes sowohl für die Indikationsgruppe Fraktur als auch Fraktur Spätfolge vor. Für eine Zuordnung zur Indikationsgruppe Fraktur Spätfolge war dabei entscheidend, dass nach den OPS der medizinischen Prozeduren keine Osteosynthese im Schulterbereich durchgeführt worden war, sondern ausschließlich eine Metallentfernung. Bei dieser Konstellation musste die osteosynthetische Versorgung der Schulter in einer früheren Hospitalisation erfolgt sein. Die Kodierung der Fraktur stand somit zeitlich nicht direkt mit der aktuellen Hospitalisation in Verbindung, wodurch der aktuelle Krankenhausaufenthalt vielmehr eine Folge (Spätfolge) einer früheren Fraktur war. Wurde eine Osteosynthese und eine Metallentfernung im Bereich des Schultergürtels im selben Krankenhausaufenthalt durchgeführt, wurde die Fraktur als Indikation der Schulterprothesenimplantation gewertet, da die Fraktur in einem sehr engen zeitlichen Zusammenhang mit der Prothesenimplantation stand und vermutlich nach erfolgloser primärer Osteosynthese eine sekundäre Schulterendoprothesen-Implantation im selben Krankenhausaufenthalt durchgeführt wurde.

In N=480 (2,9%) Fällen konnte keine Indikationsgruppe mithilfe der ICD-10 Kodes aus Tabelle 1 gefunden werden. Für diese Fälle erfolgte gleichermaßen eine manuelle Zuordnung. Da der Datensatz keine Information darüber lieferte, in welcher zeitlichen Abfolge die angewandten medizinischen Prozeduren erfolgten, war für einige Fälle die Interpretation der vergebenen ICD-10 und OPS Kodierungen schwierig und führte hinsichtlich der Indikationszuordnung zu keinem Ergebnis. Insgesamt konnten N=175 (1,1%) Fälle keiner der acht Indikationsgruppen zugeordnet werden. Diese Fälle bilden die Indikationsgruppe „Sonstige“. Eine Auflistung der

fünfzehn häufigsten Hauptdiagnosen dieser Gruppe zeigt Tabelle 8 im Anhang. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde der Begriff Indikation synonym für Indikationsgruppe verwendet.

**Tabelle 1:** Indikationsgruppen und korrespondierende ICD-10 Codes

Indikation	ICD-10 Kodierung
Fraktur	Fraktur des proximalen Endes des Humerus, Teil nicht näher bezeichnet (S4220), Kopf, proximale Epiphyse, Humeruskopffraktur mit zwei bis vier Fragmenten (S4221), Collum chirurgicum (S4222), Collum anatomicum (S4223), Tuberculum majus (S4224), sonstige und multiple Teile, Tuberculum minus (S4229)
Omarthrose	Primäre Omarthrose ohne nähere Angabe (M1901) <sup>1</sup> ; sekundäre Omarthrose ohne nähere Angabe (M1921) <sup>1</sup> ; sonstige näher bezeichnete Omarthrose (M1981) <sup>1</sup> ; Omarthrose, nicht näher bezeichnet (M1991) <sup>1</sup>
Knochennekrose	Idiopathische aseptische Knochennekrose (M8701) <sup>1</sup> , (M8702) <sup>2</sup> ; Knochennekrose durch Arzneimittel (M8711) <sup>1</sup> , (M8712) <sup>2</sup> ; sonstige sekundäre Knochennekrose (M8731) <sup>1</sup> , (M8732) <sup>2</sup> ; sonstige Knochennekrose (M8781) <sup>1</sup> , (M8782) <sup>2</sup> ; Knochennekrose, nicht näher bezeichnet (M8791) <sup>1</sup> , (M8792) <sup>2</sup> ;
Luxation	habituelle Luxation und Subluxation eines Gelenkes (M2441) <sup>1</sup> ; Luxation des Glenohumeralgelenkes, nicht näher bezeichnet (S4300), Luxation des Humerus nach vorne (S4301), hinten (S4302), unten (S4303)
Rotatorenmanschettenläsion	Läsionen der Rotatorenmanschette, Ruptur (vollständig) (unvollständig) der Rotatorenmanschette oder der Supraspinatus-Sehne, nicht als traumatisch bezeichnet, Supraspinatus-Syndrom (M751); Verletzung einer Sehne der Rotatorenmanschette (S460)
Fraktur Spätfolge	posttraumatische Omarthrose ohne nähere Angabe (M1911) <sup>1</sup> , (M1912) <sup>2</sup> ; Frakturheilung in Fehlstellung (M8401) <sup>1</sup> , (M8402) <sup>2</sup> ; Nichtvereinigung der Fraktarenden (M8411) <sup>1</sup> , (M8412) <sup>2</sup> ; verzögerte Frakturheilung (M8421) <sup>1</sup> , (M8422) <sup>2</sup> ; Knochennekrose durch vorangegangenes Trauma (M8721) <sup>1</sup> , (M8722) <sup>2</sup> ; Mechanische Komplikation durch eine interne Osteosynthesevorrichtung an Extremitätenknochen (T841), an sonstigen Knochen (T842)
Chronische Polyarthritits	sonstige seropositive chronische Polyarthritits mehrere Lokalisationen (M0581) <sup>1</sup> ; seropositive chronische Polyarthritits nicht näher bezeichnet (M0591) <sup>1</sup> ; seronegative chronische Polyarthritits mehrere Lokalisationen (M0601); sonstige näher bezeichnete chronische Polyarthritits (M0681) <sup>1</sup> ; Chronische Polyarthritits nicht näher bezeichnet – mehrere Lokalisationen (M0691) <sup>1</sup>
Neoplasie	Bösartige Neubildung des Knochens und des Gelenkknorpels der Extremitäten, Skapula und lange Knochen der oberen Extremität (C400); Osteodystrophia deformans bei Neubildungen (M9061) <sup>1</sup> , (M9062) <sup>2</sup> ; Knochenfraktur bei Neubildungen (M9071) <sup>1</sup> , (M9072) <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Schulterregion, Klavikula, Skapula, Akromioklavikulargelenk, Schultergelenk, Sternoklavikulargelenk

<sup>2</sup> Oberarm, Humerus, Ellenbogengelenk

### 3.2.3 Regionalspezifische Auswertung

Bei allen regionalspezifischen Analysen wurde zwischen Patientenwohnsitz (Bundesland) und dem Operationsort (Bundesland des Krankenhauses) unterschieden. Die Auswertungen auf Grundlage des Patientenwohnsitzes bringen den Vorteil, dass die Ergebnisse nicht durch Patientenmigration (Patienten, die sich außerhalb ihres Bundeslandes operieren lassen) beeinflusst werden. Zur Untersuchung von Versorgungsunterschieden hinsichtlich HA und TSA zwischen den Bundesländern wurde der Operationsort zu Grunde gelegt.

### 3.3 Statistische Methoden

Als Lageparameter des Merkmals Alter wurde der Median gewählt, da dieser Parameter weniger von Extremwerten beeinflusst wird. Um einen Vergleich mit anderen Studien zu ermöglichen, die den Mittelwert zur Beschreibung des Alters herangezogen haben, erfolgte zusätzlich dessen Berechnung.

Es wurden rohe, altersspezifische und altersstandardisierte Schulterendoprothesen-Raten (Schulterprothesen pro 100 000 Personenjahre) berechnet. Dazu wurde die Anzahl an durchgeführten Schulterendoprothesen-Implantationen durch die Personenzeit unter Risiko dividiert. Da mit den Jahren 2005 und 2006 ein Zweijahreszeitraum betrachtet wurde, stehen im Nenner der Raten die Summe der jährlichen Bevölkerungszahlen. Für die Jahre 2005 und 2006 wurde jeweils die Stichtagsbevölkerung vom 31.12. verwendet [44].

Zur Berechnung der altersspezifischen Schulterendoprothesen-Raten erfolgte zunächst eine Einteilung des Merkmals Alter in 18 Altersgruppen mit jeweils 5 Jahresintervallen, beginnend bei 0-4 Jahre und endend bei 85 Jahre und älter. Altersspezifische Schulterendoprothesen-Raten (pro 100 000 Personenjahre) sowie der Standardfehler (SE) wurden nach folgenden Formeln berechnet:

$$R_i = \frac{A_i}{T_i} \cdot 100\,000$$

$$SE(R_i) = \sqrt{\frac{A_i}{T_i^2}} \cdot 100\,000$$

- $R_i$ : altersspezifische Rate im Altersstratum  $i$  (pro 100 000 Personenjahre)  
 $A_i$ : Anzahl von Fällen im Altersstratum  $i$   
 $T_i$ : Personenzeit unter Risiko im Altersstratum  $i$  (Summe der Stichtagsbevölkerung zum 31.12.2005 und 31.12.2006)

Da in den unteren Altersgruppen (0-44 Jahre) die Fallzahlen sehr klein waren, wurden diese zur Altersgruppe 0-44 Jahre zusammengefasst. Die grafischen Darstellungen beginnen mit der Altersgruppe 45-49 Jahre.

Die regionalspezifischen rohen Raten (pro 100 000 Personenjahre) wurden in gleicher Weise berechnet. Um die einzelnen Bundesländer mit ihrem unterschiedlichen Altersaufbau der Bevölkerungen verzerrungsfrei miteinander vergleichen zu können, erfolgte eine Altersstandardisierung der rohen Raten. Dazu wurde die oben genannte Einteilung von 18 Altersgruppen verwendet. Als Altersstandard diente die deutsche Gesamtbevölkerung mit Stichtag 31.12.2005. Unter Nutzung der Poisson Approximation und nach Vorlage der Arbeit von Boyle und Parkin [45] erfolgte die Berechnung des 95% Konfidenzintervalles (95% CI) der altersstandardisierten Raten (ASR). Nach folgenden Formeln wurde berechnet:

$$R_b = \frac{A_b}{T_b} \cdot 100\,000$$

$$ASR_b = \frac{\sum_{i=1}^{18} (R_i \cdot w_i)}{\sum_{i=1}^{18} w_i} \cdot 100\,000$$

$$SE(ASR_b) = \frac{100\,000}{\sum_{i=1}^{18} w_i} \sqrt{\sum_{i=1}^{18} \frac{R_i \cdot w_i^2 \cdot 100\,000}{T_i}}$$

$$95\% \text{ CI}(ASR_b) = ASR_b \pm 1,96 \cdot SE(ASR_b)$$

- $R_b$ : Rate im Bundesland b (pro 100 000 Personenjahre)  
 $A_b$ : Anzahl von Fällen im Bundesland b  
 $T_b$ : Personenzeit unter Risiko im Bundesland b (Summe der Stichtagsbevölkerung zum 31.12.2005 und 31.12.2006)  
 $ASR_b$ : altersstandardisierte Rate im Bundesland b (pro 100 000 Personenjahre)  
 $R_i$ : altersspezifische Rate im Altersstratum i (pro 100 000 Personenjahre)  
 $w_i$ : Gewicht der Referenzbevölkerung im Altersstratum i (deutsche Gesamtbevölkerung zum 31.12.2005)  
 $R_i$ : altersspezifische Rate im Altersstratum i  
 $T_i$ : Personenzeit unter Risiko im Altersstratum i (Summe der Stichtagsbevölkerung zum 31.12.2005 und 31.12.2006)

Für jedes Bundesland wurde der Migrationssaldo der HA- und TSA-Implantationen berechnet. Dazu wurden die Differenzen aus Immigration und Emigration für das Bundesland  $b$  gebildet und ins Verhältnis zu den Patienten gesetzt, deren Wohnsitz im Bundesland  $b$  lag, und die sich auch in diesem Bundesland  $b$  operieren ließen (Patienten ohne Migration). Folgende Formel verdeutlicht den Sachverhalt:

$$\text{Migrationssaldo}_b = \frac{N_b \text{ Immigration} - N_b \text{ Emigration}}{N_b \text{ ohne Migration}}$$

$b$ : Bundesland  
 $N_b \text{ Immigration}$ : Patientenzahl mit Wohnsitz außerhalb von  $b$ , die in  $b$  operiert wurden  
 $N_b \text{ Emigration}$ : Patientenzahl mit Wohnsitz in  $b$ , die außerhalb von  $b$  operiert wurden  
 $N_b \text{ ohne Migration}$ : Patientenzahl mit Wohnsitz in  $b$ , die in  $b$  operiert wurden

Um einen direkten Vergleich zwischen HA und TSA zu erhalten, wurde der TSA-Anteil berechnet. Dieser Anteil wurde aus dem Verhältnis der absoluten Anzahl von TSA zu allen Schulterprothesen berechnet:

$$\text{TSA - Anteil} = \frac{\text{Anzahl}_{TSA}}{\text{Anzahl}_{TSA} + \text{Anzahl}_{HA}}$$

Alle Analysen wurden mit SAS Version 9.2 durchgeführt.

## 4 Ergebnisse

Der Vergleich der Behandlungsjahre 2005 und 2006 ergibt, dass die Implantationsraten pro 100 000 Einwohner von 2005 zu 2006 leicht zugenommen haben (HA und TSA zusammen: von 9,3 pro 100 000 Einwohner in 2005 auf 10,8 pro 100 000 Einwohner in 2006). Im Folgenden werden die Analysen nicht nach Kalenderjahren stratifiziert sondern nur der Gesamtzeitraum 2005-2006 betrachtet.

### 4.1 Altersspezifische Betrachtung

Das Alter von Patienten, die sich in Deutschland im Zeitraum 2005-2006 einer Schulterendoprothesen-Implantation unterzogen haben, unterschied sich geschlechtsspezifisch. Männer waren deutlich jünger als Frauen. Für die HA betrug die geschlechtsspezifische Altersdifferenz des medianen Alters 10 Jahre und für die TSA 5 Jahre. Weiterhin waren Männer mit HA jünger als Männer mit TSA. Im Gegensatz dazu waren Frauen für die HA älter als für die TSA. Tabelle 2 zeigt einen detaillierten Überblick.

**Tabelle 2:** Medianes Alter (Jahre) von Patienten mit Implantation einer Humeruskopfprothese bzw. Totalendoprothese des Schultergelenks in Deutschland 2005-2006.

	Männer		Frauen		(Frauen + Männer) <sup>1</sup>	
	(N)	Alter	(N)	Alter	(N)	Alter
HA	2 541	66	8 894	76	11 435	75
TSA	1 342	68	3 792	73	5 134	72
HA + TSA	3 883	67	12 686	75	16 569	73

HA: Humeruskopfprothese; TSA: Totalendoprothese;

<sup>1</sup> zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit geschlechtsunspezifischen Studien erfolgte ebenfalls die gemeinsame Betrachtung von Männern und Frauen zusammen

Da in den meisten internationalen Studien zur Beschreibung des Alters der Mittelwert verwendet wurde, zeigt Tabelle 9 im Anhang das Ergebnis der Berechnungen für dieses Effektmaß.

#### 4.1.1 Altersspezifische Schulterendoprothesen-Raten

Die Schulterendoprothesen-Raten zeigten deutliche alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede (Tabelle 3 und Abbildung 2).

