

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. Johannes M. Rueger

# **Intramedulläre Nagelosteosynthese bei pertrochantären Femurfrakturen**

Eine vergleichende Analyse

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Humanmedizin  
am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

vorgelegt von  
Sönke Heinz Landschoof  
aus Hamburg

Hamburg, 2017

Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am 29.03.2017.

Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, Vorsitzender: PD Dr. Maximilian Hartel

Prüfungsausschuss, Gutachter: PD Dr. Marc Schult

Prüfungsausschuss, Prüferin: Prof. Dr. Pia Pogoda

*Für meine Familie*

*Die Neugier steht immer an erster Stelle eines Problems, das gelöst werden will.*

*-Galileo Galilei*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Historisches . . . . .	1
1.2	Epidemiologie . . . . .	2
1.3	Das Femur . . . . .	3
1.3.1	Anatomie . . . . .	3
1.3.2	Die pertrochantäre Femurfraktur . . . . .	4
1.3.3	Frakturklassifikation . . . . .	5
1.3.4	Osteoporose . . . . .	6
1.4	Intramedulläre Nagelsysteme dieser Studie . . . . .	6
1.4.1	Gamma3-Nagel® . . . . .	6
1.4.2	IMHS CP® . . . . .	8
1.5	Die Operation . . . . .	9
1.5.1	Wahl des Osteosyntheseverfahrens . . . . .	9
1.5.2	Präoperatives Vorgehen . . . . .	9
1.5.3	Biomechanik . . . . .	11
1.6	Komplikationen . . . . .	13
1.6.1	Cutting Out . . . . .	13
1.6.2	Infektionen . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Fragestellung</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>15</b>
3.1	Datengewinnung . . . . .	15
3.2	Röntgenbilder . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>17</b>
4.1	Altersgruppen . . . . .	17
4.2	Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs . . . . .	18
4.3	Unfallmechanismus . . . . .	18
4.4	Verteilung innerhalb der Frakturklassifikationen . . . . .	19
4.5	Verteilung der Operationszeitpunkte im Jahr . . . . .	20
4.6	Dauer der OP . . . . .	20
4.7	Transfusionen . . . . .	21
4.8	Tip-Apex-Abstand . . . . .	22
4.9	Cutting Out . . . . .	22
4.10	Letalität . . . . .	25
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>26</b>
5.1	Frakturklassifikation . . . . .	26
5.2	Unfallmechanismus . . . . .	27
5.3	Transfusion . . . . .	28
5.4	Tip-Apex-Abstand . . . . .	28
5.5	Cutting Out . . . . .	29
5.6	Dauer der Operation . . . . .	31
5.7	Letalität . . . . .	32
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Summary</b>	<b>34</b>

<b>8</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>Danksagung</b>	<b>44</b>
<b>12</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>45</b>
<b>13</b>	<b>Eidesstattliche Versicherung</b>	<b>46</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Historisches

Die Frakturversorgung beschäftigt die Menschheit bereits seit Jahrtausenden. Die konservative Frakturversorgung geht vermutlich bis in die Steinzeit zurück. Hier wurden verkürzte Röhrenknochen in Folge verheilter Brüche gefunden. Bereits die Azteken in Mexiko um 1400 nach Christus kannten die innere Schienung der Tibia nachdem nicht-operative Therapieversuche versagten. Den Begriff der "Osteosynthese", welcher das Zusammenführen gebrochener Knochenenden mit stabiler Implantatsicherung zur Bruchheilung beinhaltet, verdanken wir Lambotte (Zwipp 2010). 1908 veröffentlichte er die Ergebnisse von 35 Femurostosynthesen (Lesic et al. 2012). Die weitere Entwicklung der Osteosynthese wurde unter anderem maßgeblich durch Malgaigne (1806-1865), von Langenbeck (1810-1887), Lister (1827-1912), König (1866-1952) und Gluck (1853-1942) geprägt, welche von der sogenannten "Primärnaht" des Knochens sprachen (Zwipp 2010). Insbesondere die Einführung und Weiterentwicklung der Sterilisation, Radiologie, Anästhesie und Antibiotika führte zu einer immer sicherer werdenden operativen Frakturversorgung (Lesic et al. 2012, Bartoníček 2010).

Den Durchbruch der Frakturversorgung mittels eines intramedullären Kraftträgers gelang Gerhart Küntscher 1939. Er versorgte an seiner damaligen Arbeitsstätte, dem Universitätsklinikum Kiel, einen Patienten mit einer sogenannten "dynamisch stabilen intramedullären Osteosynthese". Dabei verwendete er einen geschlitzten Marknagel mit kleeblattförmigem Profil (siehe Abb. 1). Diese Form sollte eine transversale Verklebung bewirken. Er benannte als wesentliche Vorteile dieser Methode die sofortige Belastbarkeit mit der damit einhergehenden Minderung einer Muskelatrophie und Bewegungseinschränkung. Als einen weiteren Punkt nannte er die durch die gedeckte Nagelung verringerte Infektionsgefahr (Maatz & Arens 1983). Klemm und Schellmann erarbeiteten 1971 die Methodik der Verriegelungsmarknagelung. Diese stabilisiert gegenüber Rotation und axialer Beanspruchung. Moderne Nägel sind dahingehend optimiert den intramedullären Druck beim Einbringen zu mindern, sowie die endostale Blutversorgung zu schonen. Heutzutage gib es eine Vielzahl von Nagelsystemen, welche aber alle auf den grundsätzlichen Ideen Küntschers basieren (Povacz 2008).

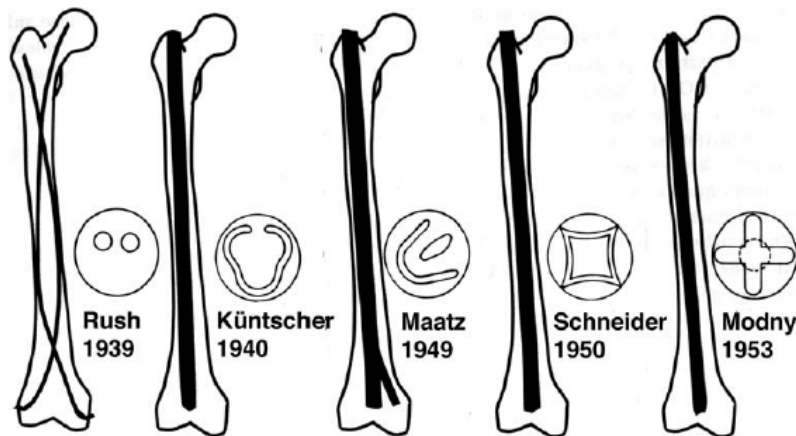


Abbildung 1: Historische Entwicklungsstufen der Marknagelung des Femurs (Maatz & Arens 1983, Seite 306)

## 1.2 Epidemiologie

2011 wurden in deutschen Krankenhäusern etwa 160.000 Patienten mit Frakturen des proximalen Femurs behandelt. In den nächsten drei Jahrzehnten ist voraussichtlich mit einer Zunahme um bis zu 200 bis 300% zu rechnen (Raschke & Alt 2014). Die Fraktur des proximalen Femurs tritt typischerweise im Senium auf, so liegt das durchschnittliche Patientenalter bei 80 Jahren. Der Anteil von Patienten unter 50 Jahren ist mit 2-3% sehr gering. Frauen sind mit bis zu 75% häufiger betroffen als Männer (Jaeschke-Melli et al. 2013). Häufigster Unfallmechanismus ist bei dem älteren Menschen der Sturz aus dem Stand (Knobe & Siebert 2014). Bei jungen Patienten stehen ursächlich vor allem die Hochrasanztraumata, wie Verkehrsunfälle, im Vordergrund (Jaeschke-Melli et al. 2013). Als dritter Punkt ist noch die Instabilisierung des Knochens durch maligne Prozesse zu nennen (Schultheiss et al. 2014).

Im hohen Lebensalter begünstigen multifaktorielle Gangstörungen und Osteoporose das Erleiden einer proximalen Femurfraktur. Zudem liegt bei diesen Patienten, häufig durch eine Multimorbidität, ein erhöhtes Operationsrisiko vor. Vorrangiges Ziel ist deshalb das Überleben, das Erhalten der Lebensqualität und die Minimierung der Komplikationen (Knobe & Siebert 2014). Steht bei älteren Patienten die frühe Mobilisation mit schmerzadaptierter Vollbelastung im Vordergrund, ist bei jungen Patienten die hüftkopferhaltende Behandlung vorrangiges Ziel (Pajarinen et al. 2005, Jaeschke-Melli et al. 2013).

Die Patienten mit Frakturen am proximalen Femur haben eine durchschnittliche Krankenhausverweildauer von 19,1 Tagen und, durch ihren Diagnosis-Related-Groups (DRG)-Erlös,



eine hohe sozioökonomische Bedeutung (Sandmann & Biberthaler 2015).

## 1.3 Das Femur

### 1.3.1 Anatomie

Das Femur ist der längste Knochen des Körpers und bestimmt weitgehend die Körpergröße. Er ist in sich torquiert und mehrfach gewinkelt. Nur bei optimalem Bau und Stellung wird er den statischen Anforderungen gerecht.

Vom Corpus setzt sich das Collum durch den Trochanter major mit der Fossa trochanterica, ventral durch die Linea intertrochanterica, dorsal durch die Crista intertrochanterica und den Trochanter minor ab. Corpus und Collum femoris sind zueinander abgewinkelt. Dieser sogenannte Collum-Corpus-Winkel befindet sich zwischen der Achse des Schenkelhalses und der Femurschaftachse. Durchschnittlich beträgt der Winkel nach einer 3D-CT-gesteuerten Studie von 2016  $122,2^\circ$  und variiert zwischen  $100,1^\circ$  bis  $146,2^\circ$  (Hartel et al. 2016). Er ändert sich jedoch während des Lebens im Sinne einer Varisierung von ca.  $150^\circ$  am Ende des zweiten Lebensjahres bis zu  $100^\circ$  im hohen Lebensalter. In Abhängigkeit vom Corpus-Collum-Diaphysenwinkel werden Hüftgelenk und Schenkelhals unterschiedlich belastet.

Das Collum femoris ist gegenüber dem Schaft nach ventral gerichtet (Antetorsion). Der Win-

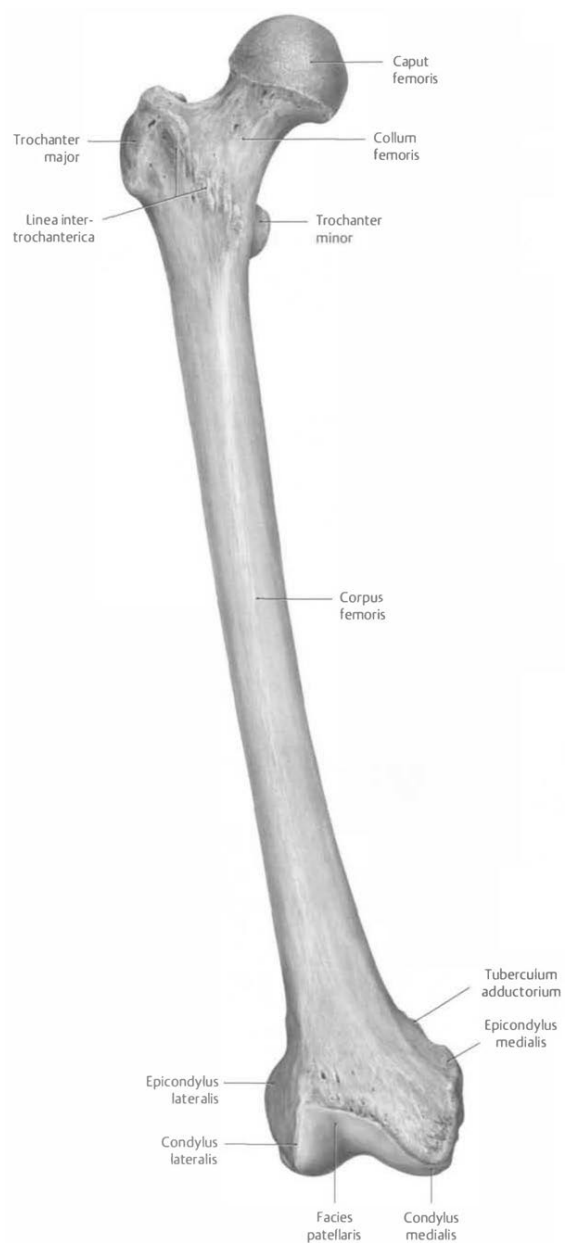


Abbildung 2: Anatomie des Femurs (Schünke et al. 2005, Seite 366)

kel beträgt durchschnittlich  $14,2^\circ$  (Hartel et al. 2016). Er ergibt sich, wenn die Querachse durch die Femurkondylen auf die Collumachse projiziert wird.