Die HA-Raten der Männer zeigten über alle Altersgruppen hinweg wachsende Raten und waren in der Altersgruppe  $\geq 85$  Jahre am größten (15,2 pro 100 000 Personenjahre). Dem gegenüber standen TSA-Raten der Männer mit wachsenden Raten bis zur Altersgruppe 75-79 Jahre (8,1

pro 100 000 Personenjahre), die in den folgenden Altersgruppen rückläufig waren. Über allen Altersgruppen lagen die TSA-Raten unter den entsprechenden HA-Raten. Die maximale Spannweite von 13,1 pro 100 000 Personenjahre zwischen HA und TSA lag in der Altersgruppe

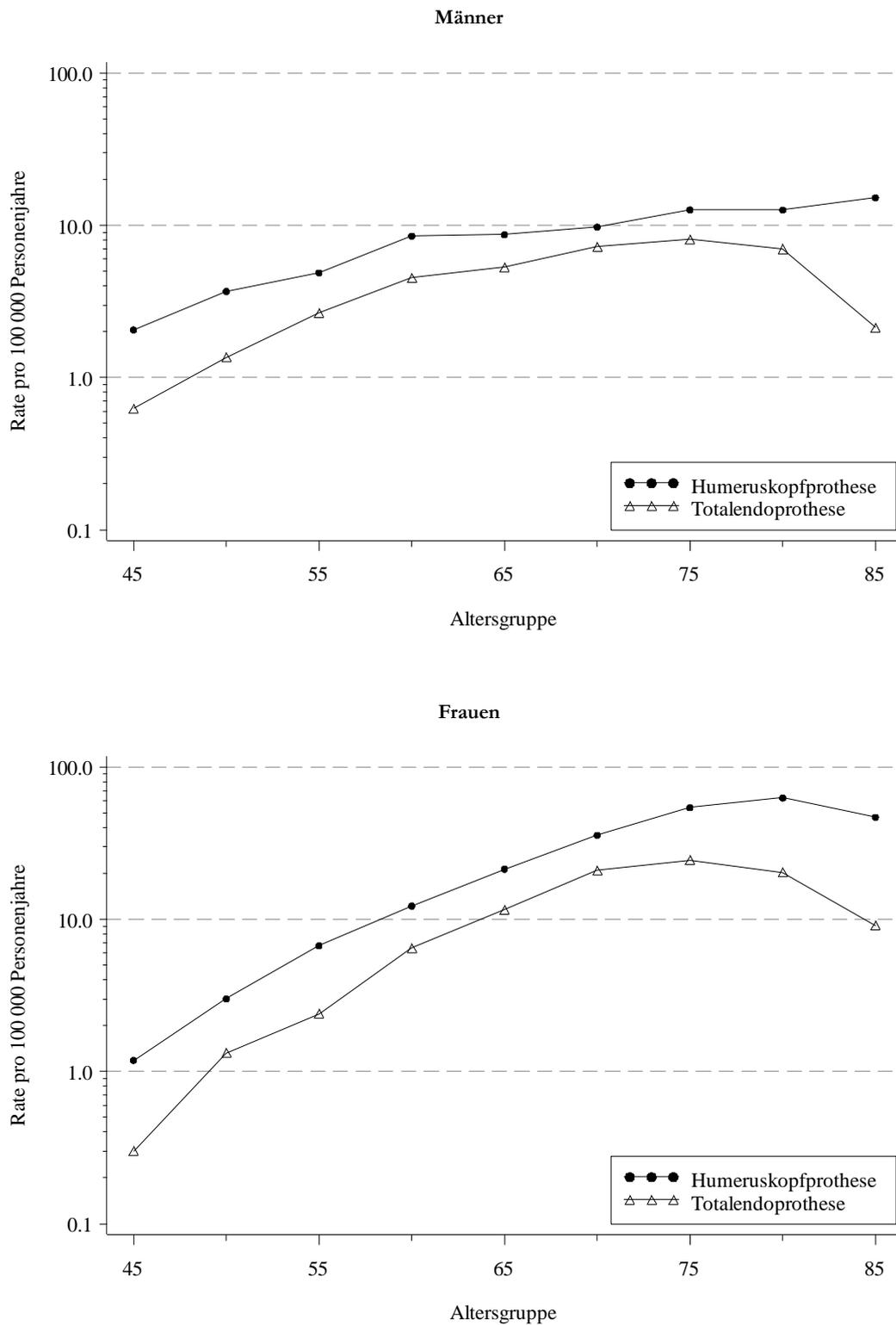
**Tabelle 3:** Alters- und geschlechtsspezifische Humeruskopfprothese- und Totalendoprothese-Raten (rohe Raten) pro 100 000 Personenjahre in Deutschland 2005-2006. Alters- und geschlechtsspezifische Bevölkerung zum 31.12.2005 und zum 31.12.2006.

Alter	Männer			Frauen			(Männer + Frauen) <sup>2</sup>		
	(N)	Rate	(SE)	(N)	Rate	(SE)	(N)	Rate	(SE)
Humeruskopfprothese									
≤44	174	0,4	0,0	99	0,2	0,0	273	0,3	0,0
45-49	135	2,1	0,2	75	1,2	0,1	210	1,6	0,1
50-54	209	3,7	0,3	170	3,0	0,2	379	3,3	0,2
55-59	242	4,9	0,3	336	6,7	0,4	578	5,8	0,2
60-64	376	8,5	0,4	559	12,2	0,5	935	10,4	0,3
65-69	451	8,7	0,4	1 211	21,4	0,6	1 662	15,3	0,4
70-74	344	9,8	0,5	1 506	35,8	0,9	1 850	23,9	0,6
75-79	318	12,7	0,7	1 959	54,3	1,2	2 277	37,2	0,8
80-84	171	12,6	1,0	1 868	62,9	1,5	2 039	47,2	1,0
≥85	121	15,2	1,4	1 111	46,9	1,4	1 232	39,0	1,1
Rohe Rate	2 541	3,1	0,1	8 894	10,6	0,1	11 435	6,9	0,1
ASR <sup>1</sup>		3,6			9,3				
Totalendoprothese									
≤44	46	0,1	0,0	34	0,1	0,0	80	0,1	0,0
45-49	41	0,6	0,1	19	0,3	0,1	60	0,5	0,1
50-54	77	1,4	0,2	75	1,3	0,2	152	1,3	0,1
55-59	132	2,7	0,2	120	2,4	0,2	252	2,5	0,2
60-64	199	4,5	0,3	296	6,5	0,4	495	5,5	0,2
65-69	276	5,3	0,3	657	11,6	0,5	933	8,6	0,3
70-74	255	7,2	0,5	884	21,0	0,7	1 139	14,7	0,4
75-79	204	8,1	0,6	886	24,6	0,8	1 090	17,8	0,5
80-84	95	7,0	0,7	605	20,4	0,8	700	16,2	0,6
≥85	17	2,1	0,5	216	9,1	0,6	233	7,4	0,5
Rohe Rate	1 342	1,7	0,0	3 792	4,5	0,1	5 134	3,1	0,0
ASR <sup>1</sup>		1,7			3,7				

SE: Standardfehler der Rate; ASR: altersstandardisierte Rate;

<sup>1</sup> Altersstandard deutsche Gesamtbevölkerung zum 31.12.2005;

<sup>2</sup> zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit geschlechtsunspezifischen Studien erfolgte ebenfalls die gemeinsame Betrachtung von Männern und Frauen zusammen



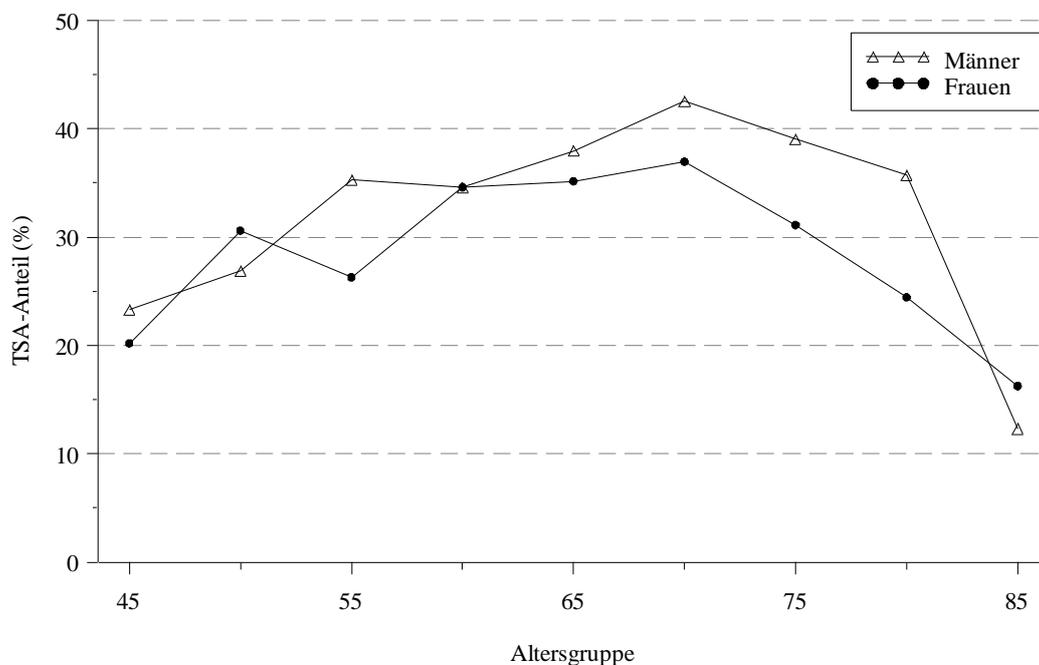
**Abbildung 2:** Vergleich der altersspezifischen Schulterendoprothesen-Raten (pro 100 000 Personenjahre der jeweiligen Altersgruppe) in Deutschland 2005-2006. Altersgruppen in fünf Jahresabständen beginnend bei 45 entspricht 45-49 Jahre und endend bei 85 entspricht 85 Jahre und älter.

≥85 Jahre. Bei den Frauen waren wachsende HA-Raten bis zur Altersgruppe 80-84 Jahre mit einem maximalen Wert von 62,9 pro 100 000 Personenjahre zu verszeichnen. Im Gegensatz zu den Männern waren die HA-Raten der folgenden Altersgruppe (≥85 Jahre) rückläufig. Wie schon bei den Männern zeigten auch die TSA-Raten der Frauen wachsende Raten bis zur Altersgruppe 75-79 Jahre (24,6 pro 100 000 Personenjahre) und waren ebenfalls in den folgenden Altersgruppen rückläufig. Auch bei den Frauen lagen über allen Altersgruppen die TSA-Raten unter den entsprechenden HA-Raten mit einer maximalen Spannweite von 42,5 pro 100 000 Personenjahre in der Altersgruppe 80-84 Jahre.

Die altersspezifischen Raten der Männer lagen über den entsprechenden Raten der Frauen bei der HA bis zur Altersgruppe 50-54 Jahre und bei der TSA bis zur Altersgruppe 55-59 Jahre. Ab der Altersgruppe 60-64 Jahre kehrte sich dieser Trend um und die Raten der Frauen lagen deutlich über den Raten der Männer mit dem bis zu fünffachen bei der HA in der Altersgruppe 80-84 Jahre und dem bis zu vierfachen bei der TSA in der Altersgruppe ≥85 Jahre (Tabelle 3).

#### 4.1.2 Altersspezifische Totalendoprothesen-Anteile

TSA-Anteile zeigten alters- und geschlechtsabhängige Schwankungen. In Abbildung 3 und in Tabelle 14 und 15 im Anhang sind geschlechtsspezifische TSA-Anteile in Abhängigkeit vom Alter der Patienten dargestellt.



**Abbildung 3:** Altersspezifischer TSA-Anteil (%) in Deutschland 2005-2006. Altersgruppen in fünf Jahresabständen beginnend bei 45 entspricht 45-49 Jahre und endend bei 85 entspricht 85 Jahre und älter. 100% entsprechen ausschließlich TSA-Implantationen einer Altersgruppe.

Männer erreichten einen maximalen TSA-Anteil von 42,6% in der Altersgruppe 70-74 Jahre. In den folgenden Altersgruppen war der TSA-Anteil rückläufig und fiel bis zu einem minimalen Wert von 12,3% in der Altersgruppe  $\geq 85$  Jahre. Auch bei den Frauen fand sich ein ähnlicher Kurvenverlauf mit einem maximalen TSA-Anteil von 37,0% in der Altersgruppe 70-74 Jahre und einem minimalen TSA-Anteil von 16,3% in der Altersgruppe  $\geq 85$  Jahre. Im Bereich von 65 bis 79 Jahre lagen die TSA-Anteile der Männer über den entsprechenden TSA-Anteilen der Frauen mit einer maximalen Differenz von 11,2 Prozentpunkten in der Altersgruppe 80-84 Jahre (Männer 35,7% und Frauen 24,5%).

## 4.2 Indikationsspezifische Betrachtung

### 4.2.1 Indikationsspezifische Anteile

Die Wahl der Schulterendoprothese hing von der Indikation ab. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über die prozentualen Anteile der Indikationen für HA und TSA.

Die Fraktur war geschlechtsunabhängig die häufigste Indikation für die Implantation einer HA. Dabei lag der Anteil bei Frauen (67,6%) deutlich über dem entsprechenden Anteil der Männer (52,1%). Die zweithäufigste Indikation für eine HA war die Omarthrose, wobei der Anteil der Männer (29,8%) über dem Anteil der Frauen (20,1%) lag. Alle weiteren Indikationen hatten bei der HA einen Anteil von unter 10%.

Die häufigsten TSA-Implantationen wurden wegen Omarthrose durchgeführt (Männer 59,5%, Frauen 53,6%). Erst auf dem zweiten Rang folgte die Fraktur (Männer 15,4%, Frauen 24,3%) und danach die Frakturspätfolge (Männer 11,6%, Frauen 11,1%). Alle weiteren Indikationen hatten bei der TSA einen Anteil von unter 6%.

### 4.2.2 Altersspezifische Betrachtung der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose

Die Altersstruktur der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose ist in Abbildung 4 dargelegt. Eine detaillierte altersspezifische Übersicht aller Indikationen mit Berücksichtigung des Geschlechts zeigt Tabelle 10-13 im Anhang.

Mit dem Alter verändert sich das Verhältnis der Indikationen zueinander. Fraktur und Omarthrose verhalten sich über das Alter gesehen weitestgehend gegenläufig. Während die Bedeutung der Fraktur mit dem Alter zunimmt, verliert die Omarthrose ab dem 75. Lebensjahr an Bedeutung. Besonders deutlich ist dieser Zusammenhang bei der HA. In der Altersgruppe  $\geq 85$  Jahre bekamen 90% der HA Patienten diese Endoprothese wegen Fraktur und 5% wegen Omarthrose.

TSA-Implantationen werden bis zur Altersgruppe 80-84 Jahre zum größten Teil wegen Omarthrose durchgeführt. In der Altersgruppe  $\geq 85$  Jahre zeigte sich hingegen eine Verschiebung der Verhältnisse zu Gunsten der Frakturen. In dieser Altersgruppe wurden 50% der TSA wegen Fraktur implantiert und 30% wegen Omarthrose. Tabelle 10-13 zeigt, dass die beschriebenen Verhältnisse sowohl für Männer als auch für Frauen gelten.