Der Femurschaft ist als Ganzes leicht nach vorne gebogen. Seine Achse verläuft in situ nach distomedial. Der Femurschaft steht somit schräg im Körper. Der Winkel zwischen der Femurschaftachse und einer Linie, die von der Mitte des Femurkopfes zur Eminentia intercondylaris der Tibia und damit zur Mitte des Kniegelenks verläuft und ein Teil der Traglinie des Beins ist, beträgt etwa  $8^\circ$ . Die Kondylen des Femurs, der breitere Condylus lateralis und der schmalere Condylus medialis, tragen eine gemeinsame vordere Gelenkfläche zur Artikulation mit der Patella, Facies patellaris, und eine getrennte hintere für die mit den Kondylen der Tibia (Schiebler 2005, Schünke et al. 2005).

### 1.3.2 Die pertrochantäre Femurfraktur

Die pertrochantäre Femurfraktur verläuft, wie der Name besagt, meist zwischen Trochanter major und minor. Sie liegt immer extrakapsulär, weshalb eine hüftkopferhaltende Operation möglich ist. Eine Sonderform ist die “reversed oblique intertrochanteric fracture“, die von proximal-medial nach distal-lateral verläuft und einer besonderen operativen Aufmerksamkeit bedarf (Grifka & Kuster 2011).

Die betroffene Seite zeigt klinisch eine Verkürzung und Außenrotation, welche bei Schenkelhalsfrakturen meist noch ausgeprägter ist. Offene Frakturen oder eine Verletzung von peripheren Gefäß- und Nervenstrukturen sind selten. Das verletzte Bein sollte bis zur Versorgung mit geeignetem Lagerungsmittel, wie zum



Abbildung 3: pertrochantäre Femurfraktur (Albertinen-Krankenhaus Hamburg)

Beispiel einer Volkman-Schiene, ruhiggestellt werden. Eine konservative Therapie sollte die Ausnahme sein, kann aber als Therapia minima mithilfe einer Weichteiltraktion durchgeführt werden. Die Standardtherapie ist die geschlossene Reposition und Osteosynthese mittels intramedullären Implantates (Grifka & Kuster 2011, Sandmann & Biberthaler 2015).

Die operative Versorgung proximaler Femurfrakturen sollte idealerweise innerhalb von 24 Stunden erfolgen, da weitere Verzögerungen bei dem Patientenkollektiv mit hohen Komorbiditäten zu Erhöhung der Komplikationsrate führt (Sandmann & Biberthaler 2015). Ein Aufschub der Operation verringert nicht nur die Aussicht auf eine gute postoperative Rehabilitation, sondern erhöht auch das Risiko für Dekubitalulzera, Thrombosen, Embolien und Pneumonien (Lefavre et al. 2009, Chilov et al. 2003). Die Einjahresletalitäten wird, je nach Studie, von 18-30% (Kraus et al. 2011) und bis zu 35,3% angegeben (Lögters et al. 2008).

### 1.3.3 Frakturklassifikation

Als allgemein gültig wird die AO-Klassifikation eingeschätzt (Müller et al. 1987). Grundsätzlich unterscheidet man in der AO-Region 31 die extraartikulären Frakturen der Trochanterregion (A), die intraartikulären Schenkelhalsfrakturen (B) und die intraartikulären Frakturen des Femurkopfes (C) (Jaeschke-Melli et al. 2013). Die Gruppe A wird weiter unterteilt in: einfach/zweifragmentär (A1), mehrfragmentär (A2) und intertrochantär (A3) (Abb. 4). Hier setzte sich die AO-Klassifikation auch zur OP-Indikationsstellung durch. Durch die Laterali-

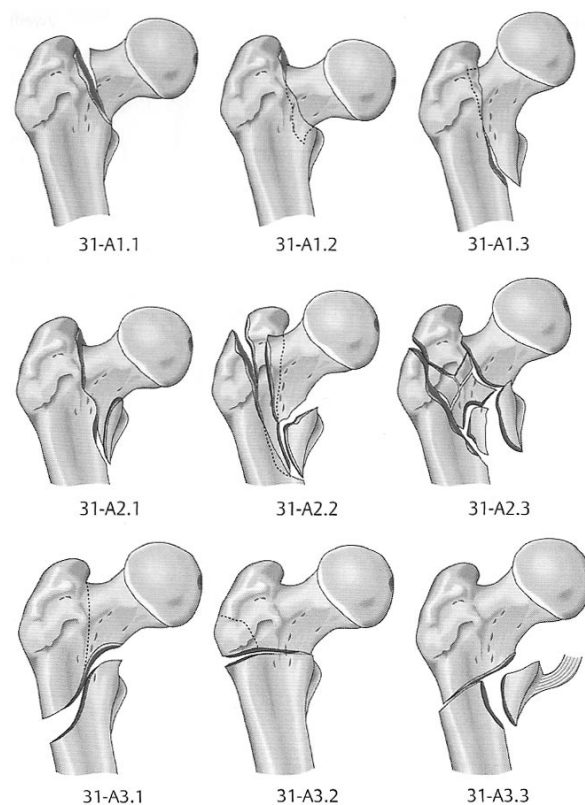


Abbildung 4: AO-Klassifikation bei Frakturen in der Trochanterregion (Baierlein 2010, Seite 71)

sation des Trochanter major vom Drehzentrum des Hüftgelenkes und die an ihn inserierenden Muskeln (Mm. glutei medius et minimus und M. piriformis), kommt es im Falle von pertrochantären Frakturen zu dislozierenden Biegekräften mit der Neigung zur Varisierung und Flexion (Bonnaire et al. 2011a).

### **1.3.4 Osteoporose**

Oft sind die Frakturen bei älteren Patienten osteoporoseassoziiert (Lindner et al. 2009). Die Prävalenz osteoporosebedingter Frakturen bei Patienten über 50 Jahre betrug zum Beispiel im Jahr 2009 14%. Bei Frauen waren 24% und bei Männern 6% betroffen. Hochgerechnet gab es 6,3 Millionen Osteoporose-Patienten in Deutschland (Hadji et al. 2013). Die Diagnosestellung einer Osteoporose mit z.B. einer Knochendichtemessung und Einleitung einer Therapie stellen wesentlichen Pfeiler der Sekundärprophylaxe dar. Es erhalten laut einer großen Registerstudie von 2009 nur etwa 11-16% aller Frauen und 3,4% aller Männer mit Osteoporose eine adäquate Therapie (Johnell & Fastbom 2009). Edwards et al. zeigte, dass die Empfehlung einer Osteoporosetherapie durch den Unfallchirurgen die Therapieraten erhöht. Wenn zusätzlich noch die Osteoporosetherapie während des stationären Aufenthalts initiiert wird, sind die Complianceraten signifikant höher (Edwards et al. 2011).

Die Behandlungskosten osteoporoseassoziiierter Frakturen innerhalb der EU beliefen sich 2013 auf 37 Mrd. Euro, von denen 66% auf die Frakturversorgung, 29% auf die Langzeitbehandlung nach stattgehabter Fraktur und nur 5% auf die medikamentöse Therapie entfallen (Hernlund et al. 2013).

## **1.4 Intramedulläre Nagelsysteme dieser Studie**

### **1.4.1 Gamma3-Nagel®**

Die Entwicklung des Nagels geht auf den Y-Nagel von Küntscher zurück (Küntscher 1962). Weiterentwickelt wurde er von Grosse und seinem Team ab 1981 in Straßburg in Zusammenarbeit mit der Firma Howmedica (Grosse & Taglang 1991, Asche & Asche 1992). Nach der Übernahme von der Firma Stryker aus Michigan in den Vereinigte Staaten von Amerika wird der Gamma-Nagel kontinuierlich weiterentwickelt und liegt seit 2004 in der dritten Version

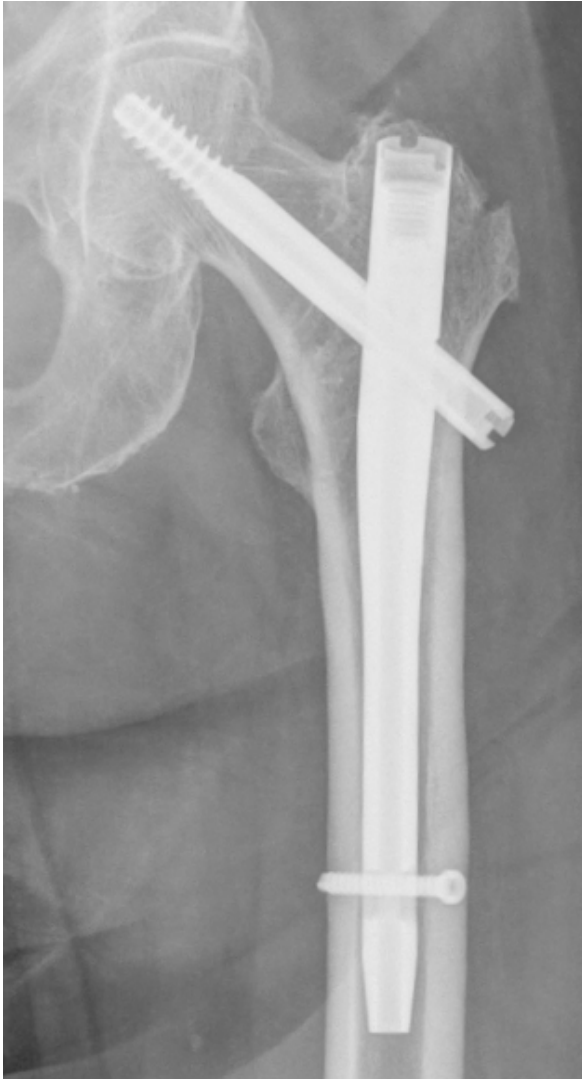


Abbildung 5: Gamma3-Nagel (Asklepios Klinik Nord - Heidelberg)

vor. Das Schraubengewinde wurde hierbei gegenüber der Vorgängermodell modifiziert um ein Cutting-Out zu verhindern.

Der Nagel besteht aus einer Titanium-Alluminium-Legierung (Ti-6Al-4v). Der Standard-Nagel ist 180 mm lang. Die langen Nägel, welche seit 1993 zur Verfügung stehen, gibt es von 280 bis 480 mm. Der proximale Durchmesser ist 15,5 mm, der distale 11 mm. Die Schenkelhalsschrauben können in Winkeln von  $120^\circ$ ,  $125^\circ$  und  $130^\circ$  in den Femurkopf eingebracht werden. Somit kann der vorgegebenen individuellen Diaphysenkonfiguration entsprochen werden (Stryker Trauma GmbH 2005).

### 1.4.2 IMHS CP®



Abbildung 6: IMHS mit Subtrochanterschraube, als Standardnagel und in der Version des langen Nagels (mit freundlicher Genehmigung der Firma Smith & Nephew GmbH)

Eingeführt wurde die intramedulläre Hüftschraube (IMHS) 1991 von der Firma Smith & Nephew, Memphis, USA. Der Nagel besteht aus rostfreiem Stahl (316LVM). Der Standard-Nagel ist 195 mm lang und hat einen proximalen Durchmesser von 17,6 mm. Die langen Nägel werden von 320 bis 440 mm produziert. Der Winkel des Schenkelhalsträgers gibt es in 125°, 130° und 135°. Die verfügbare Nageldurchmesser sind 10 mm, 12 mm und 14 mm (Smith & Nephew, Inc. 2012). In beiden Systemen ist der Kopfträger gleitfähig, aber nicht rotierbar. Ebenfalls gibt es distale Verriegelungen um die Rotation der Nägel zu verhindern.

## 1.5 Die Operation

### 1.5.1 Wahl des Osteosyntheseverfahrens

Beim unipedalen Stehen wird das dreifache des Körpergewichtes über das Hüftgelenk in den proximalen Femur geleitet. Dieses erzeugt enorme Biegemomente im Schenkelhalsbereich und eine hohe Druckbelastung des Calcar femoris, der medialen Abstützung des proximalen Femurs. Eine Fraktur in diesem Bereich ist ein Instabilitätskriterium, welches für die Wahl des Osteosyntheseverfahrens berücksichtigt werden muss (Grifka & Kuster 2011). Ebenfalls ist die Blutversorgung des Hüftkopfes ein wichtiges Kriterium. Bei dislozierten medialen Schenkelhalsfrakturen ist ein endoprothetischer Gelenkersatz häufig Mittel der Wahl. Aufgrund der anatomisch-topologischen Begebenheiten ist die Gefahr einer nicht ausreichenden Blutversorgung des Femurkopfes umso höher, je näher die Fraktur am Gelenkkopf liegt (Aumüller et al. 2014). Auch nach der Implantation eines intramedullären Marknagels erhalten etwa 10-20% aller Patienten im Verlauf eine Endoprothese (Bonnaire et al. 2007).

### 1.5.2 Präoperatives Vorgehen

Die meisten Patienten mit einer pertrochantären Femurfraktur werden nach einem Stolpersturz per Rettungswagen in die Notaufnahme verbracht. Hier erfolgt zunächst die Triage zur Einstufung der medizinischen Dringlichkeit. Dann folgen die Entkleidung der Patienten, die Sichtung durch den Arzt mit der Anamnese und körperliche Untersuchung. Die vermutete Diagnose wird durch eine radiologische Bildgebung in mindestens zwei Ebenen gesichert (Jaeschke-Melli et al. 2013). Hiermit kann nun die Fraktur dargestellt und klassifiziert werden. In seltenen Fällen stellt sich eine nicht dislozierte Fraktur nicht im konventionellen Röntgenbild dar. In dieser Situation kann eine erweiterte Bildgebung mittels Computertomographie oder Magnetresonanztomographie weiterhelfen (Grifka & Kuster 2011). Nun erfolgt die OP-Indikation und die operative Aufklärung mit dem ebenfalls erforderlichen präoperativen anästhesiologischen Gespräch zur Klärung der OP-Fähigkeit (Präoperative Risikoevaluation).