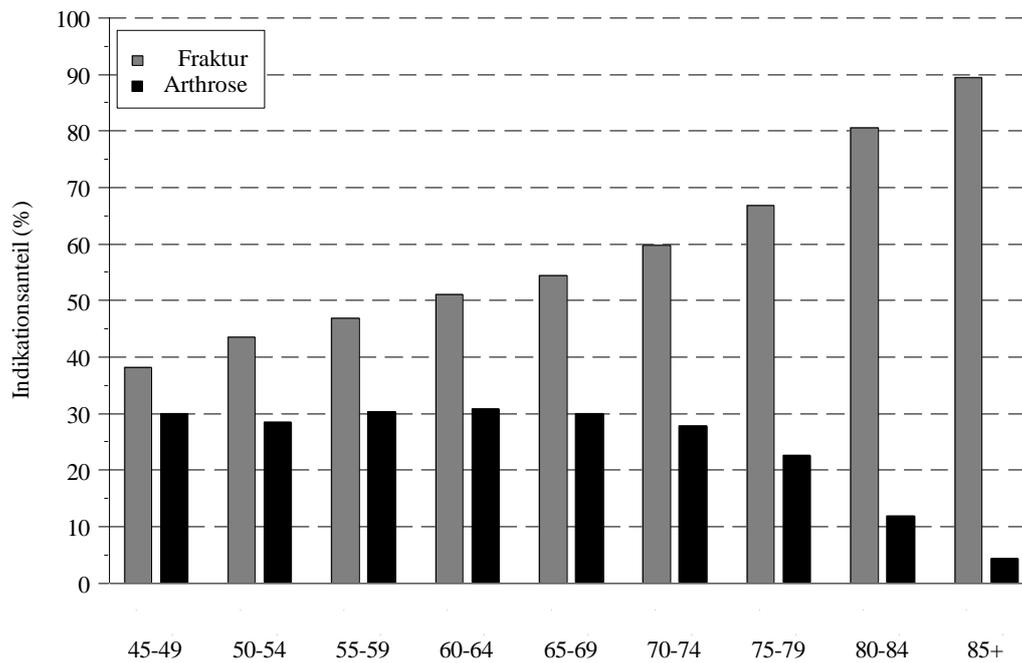
**Tabelle 4:** Indikationen für Humeruskopfprothesen- und Totalendoprothesen-Implantationen in Deutschland 2005-2006, geschlechtsspezifische absolute und relative Häufigkeiten.

Indikation	Männer		Frauen		(Männer + Frauen) <sup>1</sup>	
	(N)	(%)	(N)	(%)	(N)	(%)
<b>Humeruskopfprothese</b>						
Fraktur	1 324	52,1	6 008	67,6	7 332	64,1
Omarthrose	757	29,8	1 788	20,1	2 545	22,2
Knochennekrose	92	3,6	164	1,8	256	2,2
Luxation	25	1,0	43	0,5	68	0,6
Rotatorenmanschettenl.	20	0,8	19	0,2	39	0,3
Frakturspätfolge	242	9,5	716	8,1	958	8,4
Chronische Polyarthrit	20	0,8	78	0,9	98	0,9
Neoplasie	36	1,4	39	0,4	75	0,7
Sonstige	25	1,0	39	0,4	64	0,6
Gesamt	2 541	100,0	8 894	100,0	11435	100,0
<b>Totalendoprothese</b>						
Fraktur	206	15,4	923	24,3	1 129	22,0
Omarthrose	798	59,5	2 033	53,6	2 831	55,1
Knochennekrose	32	2,4	84	2,2	116	2,3
Luxation	11	0,8	59	1,6	70	1,4
Rotatorenmanschettenl.	74	5,5	116	3,1	190	3,7
Fraktur Spätfolge	156	11,6	421	11,1	577	11,2
Chronische Polyarthrit	4	0,3	43	1,1	47	0,9
Neoplasie	27	2,0	36	0,9	63	1,2
Sonstige	34	2,5	77	2,0	111	2,2
Gesamt	1 342	100,0	3 792	100,0	5 134	100,0

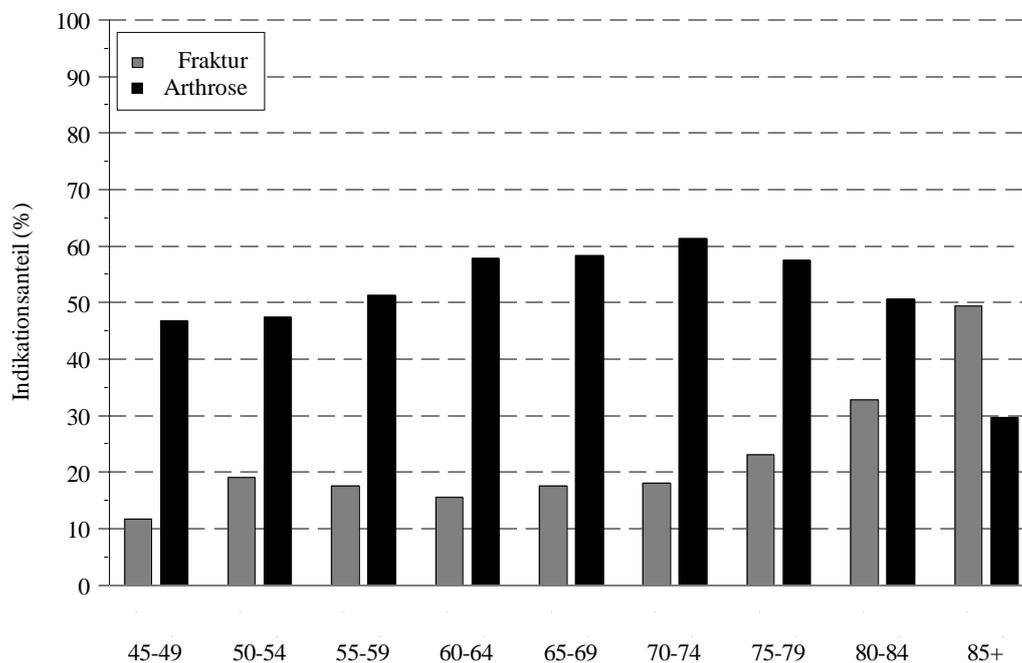
Rotatorenmanschettenl.: Rotatorenmanschettenläsion;

<sup>1</sup> zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit geschlechtsunspezifischen Studien erfolgte ebenfalls die gemeinsame Betrachtung von Männern und Frauen zusammen

Humeruskopfprothese



Totalendoprothese



**Abbildung 4:** Anteil (%) der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose bei Implantation einer Humerskopprothese bzw. Totalendoprothese des Schultergelenks in Deutschland 2005-2006, Männer und Frauen zusammen. Altersgruppen in Fünfjahresintervallen. Die Summe der Anteile einer Altersgruppe ergibt nicht 100% da nicht alle Indikationen dargestellt sind.

85+: 85 Jahre und älter

### 4.2.3 Indikationsspezifische Totalendoprothese-Anteile

Tabelle 5 zeigt die indikations- und altersspezifischen TSA-Anteile geschlechtsunabhängig. Die Fraktur besaß den kleinsten TSA-Anteil von 13,3%, der über alle Altersgruppen hinweg relativ konstant blieb mit einem High:Low Ratio von 1,9. Für die Omarthrose betrug der TSA-Anteil 52,7% bei einem High:Low Ratio von 2,8 über alle Altersgruppen betrachtet. Der TSA-Anteil bei Omarthrose nahm mit dem Alter bis zur Altersgruppe 70-74 Jahre zu. Ab dem 70. Lebensjahr blieben die TSA-Anteile bei Omarthrose mit Werten zwischen 55-60% relativ konstant. Maximale TSA-Anteile wurden bei der Indikation Rotatorenmanschettenläsion mit 83,0% erreicht mit dem größten Wert von 93,2% in der Altersgruppe 75-79 Jahre.

Tabelle 14 und 15 im Anhang zeigen die TSA-Anteile geschlechtsspezifisch. Hier ergeben sich für die Indikation Fraktur eine weitgehende Übereinstimmung bei Männern und Frauen für die altersspezifischen TSA-Anteile. Bei der Indikation Omarthrose zeigen sich geschlechtsspezifische Unterschiede in der Altersgruppe 80-84 Jahre und  $\geq 85$  Jahre.

## 4.3 Bundeslandspezifische Betrachtung

### 4.3.1 Bundeslandspezifische Schulterendoprothesen-Raten

In Tabelle 6 für Männer und Tabelle 7 für Frauen sind rohe und altersstandardisierte HA- und TSA-Raten (pro 100 000 Personenjahre) der einzelnen Bundesländer dargestellt.

Sowohl die HA-Raten als auch die TSA-Raten zeigten deutliche regionale Schwankungen. Die altersstandardisierten HA-Raten der Männer waren im Saarland (4,6 pro 100 000 Personenjahre) am höchsten und in Hamburg (2,6 pro 100 000 Personenjahre) am niedrigsten. Die altersstandardisierten TSA-Raten zeigten eine größere Variabilität (High:Low Ratio 3,5) mit der größten TSA-Rate in Bayern (2,8 pro 100 000 Personenjahre) und der niedrigsten TSA-Rate in Schleswig-Holstein (0,8 pro 100 000 Personenjahre).

Bei Frauen lagen sowohl die HA-Raten als auch die TSA-Raten in allen Bundesländern über den entsprechenden Raten der Männer. Auch bei den Frauen war die regionale Variabilität am größten bei den altersstandardisierten TSA-Raten (High:Low Ratio 3,4) mit der niedrigsten TSA-Rate in Sachsen (1,8 pro 100 000 Personenjahre) und der höchsten TSA-Rate in Bayern (6,2 pro 100 000 Personenjahre). Die altersstandardisierten HA-Raten der Frauen waren am niedrigsten in Hamburg (7,1 pro 100 000 Personenjahre) und am höchsten in Bremen (12,8 pro 100 000 Personenjahre).

**Tabelle 5:** Indikations- und altersspezifische TSA-Anteile (%) in Deutschland 2005-2006, Männer und Frauen zusammen. 100% entsprechen ausschließlich TSA-Implantationen.

	Jedes Alter	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Alle Indikationen	31,0	22,7	22,2	28,6	30,4	34,6	36,0	38,1	32,4	25,6	15,9
Fraktur	13,3	12,7	8,0	14,9	14,0	13,9	15,3	15,6	14,2	12,2	9,5
Omarthrose	52,7	21,2	30,8	40,0	42,4	49,8	52,3	57,5	55,0	59,6	56,6
Knochennekrose	31,2	16,0	15,8	28,1	29,0	38,9	38,0	35,6	31,7	38,7	40,0
Luxation	50,7	25,0	.	25,0	37,5	54,5	47,4	56,0	68,2	50,0	43,8
Rotatorenmanschettenläsion	83,0	.	.	42,9	66,7	76,0	90,2	78,9	93,2	90,5	87,5
Frakturspätfolge	37,6	27,8	27,3	33,3	31,7	39,9	39,5	43,9	40,1	35,1	30,3
Chronische Polyarthritits	32,4	33,3	12,5	.	42,9	13,6	42,9	51,6	30,4	.	.
Neoplasie	45,7	44,4	60,0	57,1	50,0	60,0	43,8	43,8	40,0	33,3	.
Sonstige	63,4	30,8	75,0	66,7	70,0	58,3	60,7	70,3	67,7	75,0	60,0

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 6:** Bundeslandspezifische Humeruskopfprothese- und Totalendoprothese-Raten (pro 100 000 Personenjahre) in Deutschland 2005-2006, Männer. Nach Bundesland des Patientenwohnsitzes. Altersstandard: Deutschland 31.12.2005.

	Humeruskopfprothese				Totalendoprothese			
	(N)	rohe Rate	ASR	95% CI	(N)	rohe Rate	ASR	95% CI
Bundesrepublik Deutschland	2541	3,1	3,6	3,4-3,8	1342	1,7	1,7	1,6-1,9
Schleswig-Holstein	104	3,8	4,1	3,3-4,9	21	0,8	0,8	0,4-1,1
Hamburg	37	2,2	2,6	1,7-3,4	22	1,3	1,6	0,9-2,3
Niedersachsen	259	3,3	3,7	3,2-4,2	128	1,6	1,8	1,5-2,1
Bremen	28	4,4	4,5	2,8-6,2	13	2,0	2,0	0,9-3,1
Nordrhein-Westfalen	551	3,1	3,5	3,2-3,8	218	1,2	1,4	1,2-1,5
Hessen	168	2,8	3,0	2,6-3,5	109	1,8	2,0	1,6-2,4
Rheinland-Pfalz	119	3,0	3,2	2,6-3,8	66	1,7	1,8	1,3-2,2
Baden-Württemberg	285	2,7	3,2	2,8-3,5	196	1,9	2,1	1,8-2,4
Bayern	422	3,5	4,0	3,6-4,4	290	2,4	2,8	2,4-3,1
Saarland	45	4,4	4,6	3,3-6,0	14	1,4	1,3	0,6-2,0
Berlin	103	3,1	4,0	3,1-4,8	52	1,6	1,9	1,4-2,5
Brandenburg	76	3,0	3,4	2,6-4,2	45	1,8	1,7	1,2-2,2
Mecklenburg-Vorpommern	52	3,1	3,1	2,2-4,0	30	1,8	1,9	1,2-2,5
Sachsen	142	3,4	3,5	2,9-4,1	46	1,1	1,1	0,8-1,4
Sachsen-Anhalt	90	3,7	3,9	3,1-4,8	59	2,4	2,4	1,8-3,1
Thüringen	60	2,6	2,8	2,0-3,5	33	1,4	1,5	1,0-2,1

ASR: altersstandardisierte Rate; CI: Konfidenzintervall

**Tabelle 7:** Bundeslandspezifische Humeruskopfprothese- und Totalendoprothese-Raten (pro 100 000 Personenjahre) in Deutschland 2005-2006, Frauen. Nach Bundesland des Patientenwohnsitzes. Altersstandard: Deutschland 31.12.2005.

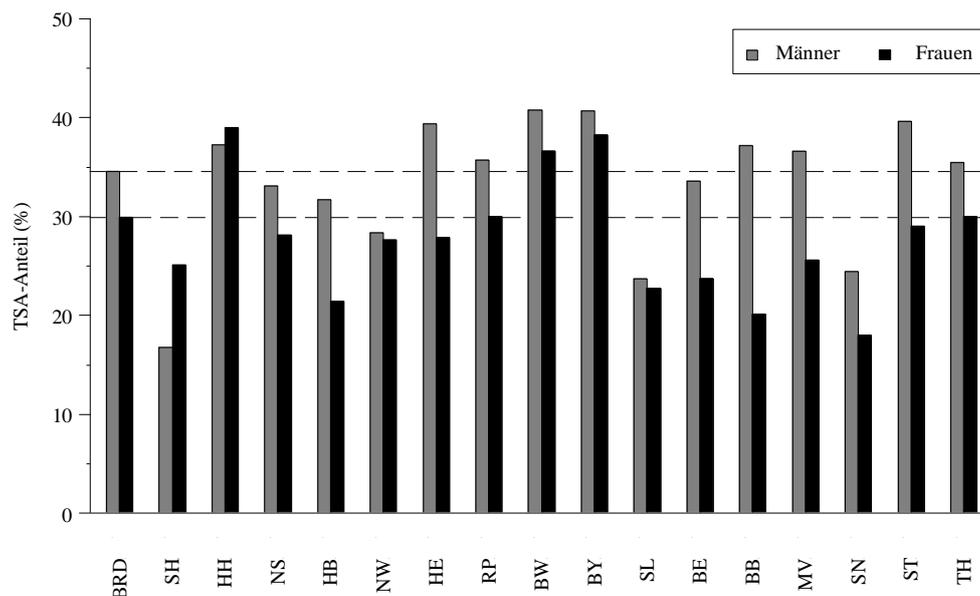
	Humeruskopfprothese				Totalendoprothese			
	(N)	rohe Rate	ASR	95% CI	(N)	rohe Rate	ASR	95% CI
Bundesrepublik Deutschland	8894	10,6	9,3	9,0-9,6	3792	4,5	3,7	3,5-3,9
Schleswig-Holstein	322	11,1	9,4	8,4-10,5	108	3,7	3,2	2,6-3,8
Hamburg	147	8,2	7,1	5,9-8,3	94	5,3	4,7	3,7-5,7
Niedersachsen	971	11,9	10,3	9,6-10,9	380	4,7	4,1	3,7-4,5
Bremen	110	16,1	12,8	10,4-15,2	30	4,4	3,7	2,4-5,0
Nordrhein-Westfalen	1966	10,6	9,2	8,8-9,6	750	4,1	3,7	3,4-3,9
Hessen	610	9,8	8,7	8,0-9,4	236	3,8	3,5	3,0-3,9
Rheinland-Pfalz	396	9,6	8,1	7,3-8,9	170	4,1	3,7	3,1-4,2
Baden-Württemberg	880	8,1	7,4	6,9-7,9	508	4,6	4,4	4,0-4,8
Bayern	1384	10,9	9,7	9,2-10,2	857	6,7	6,2	5,8-6,6
Saarland	146	13,5	10,6	8,8-12,3	43	4,0	3,4	2,4-4,4
Berlin	421	12,1	11,2	10,1-12,3	131	3,8	3,6	3,0-4,3
Brandenburg	298	11,5	9,8	8,7-10,9	75	2,9	2,5	1,9-3,1
Mecklenburg-Vorpommern	163	9,5	8,0	6,8-9,3	56	3,3	2,7	2,0-3,4
Sachsen	484	11,0	8,1	7,3-8,8	106	2,4	1,8	1,5-2,2
Sachsen-Anhalt	365	14,4	10,9	9,8-12,1	149	5,9	4,6	3,9-5,4
Thüringen	231	9,7	7,6	6,7-8,6	99	4,2	3,3	2,7-4,0

ASR: altersstandardisierte Rate; CI: Konfidenzintervall

### 4.3.2 Bundeslandspezifische Totalendprothese-Anteile

Sowohl bei Männern als auch bei Frauen gab es erhebliche regionale Unterschiede der TSA-Anteile (Abbildung 5).

Bei Männern zeigten sich die höchsten TSA-Anteile in Baden-Württemberg und Bayern (jeweils 40,7%) und die niedrigsten TSA-Anteile in Schleswig-Holstein (16,8%). Bei Frauen war die Variabilität unter den Bundesländern ebenfalls groß mit dem höchsten TSA-Anteil in Hamburg (39,0%) und dem niedrigsten TSA-Anteil in Sachsen (18,0%). Mit Ausnahme der Bundesländer Schleswig-Holstein und Hamburg lagen die TSA-Anteile der Männer über den TSA-Anteilen der Frauen. Die größte Differenz der TSA-Anteile zwischen Männern und Frauen lag in Brandenburg mit 17,1 Prozentpunkten (Männer 37,2%, Frauen 20,1%).



**Abbildung 5:** Bundeslandspezifische TSA-Anteile in Deutschland 2005-2006, nach Bundesland des Patientenwohnsitzes. Gestrichelte Linien: TSA-Anteil Deutschland gesamt Männer (obere Linie) und Frauen (untere Linie).

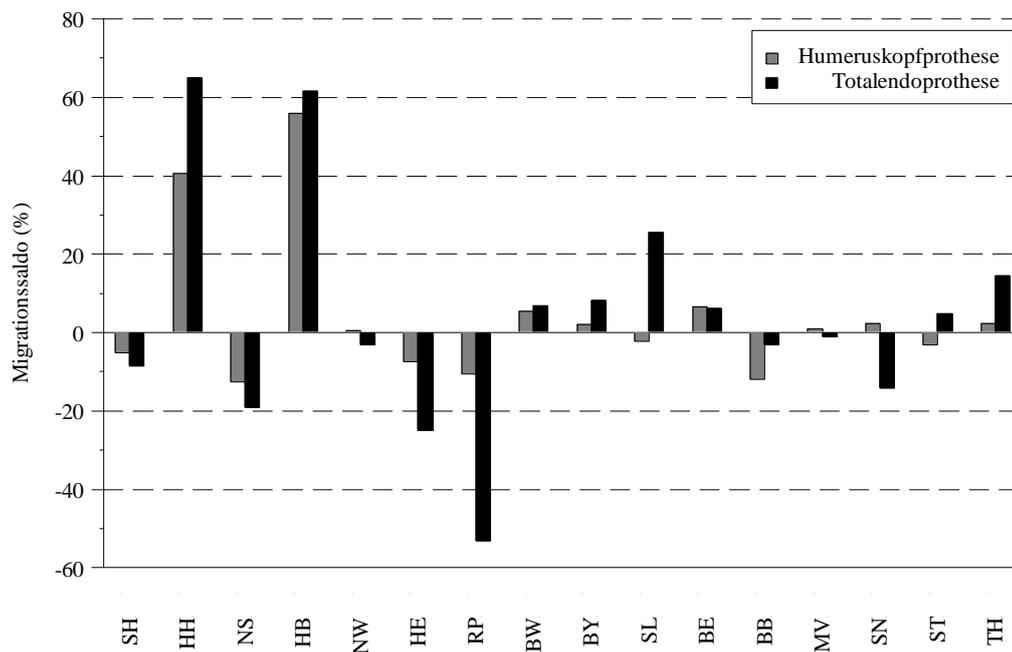
BRD: Bundesrepublik Deutschland; SH: Schleswig-Holstein; HH: Hamburg; NS: Niedersachsen; HB: Bremen; NW: Nordrhein-Westfalen; HE: Hessen; RP: Rheinland-Pfalz; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; SL: Saarland; BE: Berlin; BB: Brandenburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

### 4.3.3 Bundeslandspezifische Migration

Abbildung 6 zeigt die Migrationssaldi der einzelnen Bundesländer für die HA und die TSA, die sich aus der Patientenmigration zwischen den Bundesländern ergeben. Die Stadtstaaten Hamburg und Bremen besaßen die größten Migrationsgewinne bei der HA (40,5% und 55,9%) und der TSA (65,0% und 61,5%). Dem gegenüber fiel der Migrationsgewinn für Berlin relativ klein aus (HA: 6,5%, TSA: 6,1%).

Rheinland-Pfalz zeigte den größten Migrationsverlust bei der TSA (-53,2%) und zugleich die größte Differenz zwischen HA und TSA mit 42,5 Prozentpunkten. Negative Migrationssaldi insbesondere für die TSA zeigten sich auch in Hessen (-25,1%) und Niedersachsen (-19,2%). Im Saarland war das Migrationsverhalten zwischen HA und TSA divergent mit einem positiven Migrationssaldo für die TSA (25,5%) bei gleichzeitigem negativen Saldo für die HA (-2,2%).

Abbildung 8 im Anhang zeigt, dass es zwischen Männern und Frauen keine wesentlichen Unterschiede in den entsprechenden Migrationssaldi gab.



**Abbildung 6:** Bundeslandspezifischer Migrationssaldo (%) von HA und TSA in Deutschland 2005-2006. Positives Migrationssaldo: Immigration > Emigration; negatives Migrationssaldo: Immigration < Emigration

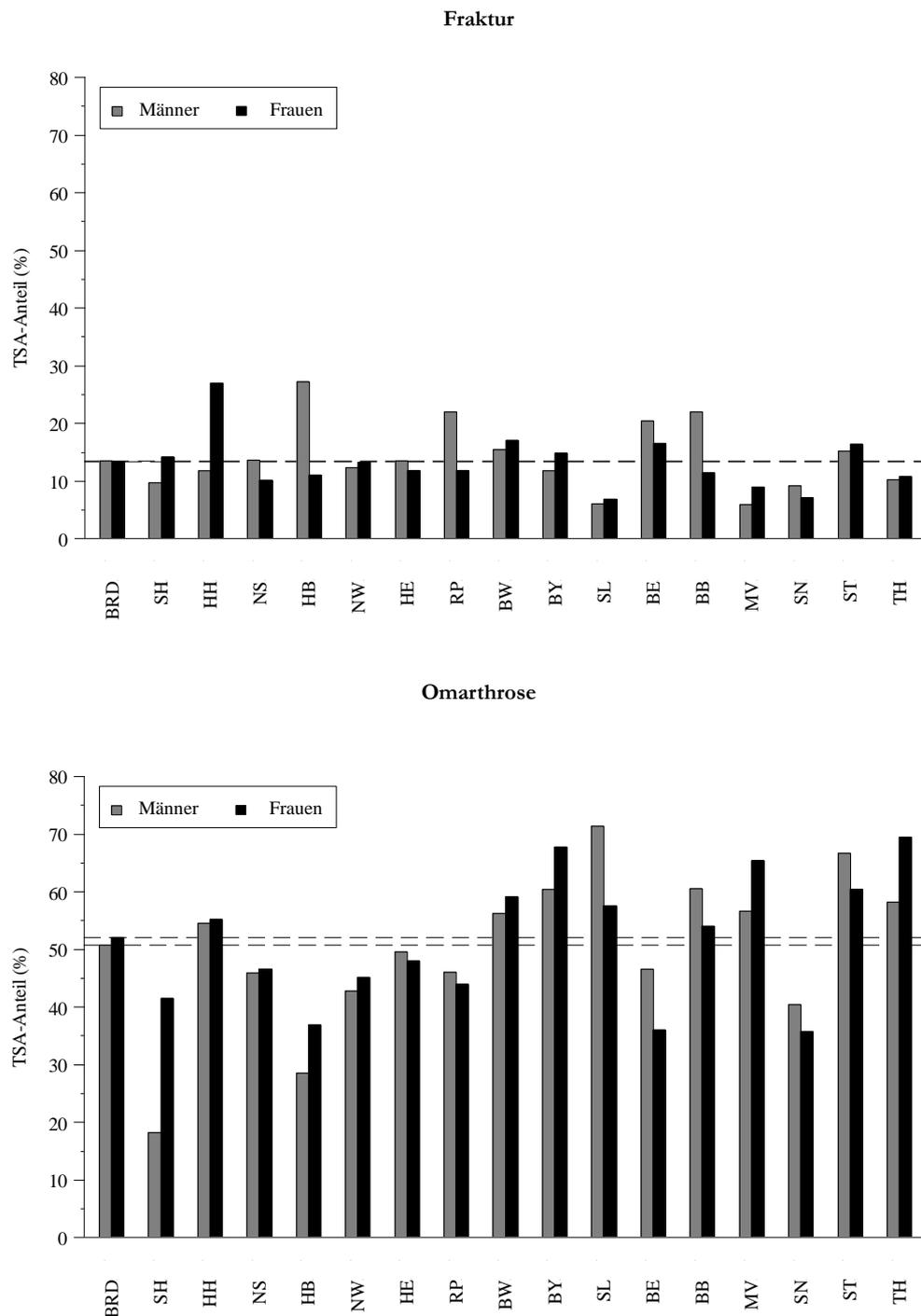
SH: Schleswig-Holstein; HH: Hamburg; NS: Niedersachsen; HB: Bremen; NW: Nordrhein-Westfalen; HE: Hessen; RP: Rheinland-Pfalz; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; SL: Saarland; BE: Berlin; BB: Brandenburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

#### 4.3.4 Bundeslandspezifische Totalendoprothese-Anteile der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose

Zur Untersuchung eines weitestgehend einheitlichen Patientenkollektivs hinsichtlich der Indikationsstellung werden im Folgenden nur Schulterendoprothesen-Implantationen der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose betrachtet. Von insgesamt 16 569 Schulterendoprothesen-Implantationen wurden 8 461 (51,1%) mit der Indikation Fraktur und 5 376 (32,4%) mit der Indikation Omarthrose durchgeführt. Um Unterschiede in der Versorgung der Bundesländer aufzuzeigen, wurde im Gegensatz zu den anderen regionalspezifischen Analysen das Bundesland des Krankenhauses (und nicht der Wohnsitz des Patienten) zu Grunde gelegt.

Abbildung 7 zeigt verhältnismäßig kleine regionale Schwankungen der TSA-Anteile bei der Indikation Fraktur und große regionale Schwankungen bei der Indikation Omarthrose. Bei der Indikation Fraktur hatte Bremen für die Männer und Hamburg für die Frauen die größten TSA-Anteile mit jeweils rund 27%. In diesen Bundesländern lag zugleich die größte Differenz zwischen Männern und Frauen mit 16,2 Prozentpunkten (Bremen) und 15,1 Prozentpunkten (Hamburg). Die kleinsten TSA-Anteile bei der Indikation Fraktur hatte Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland bei den Männern mit rund 6% und bei den Frauen das Saarland und Sachsen mit rund 7%.

Für die Indikation Omarthrose waren die TSA-Anteile der Männer im Saarland am höchsten (71,4%) und in Schleswig-Holstein am niedrigsten (18,2%). Den höchsten TSA-Anteil bei den Frauen hatte Thüringen (69,4%) und den niedrigsten TSA-Anteil die Bundesländer Berlin und Sachsen mit rund 36%. Den größten Unterschied zwischen Männern und Frauen in einem Bundesland hatte Schleswig-Holstein mit einer Differenz von 23,3 Prozentpunkten (Männer 18,2%, Frauen 41,5%). Alle weiteren Bundesländer hatten hinsichtlich des Geschlechts eine Differenz der TSA-Anteile von unter 14 Prozentpunkten. In insgesamt acht Bundesländern lag der TSA-Anteil bei der Indikation Omarthrose unter 50%.



**Abbildung 7:** Bundeslandspezifischer TSA-Anteil (in Prozent) der Indikationen Fraktur und Omarthrose in Deutschland 2005-2006 nach Bundesland des Krankenhauses. Gestrichelte Linien: TSA-Anteil Deutschland gesamt Männer (untere Linie) und Frauen (obere Linie).

BRD: Bundesrepublik Deutschland; SH: Schleswig-Holstein; HH: Hamburg; NS: Niedersachsen; HB: Bremen; NW: Nordrhein-Westfalen; HE: Hessen; RP: Rheinland-Pfalz; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; SL: Saarland; BE: Berlin; BB: Brandenburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

## 5 Diskussion

Zum ersten Mal konnten für Deutschland bevölkerungsbezogene Schulterendoprothesen-Raten ermittelt und unter epidemiologischen Gesichtspunkten detaillierte Unterschiede im Hinblick auf Geschlecht, Alter, Indikation und regionale Verteilung zwischen HA und TSA aufgezeigt werden. Die hier präsentierten Analysen der DRG-Daten geben einen wichtigen Aufschluss über die Schulterendoprothesen-Versorgung in Deutschland.

Folgende zentrale Ergebnisse konnten ermittelt werden. Erstens: In jedem Altersbereich lagen die HA-Raten über den TSA-Raten mit einer zunehmenden Divergenz ab dem 70. Lebensjahr. Zweitens: Für die HA war die Fraktur mit 64% die häufigste Indikation und für die TSA die Omarthrose mit 55%. Der Einfluss der beiden Indikationen veränderte sich mit dem Alter. Bei Patienten  $\geq 85$  Jahre waren 89% der HA und 49% der TSA frakturbedingt. Drittens: Die bundeslandspezifischen Schulterendoprothesen-Raten zeigten erhebliche Schwankungen besonders für die TSA (Faktor 2,8). Das Migrationsverhalten der Patienten unterschied sich für einige Bundesländer zwischen HA und TSA. Für Patienten, bei denen wegen Omarthrose eine Schulterendoprothesen-Implantation durchgeführt wurde, gab es deutliche regionale Versorgungsunterschiede hinsichtlich der Prothesenwahl.