Dabei ist bei der häufig vorliegenden Polymedikation ein besonderes Augenmerk auf die blutverdünnende Medikation zu legen. Die Einnahme von Acetylsalicylsäure erhöht die Blutungs-

komplikation um den Faktor 1,5, die Letalität ist jedoch unverändert (Burger et al. 2005). Bei P2Y<sub>12</sub>-Hemmern (z.B. Clopidogrel) sollte präoperativ im Konsens mit den Kardiologen ein etwaiges Pausieren besprochen werden. Vitamin-K-Antagonisten (z.B. Phenprocoumon) können im Notfall mit Gabe von 1-2mg Vitamin K intravenös antagonisiert werden. Zudem stehen Prothrombinkomplexkonzentrate (PPSB) oder Fresh-frozen-plasma (FFP) zur Verfügung. Bei den neuen oralen Antikoagulantien ist das Monitoring und die Antagonisierung erschwert. Beispielsweise sollte Rivaroxaban (Xarelto<sup>®</sup>) für 24-48 Stunden präoperativ pausiert werden. Bei erheblichen Blutungskomplikationen wird die Gabe von PPSB empfohlen (Bücking et al. 2013, Zhou et al. 2011). Als neues Medikament zur schnellen und spezifischen Aufhebung der Dabigatran-induzierten Gerinnungshemmung (Pradaxa<sup>®</sup>) wurde Ende 2015 Idarucizumab (Praxbind<sup>®</sup>) zugelassen (Aschenbrenner 2016).

Zu den präoperativen Vorbereitungen gehört deshalb die Bereitstellung von Erythrozytenkonzentraten. Dabei sind ein höheres Patientenalter, ein niedriger Ausgangshämoglobinwert, das weibliche Geschlecht sowie eine Operationszeit von über 85 Minuten (Hou et al. 2014) mit einem erhöhten Transfusionsbedarf assoziiert (Kadar et al. 2013).

Der Patient wird in der Schleuse auf einen röntgendurchlässigen Extensionstisch umgelagert. Mit diesem Tisch wird der Patient dann in den OP-Saal geschoben. Nach der Narkoseeinleitung und der Freigabe durch den anästhesiologischen Kollegen, erfolgt zunächst das Team-Time-Out. Dieses stellt eine wichtige Stufe zum Ausschluss möglicher Verwechslungen dar und

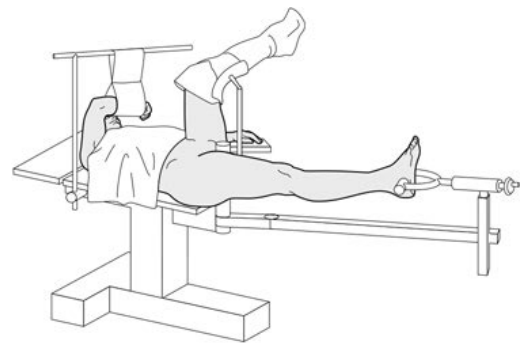


Abbildung 7: Lagerung (Bühren et al. 2011, Seite 346)

gleichzeitig zusätzlich den Informationsstand des gesamten Teams ab (Haynes et al. 2009). Ebenso gilt es auch über mögliche oder zu erwartende Komplikationen zu informieren. Die Lagerung ist sehr wichtig, da sie und die damit verbundenen Reposition der Fraktur eine der wichtigsten Voraussetzungen für das postoperative Ergebnis ist. Im Falle einer geplanten Nagelosteosynthese des proximalen Femurs wird das Bein der zu operierenden Seite in Längszug gebracht, leicht innen- bis neutralrotiert und leichtgradig adduziert, während das andere Bein flektiert wird (siehe Abb. 7). Der Bildwandler kann so ungehindert von der Gegenseite positioniert werden. Ist eine Hüft-Endoprothese auf der Gegenseite implantiert, ist darauf zu



achten, dass diese nicht luxiert (Bühren et al. 2011).

### 1.5.3 Biomechanik

Mit zunehmender Instabilität der pertrochantären Femurfraktur wird das Implantat immer mehr belastet (Krischak et al. 2011). Vor allem tragen die über den Ansatzpunkt des Trochanter major wirkenden Kräfte der Glutealmuskulatur zu den in vivo gemessenen hohen Hüftgelenkkräften bei Alltagsbelastungen bei. Gleichzeitig reduzieren die das Hüftgelenk stabilisierenden Muskelkräfte die Biegemomente im Schenkelhals (Bergmann et al. 2001). Pauwels konnte 1965 nachweisen, dass die Belastungen im Hüftgelenk beim Gehen das bis zu 3,5-fache des normalen Körpergewichts betragen. Beim Stolpern kann es sogar bis zu einem 7-fachen Anstieg kommen (Sandmann & Biberthaler 2015). Für die Stabilität ist insbeson-

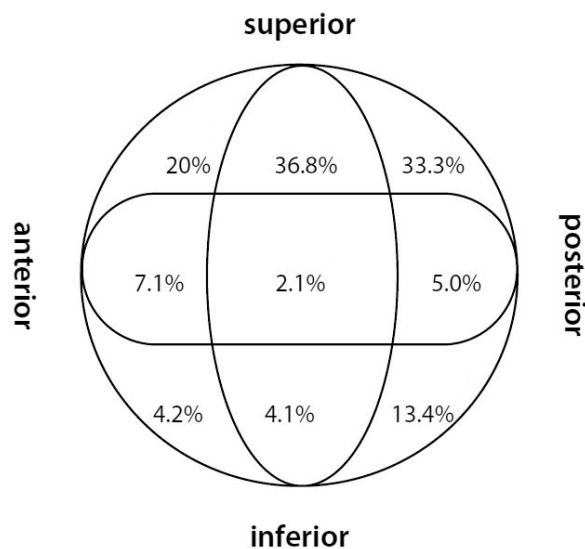
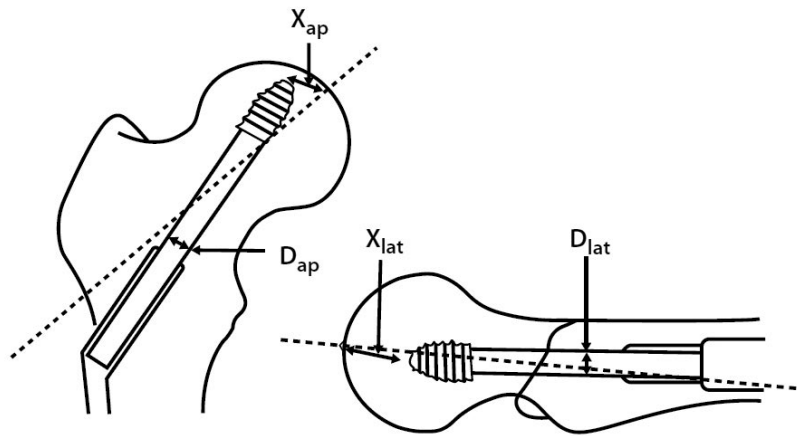


Abbildung 8: Verteilung der Schraubenlagen im Femurkopf mit der Rate eines Cutting Out (Hsueh et al. 2010, Seite 1274)

dere die posteromediale Abstützung wichtig. Im Varussinn werden auftretende Kräfte hier auf das Implantat übertragen. Die laterale Wand des Trochanter stellt ein erhebliches Stabilitätskriterium dar und ist für die Instabilität bei A3-Frakturen verantwortlich (Krischak et al. 2011). Die korrekte Reposition und Operationstechnik ist entscheidend zur Vermeidung des Implantatversagens. Baumgärtner et al. fanden mit dem Tip-Apex-Abstand (TAD) einen guten Parameter, um die Positionierung des Schenkelhalsträgers zu beurteilen. Betrug die Strecke zwischen Spitze des Trägers und dem Zentrum der Kopfkalotte in 2 Ebenen sum-



$$\text{TAD} = \left( X_{\text{ap}} \times \frac{D_{\text{true}}}{D_{\text{ap}}} \right) + \left( X_{\text{lat}} \times \frac{D_{\text{true}}}{D_{\text{lat}}} \right)$$

Abbildung 9: Schema der Bestimmung des TAD - Tip Apex Distance nach Baumgaertner et al. (1995) (Quelle: Walton et al. 2008, Seite 274)

miert weniger als 25 Millimeter, so trat in keinem von 198 untersuchten Fällen ein Cutting Out auf. Dagegen betrug der TAD bei Implantatversagen durchschnittlich 38 mm. Der TAD lässt eine Aussage bezüglich der erreichten Reposition zu, da ein TAD von weniger als 25 Millimeter nur bei korrekter Reposition erreichbar ist (Baumgaertner et al. 1995).

Multivariate Analysen haben zwischenzeitlich bestätigt, dass die nach dem TAD beurteilte Positionierung des Schenkelhalsträgers die höchste Vorhersagekraft für den Cutting Out hat (Lobo-Escolar et al. 2010). Die ideale Position der Schenkelhalsschraube wird mit einem Tip-Apex-Abstand von 10 Millimeter angegeben (Haidukewych 2009). Neben der axialen Belastung wirken Rotationskräfte auf das Kopf-Hals-Fragment des Femurs. Die Positionierung der Schenkelhalsschraube hat sich zwischenzeitlich derart geändert, dass die Position mittig und nicht nahe des Adam'schen Bogen gewählt werden sollte (Center-Center-Positionierung). Diese Gegebenheit stellt enorme Ansprüche an das entsprechende Implantat, da aufgrund überwiegend geriatrischer Patienten eine postoperative Vollbelastung obligat ist. Die Implantate müssen bis zur knöchernen Konsolidierung diesen Belastungen standhalten. Medial der Schaftachse finden sich vorwiegend Druckbelastungen, lateral eher Zugkräfte (Sandmann & Biberthaler 2015).

## 1.6 Komplikationen

### 1.6.1 Cutting Out

Die mit Abstand häufigste Komplikation bei Nagelosteosynthesen am proximalen Femur ist das Cutting Out, bei dem der Kraftträger den Femurkopf durchwandert und der Kopf in Varusrichtung kollabiert. Über 80% aller implantatbedingten Komplikationen sind hierdurch bedingt (Krischak et al. 2011). Die Osteoporose und eine insuffiziente chirurgische Technik (nichtanatomische Reposition, suboptimale Lage des Implantats) sind die Hauptverursacher dieses Phänomens (Hohendorff et al. 2005, Bonnaire et al. 2007). Die Häufigkeit hierfür schwankt in der Literatur erheblich. Die Verwendung von Zement kann durch die Vergrößerung des Implantat-Knochen-Interfaces eine stabilere Verankerung etablieren. Dadurch kann die Komplikation des Cutting-Outs reduziert werden. Dabei zeigte die Zementaugmentation in biomechanischen Untersuchungen eine signifikant höhere Stabilität im Vergleich zur nichtaugmentierten Kontrolle (Neuerburg et al. 2015, Kammerlander et al. 2013). Nach van Embden wird durch Zement die Wahrscheinlichkeit für ein Cutting Out durch eine Reduzierung der Rotation des Hüftkopfes um die Schenkelhalsschraube vermindert (Embden et al. 2015).



Abbildung 10: Cutting Out  
(Albertinen-Krankenhaus  
Hamburg)

### 1.6.2 Infektionen

Die Rate der Infektionen ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Sie sind definiert durch das CDC (Center for Disease Control and Prevention). Auch hier ist die Varianz der Daten in der Literatur groß. Miedel et al. (Füchtmeier et al. 2011) fanden 2005 bei 217 untersuchten Patienten 3,6% oberflächliche Infektionen. In einem Kollektiv von 100 Patienten fand sich bei Saudan et al. 2002 eine Wundkomplikationsrate von 12% (Saudan et al. 2002).

## 2 Fragestellung

In dieser Dissertation geht es um eine vergleichende Analyse von zwei unterschiedlichen Nagelsystemen für die Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen. Dabei stammen die Daten aus zwei verschiedenen Krankenhäusern, welche jeweils unterschiedliche Systeme nutzen. Als Nagelsystem verwendet das eine Krankenhaus die IMHS CP<sup>®</sup> (Intramedullary Hip Screw, Clinically Proven) der Firma smith & nephew<sup>®</sup> und das andere den Gamma3-Nagel<sup>®</sup> der Firma Stryker<sup>®</sup>. Bei diesen zwei unterschiedlichen Nagelsystemen und gleicher OP-Indikation beziehungsweise Frakturmorphologie ergibt sich die Frage, inwieweit sich die Ergebnisse postoperativ unterscheiden. Unter anderem wird die Komplikationsrate, insbesondere das Cutting Out, die Operationszeit und das Repositionsergebnis im Vergleich ausgewertet.