### 5.1 Humeruskopfprothese- und Totalendoprothese-Raten

Die rohe HA-Rate lag in Deutschland in den Jahren 2005-2006 bei 6,9 pro 100 000 Personenjahre und war damit höher als die rohe HA-Rate in Australien im Einjahreszeitraum 2008/09 (3,9 pro 100 000 Einwohner) [19] und höher als die rohe HA-Rate in Norwegen im Jahr 2005 (4,0 pro 100 000 Einwohner) [27]. Hingegen war die rohe TSA-Rate in Deutschland mit 3,2 pro 100 000 Personenjahre deutlich niedriger als die rohe TSA-Rate in Australien (8,6 pro 100 000 Einwohner) [19], jedoch deutlich höher als die rohe TSA-Rate in Norwegen (0,7 pro 100 000 Einwohner) [27]. Aufgrund der unterschiedlichen Erhebungszeiträume und Altersstrukturen der Bevölkerung in den einzelnen Ländern sind die rohen Raten jedoch nur bedingt vergleichbar. Beispielsweise beträgt der Bevölkerungsanteil der  $\geq 60$ -Jährigen in Deutschland 26% hingegen in Australien nur 19% [46]. Nach Altersstandardisierung der deutschen rohen Raten mit der australischen Bevölkerung (zum Juni 2009 [47]) liegt die HA-Rate bei 4,9 pro 100 000 Personenjahre und die TSA-Rate bei 2,0 pro 100 000 Personenjahre, womit die Diskrepanz zwischen deutschen und australischen TSA-Raten größer geworden ist. Ich schließe daraus, dass die TSA in Australien ein wesentlich stärker etabliertes Verfahren für den endoprothetischen Schultergelenksersatz ist, als dies in Deutschland der Fall ist.

Ein Vergleich mit den USA kann nur anhand der Ergebnisse von Jain et al. für TSA-Raten der  $\geq 65$ -Jährigen des Jahres 2000 erstellt werden [25]. Die Berechnung der deutschen TSA-Rate für diese Altersgruppe ergibt 12,7 pro 100 000 Personenjahre und liegt damit auf einem Niveau mit der von Jain et al. ermittelten TSA-Rate der USA von 13,8 pro 100 000 Einwohner.

## 5.2 Altersspezifische Betrachtung

In Deutschland betrug das mittlere Alter für die HA 73 Jahre sowie 71 Jahre für die TSA (Tabelle 9 im Anhang) und lag damit ungefähr auf einem Niveau mit den Ländern Australien (HA 72 Jahre und TSA 72 Jahre) [22], Norwegen (HA 69 Jahre und TSA 69 Jahre) [27] und den USA (HA 68 Jahre und TSA 68 Jahre) [43].

Die altersspezifischen Schulterendoprothese-Raten zeigten auf einem relativ gleichmäßigen Anstieg bis zum 70. Lebensjahr einen divergenten Verlauf mit einer stärkeren Abflachung bzw. Rückgang der TSA-Raten gegenüber den HA-Raten (Tabelle 3 und Abbildung 2). So lagen die größten Unterschiede zwischen HA- und TSA-Raten in der Altersgruppe  $\geq 85$  (HA/TSA Männer: 15/2 pro 100 000 Personenjahre; HA/TSA Frauen 47/9 pro 100 000 Personenjahre). Zwei Aspekte könnten für diesen Effekt verantwortlich sein. Erstens wäre es denkbar, dass TSA-Implantationen allein des Alters wegen ab dem 70. Lebensjahr zurückhaltender durchgeführt werden, beispielsweise aufgrund einer mit dem Alter einhergehenden Verschiebung des Risiko-/Nutzen-Verhältnisses, wofür die stark fallenden TSA-Anteile ab dem 70. Lebensjahr (TSA-Anteil 70-74 Jahre 38%,  $\geq 85$  Jahre 16%) ebenfalls sprechen würden (Abbildung 3). Allerdings müsste sich dieser Trend dann auch für die differenzierte Betrachtung der TSA-Anteile der beiden Hauptindikationen Fraktur und Omarthrose (zusammen 84% aller Indikationen der Studienpopulation) zeigen. Hier ergibt sich jedoch nur ein leichter Rückgang über die Altersgruppen 70- $\geq 85$  Jahre von 16% auf 10% (Fraktur) und von 58% auf 57% (Omarthrose) wie Tabelle 5 verdeutlicht. Zweitens könnte im hohen Alter der zunehmende Einfluss der Indikation Fraktur die HA gegenüber der TSA begünstigen. Die Zunahme der altersspezifischen Fraktur-Anteile über die Altersgruppen 70- $\geq 85$  Jahre von 44% auf 83% führen zu den relativ hohen HA-Raten in diesem Altersbereich, bei einem, wie oben gezeigt, nur mäßigen Abfall der TSA-Anteile für die Indikation Fraktur.

Der internationale Vergleich der altersspezifischen Schulterendoprothesen-Raten ist aus Mangel an Daten nur für die USA mit Bezug zur TSA des Jahres 2000 möglich [25]. Vergleicht man diese Raten mit den altersspezifischen TSA-Raten Deutschlands der Jahre 2005-2006 (nach Anpassung der Raten an die von Jain et al. gewählten Altersgruppen) fällt eine weitestgehende Übereinstimmung in den Altersgruppen 65-79 Jahre (USA/BRD 14,0/12,0 pro 100 000 Personenjahre) und  $\geq 80$  Jahre (USA/BRD 13,3/12,5 pro 100 000 Personenjahre) auf. In den jünge-

ren Altersgruppen der 50-59- und 60-64-Jährigen lagen die Raten der BRD deutlich unter den Raten der USA (USA/BRD 3,3/1,9 pro 100 000 Personenjahre und 7,7/3,7 pro 100 000 Personenjahre). Eine mögliche Ursache für diesen Unterschied der beiden Länder könnte eine restriktivere Anwendung der TSA in Deutschland für das jüngere Patientenkontingent der 50-64-Jährigen sein.

### 5.3 Indikationsspezifische Betrachtung

Im Zeitraum 2005-2006 waren in Deutschland die beiden häufigsten Indikationen für Schulterendoprothesen-Implantationen die Fraktur mit 51% (N=8 461) und die Omarthrose mit 32% (N=5 376). In Norwegen im Zeitraum 1994-2005 wurden gleich viele Schulterendoprothesen-Implantationen wegen Fraktur (23%), wie wegen Omarthrose (23%) durchgeführt, wobei die häufigste Indikation die rheumatoide Arthritis (31%) war [27]. Die häufigste Indikation für eine HA in Deutschland war die Fraktur mit 64% (Männer 52%, Frauen 68%). Dieser Wert lag auf einem Niveau mit Australien (60%) [22], aber deutlich höher als in Norwegen (28%) [27]. Im Gegensatz dazu war die Omarthrose mit 55% (Männer 60%, Frauen 54%) die häufigste Indikation für eine TSA in Deutschland. Deutlich höher war der Omarthrose-Anteil der TSA in Australien (77%) [22] und den USA (71%) [25] und deutlich niedriger in Norwegen (30%) [27]. Der internationale Vergleich der Indikationen ist problematisch, da in den einzelnen Ländern verschiedene Indikationseinteilungen und Kodierungen angewendet wurden. Trotz allem deuten die großen Unterschiede der Schulterendoprothesen-Indikationen auf eine sehr unterschiedliche Etablierung der Schulterendoprothetik insbesondere der TSA in den verschiedenen Ländern hin.

Die altersdifferenzierten Betrachtungen der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose zeigten vor allem bei der HA eine starke Zunahme der prozentualen Fraktur-Anteile mit dem Alter bei abnehmenden prozentualen Omarthrose-Anteilen (Abbildung 4). Einher gehen die Beobachtungen mit den steigenden Inzidenz-Raten von proximalen Humerusfrakturen besonders bei Frauen ab dem 65. Lebensjahr [48,49] und dem damit verbundenen erhöhten Bedarf an Frakturoprothesen. Auch wenn der Einsatz einer Schulterendoprothese nach proximaler Humerusfraktur gegenwärtig stark diskutiert wird [50,51], so werden HA vor allem bei älteren Patienten mit 3- oder 4-Fragmentfrakturen, Dislokationsfrakturen oder Trümmerfrakturen angewandt [52-54].

Die Zunahme der relativen Fraktur-Anteile bei der TSA ab dem 75. Lebensjahr ist ein Effekt, der durch den sehr viel stärkeren Abfall der absoluten TSA-Fälle bei Arthrose bedingt wird. Die absolute Anzahl von TSA wegen Fraktur ist mit dem 75. Lebensjahr ebenfalls rückläufig.

Während für die Indikation Fraktur die Prothesenwahl weitestgehend unabhängig vom Alter war, zeigte sich eine Veränderung der TSA-Anteile bei der Indikation Omarthrose mit dem Alter (Tabelle 5). Bis zur Altersgruppe 70-74 Jahre stiegen die TSA-Anteile bei Omarthrose kontinuierlich von 21% (0-44 Jahre) auf 58% (70-74 Jahre) an und blieben in den folgenden Altersgruppen auf einem Niveau. Somit wurde bei jüngeren Patienten mit Omarthrose tendenziell eher die HA verwendet als die TSA. Gerade bei jungen Patienten mit einer totalendoprothetischen Versorgung des Schultergelenks sind die Langzeitprobleme einer möglichen Pfannenlockerung und den sich daran knüpfenden Revisionseingriffen von Bedeutung [55]. Sperling et al. beobachteten in einem Patientenkollektiv von 34 Patienten unter 50 Jahren, die mit einer TSA versorgt wurden, Lysesäume in 59% der Fälle bei einer mittleren Beobachtungszeit von 12,3 Jahren [56]. Wegen der Problematik der Pfannenlockerung bei TSA empfahlen Hayes et al. bei jungen Patienten die HA der TSA vorzuziehen [57].

#### 5.4 Bundeslandspezifische Betrachtung

Wie auch in den Ländern USA [26] und Australien [19] bestehen in Deutschland deutliche regionale Unterschiede mit kleineren Schwankungen der altersstandardisierten HA-Raten (High:Low Ratio Männer 1,8 und Frauen 1,8) und größeren Schwankungen der altersstandardisierten TSA-Raten (High:Low Ratio Männer 3,5 und Frauen 3,4). Auch wenn die hier präsentierten Analysen keine Rückschlüsse auf die Ursachen dieser Unterschiede in Deutschland zulassen, da Einflussfaktoren wie Krankheitshäufigkeit und deren Umstände, arzt- und klinikbezogene Faktoren, Erwartungen und Präferenzen der Patienten in der DRG-Statistik nicht mitbestimmt werden konnten, gibt es mögliche Erklärungsansätze. Keller et al. fanden für verschiedene orthopädisch/traumatologische Operationen ebenfalls regionale Unterschiede in den USA mit verschieden starken Ausprägungen und vermuteten, dass die große Variabilität der Raten von einigen Prozeduren vor allem der fehlenden Einigkeit und wissenschaftlichen Erkenntnis einer optimalen medizinischen Behandlung geschuldet war [58]. Das ist ein Aspekt, der auch für die große Variabilität der TSA-Raten in Deutschland mitverantwortlich sein könnte. Vitale et al. konnten für die USA mithilfe der MEDPAR-Daten des Jahres 1992 regionale HA- und TSA-Raten ermitteln mit einem High:Low Ratio von 4,5 (HA) und 10,4 (TSA) [26], die eine weit größere Variabilität besaßen als die hier präsentierten Ergebnisse. Die TSA zeigte in Vital et als Arbeit eine positive, wenn auch moderate Korrelation mit der Dichte an Schulterspezialisten. Für die HA war dies nicht der Fall. Dieser Aspekt scheint auch für Deutschland nachvollziehbar, da TSA operationstechnisch anspruchsvolle Eingriffe sind, die im Gegensatz zur HA vermutlich überwiegend von orthopädischen Zentren durchgeführt werden. Eine denkbare ungleiche Verteilung dieser Zentren in Deutschland könnte die großen regionalen Unterschiede der TSA-Raten bedingen. Aus Mangel an Daten über die regionale Verteilung von operativ tätigen Schul-

terendoprothetik-Spezialisten war es leider nicht möglich, diesen Effekt für Deutschland nachzuweisen. Die regionale Variabilität in Australien war im Einjahreszeitraum 2008/09 insgesamt verhältnismäßig gering und anders als in Deutschland und in den USA paradoxerweise für die HA größer (High:Low Ratio 2,6) als für die TSA (High:Low Ratio 1,6) [19]. Auch lagen die TSA-Raten Australiens in jeder Region über den entsprechenden HA-Raten.

Den größten Patientenzustrom für eine Schulterendoprothesen-Implantation hatten 2005-2006 in Deutschland die Stadtstaaten Hamburg und Bremen. Nach einer vom Land Bremen in Auftrag gegebenen Studie, die alle vollstationären Wanderungsbewegungen von Patienten in Deutschland umfasste, besaßen ebenfalls die Stadtstaaten den größten Patientenzustrom [59]. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den ermittelten Migrationssaldi der HA in der vorliegenden Arbeit, so kommt man auf eine breite Übereinstimmung der Resultate. Im Gegensatz dazu sind die Migrationssaldi der TSA in positiver und negativer Ausrichtung größer und teilweise gegenläufig zu den Ergebnissen der HA wie beispielsweise in den Bundesländern Saarland, Sachsen und Thüringen (Abbildung 6). So zeigte sich beispielsweise im Saarland ein negativer Migrationssaldo von -2,2% für die HA, während der Migrationssaldo für die TSA mit 25,5% deutlich positiv war. Offenbar ändert sich das Migrationsverhalten von Patienten in Abhängigkeit des vorgesehenen Eingriffs. So könnten beispielsweise dem Saarland und Thüringen höhere Kompetenzen bei der Versorgung einer TSA zu gesprochen werden, da für diese Länder ein deutlich positiver Migrationssaldo allein für die TSA existierte. Für die HA und auch in den Ergebnissen der Studie des Landes Bremens [59], die alle vollstationären Hospitalisationen betreffen, besitzen diese Länder keinen positiven Migrationssaldo. Unter diesem Aspekt betrachtet relativieren sich die großen Migrationsgewinne der Stadtstaaten, da sie vor allem in Bremen das Resultat der herkömmlichen Patientenwanderung und weniger spezifisch für die Prozedur der Schulterendoprothetik zu sein scheinen.

Für Patienten mit Omarthrose sind die TSA und die HA zwei mögliche operative Behandlungen, dessen Vor- und Nachteile in der aktuellen Literatur stark diskutiert werden. Die American Academy of Orthopaedic Surgeons stufte die Studien von Gartsman et al. [6] und Lo et al. [7] mit dem zurzeit für diese Fragestellung höchsten existierenden Evidenzgrad von zwei ein. Beide Studien zeigten bessere Ergebnisse hinsichtlich der anerkannten Schulter-Scores ASES und UCLA für die TSA nach einer Beobachtungszeit von zwei bzw. drei Jahren. Weitere Studien und systemic reviews favorisierten ebenfalls die TSA gegenüber der HA bei Patienten mit Omarthrose [60-63], obgleich das Langzeitproblem einer möglichen Pfannenlockerung bei der TSA bestehen bleibt [8,27]. Mather et al. beschrieben in ihrem Kosten-Effektivitäts-Modell für die USA niedrigere Gesundheitskosten für die TSA im Vergleich zur HA bei Patienten mit Omarthrose [64]. Der TSA-Anteil bei Patienten mit Omarthrose betrug 2005-2006 in Deutsch-

land 53% (Tabelle 5) und ist somit niedriger als in Australien (68% im Einjahreszeitraum 2008/09) [19] und den USA (63% im Zeitraum 1988-2000) [17], jedoch wesentlich höher als in Norwegen (20% im Zeitraum 1994-2005) [27] und Schottland (19% im Zeitraum 1996-2000) [23]. Allerdings ist der internationale Vergleich von TSA-Anteilen bei Omarthrose aufgrund verschiedener Kalenderzeiträume und unterschiedlicher Selektionskriterien der Studienpopulation nur eingeschränkt möglich.