### 3 Material und Methoden

Um das Patientenkollektiv zu erfassen, wurden zunächst die OPS-Kodierungen ermittelt, welche eine pertrochantäre Nagelung verschlüsseln. Diese beinhalten die OPS-Verschlüsselungen 5-790.4e, 5-790.4f, 5-790.5e, 5-790.5f, 5-791.5g, 5-791.7g, 5-792.5g, 5-792.7g, 5-793.af, 5-794.ae und 5-794.af. Im Anschluss wurde eine Exceltabelle erstellt, in welche im ersten Schritt die Fallnummern der Patienten aufgenommen wurden. Diese wurden anhand der OPS-Kodierungen innerhalb des definierten Zeitraumes aus den Datenbanken beider Kliniken extrahiert. Insgesamt wurden 27 Kriterien pro Patient erfasst. Dabei wurden die Namen und Geburtsdaten aus Datenschutzgründen anonymisiert gespeichert. Die postoperativen Röntgenbilder wurden hinsichtlich ihres Repositionsergebnisses vermessen und später ausgewertet. Ebenso wurden die Komplikationen erfasst. Studien zu ähnlichen Themen wurden mit PubMed gesucht und in die Studie vergleichend eingearbeitet.

Die Unabhängigkeit zu den Implantatherstellern ist gewahrt worden.

#### 3.1 Datengewinnung

In diese Studie wurden aus den Jahren 2011-2013 retrospektiv alle Patienten einbezogen, die eine Implantation einer intramedullären Nagelosteosynthese bei einer pertrochantären Femurfraktur im Albertinen-Krankenhaus oder der Asklepios Klinik Nord - Heidelberg erhielten. Die Daten stammen aus den digitalen Archiven dieser Kliniken.

Einschlusskriterien:

- Operationsjahr 2011, 2012 und 2013
- Operation in der Asklepios Klinik Nord - Heidelberg oder im Albertinen-Krankenhaus
- Intramedulläre Nagelosteosynthese mittels Gamma-Nagel oder IMHS
- AO-Klassifikation 31-A\*
- Zugriff auf digitale Röntgenbilder in zwei Ebenen

Es wurden in dieser Arbeit 679 Patienten mit jeweils folgenden 27 Variablen erfasst:

- Fallnummer
- OPS
- Nachname
- Vorname
- Geschlecht
- Geburtsdatum
- AO-Klassifikation
- OP-Datum
- Frakturätiologie
- Nageltyp
- Nagellänge
- CCD-Winkel
- Länge der Schenkelhalsschraube
- Lage der SHS frontal
- Lage der SHS seitlich
- Nageldurchmesser
- Femurkopfdurchmesser
- Tip-Apex-Abstand
- Repositionsergebnis
- Komplikationen
- Transfundierte EKs
- Operateur
- OP-Zeit
- Krankenhaus
- ggf. Todesursache
- Todesdatum
- Zeitraum OP-Tod

Zur Datengewinnung wurde Microsoft Excel genutzt. Die statistische Auswertung erfolgte mit IBM SPSS Statistics in der Version 23 (IBM Corp., NY, USA). Der Satz wurde in LaTeX mittels TeXnicCenter und MiKTeX 2.9 generiert, als Literaturverwaltungssystem wurde JabRef 3.8 verwandt. P-Werte von  $< 0,05$  wurden als statistisch signifikant gewertet.

### 3.2 Röntgenbilder

Zur Vermessung der Röntgenbilder wurden die hauseigenen Systeme der Asklepios Klinik Nord und des Albertinen-Krankenhauses verwandt. Aufgrund einer fehlenden Eichung wurden zunächst 100 Bilder mit abgebildeter Eichkugel gesichtet und vermessen. Diese Bilder entstehen meist zur präoperativen Planung bei der Hüftendoprothetik. Da die korrekte Größe der Eichkugel bekannt ist und sie als runder Gegenstand aus allen Blickwinkeln den gleichen Durchmesser hat, konnte die durchschnittliche Differenz zu den gemessenen Größen der Röntgenbildern errechnet werden. Diese beträgt gerundet 16,32% (Standardabweichung 3,5%) . Die gemessenen Größen konnten so korrigiert werden.

## 4 Ergebnisse

Insgesamt wurden von 679 Patienten die Daten erhoben, 302 im Albertinen-Krankenhaus und 377 in der Asklepios Klinik Heidelberg. Im Albertinen wurde die IMHS, in Heidelberg der Gamma3-Nagel implantiert.

### 4.1 Altersgruppen

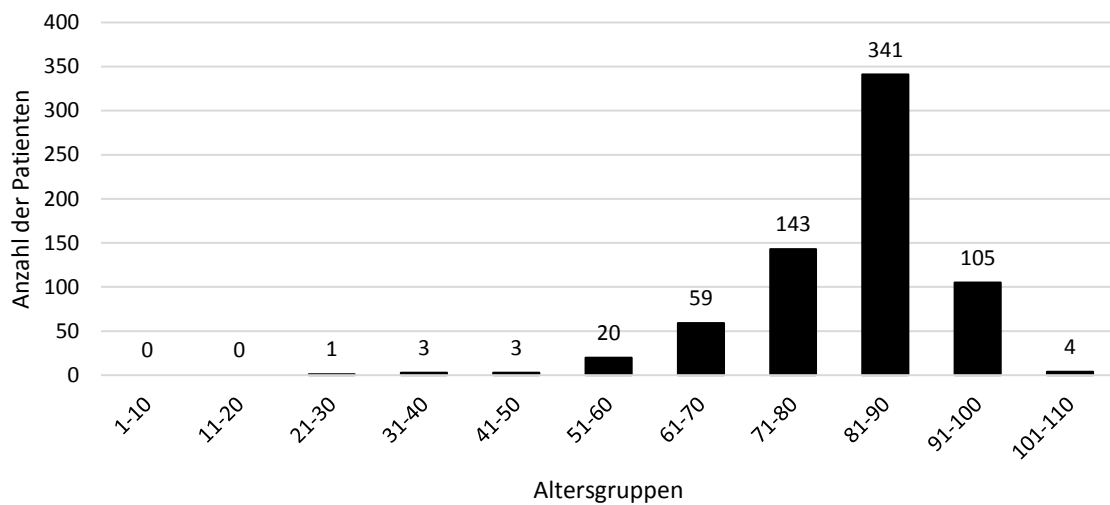


Abbildung 11: Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation

Das Alter in dem untersuchten Patientenkollektiv von 679 Patienten variierte zwischen 26,9 und 102,3 Jahren und betrug im Durchschnitt 82,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 10,2. Bei den Patienten, welche eine IMHS implantiert bekamen lag das Durchschnittsalter bei 83,0 Jahren und bei den Patienten, die den Gamma3-Nagel erhielten bei 82,1 Jahren. Dieser Unterschied ist nicht signifikant ( $p > 0,05$ ).

## 4.2 Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs

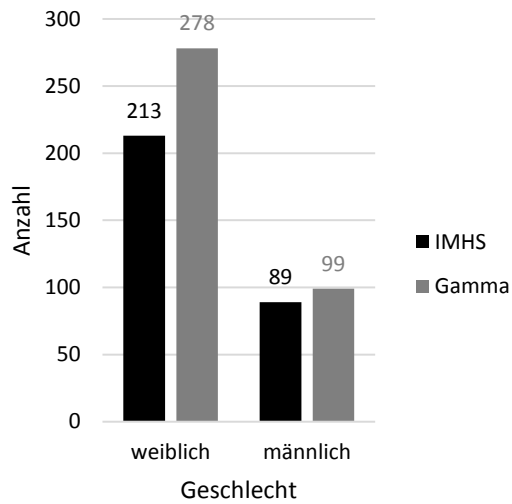


Abbildung 12: Geschlechterverteilung

Im gesamten untersuchten Patientenkollektiv fanden sich 491 (72,3%) Frauen und 188 Männer (27,7%), so dass sich insgesamt ein Verhältnis von Frauen zu Männern von ca. 2,6 ergibt. Im Patientenkollektiv der IMHS waren 213 Frauen und 89 Männer mit einem Verhältnis von ca. 2,6. Im Kollektiv der Gamma-Nägel waren 278 Frauen und 99 Männer. Das ergibt ein Verhältnis von ca. 2,8. Es gibt keinen signifikanten Unterschied des Geschlechts ( $p > 0,05$ ).

## 4.3 Unfallmechanismus

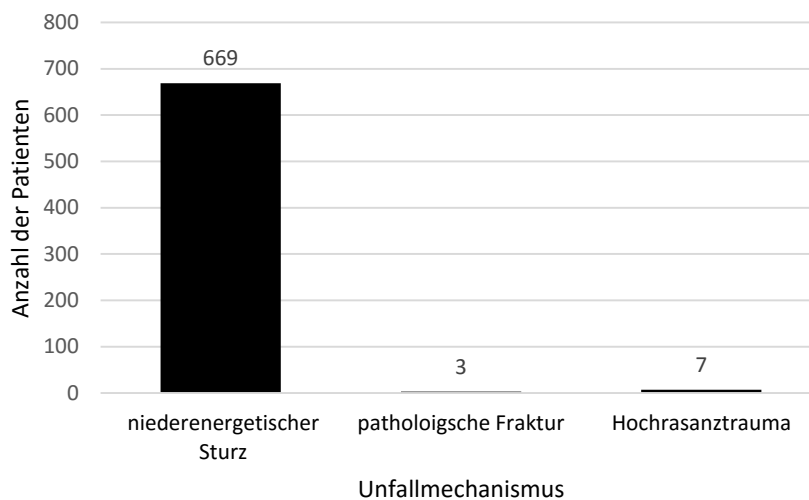


Abbildung 13: Unfallmechanismus



Der überwiegende Anteil der Patienten stürzte niederenergetisch aus geringer Höhe auf die Hüfte. Dabei findet sich kein signifikanter Unterschied der untersuchten Gruppen. Die drei pathologischen Frakturen hatten Patienten mit ossär metastasiertem Angiosarkom, Bronchi-alkarzinom oder Prostatakarzinom. Der Patient mit dem Bronchi-alkarzinom ist 16 Tage nach der Operation mit 59 Jahren verstorben. Der Patient mit dem Prostatakarzinom starb mit 88 Jahren 25 Tage nach der Operation an einer Pneumonie.

Die 7 Patienten mit Hochrasanztraumata sind im Durchschnitt bei der Operation 45,1 Jahre alt und damit deutlich jünger als das Restkollektiv (82,5 Jahre). Der Unfallmechanismus war fünfmal ein Sturz aus drei bis fünf Metern Höhe und zweimal ein Sturz mit dem Fahrrad. Ein statistischer Unterschied besteht zwischen diesen Größen nicht ( $p > 0,05$ ).

#### 4.4 Verteilung innerhalb der Frakturklassifikationen

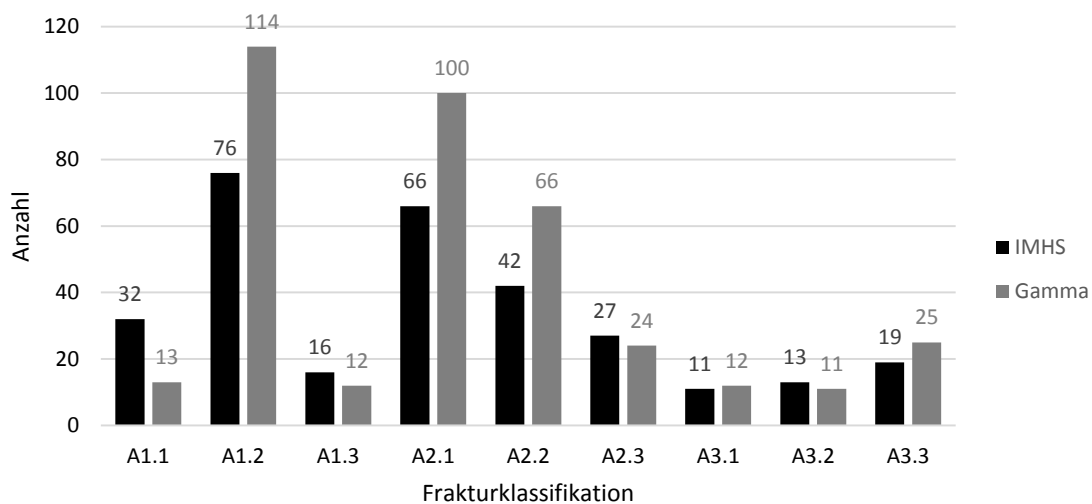


Abbildung 14: Verteilung innerhalb der gesamten Frakturklassifikationen

Die Häufung der einzelnen Frakturklassifikationen in der IMHS-Gruppe und der Gamma-Nägel zeigen keinen signifikanten Unterschied ( $p > 0,05$ ). Bei keinem der Patienten zeigte sich eine frakturbezogene Gefäß- oder Nervenläsion. Sämtliche Frakturen waren geschlossen.

#### 4.5 Verteilung der Operationszeitpunkte im Jahr

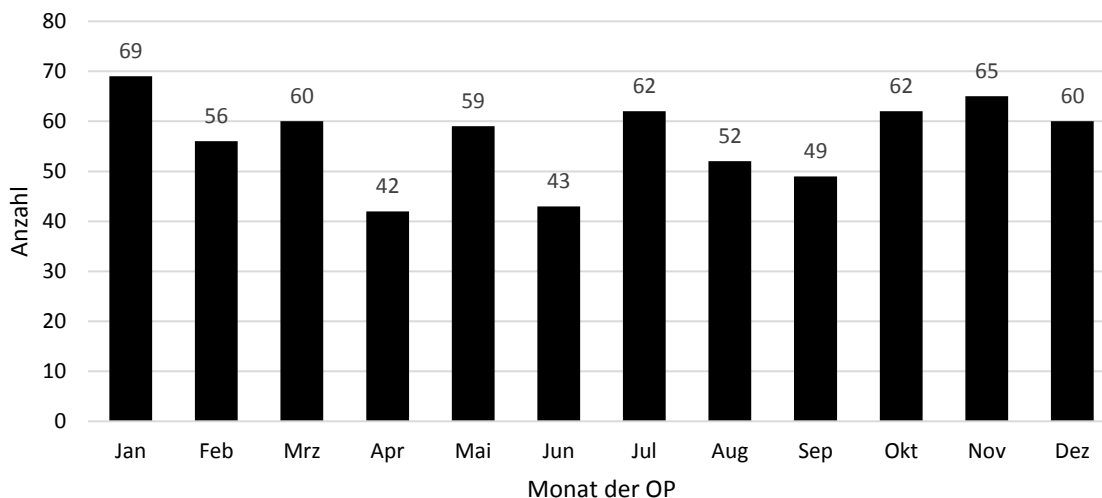


Abbildung 15: Zeitpunkt der Operation im Jahr

Im Durchschnitt betrug die Anzahl der Operationen pro Monat 56,6 (SD 8,5).

#### 4.6 Dauer der OP

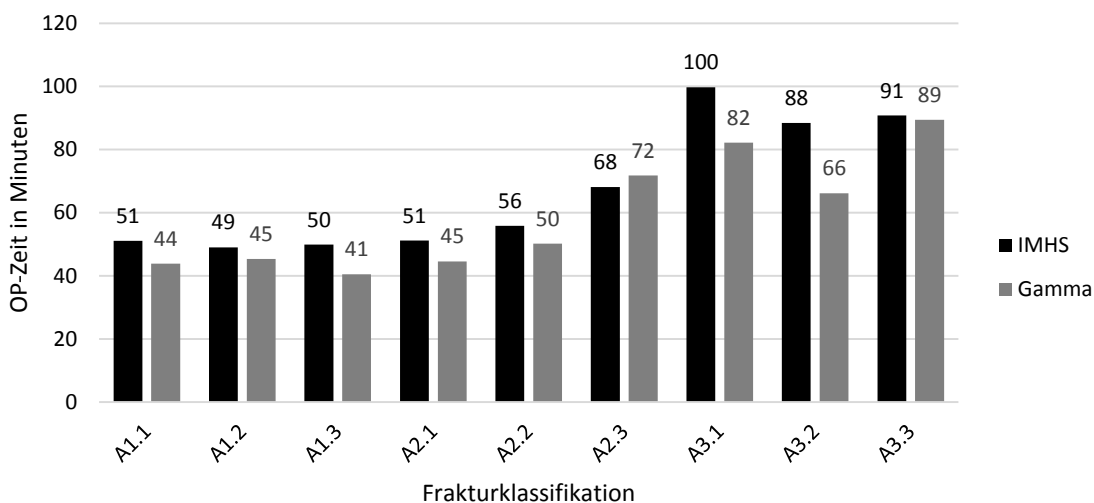


Abbildung 16: OP-Zeit

Die Dauer der Operation variierte zwischen 14 und 250 Minuten mit einer Standardabweichung von 27,6 und betrug insgesamt im Durchschnitt 55,0 Minuten. Bei der verwendeten IMHS dauerte sie im Durchschnitt 58,6 Minuten (SD 30,4) und beim Gamma-Nagel 52,2 Minuten (SD 24,7). Der Unterschied der Gruppen ist nicht signifikant ( $p > 0,05$ ).

## 4.7 Transfusionen

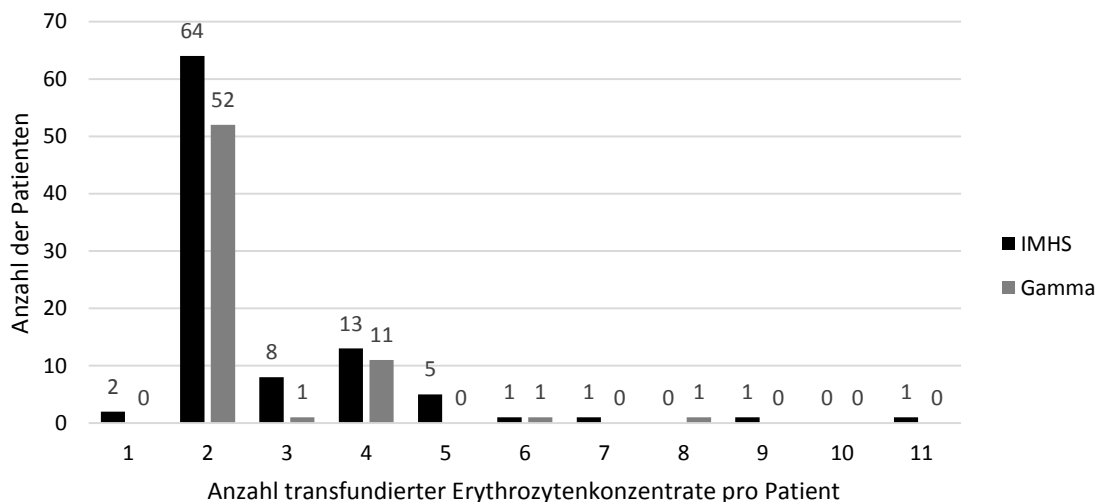


Abbildung 17: Transfusionen

Insgesamt haben 162 Patienten (23,9%) Erythrozytenkonzentrate bekommen. Insgesamt wurden im Durchschnitt 0,32 Gaben von Erythrozytenkonzentraten pro Patient der IMHS-Gruppe im Vergleich zu 0,18 beim Gamma-Nagel nötig. Insgesamt wurden nach einer IMHS-Implantation trotz geringerer Fallzahl mehr Erythrozytenkonzentrate verabreicht (96:66). Einem Patienten wurden 11 Erythrozytenkonzentraten transfundiert. Dieser wurde offen reponiert und stand unter einer Dabigatranetexilat-Therapie (Pradaxa®). Der Patient mit 9 EKs hatte eine dialysebedingte Gerinnungsstörung und der Patient mit 8 EKs nahm Phenprocoumon als Thrombembolieprophylaxe bei Vorhofflimmern ein.

## 4.8 Tip-Apex-Abstand

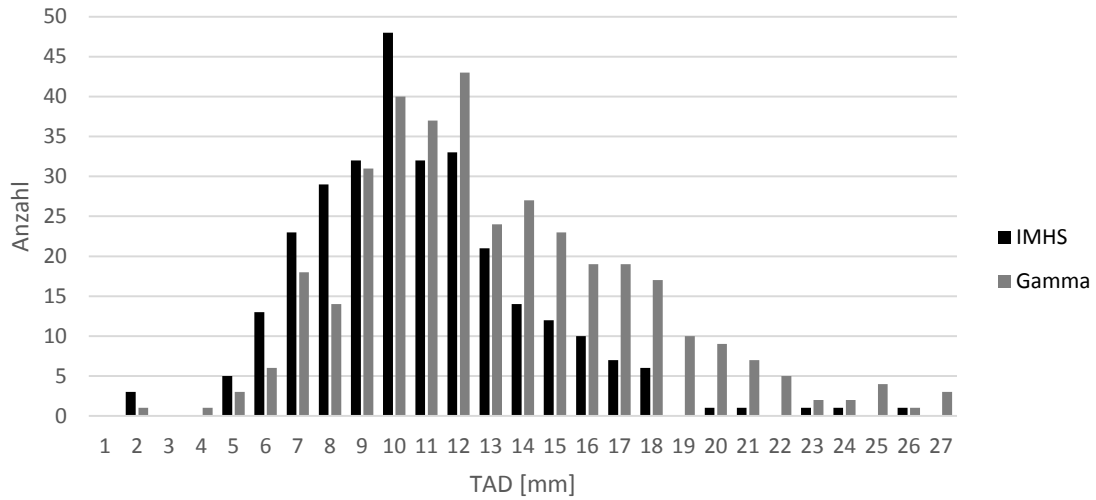


Abbildung 18: Tip-Apex-Abstand in mm differenziert nach dem implantierten Nagelsystem

Bei dem erreichten Tip-Apex-Abstand besteht ein signifikanter Unterschied beider Nagelsysteme ( $p = 0,009$ ). Bei der IMHS wurde ein durchschnittlicher TAD von 10,8 Millimeter (SD 3,5) erreicht, beim Gamma-Nagel waren es 13,1 Millimeter (SD 4,4). Nur 9 mal war der Tip-Apex-Abstand bei den Implantaten ohne Cutting Out größer gleich 25 Millimeter (1,37%).

## 4.9 Cutting Out

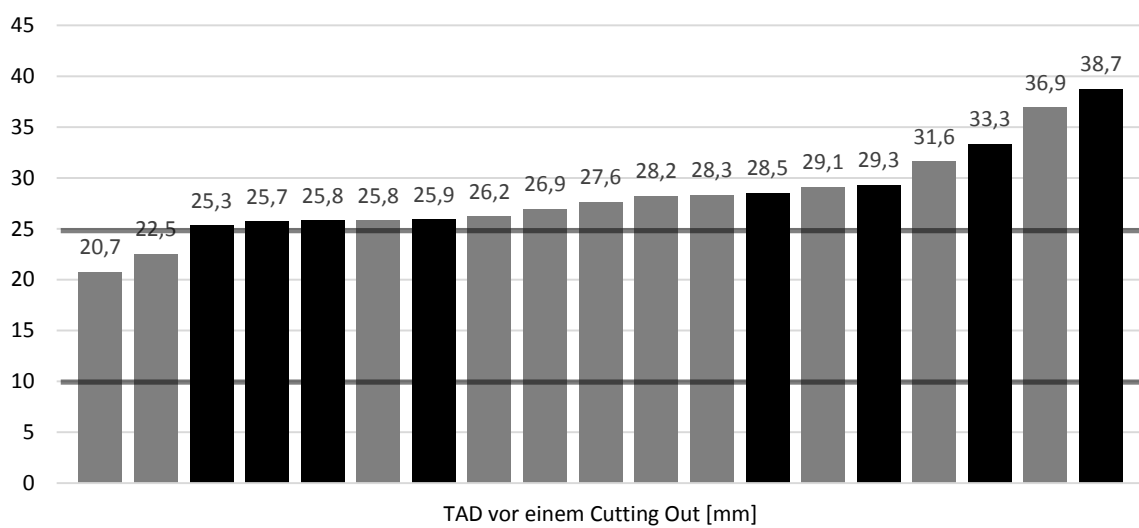


Abbildung 19: Tip-Apex-Abstand in mm bei den Patienten mit einem Cutting Out (n=19).  
schwarz: IMHS, grau: Gamma

Ein Cutting Out lag bei 19 Patienten vor (2,8%), 8 davon bei der IMHS (2,65%) und 11 beim Gamma-Nagel (2,92%). Dieser Unterschied ist nicht signifikant ( $p > 0,05$ ). Die Patienten waren im Mittel 84,8 Jahre alt.

Der ideale TAD, als untere graue Linie in der Abb. 19 gezeichnet, wird mit 10 Millimeter angegeben (Haidukewych 2009). Dieses wird in dem Patientenkollektiv mit Cutting Out in keinem Fall erreicht. Ein weiter Cut-Off-Wert, als obere graue Linie eingezeichnet, wird mit 25 Millimeter angegeben (Baumgaertner et al. 1995). Dieser lässt zusätzlich eine Aussage zur Reposition zu. 89,5% von den Patienten mit einem Cutting Out hatten einen TAD größer als 25 Millimeter. Im Mittel war der TAD bei dieser Komplikation 28,23 Millimeter.