In Deutschland bestanden deutliche regionale Unterschiede der TSA-Anteile bei Patienten mit Omarthrose (Abbildung 7). Während in einigen Bundesländern wie Thüringen und Saarland die TSA für Patienten mit Omarthrose sehr viel häufiger verwendet wurde als die HA (TSA-Anteil 66% und 65%), wurden in Bremen und Schleswig-Holstein überwiegend HA (TSA-Anteil 34% und 37%) durchgeführt. Anhand der vorliegenden Daten ist es nicht möglich, die genauen Gründe für die unterschiedliche medizinische Versorgung der Bundesländer bezüglich dieser beiden Verfahrensweisen zu eruieren. Es sind jedoch verschiedene Ursachen denkbar. Jain et al. konnten für die USA feststellen, dass Chirurgen, die mindestens fünf Schulterprothesenimplantationen im Jahr bei Patienten mit Omarthrose durchführten, sehr viel häufiger eine TSA verwendeten (TSA-Anteil 77%) als Chirurgen, die zwei bis vier bzw. weniger als zwei Implantationen im Jahr durchführten (TSA-Anteil 65% bzw. 60%) [17]. Gleichermäßen konnten Jain et al. nachweisen, dass in Krankenhäusern, die verhältnismäßig viele Schulterendoprothesen-Implantationen bei Patienten mit Omarthrose durchführten, der TSA-Anteil höher war als in Krankenhäusern einer geringeren Anzahl an Implantationen [17]. Auf Deutschland bezogen könnte demzufolge in den Bundesländern mit einem hohem TSA-Anteil wie beispielsweise Thüringen (TSA-Anteil 66%) der Spezialisierungsgrad von Ärzten und Kliniken höher sein als in Bundesländern mit niedrigem TSA-Anteil wie beispielsweise in Bremen (TSA-Anteil 34%).

## 5.5 Limitation der eigenen Arbeit

Auch wenn die vorliegende Arbeit ein wahrscheinlich repräsentatives Abbild der HA- und TSA-Implantationen in Deutschland der Jahre 2005 und 2006 liefert, so bestehen doch einige limitierende Faktoren, die hier diskutiert werden.

Die DRG-Daten umfassen nach § 1 Absatz 2 KhEntgG [35] nicht alle in Deutschland durchgeführten Hospitalisationen. Für HA- und TSA-Implantationen ist dabei von Bedeutung, dass Hospitalisationen, deren Kosten von der gesetzlichen Unfallversicherung (BG-Fälle) an Berufsgenossenschaftlichen Kliniken (BG-Klinik) übernommen werden, sowie Krankenhausfälle der Bundeswehr an Bundeswehrkrankenhäusern nicht über das DRG-System vergütet werden. Somit kommt es in dieser Arbeit zu einer möglichen Untererfassung der Schulterendoprothesen-Implantationen. Anhand der nach § 137 SGB V gesetzlich vorgeschriebenen Qualitätsberichte

der neun BG-Kliniken Deutschlands ist eine grobe Abschätzung der Untererfassung möglich. Demnach waren für das Berichtsjahr 2006 von vier BG-Kliniken insgesamt 104 Prozeduren des OPS 5-824 (Implantation einer Endoprothese an Gelenken der oberen Extremität) gelistet (durchschnittlich 26 Prozeduren pro Klinik). Unter der Annahme, dass auch in den anderen fünf BG-Kliniken jeweils 26 Prozeduren pro Jahr durchgeführt wurden, die aufgrund ihrer geringen Anzahl nicht im Qualitätsbericht gelistet waren, ergibt sich für den Zeitraum 2005-2006 eine Gesamtanzahl von 416 Prozeduren. Der wahre Wert der Untererfassung ist sehr wahrscheinlich kleiner, da in den 416 Prozeduren auch beispielsweise Ellenbogenendoprothesen enthalten sein können, denn erst die fünfte OPS-Stelle unterscheidet die HA bzw. TSA von anderen Endoprothesen der oberen Extremität. Auch sind in diesen 416 Prozeduren nicht BG-Fälle enthalten, die gleichermaßen in diesen Kliniken behandelt wurden und somit vom DRG-System erfasst und abgerechnet werden konnten.

Der klinische Detailgrad, mit der die HA- und TSA-Implantationen analysiert werden konnten, war ausschließlich auf die kodierten Diagnosen und Prozeduren beschränkt. Weitere Faktoren, die die Prothesenwahl beeinflussen wie beispielsweise Schmerzen, Voroperationen, radiologischer Befund, intraoperative Glenoidbeschaffenheit sowie Erfahrung des Operateurs konnten nicht für die Analysen herangezogen werden.

Alle Analysen beruhen auf dem Behandlungszeitraum 2005-2006 und können nicht ohne weiteres auf andere Jahre übertragen werden. Da das DRG-System erst 2004 in Deutschland eingeführt wurde, befand sich der betrachtete Zeitraum 2005 und 2006 in der Frühphase eines neuen Systems.

Erst im Jahr 2008 konnte die inverse TSA separat mit dem OPS-System kodiert werden. Vorher, wie auch im betrachteten Studienzeitraum, erfolgte die Kodierung der inversen TSA unter dem OPS der TSA. Eine separate Betrachtung der beiden Prothesenarten war somit nicht durchführbar.

Die Validierung der Kodierungen von Diagnosen und Prozeduren war aus verschiedenen Gründen nicht möglich. Das InEK führt zwar eine Qualitätskontrolle der übermittelten DRG-Daten durch, diese Kontrollen erreichen jedoch nicht die Tiefe, die für die vorliegende Arbeit erforderlich wäre. Weiterhin macht die Anonymisierung der DRG-Daten eine denkbare Validierung der Kodierungen anhand der Krankenhausakten unmöglich.

Nach Stang et al. würden DRG-Validierungsstudien an einzelnen Krankenhäusern aus zwei Gründen nicht weiterhelfen: Zum einen führt ein solches Vorgehen nicht zu einer repräsentativen Validierungsstudie, zum anderen ist die Routinedokumentation in den Krankenhäusern nicht notwendigerweise als Goldstandard für die Validierung anzusehen [33].

## 6 Zusammenfassung

Schulterendoprothesen-Implantationen gehören nach dem endoprothetischen Ersatz des Hüft- und Kniegelenks zu den dritthäufigsten Gelenkersatzoperationen. Obgleich eine Vielzahl an epidemiologischen Daten über die Hüft- und Kniegelenksendoprothetik vorhanden sind, sind bevölkerungsbezogene Daten, die Schultergelenksendoprothetik betreffend, international rar und national für Deutschland bisher nicht verfügbar. Das Ziel dieser Arbeit war es, anhand der bundesweiten DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006 bevölkerungsrepräsentative Schulterendoprothesen-Raten zu ermitteln und detaillierte Unterschiede im Hinblick auf Geschlecht, Alter, Indikation, Regionalverteilung und Patientenmigration zwischen HA und TSA aufzuzeigen.

Aus der nationenweiten DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006 konnten 11 435 HA und 5 134 TSA identifiziert werden. Auf diesen Daten basierend wurden altersspezifische, altersstandardisierte und bundeslandspezifische HA- und TSA-Raten ermittelt. Insgesamt acht Indikationen für HA und TSA wurden mit Hilfe eines Algorithmus auf Basis der ICD-10 Codes abgeleitet. Weiterhin wurde für jedes Bundesland der Migrationssaldo für HA und TSA zur Charakterisierung der Patientenwanderung berechnet.

Die bundesweite altersstandardisierte HA-Rate lag in Deutschland im Zeitraum 2005-2006 für Männer bei 3,6 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 3,4-3,8) und für Frauen bei 9,3 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 9,0-9,6) und lag damit deutlich höher als die altersstandardisierten TSA-Raten mit 1,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 1,6-1,9) (Männer) und 3,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 3,5-3,9) (Frauen).

In jedem Altersbereich lagen die altersspezifischen HA-Raten geschlechtsunabhängig über den TSA-Raten. Die beobachtete größer werdende Divergenz zwischen HA- und TSA-Raten ab dem 70. Lebensjahr konnte hauptsächlich auf den steigenden Einfluss der Indikation Fraktur im hohen Alter zurückgeführt werden. Insgesamt 64% (Männer 52%, Frauen 68%) aller HA erfolgten wegen Fraktur und 55% (Männer 60%, Frauen 54%) aller TSA wegen Omarthrose, wobei sich die Indikationsverhältnisse altersabhängig veränderten. Sowohl bei der HA als auch bei der TSA vergrößerte sich der Einfluss der frakturbedingten Schulterendoprothesen ab dem 70. Lebensjahr während der Einfluss der Omarthrose zurückging. Ab dem 85. Lebensjahr waren 90% aller HA und 50% aller TSA frakturbedingt. Einhergehend mit den Empfehlungen der Literatur wurden bei Patienten jünger als 60 Jahre mit Omarthrose bevorzugt HA durchgeführt. Die bundeslandspezifischen altersstandardisierten Schulterendoprothese-Raten zeigten deutliche regionale Unterschiede mit kleineren Schwankungen der HA-Raten (High:Low Ratio Männer und Frauen jeweils 1,8) und größeren Schwankungen der TSA-Raten (High:Low Ratio Männer 3,5 und Frauen 3,4). In gleicher Weise unterlag auch das Verhältnis zwischen HA und TSA (TSA-Anteil) der einzelnen Bundesländer deutlichen Schwankungen.

Den größten Migrationsgewinn sowohl bei der HA als auch bei der TSA hatten die Stadtstaaten Hamburg und Bremen. In einigen Bundesländern konnte ein gegensätzliches Migrationsverhalten zwischen HA und TSA beobachtet werden.

Bei der separaten Betrachtung der beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose gab es ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern hinsichtlich des TSA-Anteils. Bei Schulterendoprothesen-Implantationen wegen Omarthrose wurden in acht Bundesländern bevorzugt HA durchgeführt (TSA-Anteil <50%). Nach aktueller Studienlage ist für Patienten mit Omarthrose die HA hinsichtlich Patientenzufriedenheit, Schmerz-, Bewegungsfreiheit und Revisionseingriffen der TSA unterlegen.

Im internationalen Vergleich lag die TSA-Rate Australiens um mehr als das vierfache über der TSA-Rate Deutschlands (nach Altersstandardisierung der deutschen rohen Raten mit der australischen Bevölkerung) bei minimalem Unterschied zwischen den HA-Raten der beiden Länder.

Direkte Rückschlüsse auf die Ursachen der hier präsentierten Unterschiede der beiden Schulterendoprothesen-Arten sind aufgrund fehlender Einflussfaktoren nicht möglich. Die teils erheblichen regionalen und internationalen Differenzen deuten jedoch auf eine unterschiedlich starke klinische Etablierung besonders bei der Anwendung der TSA hin.

Hauptlimitation dieser Arbeit ist die Einschränkung, dass HA und TSA im Rahmen von Berufsgenossenschaftlichen Verfahren an den sieben operativ tätigen Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Deutschlands nicht in die DRG-Statistik mit eingehen, weswegen die wahren Raten voraussichtlich geringfügig höher ausfallen würden.

Zukünftige Studien sollten klären, inwieweit andere Einflussfaktoren wie z.B. ungleiche Verteilung von orthopädischen Spezialzentren für die regionalen Unterschiede verantwortlich sein könnten. Weiterhin müsste die inverse TSA separat von der TSA betrachtet werden, was ab dem Jahr 2008 mit der DRG-Statistik möglich ist.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Hasan SS, Leith JM, Smith KL, Matsen FA, 3rd (2003) The distribution of shoulder replacement among surgeons and hospitals is significantly different than that of hip or knee replacement. *J Shoulder Elbow Surg.* 12(2):164-169.
- [2] Lugli T (1978) Artificial shoulder joint by Pean (1893): the facts of an exceptional intervention and the prosthetic method. *Clin Orthop Relat Res.* (133):215-218.
- [3] Neer CS, 2nd (1955) Articular replacement for the humeral head. *J Bone Joint Surg Am.* 37-A(2):215-228.
- [4] Neer CS, 2nd (1974) Replacement arthroplasty for glenohumeral osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 56(1):1-13.
- [5] Cazeneuve JF, Cristofari DJ (2010) The reverse shoulder prosthesis in the treatment of fractures of the proximal humerus in the elderly. *J Bone Joint Surg Br.* 92(4):535-539.
- [6] Gartsman GM, Roddey TS, Hammerman SM (2000) Shoulder arthroplasty with or without resurfacing of the glenoid in patients who have osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 82(1):26-34.
- [7] Lo IK, Litchfield RB, Griffin S, Faber K, Patterson SD, Kirkley A (2005) Quality-of-life outcome following hemiarthroplasty or total shoulder arthroplasty in patients with osteoarthritis. A prospective, randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 87(10):2178-2185.
- [8] Bohsali KI, Wirth MA, Rockwood CA, Jr. (2006) Complications of total shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 88(10):2279-2292.
- [9] Feeley BT, Fealy S, Dines DM, Warren RF, Craig EV (2008) Hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty for avascular necrosis of the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg.* 17(5):689-694.
- [10] Hedtmann A, Werner A (2007) Schulterendoprothetik bei rheumatoider Arthritis. *Der Orthopäde.* 36(11):1050-1061.
- [11] Jerosch J, Heisel J (2003) Schulterprothetik: eine Standortbestimmung - Implantation bei Omarthrose und Frakturen des proximalen Humerus. *Deutsches Ärzteblatt.* (37):A 2366 - A 2377.
- [12] Stechel A, Fuhrmann U, Irlenbusch L, Rott O, Irlenbusch U (2010) Reversed shoulder arthroplasty in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty. *Acta Orthop.* 81(3):367-372.
- [13] Brunner U, Kohler S (2007) Schulterendoprothetik bei posttraumatischen Deformitäten durch Frakturfolgen. *Der Orthopäde.* 36(11):1037-1049.
- [14] Potter BK, Adams SC, Pitcher JD, Jr., Malinin TI, Temple HT (2009) Proximal humerus reconstructions for tumors. *Clin Orthop Relat Res.* 467(4):1035-1041.

- [15] Cofield RH, Edgerton BC (1990) Total shoulder arthroplasty: complications and revision surgery. *Instr Course Lect.* 39:449-462.
- [16] Torchia ME, Cofield RH, Settegren CR (1997) Total shoulder arthroplasty with the Neer prosthesis: long-term results. *J Shoulder Elbow Surg.* 6(6):495-505.
- [17] Jain NB, Hocker S, Pietrobon R, Guller U, Bathia N, Higgins LD (2005) Total arthroplasty versus hemiarthroplasty for glenohumeral osteoarthritis: role of provider volume. *J Shoulder Elbow Surg.* 14(4):361-367.
- [18] Kolling C, Simmen BR, Labek G, Goldhahn J (2007) Key factors for a successful National Arthroplasty Register. *J Bone Joint Surg Br.* 89(12):1567-1573.
- [19] Australian Orthopaedic Association (2010) Analysis of State/Territory Health Data All Arthroplasty, Supplementary Report 2010. National Joint Replacement Registry. <http://www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr/publications.jsp?section=reports2010> Accessed June 20, 2011.
- [20] Espehaug B, Furnes O, Havelin LI, Engesaeter LB, Vollset SE, Kindseth O (2006) Registration completeness in the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 77(1):49-56.
- [21] Graves SE, Davidson D, Ingerson L, Ryan P, Griffith EC, McDermott BF, McElroy HJ, Pratt NL (2004) The Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry. *Med J Aust.* 180(5 Suppl):S31-34.
- [22] Australian Orthopaedic Association (2010) Demographics of Shoulder, Elbow & Wrist Arthroplasty, Supplementary Report 2010. National Joint Replacement Registry. <http://www.dmac.adelaide.edu.au/aoanjrr/publications.jsp?section=reports2010> Accessed June 20, 2011.
- [23] Sharma S, Dreghorn CR (2006) Registry of shoulder arthroplasty - the Scottish experience. *Ann R Coll Surg Engl.* 88(2):122-126.
- [24] Hassenpflug J (2011) Registerarbeit kann beginnen. *Orthopädie Mitteilungen.* 2(2011):139-140.
- [25] Jain NB, Higgins LD, Guller U, Pietrobon R, Katz JN (2006) Trends in the epidemiology of total shoulder arthroplasty in the United States from 1990-2000. *Arthritis Rheum.* 55(4):591-597.
- [26] Vitale MG, Krant JJ, Gelijs AC, Heitjan DF, Arons RR, Bigliani LU, Flatow EL (1999) Geographic variations in the rates of operative procedures involving the shoulder, including total shoulder replacement, humeral head replacement, and rotator cuff repair. *J Bone Joint Surg Am.* 81(6):763-772.
- [27] Fevang BT, Lie SA, Havelin LI, Skredderstuen A, Furnes O (2009) Risk factors for revision after shoulder arthroplasty: 1,825 shoulder arthroplasties from the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 80(1):83-91.
- [28] Ravenscroft M, Calvert P (2004) Utilisation of shoulder arthroplasty in the UK. *Ann R Coll Surg Engl.* 86(1):25-28.