Nach einem Cutting Out wird ein Verfahrenswechsel nötig, welcher nachfolgend für die einzelnen Fälle beschrieben wird:

Nr.	Nagel	Sekundärverfahren	Tage nach OP
1.	IMHS	Implantation einer Duokopfprothese	30 Tage
2.	IMHS	Implantation einer Duokopfprothese	27 Tage
3.	IMHS	Implantation einer Duokopfprothese	28 Tage
4.	IMHS	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	21 Tage
5.	IMHS	Implantation einer Hybrid-Hüft-Prothese	23 Tage
6.	IMHS	Implantation einer Duokopfprothese	47 Tage
7.	IMHS	Implantation einer Duokopfprothese	44 Tage
8.	IMHS	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	27 Tage
9.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	21 Tage
10.	Gamma	Implantation eines Gamma-Nagels	15 Tage
11.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	8 Tage
12.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	17 Tage
13.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	9 Tage
14.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	31 Tage
15.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	17 Tage
16.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	13 Tage
17.	Gamma	Implantation einer zementierten Hüft-Prothese	14 Tage

- |     |       |   |         |
|-----|-------|---|---------|
| 18. | Gamma | Implantation einer zementierten Hüft-Prothese | 29 Tage |
| 19. | Gamma | Implantation einer zementierten Hüft-Prothese | 58 Tage |

Beim Gamma-Nagel wurde bei den 11 Patienten nur einmal erneut ein intramedullärer Nagel implantiert, bei allen anderen erfolgte die Implantation einer zementierten Hüft-Endoprothese. Bei den 8 Patienten mit einem Cutting Out und zuvor implantierten IMHS wurde anschließend nur zweimal eine Hüft-Endoprothese implantiert. Alternativ erfolgte bei 5 Patienten die Implantation einer Duokopfprothese und einmal die Implantation einer Hybrid-Hüftprothese.

Die erreichten Schraubenlagen im Femurkopf findet sich auf folgender Abbildung 20. Diese ist angelehnt an Baumgärtner et al. (Baumgaertner et al. 1995).

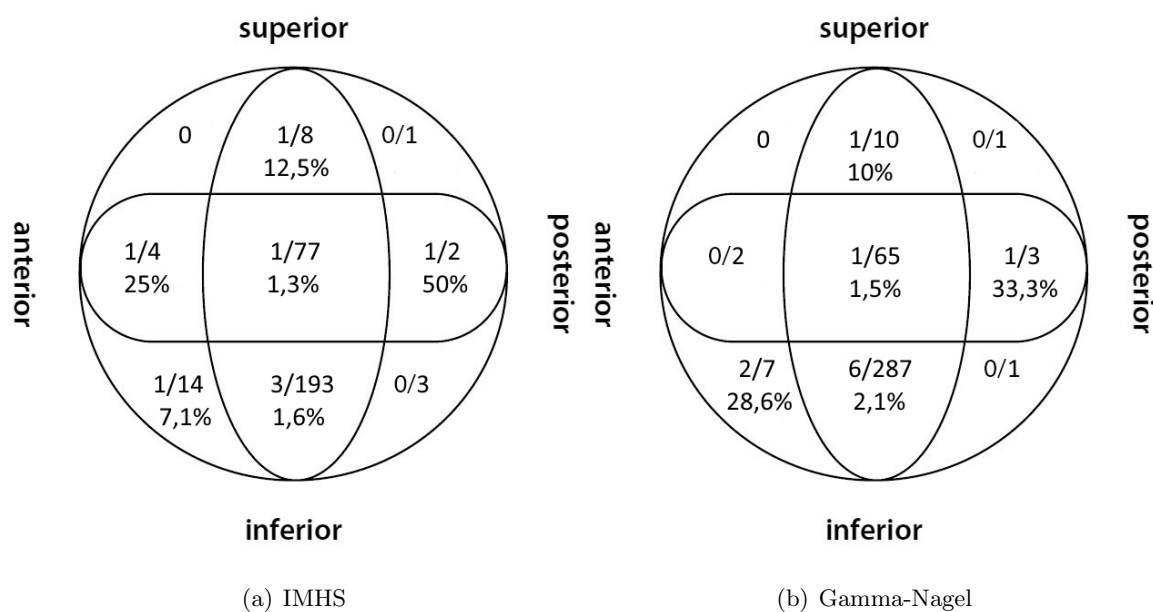


Abbildung 20: Verteilung der Schraubenlagen im Femurkopf. Die Rate des Cutting Out als Verhältnis der ausgerissenen Schrauben zu den geheilten Frakturen. (Angelehnt an die Abbildung von Hsueh et al. 2010)

Sowohl bei dem IMHS-Kollektiv als auch beim Gamma-Nagel ist jeweils die Center-Center-Position mit den geringsten Cutting Out Raten assoziiert. Knapp dahinter befindet sich die Positionierung nahe des Adam'schen Bogens mit einer mediocaudalen Position im Femurkopf.

## 4.10 Letalität

In diese Statistik wurden nur die Patienten aufgenommen, welche bis zu einem Jahr nach der Operation verstorben sind. Insgesamt sind 60 Todesfälle zu beklagen. Im Mittel waren die Patienten 87,0 Jahre (SD 6,8) alt und sind 25 Tage (SD 34,3) nach der Operation verstorben. 31 (10,3%) davon in der IMHS-Gruppe und 29 (7,7%) beim Gamma3-Nagel-System. Dieser Unterschied beider Gruppen ist als nicht signifikant zu werten ( $p > 0,05$ ). Die häufigste Todesursache war eine Pneumonie, gefolgt von einem Herzinfarkt. Es konnten hierbei nur Patienten erfasst werden, welche zum Todeszeitpunkt im Albertinen-Krankenhaus oder der Asklepios Klinik Heidberg waren.

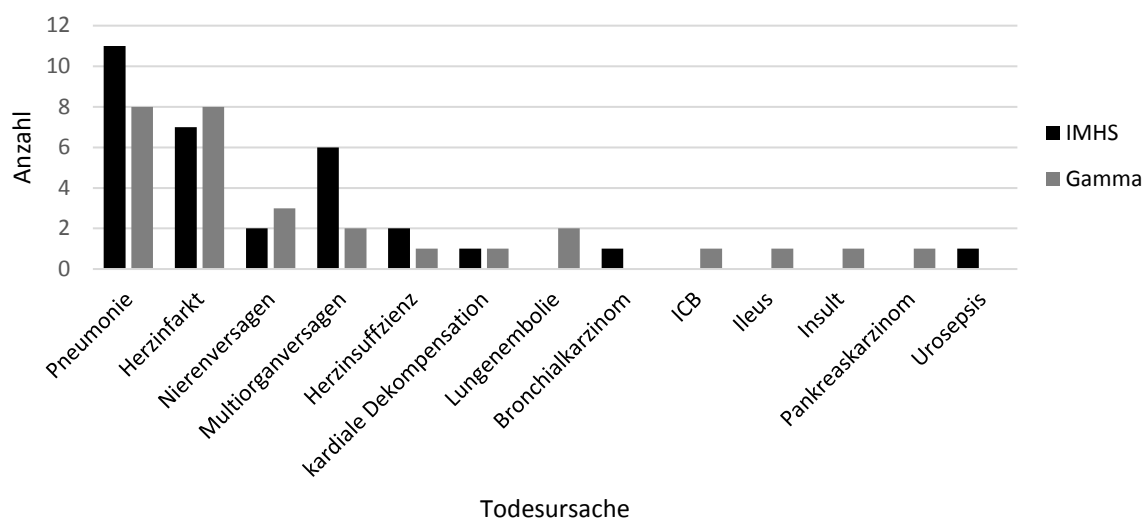


Abbildung 21: Übersicht der Todesursachen

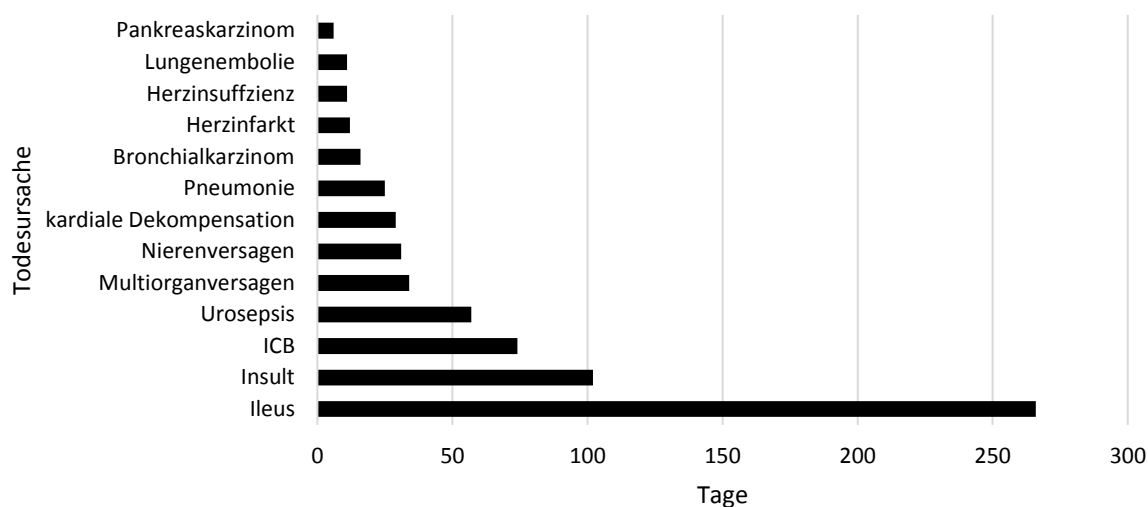


Abbildung 22: Abstand in Tagen von der Operation zum Tod

## 5 Diskussion

In verschiedenen Krankenhäusern werden schon seit langem unterschiedliche Nagelsysteme zur Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen verwendet. Von einer sicheren Nutzung des jeweiligen Implantates ist deshalb auszugehen. Diese Studie beschäftigt sich damit, ob sich ein signifikanter Unterschied zwischen der IMHS und dem Gamma3-Nagel feststellen lässt. Hierzu wurden alle Patienten zwischen 2011 und 2013 in den zwei Krankenhäusern erfasst, welche in dieser Zeit eine Marknagelosteosynthese bei einer pertrochantärer Femurfraktur erhielten. Das durchschnittliche Alter im untersuchten Patientenkollektiv lag bei 82,48 Jahren, wobei dieses in beiden Patientengruppen mit 82,98 und 82,08 Jahren nur unsignifikant variierte. In dieser Studie waren insgesamt 72,3% Frauen und 27,7% Männer. Es fanden sich bei dem Patientenkollektiv der IMHS ein Frauen-Männer-Verhältnis von 2,4 und bei dem der Gamma3-Nägeln von 2,8. Durchschnittlich erhielten also anteilig Frauen häufiger einen Gamma-Nagel als eine IHMS. Hesse et al. fand bei 387 mit pertrochantärer Femurfraktur, kongruent zu dieser Studie, ein Durchschnittsalter 82,5 Jahren (Hesse et al. 2003). In einer Studie von Müller et al. waren 77,2% Frauen und 22,8% Männer von einer Fraktur am proximalen Femur betroffen. Der Altersdurchschnitt betrug 78,9 Jahre (min=25; max=98 Jahre) Jahre (Müller et al. 2008). Kraus et al. zeigte 2011, dass ab dem 72. Lebensjahr hüftgelenknahe Frakturen deutlich zunahmen. Er stellte ein Maximum um das 82. Lebensjahr fest (Kraus et al. 2011). Bei Parker et al. betrug der Altersdurchschnitt bei 600 Patienten 81,9 Jahre. Diese Studie verglich die dynamische Hüftschraube mit dem Targon PF Nagel und fand keinen signifikanten Unterschied (Parker et al. 2012).

### 5.1 Frakturklassifikation

Die Frakturen wurden nach der AO-Klassifikation eingeteilt. 38,73% der Frakturen dieser Studie waren in der Gruppe A1, 47,86% in A2 und 13,40% lassen sich in der Kategorie A3 zuordnen. Nach einer Studie von Kraus et al. von 2011 hatten von 194 Patienten 31,25% eine pertrochantäre Fraktur der Gruppe A1, 56,25% waren A2-Frakturen und 12,50% in der Kategorie A3 (Kraus et al. 2011). Parker et al. fand bei 16% eine A1-Frakur, bei 70% eine A2 Fraktur bei bei 10% eine A3-Frakture (Parker et al. 2012). Mehrfragmentäre Frakturen



sind somit übereinstimmend am häufigsten.

## 5.2 Unfallmechanismus

Die Frakturursache war in dieser Studie in 669 Fällen (98,53%) ein niederenergetischer Sturz, in 3 Fällen (0,44%) eine maligne Pathologie und in 7 Fällen (1,03%) ein Hochrasanztrauma. Eine genaue Unterteilung findet sich in Kapitel 4.3. Hier wurde nicht zwischen einem Sturz aus innerer oder äußerer Ursache unterschieden. Bei Hesse et al. lag in 93% der Fälle ein niederenergetisches Trauma zugrunde, in 4% ereignete sich ein adäquater Unfallmechanismus und in 3% war die Fraktur pathologischen Ursprungs (Hesse et al. 2003). Der Fraktur lag bei Müller et al. in 99 Fällen (86,8%) ein banaler Sturz zugrunde. In 7 Fällen (6,1%) handelte es sich um einen Sturz aus innerer Ursache. Insgesamt war in 92,9% der Fälle ein niederenergetischer Sturz die Ursache für die Fraktur. 6 Patienten erlitten die Fraktur auf der Straße und zwei Patienten (1,8%) stürzten aus großer Höhe (Müller et al. 2008). Bei Pajarinen et al. handelte es sich bei 89,8% um einen Sturz zu Hause. Nur 10,2 % der Unfälle geschahen außerhalb (Pajarinen et al. 2005). Dieses zeigt, dass literaturübergreifend mit großem Abstand ein einfacher Sturz die Ursache für die pertrochantäre Femurfraktur ist. Bei mehr als 90% der Stürze handelt es sich um multifaktorielle Ereignisse (Becker & Scheible 1998). Gesicherte Risikofaktoren für Stürze sind das weibliche Geschlecht, ein Lebensalter über 80 Jahre und Untergewicht. Anamnestisch berücksichtigt werden sollten vorausgegangene Stürze, Parkinson-Syndrome mit Gangstörungen, Schlaganfallerkrankungen mit persistierenden neurologischen Defiziten, Demenzen, Alkoholabhängigkeiten und Depressionen (Richter et al. 2002, King & Tinetti 1995). Als wichtig stellt sich ein Training von Muskelkraft, Koordination und Balance heraus. Ebenso sollte auf eine ausreichende Nahrungszufuhr von Kalzium und Vitamin D geachtet werden (Richter et al. 2002). Unstrittig ist auch der Vorteil von Hüftprotektoren die in Studien bei bis zu 90% der Stürze eine proximale Femurfraktur verhindern können und von den aktuellen Leitlinien empfohlen werden (Richter et al. 2002, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften 2015).

### 5.3 Transfusion

Insgesamt waren im Durchschnitt 0,32 Gaben von Erythrozytenkonzentraten pro Patient in der IMHS-Gruppe im Vergleich zu 0,18 der Gruppe der Gamma-Nägel nötig. 23,9% aller Patienten haben während ihres stationären Aufenthaltes Blutkonserven erhalten. Knobe et al. fand in seiner Studie von 2009 eine durchschnittliche Transfusion von 0,9-1,7 Erythrozytenkonzentraten bei ähnlichen Operationen (Knobe et al. 2009). Hier liegen die Ergebnisse dieser Studie deutlich darunter. Eine Erklärung könnte die unzureichende Dokumentation der durchgeführten Transfusionen sein. In diesem Fall wäre die tatsächliche Transfusionsrate höher. Nach Müller et al. mussten in einer Studie von 2008 in 15 Fällen (13,2%) Erythrozytenkonzentrate während der Operation verabreicht werden (Müller et al. 2008). Nach einer aktuellen Untersuchung konnte mit einer perioperativen Gabe von Tranexamsäure der postoperative Blutverlust um durchschnittlich 570,8 ml gesenkt werden. Aufgrund einer geringeren Letalität in der Placebo-Gruppe wurde die Studie abgebrochen. Die Umstände werden untersucht und es kann keine generelle Empfehlung für dieses Procedere ausgesprochen werden (Tengberg et al. 2016).

Eine Transfusion wurde immer dann durchgeführt, wenn eine symptomatische Anämie vorlag. Bei asymptomatischen Anämien wurde die Indikation zur Transfusion trotz allgemein anerkannter Transfusionstriggerkriterien von Zentrum zu Zentrum individuell gestellt. Dieses kann den höheren Anteil an Transfusionen der IMHS-Gruppe erklären. Als Richtlinie kann folgende Regel verwandt werden. Hämoglobin über 10 g/dl: Keine Transfusion, Hb 7-8 - 10 g/dl: Transfusion bei kardiovaskulärer Vorerkrankung, Hb unter 7-8 g/dl: Transfusion (Bardenheuer et al. 2000).

### 5.4 Tip-Apex-Abstand

Der erreichte Tip-Apex-Abstand war ohne Cutting Out in der IMHS-Gruppe durchschnittlich 10,8 Millimeter und 13,1 Millimeter beim Gamma-Nagel. Durchschnittlich lag der TAD bei der Gruppe mit Cutting Out 28,2 Millimeter, dabei war der TAD beim IMHS 29,1 Millimeter und beim Gamma-Nagel 27,6 Millimeter. Bei einem TAD von weniger als 20,7 Millimetern trat in keinem der Fälle ein Cutting Out auf. Krischak et al. fand 2011, dass bei einem TAD

von weniger als 25 Millimeter in keinem von 198 untersuchten Fällen ein Cutting Out auftrat. Dagegen betrug der TAD der 19 Patienten mit einem Cutting Out im Mittel 38 Millimeter (Krischak et al. 2011). Kashigar et al. zeigte 2014 bei 170 Patienten einen durchschnittlichen TAD von 17,8 Millimeter, ohne Cutting Out 16,0 Millimeter und mit Cutting Out von 29,7 Millimeter (Kashigar et al. 2014). Kraus et al. fand einen mittleren TAD im Gesamtkollektiv von 26,7 Millimeter. Der mittlere TAD bei den Patienten mit einem Cutting Out betrug 41,3 Millimeter. Bei ihm war bei einem TAD von kleiner als 30 Millimeter in keinem Fall eine mechanische Komplikationen aufgetreten (Kraus et al. 2011).

## 5.5 Cutting Out

Das Cutting Out stellte zweifelsohne die Hauptkomplikation der intramedullären Osteosynthese am proximalen Femur dar. Es zeigte sich, dass bei der Gruppe der IMHS-Patienten insgesamt 2,65% einen Cutting Out erlitten und bei den Patienten, welche einen Gamma3-Nagel erhielten, 2,92%. Hier besteht kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ).

Insgesamt sind die Ergebnisse eines Cutting Out bei beiden Nagel-Systemen kongruent mit der bisherigen Studienlage. Die Angaben der BQS liegen bei insgesamt 3,4% Reoperationen (Füchtmeier et al. 2011). Hohendorff et al. (Hohendorff et al. 2005) untersuchte 2005 139 intramedulläre Osteosynthesen und fand eine Cutting Out Rate von 7,9%. Die Studie von Geller et al. ergab 2010 eine Rate von 8,5% bei 192 trochantären Frakturen (Geller et al. 2010). Adams et al. (Adams et al. 2001) fanden in einer kontrollierten Studie mit 200 Gamma-Nägeln ein Versagen von 6%. Bei dieser Studie sei gesagt, dass der Gamma-Nagel der ersten Generation getestet wurde, welcher noch technische Mängel besaß. Die Rate der Schraubenwanderungen lag in der Studie von Schipper et al. (Schipper et al. 2004) bei 1,6%. Ein Cutting Out wurde bei Hesse et al. in 3,36% der 387 Fälle beobachtet (Hesse et al. 2003). Herrera et al. fand bei 250 Fällen eine Cutting Out Rate von 2,4% (Herrera et al. 2002). In allen Studien wurde für diese Komplikation eine ungenügend gute Reposition beziehungsweise ein zu großer Tip-Apex-Abstand adressiert. Als Prävention kann es also nur bedeuten, wenn möglich einen Tip-Apex-Abstand von 10 Millimeter anzustreben. Die Studienlage ist dazu eindeutig und spiegelt sich auch in dieser Studie wieder. Hier ist kritisch anzumerken, dass die erreichten Repositionen und die damit zusammenhängenden Tip-Apex-Abstände mit

ziemlicher Sicherheit nicht auf das Nageldesign zurückzuführen sind. Vielmehr spielt wohl zum Beispiel die Frakturmorphologie oder die Expertise des Operateurs eine Rolle, welche in dieser Studie nicht untersucht wurde. Trotzdem zeigen die Ergebnisse eindeutig, dass ein geringer TAD zu einer deutlichen Reduzierung des Risikos für ein Cutting Out führt. Die Inzidenz eines Cutting Out korrelierte signifikant mit einem höheren TAD ( $p = 0,002$ ). Es ergibt sich damit ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem Cutting Out und dem TAD ( $p = 0,001$ ).

In einer Untersuchung von Bonnaire et al. zur Evaluation der Korrelation zwischen Knochendichte und Risiko für ein Cutting Out konnte 2007 bei einer reduzierten Knochendichte der Femurkopfspongiosa von  $< 0,6 \text{ g/cm}^3$  ein signifikant höheres Risiko für ein Cutting Out beobachtet werden (Bonnaire et al. 2007).

In Abbildung 20 kann man erkennen, dass die ideale Position, in dieser Studie, für die Schenkelhalsschraube die Center-Center-Position ist. Dieses Ergebnis stimmt auch mit dem der Studie von Sandmann 2015 und von Kraus 2011 überein (Sandmann & Biberthaler 2015, Kraus et al. 2011). Als zweitbeste Position kann die Schraubenlage Nahe des Adam'schen Bogen bezeichnet werden. Diese zeigt nur gering schlechtere Ergebnisse hinsichtlich eines Cutting Out. In der verglichenen Literatur wird als optimale Position der Schenkelhalsschraube die zentral-zentrale Positionierung mit möglichst geringem Abstand zur gelenknahen Kortikalis des Hüftkopfszentrums empfohlen, also einem möglichst geringem TAD (Sandmann & Biberthaler 2015, Krischak et al. 2011, Hsueh et al. 2010, Baumgaertner et al. 1995, Lobo-Escolar et al. 2010, Kraus et al. 2011, Bonnaire et al. 2011b). Diese Empfehlung können nach den Ergebnissen dieser Studie unterstützt werden.

Aktuelle Auswertungen von Daten der Cochrane Library zeigen, dass derzeit kein verfügbares intramedulläres Marknagelsystem im Outcome dem anderen als nachweisbar überlegen anzusehen ist (Queally et al. 2014, Parker & Handoll 2002). Auch in dieser Arbeit keinen Hinweis auf ein Zusammenhang zwischen einem Cutting Out und den unterschiedlichen Nagelsystemen.

Aufgrund der Versagensraten nach intramedullärer Osteosynthese stellt sich die Frage, ob nicht mit einer Endoprothese die Komplikationsrate gesenkt werden kann. Laut den Leitlinien von 2015 ist die Indikation dann gegeben, wenn eine fortgeschrittene vorbestehende Coxarthrose vorliegt (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesell-

schaften 2015). Zudem ist eine Prothese dann indiziert, wenn bei einer Nagelosteosynthese keine Stabilität erzielt werden kann (Füchtmeier et al. 2011). Dagegen spricht jedoch eine erhöhte Letalitätsrate von bis zu 27,6% (Kim et al. 2005) sowie erhöhte Kosten (Frerichmann et al. 2007). Ebenso ist die Luxationsrate nach Hüft-TEP-Implantation bei pertrochantären Femurfrakturen mit 8,3% (Geiger et al. 2006) deutlich erhöht.

In dieser Studie wurden lediglich die Fälle eines Cutting Out erfasst, welche in den implantierenden Krankenhäusern revidiert wurden. Sollte ein Patient in einem anderen Krankenhaus mit dieser Komplikation behandelt worden sein, erscheint er nicht in dieser Statistik. Da jedoch ein Cutting Out im Mittel nach 25,2 Tagen auftrat, ist davon auszugehen, dass die meisten Patienten im Sinne einer "Reklamation" in die ursprüngliche Klinik eingewiesen wurden.

Um eine gute Aussage zum Versagen von Implantaten jedweder Art oder von anderen Komplikationen treffen zu können, sollte ein System zur Erfassung dieser etabliert werden. Deshalb kann auch in dieser Arbeit keine korrekte Aussage über die tatsächliche Komplikationsrate getroffen werden. Bei Revisionsoperationen in anderen Kliniken wäre der Eingriff in der Primärklinik zum Beispiel als komplikationslos dokumentiert. Dieses führt natürlich in keinster Weise zur Verbesserung, da eine Rückmeldung fehlt.

Das Endoprothesenregister Deutschland ist ein solches System und wurde im Dezember 2010 gegründet. Dieses erfasst allerdings zum aktuellen Zeitpunkt nur die künstlichen Knie- und Hüftgelenke. Auf jeden Fall ist ein Anfang getan und ich denke, dass wir in ein paar Jahren deutlich von den gewonnenen Daten profitieren werden. Schweden zum Beispiel betreibt seit Ende der 1970er Jahre ein Endoprothesenregister und hat dadurch die Revisionsrate fast halbiert (EPRD-Deutsche Endoprothesenregister gGmbH 2015). Das bietet nicht nur den Patienten Vorteile, sondern hilft auch die Kosten des Gesundheitssystems zu senken.

## **5.6 Dauer der Operation**

Die durchschnittliche Operationsdauer in der IMHS-Gruppe betrug 58,6 Minuten (SD 30,4), im Gegensatz zu 52,2 Minuten (SD 24,7), welche für eine Gamma3-Implantierung erforderlich waren. Eine Studie von Megaw et al. mit 180 Patienten zeigte eine durchschnittliche Operationsdauer in der Gamma3-Nagel-Gruppe von 50 Minuten zu 67 Minuten bei der Implantation

eines proximalen Femurnagels (Firma Synthes) (Megas et al. 2005). Die Operationszeit bei Hesse et al. lag im Mittel bei 56 Minuten (Hesse et al. 2003). Ob dieses am Nagelsystem oder an anderen Ursachen wie die Erfahrung des Operateurs liegt, kann in dieser Studie nicht geklärt werden.