- [29] Stang A, Stausberg J (2009) Inpatient management of patients with skin cancer in Germany: an analysis of the nationwide DRG-statistic 2005-2006. *Br J Dermatol.* 161 Suppl 3:99-106.
- [30] Stang A, Weichenthal M (2011) Micrographic surgery of skin cancer in German hospitals 2005-2006. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 25(4):422-428.
- [31] Stang A, Katalinic A, Dieckmann KP, Pritzkeleit R, Stabenow R, Network of German Cancer R (2010) A novel approach to estimate the German-wide incidence of testicular cancer. *Cancer Epidemiol.* 34(1):13-19.
- [32] Stang A, Merrill RM, Kuss O (2011) Nationwide rates of conversion from laparoscopic or vaginal hysterectomy to open abdominal hysterectomy in Germany. *Eur J Epidemiol.* 26(2):125-133.
- [33] Stang A, Merrill RM, Kuss O (2011) Hysterectomy in Germany: A DRG-Based Nationwide Analysis, 2005-2006. *Dtsch Arztebl Int.* 108(30):508-514.
- [34] Müller-Bergfort S, Fritze J (2007) Diagnose- und Prozedurendaten im deutschen DRG-System. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz.* (50):1047-1054.
- [35] Gesetz über die Entgelte für voll- und teilstationäre Krankenhausleistungen (Krankenhausentgeltgesetz - KHEntgG). G. v. 23.04.2002 BGBl. I S. 1412, 1422. .
- [36] Gesetz über die Statistik für Bundeszwecke (Bundesstatistikgesetz – BStatG). G. v. 22.01.1987 BGBl. I S. 462, 565.
- [37] ICD-10-GM 2005 - Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision – German Modification. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2004.
- [38] ICD-10-GM 2006 - Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision – German Modification. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2005.
- [39] Deutsche Kodierrichtlinien – Allgemeine und Spezielle Kodierrichtlinien für die Verschlüsselung von Krankheiten und Prozeduren, Version 2005. Deutscher Ärzteverlag, Köln, 2004.
- [40] OPS 2005 - Systematisches Verzeichnis mit Erweiterungskatalog - Operationen- und Prozedurenschlüssel – Internationale Klassifikation der Prozeduren in der Medizin – Version 2005. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2005.
- [41] OPS 2006 – Systematisches Verzeichnis mit Erweiterungskatalog – Operationen- und Prozedurenschlüssel – Internationale Klassifikation der Prozeduren in der Medizin – Version 2006. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 2006.
- [42] SAS 9.2, in Cary, NC, USA, SAS Institute Inc., 2008.
- [43] Jain N, Pietrobon R, Hocker S, Guller U, Shankar A, Higgins LD (2004) The relationship between surgeon and hospital volume and outcomes for shoulder arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 86-A(3):496-505.

- [44] Statistische Ämter des Bundes und der Länder (2011) Bevölkerungsstand: Bevölkerung nach Geschlecht und Altersjahren – Stichtag 31.12.2005 und 31.12.2006. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> Accessed July 25, 2011.
- [45] Boyle P, Parkin DM (1991) Cancer registration: principles and methods. *Statistical methods for registries*. IARC Sci Publ. (95):126-158.
- [46] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2009) World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights. Working Paper No. ESA/P/WP.210.
- [47] Australian Bureau of Statistics (2009) 3105.0.65.001 - Australian Historical Population Statistics. Commonwealth of Australia. <http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/DetailsPage/3105.0.65.0012008?OpenDocument> Accessed September 28, 2011.
- [48] Baron JA, Barrett JA, Karagas MR (1996) The epidemiology of peripheral fractures. *Bone*. 18(3 Suppl):209S-213S.
- [49] Lind T, Kroner K, Jensen J (1989) The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg*. 108(5):285-287.
- [50] Guy P, Slobogean GP, McCormack RG (2010) Treatment preferences for displaced three- and four-part proximal humerus fractures. *J Orthop Trauma*. 24(4):250-254.
- [51] Solberg BD, Moon CN, Franco DP, Paiement GD (2009) Surgical treatment of three and four-part proximal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 91(7):1689-1697.
- [52] Kontakis G, Koutras C, Tosounidis T, Giannoudis P (2008) Early management of proximal humeral fractures with hemiarthroplasty: a systematic review. *J Bone Joint Surg Br*. 90(11):1407-1413.
- [53] Phipatanakul WP, Norris TR (2005) Indications for prosthetic replacement in proximal humeral fractures. *Instr Course Lect*. 54:357-362.
- [54] Resch H (2003) Die Humeruskopffraktur. *Der Unfallchirurg*. 106(8):602-617.
- [55] Ziegler J, Amlang M, Bottesi M, Kirschner S, Witzleb WC, Gunther KP (2007) Results for endoprosthetic care in patients younger than 50 years. *Orthopäde*. 36(4):325-336.
- [56] Sperling JW, Cofield RH, Rowland CM (2004) Minimum fifteen-year follow-up of Neer hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in patients aged fifty years or younger. *J Shoulder Elbow Surg*. 13(6):604-613.
- [57] Hayes PR, Flatow EL (2001) Total shoulder arthroplasty in the young patient. *Instr Course Lect*. 50:73-88.
- [58] Keller RB, Soule DN, Wennberg JE, Hanley DF (1990) Dealing with geographic variations in the use of hospitals. The experience of the Maine Medical Assessment Foundation Orthopaedic Study Group. *J Bone Joint Surg Am*. 72(9):1286-1293.
- [59] Die Senatorin für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales von Bremen (2008) Patientenwanderungen und Versorgungsindizes – Bundesländer im Vergleich 2001-2006,

Auswertungen aus der Diagnosestatistik der KHStatV. Landesangelegenheiten Krankenhauswesen.

<http://www.krankenhauswegweiser.bremen.de/sixcms/detail.php?gsid=bremen121.c.1939.de> Accessed September 27, 2011.

- [60] Edwards TB, Kadakia NR, Boulahia A, Kempf JF, Boileau P, Nemoz C, Walch G (2003) A comparison of hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in the treatment of primary glenohumeral osteoarthritis: results of a multicenter study. *J Shoulder Elbow Surg.* 12(3):207-213.
- [61] Bryant D, Litchfield R, Sandow M, Gartsman GM, Guyatt G, Kirkley A (2005) A comparison of pain, strength, range of motion, and functional outcomes after hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty in patients with osteoarthritis of the shoulder. A systematic review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 87(9):1947-1956.
- [62] Radnay CS, Setter KJ, Chambers L, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS (2007) Total shoulder replacement compared with humeral head replacement for the treatment of primary glenohumeral osteoarthritis: a systematic review. *J Shoulder Elbow Surg.* 16(4):396-402.
- [63] Bishop JY, Flatow EL (2005) Humeral head replacement versus total shoulder arthroplasty: clinical outcomes--a review. *J Shoulder Elbow Surg.* 14(1 Suppl S):141S-146S.
- [64] Mather RC, 3rd, Watters TS, Orlando LA, Bolognesi MP, Moorman CT, 3rd (2010) Cost effectiveness analysis of hemiarthroplasty and total shoulder arthroplasty. *J Shoulder Elbow Surg.* 19(3):325-334.

## 8 Anhang

**Tabelle 8:** 15 häufigste ICD-10 Hauptdiagnosen der Indikationsgruppe Sonstige – N=124 von insgesamt N=175, die dieser Gruppe angehören.

ICD-10 Kode	Anzahl (N)	Anteil (%)	Bedeutung
T840	34	19,4	Mechanische Komplikation durch eine Gelenkendoprothese
T845	29	16,6	Infektion und entzündliche Reaktion durch eine Gelenkendoprothese
M1311	7	4,0	Monarthritis, anderenorts nicht klassifiziert <sup>1</sup>
M9688	7	4,0	Sonstige Krankheiten des Muskel-Skelett-System nach medizinischen Maßnahmen – Instabilität eines Gelenkes nach Entfernen einer Gelenkprothese
T848	6	3,4	Sonstige Komplikationen durch orthopädische Endoprothesen, Implantate oder Transplantate
M0091	5	2,9	Eitrige Arthritis, nicht näher bezeichnet <sup>1</sup>
M1281	5	2,9	Sonstige näher bezeichnete Arthropathien, anderenorts nicht klassifiziert <sup>1</sup>
M750	5	2,9	Adhäsive Entzündung der Schultergelenkkapsel
M754	5	2,9	Impingement-Syndrom der Schulter
S7201	5	2,9	Fraktur des Femurs – intrakapsulär
M2561	4	2,3	Gelenksteife, anderen Orts nicht klassifiziert – Schultergelenk <sup>1</sup>
M1251	3	1,7	Traumatische Arthropathie – Schultergelenk <sup>1</sup>
M2431	3	1,7	Pathologische Luxation und Subluxation eines Gelenkes, anderenorts nicht klassifiziert – Schultergelenk <sup>1</sup>
M2591	3	1,7	Gelenkkrankheit, nicht näher bezeichnet – Schultergelenk <sup>1</sup>
M8442	3	1,7	Pathologische Fraktur, anderenorts nicht klassifiziert – Humerus <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Schulterregion, Klavikula, Skapula, Akromioklavikulargelenk, Schultergelenk, Sternoklavikulargelenk

<sup>2</sup> Oberarm, Humerus, Ellenbogengelenk

**Tabelle 9:** Alter in Jahren von Patienten mit Implantation einer Humeruskopfprothese bzw. Totalendoprothese des Schultergelenks in Deutschland 2005-2006.

	(N)	Mittelw.	Stabw.	Min.	Max.
Humeruskopfprothese					
Männer	2 541	64,9	12,8	6	97
Frauen	8 894	74,4	10,0	11	102
Männer + Frauen	11 435	73,3	11,4	6	102
Totalendoprothese					
Männer	1 342	66,6	10,7	11	96
Frauen	3 792	72,7	8,9	13	97
Männer + Frauen	5 134	71,1	9,7	11	97

Mittelw.: Mittelwert; Stabw.: Standardabweichung; Min: Minimum; Max: Maximum

**Tabelle 10:** Männer mit Implantation einer Humeruskopfprothese, altersspezifische Indikationen in Deutschland 2005-2006. Die Summen einer Spalte entsprechen 100%.

	Gesamt	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Hospitalisationen gesamt (N)	2 541	174	135	209	242	376	451	344	318	171	121
Fraktur (%)	52,1	25,9	40,0	42,1	42,1	50,8	50,3	52,9	61,3	79,5	86,0
Omarthrose (%)	29,8	32,2	31,9	31,1	34,7	33,5	33,3	33,1	28,6	13,5	4,1
Knochennekrose (%)	3,6	16,1	8,1	7,7	5,4	0,5	2,2	1,7	1,6	.	0,8
Luxation (%)	1,0	1,7	0,7	1,4	1,7	0,8	0,7	1,5	0,3	0,6	0,8
Rotatorenmanschettenläsion (%)	0,8	0,6	.	1,4	1,2	1,1	0,9	1,2	.	0,6	.
Frakturspätfolge (%)	9,5	14,9	16,3	13,4	12,8	9,3	10,9	6,4	4,7	2,9	7,4
Chronische Polyarthrititis (%)	0,8	0,6	1,5	1,9	0,4	1,6	0,2	0,9	0,6	.	.
Neoplasie (%)	1,4	5,7	0,7	.	0,8	1,1	0,7	1,5	2,2	2,3	.
Sonstige (%)	1,0	2,3	0,7	1,0	0,8	1,3	0,9	0,9	0,6	0,6	0,8

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 11:** Männer mit Implantation einer Totalendoprothese, altersspezifische Indikationen in Deutschland 2005-2006. Die Summen einer Spalte entsprechen 100%.

	Gesamt	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Hospitalisationen gesamt (N)	1 342	46	41	77	132	199	276	255	204	95	17
Fraktur (%)	15,4	15,2	17,1	18,2	12,1	12,1	17,0	12,2	17,2	21,1	29,4
Omarthrose (%)	59,5	28,3	48,8	45,5	59,1	61,8	60,1	65,5	64,7	63,2	23,5
Knochennekrose (%)	2,4	6,5	4,9	7,8	2,3	2,0	2,2	0,8	0,5	4,2	5,9
Luxation (%)	0,8	.	.	1,3	0,8	0,5	0,7	1,2	1,0	1,1	.
Rotatorenmanschettenläsion (%)	5,5	.	.	3,9	3,8	5,5	6,5	5,9	6,9	5,3	17,6
Frakturspätfolge (%)	11,6	26,1	22,0	18,2	13,6	13,6	10,1	9,0	7,8	5,3	23,5
Chronische Polyarthrititis (%)	0,3	.	2,4	.	1,5	.	0,4	.	.	.	.
Neoplasie (%)	2,0	17,4	.	2,6	2,3	2,0	1,1	1,6	1,5	.	.
Sonstige (%)	2,5	6,5	4,9	2,6	4,5	2,5	1,8	3,9	0,5	.	.

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 12:** Frauen mit Implantation einer Humeruskopfprothese, altersspezifische Indikationen in Deutschland 2005-2006. Die Summen einer Spalte entsprechen 100%.

	Gesamt	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Hospitalisationen gesamt (N)	8 894	99	75	170	336	559	1 211	1 506	1 959	1 868	1 111
Fraktur (%)	67,6	17,2	34,7	45,3	50,3	51,3	56,0	61,3	67,7	80,7	89,7
Omarthrose (%)	20,1	37,4	26,7	25,3	27,1	29,0	28,7	26,6	21,5	11,6	4,3
Knochennekrose (%)	1,8	14,1	6,7	4,1	2,7	3,6	1,7	1,5	1,9	1,0	0,7
Luxation (%)	0,5	.	.	.	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,7	0,7
Rotatorenmanschettenläsion (%)	0,2	.	.	0,6	0,6	0,4	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1
Frakturspätfolge (%)	8,1	13,1	24,0	18,8	15,8	11,8	10,7	8,0	6,9	5,6	4,0
Chronische Polyarthrititis (%)	0,9	3,0	6,7	4,1	2,1	2,3	1,2	0,8	0,7	0,1	0,1
Neoplasie (%)	0,4	10,1	1,3	1,8	0,9	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1
Sonstige (%)	0,4	5,1	.	.	0,3	0,9	0,6	0,5	0,4	0,1	0,3

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 13:** Frauen mit Implantation einer Totalendoprothese, altersspezifische Indikationen in Deutschland 2005-2006. Die Summen einer Spalte entsprechen 100%.

	Gesamt	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Hospitalisationen gesamt (N)	3 792	34	19	75	120	296	657	884	886	605	216
Fraktur (%)	24,3	5,9	.	20,0	23,3	17,9	17,7	19,7	24,4	34,5	50,9
Omarthrose (%)	53,6	35,3	42,1	49,3	42,5	55,1	57,5	60,1	55,8	48,6	30,1
Knochennekrose (%)	2,2	14,7	5,3	4,0	5,0	3,4	2,0	1,6	2,1	1,3	2,3
Luxation (%)	1,6	2,9	.	.	1,7	1,7	1,1	1,2	1,5	2,1	3,2
Rotatorenmanschettenläsion (%)	3,1	.	.	.	4,2	2,7	4,3	3,4	3,0	2,3	1,9
Frakturspätfolge (%)	11,1	8,8	31,6	21,3	17,5	13,5	13,4	10,1	9,6	8,9	8,8
Chronische Polyarthrititis (%)	1,1	5,9	.	.	3,3	1,0	1,7	1,8	0,8	.	.
Neoplasie (%)	0,9	23,5	15,8	2,7	1,7	1,7	0,6	0,3	0,6	0,7	.
Sonstige (%)	2,0	2,9	5,3	2,7	0,8	3,0	1,8	1,8	2,3	1,5	2,8

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 14:** Männer, Indikations- und altersspezifische TSA-Anteile (%) in Deutschland 2005-2006. 100% entsprechen ausschließlich TSA-Implantationen.

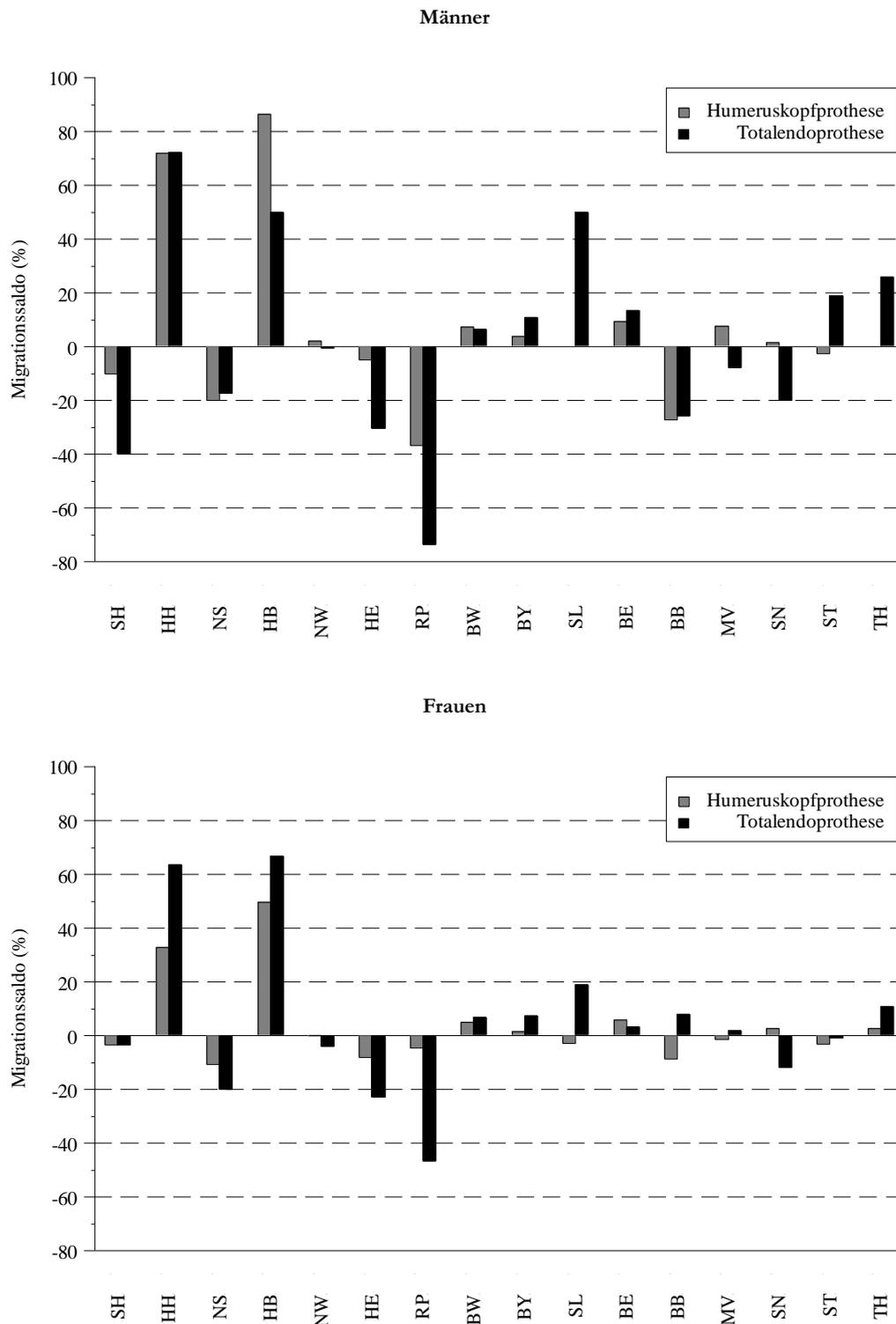
	Jedes Alter	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Alle Indikationen	34,6	20,9	23,3	26,9	35,3	34,6	38,0	42,6	39,1	35,7	12,3
Fraktur	13,5	13,5	11,5	13,7	13,6	11,2	17,2	14,6	15,2	12,8	4,6
Omarthrose	51,3	18,8	31,7	35,0	48,1	49,4	52,5	59,4	59,2	72,3	44,4
Knochennekrose	25,8	9,7	15,4	27,3	18,8	66,7	37,5	25,0	16,7	.	50,0
Luxation	30,6	.	.	25,0	20,0	25,0	40,0	37,5	66,7	50,0	.
Rotatorenmanschettenläsion	78,7	.	.	50,0	62,5	73,3	81,8	78,9	.	83,3	.
Frakturspätfolge	39,2	31,6	29,0	33,3	36,7	43,5	36,4	51,1	51,6	50,0	30,8
Chronische Polyarthritits	16,7	.	33,3	.	66,7	.	50,0	.	.	.	.
Neoplasie	42,9	44,4	.	.	60,0	50,0	50,0	44,4	30,0	.	.
Sonstige	57,6	42,9	66,7	50,0	75,0	50,0	55,6	76,9	33,3	.	.

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich

**Tabelle 15:** Frauen, Indikations- und altersspezifische TSA-Anteile (%) in Deutschland 2005-2006. 100% entsprechen ausschließlich TSA-Implantationen.

	Jedes Alter	Altersgruppe (Jahre)									
		<45	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	≥85
Alle Indikationen	29,9	25,6	20,2	30,6	26,3	34,6	35,2	37,0	31,1	24,5	16,3
Fraktur	13,3	10,5	.	16,3	14,2	15,6	14,6	15,9	14,0	12,2	9,9
Omarthrose	53,2	24,5	28,6	46,3	35,9	50,2	52,1	57,0	53,9	57,5	57,5
Knochennekrose	33,9	26,3	16,7	30,0	40,0	33,3	38,2	37,8	33,3	29,6	38,5
Luxation	57,8	.	.	.	66,7	71,4	50,0	64,7	68,4	50,0	46,7
Rotatorenmanschettenläsion	85,9	.	.	.	71,4	80,0	96,6	78,9	90,0	93,3	80,0
Frakturspätfolge	37,0	18,8	25,0	33,3	28,4	37,7	40,6	42,4	38,5	34,2	30,2
Chronische Polyarthritits	35,5	40,0	.	.	36,4	18,8	42,3	57,1	33,3	.	.
Neoplasie	48,0	44,0	75,0	40,0	40,0	71,4	40,0	42,9	50,0	50,0	.
Sonstige	66,4	16,7	.	.	50,0	64,3	63,2	66,7	71,4	81,8	66,7

. keine Berechnung aufgrund von fehlenden absoluten Werten möglich



**Abbildung 8:** Bundeslandspezifischer Migrationssaldo (%) von HA und TSA in Deutschland 2005-2006, geschlechtsspezifisch. Positives Migrationssaldo: Immigration > Emigration; negatives Migrationssaldo: Immigration < Emigration.

SH: Schleswig-Holstein; HH: Hamburg; NS: Niedersachsen; HB: Bremen; NW: Nordrhein-Westfalen; HE: Hessen; RP: Rheinland-Pfalz; BW: Baden-Württemberg; BY: Bayern; SL: Saarland; BE: Berlin; BB: Brandenburg; MV: Mecklenburg-Vorpommern; SN: Sachsen; ST: Sachsen-Anhalt; TH: Thüringen

Aus dem Institut für Klinische Epidemiologie  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg  
(Direktor: Prof. Dr. med. Andreas Stang, MPH)

## **Thesen der Dissertation**

Vergleich der Implantation von  
Humeruskopfprothese und Totalendoprothese  
des Schultergelenks.  
Eine deutschlandweite Auswertung der  
Hospitalisationsdaten der Jahre 2005 und 2006

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt  
der Medizinischen Fakultät  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Matthias Friedhard Hollatz  
geboren am 02.08.1983 in Berlin

## 9 Thesen

1. 16 569 Schulterendoprothesen (11 435 HA und 5 134 TSA) konnten aus der DRG-Statistik der Jahre 2005 und 2006 in Deutschland identifiziert werden.
2. Erstmals konnten bevölkerungsbezogene Schulterendoprothese-Raten für Deutschland ermittelt werden. Im betrachteten Zeitraum 2005-2006 lagen die altersstandardisierten HA-Raten bei 3,6 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 3,4-3,8) (Männer) und 9,3 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 9,0-9,6) (Frauen) und waren damit deutlich höher als die altersstandardisierten TSA-Raten mit 1,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 1,6-1,9) (Männer) und 3,7 pro 100 000 Personenjahre (95% CI: 3,5-3,9) (Frauen).
3. Männer waren bei Implantation einer HA zehn Jahre und bei Implantation einer TSA fünf Jahre jünger als Frauen.
4. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen lagen in jedem Altersbereich die HA-Raten über den TSA-Raten. Ab dem 70. Lebensjahr vergrößerte sich die Divergenz zwischen HA- und TSA-Raten zugunsten der HA-Raten, was zum größten Teil auf den steigenden Einfluss der Indikation Fraktur bei Patienten ab dem 70. Lebensjahr zurückzuführen war.
5. Für die HA war die Fraktur mit 64% (Männer 52%, Frauen 68%) die häufigste Indikation und für die TSA die Omarthrose mit 55% (Männer 60%, Frauen 54%).
6. Der Einfluss der Indikationen veränderte sich mit dem Alter. Ab dem 70. Lebensjahr vergrößerte sich der Einfluss der Fraktur sowohl bei der HA als auch bei der TSA, während der Einfluss der Omarthrose zurückging. Ab dem 85. Lebensjahr waren 90% der HA-Implantationen und 50% TSA-Implantationen frakturbedingt.
7. Während die Fraktur über alle Altersklassen hinweg ein relativ konstantes Verhältnis zwischen HA und TSA zeigte (TSA-Anteil), nahm der TSA-Anteil bei der Indikation Omarthrose bis zum 74. Lebensjahr zu.
8. Die bundeslandspezifischen altersstandardisierten Schulterendoprothese-Raten zeigten erhebliche Schwankungen vor allem bei der TSA. Bei Männer lag die altersstandardisierte TSA-Rate in Bayern am höchsten (2,8 pro 100 000 Personenjahre, 95% CI: 2,4-3,1) und in Schleswig-Holstein am niedrigsten (0,8 pro 100 000 Personenjahre, 95% CI: 0,4-1,1). Bei Frauen lag die altersstandardisierte TSA-Rate in Bayern ebenfalls am höchsten (6,2 pro 100 000 Personenjahre, 95% CI: 5,8-6,6) und in Sachsen am niedrigsten (1,8 pro 100 000 Personenjahre, 95% CI: 1,5-2,2).

9. Den größten TSA-Anteil hatten die Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern bei den Männern (40,7%) und Hamburg bei den Frauen (39,0%). Schleswig-Holstein hatte den niedrigsten TSA-Anteil bei den Männern (16,8%) und Sachsen bei den Frauen (18,0%).
10. Die größten Migrationsgewinne bei der HA und der TSA besaßen die Stadtstaaten Hamburg (Migrationssaldo: HA 40,5%; TSA 65,0%) und Bremen (Migrationssaldo: HA 55,9%; TSA 61,5%).
11. Das Migrationsverhalten war in einigen Bundesländern zwischen HA und TSA divergent. Im Saarland beispielsweise gab es einen Patientenzustrom für die TSA (Migrationssaldo 25,5%) bei einer gleichzeitigen Patientenabwanderung für die HA (Migrationssaldo -2,2%).
12. Für die beiden häufigsten Indikationen Fraktur und Omarthrose gab es ebenfalls deutliche Unterschiede der TSA-Anteile zwischen den Bundesländern.
13. Im internationalen Vergleich lag die TSA-Rate Australiens um mehr als das vierfache über der TSA-Rate Deutschlands (8,6 und 2,0 pro 100 000 Personenjahre nach Altersstandardisierung der deutschen rohen Raten mit der australischen Bevölkerung). Die HA-Raten unterschieden sich in den beiden Ländern demgegenüber nur gering (Australien: 3,9 pro 100 000 Personenjahre; Deutschland: 4,9 pro 100 000 Personenjahre).
14. HA- und TSA-Implantationen im Rahmen von Berufsgenossenschaftlichen Verfahren an Berufsgenossenschaftlichen Kliniken gehen nicht in die DRG-Statistik ein, weswegen die wahren Raten voraussichtlich geringfügig höher ausfallen würden.

# Lebenslauf

Name	Matthias Friedhard Hollatz
Geburtsdatum/-ort	2. August 1983 in Berlin
1994-2003	Coubertin Gymnasium Berlin
2003-2004	Zivildienst
2004-2011	Studium der Humanmedizin an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
2007-2008	Studium der Humanmedizin an der Université Henri Poincaré, Nancy 1, Frankreich
seit Oktober 2011	Arzt in Weiterbildung in der Klinik für Unfall-, Hand-, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Ulm

## Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet.

Ich versichere, dass ich für die inhaltliche Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- und Beratungsdiensten (Promotionsberater oder anderer Personen) in Anspruch genommen habe. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Halle (Saale), 15. Juni 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Halla', written in a cursive style with a long horizontal stroke extending to the right.

## Erklärung über frühere Promotionsversuche

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich erkläre, dass ich keinerlei frühere Promotionsversuche unternommen habe und dass an keiner anderen Fakultät oder Universität ein Promotionsverfahren anhängig ist.

Halle (Saale), 15. Juni 2012

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. H. H.', written in a cursive style with a large, sweeping flourish at the end.

## Danksagung

Insbesondere möchte ich meinen Eltern danken, die es mir ermöglichten, dieses Studium durchzuführen und auf deren Unterstützung ich immer vertrauen konnte. Ich danke meiner großen Schwester für ihre Inspiration, dieses Studium anzutreten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Andreas Stang für seine hervorragende Betreuung und stetige persönliche Unterstützung bei der Bearbeitung dieser Arbeit.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. Alexander Kluttig und Herrn PD Oliver Kuss für ihre Hilfe bei der SAS-Programmierung. Für die gute Zusammenarbeit und schnelle Bearbeitung meiner Berechnungsanfragen möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Forschungsdatenzentrums des Statistischen Bundesamts bedanken.

Für die konstruktive Kritik und gleichzeitige Motivation beim Schreiben dieser Arbeit bedanke ich mich herzlich bei meiner damaligen Mitbewohnerin.