## 5.7 Letalität

1965 betrug die Letalität für proximale Femurfrakturen noch 40-50% (Siebert & Beck 2005). Durch verbesserte Implantate mit der Möglichkeit einer postoperativen Vollbelastung und modernerer Therapiemöglichkeiten, zum Beispiel in der Intensivmedizin, konnte diese deutlich gesenkt werden. Die Letalität im ersten Jahr nach einer Implantation einer Nagelosteosynthese wird in verschiedenen Studien mit 4,9-31% beschrieben (Frerichmann et al. 2007). In einer Studie von Knobe et al. zeigte sich eine Letalität von 26% nach Implantation eines proximalen Femurnagels. Hesse et al. fand eine Letalität von 11,8% (Hesse et al. 2003). In einer Cochrane-Analyse vergleichen Kim et al. 2005 (Kim et al. 2005) die Einjahresmortalität nach Osteosynthese im Vergleich zur Endoprothese. Diese lag mit 27,6% signifikant höher als mit 13,8% bei der Osteosynthese. Die Letalität während des primären stationären Aufenthalts lag nach Magaziner et al. bei 6%, im ersten Jahr nach Versorgung der Fraktur verstarben je nach Untersuchung 18-30% der Patienten (Magaziner et al. 1997). Nach einer Studie von Lefavre aus Kanada lag die Letalität 48 Stunden postoperativ bei 7,9% (Lefavre et al. 2009). In dieser Studie liegt die Letalität bei 8,84% innerhalb des ersten Jahres nach der Operation. Zwischen den beiden Nagelsystem fand sich kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ). Anzumerken wäre hier, dass nur jene Patienten als verstorben in die Statistik eingegangen sind, welche in der Klinik gestorben sind und dieses aus der Datenbank ersichtlich war. Die Dunkelziffer dürfte somit höher liegen.

## 6 Zusammenfassung

Die pertrochantäre Femurfraktur ist eine der häufigsten Frakturen im Alter. Der mit Abstand häufigste Unfallmechanismus ist ein einfacher Sturz. Mit dem zunehmend größeren Anteil der älteren Bevölkerung steigt auch die Anzahl der Frakturen am proximalen Femur und damit die sozioökonomische Bedeutung. Eine schnelle operative Versorgung und die frühe Mobilisation mit Vollbelastung zur Vermeidung immobilitätsbedingter Komplikationen steht bei diesem Patientenkollektiv im Vordergrund. Es stehen zahlreiche Nagelsysteme zur intramedullären Osteosynthese für die Versorgung dieser Frakturen zur Verfügung, von denen zwei in dieser retrospektiven Studie miteinander verglichen wurden. Hierzu wurden aus zwei Kliniken, die jeweils unterschiedliche Nägel verwenden, in dem Zeitraum von 2011 bis 2013 alle Patienten erfasst, welche eine IMHS oder einen Gamma3-Nagel erhielten. Zu diesem Patientenkollektiv von 679 Patienten wurden jeweils insgesamt 27 Kriterien erfasst. Zusätzlich stellte sich die Frage, ob es bei einer Komplikation, zum Beispiel dem Cutting Out, Zusammenhänge gibt, welche für diese prädisponieren.

Es zeigte sich, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Nägeln hinsichtlich des Cutting Out gibt. Die Daten stimmen zudem gut mit denen der Literatur überein. Es fiel allerdings auf, dass die Patienten mit einem Cutting Out im Mittel einen deutlich höheren Tip-Apex-Abstand als jene ohne diese Komplikation hatten. Dieser Zusammenhang wurde ebenfalls in der Literatur beschrieben und kann durch diese Arbeit bestätigt werden. Ebenfalls spielt laut den Daten dieser Studie und übereinstimmend mit der Literatur die Position der Schenkelhalsschraube im Femurkopf eine wichtige Rolle zur Prävention einer Auswanderung der Schraube.

Die anderen untersuchten Kriterien zum Vergleich beider Nägel zeigten keinen Anhalt für eine Überlegenheit eines Nagelsystems.

Zusammenfassend ist der Tip-Apex-Abstand ein sehr guter Prognosewert für ein Cutting Out. Als Empfehlung aus den Auswertungen dieser Studie sollte bei einer Osteosynthese mittels Marknagel ein Tip-Apex-Abstand für die Schenkelhalsschraube von 10 Millimeter und eine Center-Center-Position im Hüftkopf angestrebt werden. Diese Positionierung zeigte die besten Ergebnisse hinsichtlich eines Auswandern der Schenkelhalsschraube nach kranial und stellt somit die optimalste Versorgung für den Patienten dar.

## 7 Summary

A pertrochanteric fracture of the femur is one of the most common fractures in old age. By far the most common accident that results in this fracture is a simple fall. With the increasing proportion of the elderly in the population, the number of fractures of the proximal femur also increases, and with it their socioeconomic significance. Fast operative care and early mobilisation under full load are important for this group of patients to avoid immobilisation-related complications. Numerous nail systems for an intramedullary osteosynthesis are available for the treatment of these fractures. This study compares two such nail systems. Data from two clinics, each using a different nail system, were used. All patients that either received an IMHS or a Gamma3 nail between 2011 to 2013 were included in the study. A total of 27 criteria were recorded for this patient group consisting of 679 patients. In addition, I investigated if connections in the data give indications for certain complications, like the cutting out.

It was found that there are no significant differences between the two nail systems with respect to cutting out. My data is in good agreement with the literature. I found, however, that patients with a cutting out had on average a significantly higher tip-apex distance than those without this complication. This relationship has been described in the literature and my work confirms it. I also found that the position of the screws inside the femoral head is important for the prevention of a cutting out. Again, this finding is confirmed by the literature.

The other criteria that I examined show no evidence for the superiority of either nail system.

In summary, the tip-apex distance is a very good indicator for a cutting out. As a result of this study, I recommend that for an osteosynthesis using a nail should aim at a tip-apex distance of 10mm and a center-center position inside the femoral head. This position showed the best results with respect to a cutting out and thus represents the optimal care for the patient.



## 8 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
BQS	BQS Institut für Qualität & Patientensicherheit GmbH. Zuständig von 2001 bis 2009 für die gesetzliche Qualitätssicherung in deutschen Krankenhäusern
CCD-Winkel	Collum-Corpus-Diaphysen-Winkel
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
DRG	Diagnosis Related Groups
EK	Erythrozytenkonzentrat
EU	Europäische Union
FFP	Fresh Frozen Plasma
IMHS	Intremedulläre Hüftschraube / Intramedullary Hip Screw
OP	Operation
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
PPSB	Prothrombinkomplexkonzentrat
SD	Standardabweichung
SHS	Schenkelhalsschraube
TAD	Tip-Apex-Abstand / Tip Apex Distance

## 9 Abbildungsverzeichnis

1	Historische Entwicklungsstufen der Marknagelung des Femurs (Maatz & Arens 1983, Seite 306) . . . . .	2
2	Anatomie des Femurs (Schünke et al. 2005, Seite 366) . . . . .	3
3	pertrochantäre Femurfraktur (Albertinen-Krankenhaus Hamburg) . . . . .	4
4	AO-Klassifikation bei Frakturen in der Trochanterregion (Baierlein 2010, Seite 71) . . . . .	5
5	Gamma3-Nagel (Asklepios Klinik Nord - Heidberg) . . . . .	7
6	IMHS mit Subtrochanterschraube, als Standardnagel und in der Version des langen Nagels (mit freundlicher Genehmigung der Firma Smith & Nephew GmbH) . . . . .	8
7	Lagerung (Bühren et al. 2011, Seite 346) . . . . .	10
8	Verteilung der Schraubenlagen im Femurkopf mit der Rate eines Cutting Out (Hsueh et al. 2010, Seite 1274) . . . . .	11
9	Schema der Bestimmung des TAD - Tip Apex Distance nach Baumgaertner et al. (1995) (Quelle: Walton et al. 2008, Seite 274) . . . . .	12
10	Cutting Out (Albertinen-Krankenhaus Hamburg) . . . . .	13
11	Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation . . . . .	17
12	Geschlechterverteilung . . . . .	18
13	Unfallmechanismus . . . . .	18
14	Verteilung innerhalb der gesamten Frakturklassifikationen . . . . .	19
15	Zeitpunkt der Operation im Jahr . . . . .	20
16	OP-Zeit . . . . .	20
17	Transfusionen . . . . .	21
18	Tip-Apex-Abstand in mm differenziert nach dem implantierten Nagelsystem .	22
19	Tip-Apex-Abstand in mm bei den Patienten mit einem Cutting Out (n=19). schwarz: IMHS, grau: Gamma . . . . .	22
20	Verteilung der Schraubenlagen im Femurkopf. Die Rate des Cutting Out als Verhältnis der ausgerissenen Schrauben zu den geheilten Frakturen. (Angelehnt an die Abbildung von Hsueh et al. 2010) . . . . .	24

21	Übersicht der Todesursachen . . . . .	25
22	Abstand in Tagen von der Operation zum Tod . . . . .	25

## 10 Literaturverzeichnis

Adams, C., Robinson, C., Cour-Brown, C. & McQueen, M. (2001), 'Prospective randomized controlled trial of an intramedullary nail versus dynamic screw and plate for intertrochanteric fractures of the femur', *J Orthop Trauma* **15**(6), 394–400.

Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2015), 'Leitlinie Petrochantäre Oberschenkelfraktur', [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-002L\\_S2e\\_Petrochantaeere\\_Oberschenkelfraktur\\_2015-07.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-002L_S2e_Petrochantaeere_Oberschenkelfraktur_2015-07.pdf). Aufgerufen am 18.12.2016.

Asche, G. & Asche, H. (1992), 'Die Gamma-Nagelung', *Operative Orthopädie und Traumatologie* **4**(4), 237–248.

Aschenbrenner, D. (2016), 'Praxbind Available as Antidote to Bleeding from Pradaxa', *AJN The American Journal of Nursing* **116**(6), 22–23.

Aumüller, G., Aust, G., Conrad, A., Engele, J. & Kirsch, J. (2014), *Duale Reihe Anatomie*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart. pp. 328–345.

Baierlein, S. (2010), *Frakturklassifikationen*, Georg Thieme Verlag; Stuttgart. p 71.

Bardenheuer, M., Waydhas, C. & Nast-Kolb, D. (2000), 'Blutersatz in der Unfallchirurgie', *Der Unfallchirurg* **103**(5), 389–400.

Bartoniček, J. (2010), 'Early history of operative treatment of fractures', *Archives of orthopaedic and trauma surgery* **130**(11), 1385–1396.

Baumgaertner, M., Curtin, S., Lindskog, D. & Keggi, J. (1995), 'The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip', *J Bone Joint Surg Am* **77**(7), 1058–1064.

Becker, C. & Scheible, S. (1998), 'Stürze und sturzbedingte Verletzungen älterer Menschen: Diagnostik und Intervention', *Fortschritte der Medizin* **116**(32).

Bergmann, G., Deuretzbacher, G., Heller, M., Graichen, F., Rohlmann, A., Strauss, J. & Duda, G. (2001), 'Hip contact forces and gait patterns from routine activities', *Journal of biomechanics* **34**(7), 859–871.

Bonnaire, F., Lein, T. & Bula, P. (2011a), 'Implantatwahl am proximalen Femur', *Trauma und Berufskrankheit* **13**(1), 97–106.

Bonnaire, F., Lein, T. & Bula, P. (2011b), 'Petrochantäre Femurfrakturen', *Der Unfallchirurg* **114**(6), 491–500.

Bonnaire, F., Weber, A., Bösl, O., Eckhardt, C., Schwieger, K. & Linke, B. (2007), 'Cutting out bei petrochantären Frakturen – ein Problem der Osteoporose?', *Der Unfallchirurg* **110**(5), 425–432.

Bücking, B., Bliemel, C., Waschnick, L., Balzer-Geldsetzer, M., Dodel, R., Slonka, J., Ruchholtz, S. & Strüwer, J. (2013), 'Gerinnungshemmende Medikation bei proximaler Femurfraktur', *Der Unfallchirurg* **116**(10), 909–915.

Bühren, V., Keel, M. & Marzi, I. (2011), *Checkliste Traumatologie*, 7 edn, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

- Burger, W., Chemnitz, J.-M., Kneissl, G. D. & Rücker, G. (2005), 'Low-dose aspirin for secondary cardiovascular prevention - cardiovascular risks after its perioperative withdrawal versus bleeding risks with its continuation - review and meta-analysis', *Journal of internal medicine* **257**, 399–414.
- Chilov, M., Cameron, I., March, L., Health, A. N. & Council, M. R. (2003), 'Evidence-based guidelines for fixing broken hips: an update.', *The Medical journal of Australia* **179**, 489–493.
- Edwards, B., Koval, K., Bunta, A., Genuario, K., Hahr, A., Andruszyn, L. & Williams, M. (2011), 'Addressing secondary prevention of osteoporosis in fracture care: follow-up to own the bone.', *The Journal of bone and joint surgery. American volume* **93**, e87.
- Embsen, D., Sollenwerk, D., Koster, L., Kaptein, B., Nelissen, R. & Schipper, I. (2015), 'The stability of fixation of proximal femoral fractures', *Bone Joint J* **97**(3), 391–397.
- EPRD-Deutsche Endoprothesenregister gGmbH (2015), 'Wir über uns', <http://www.eprd.de/wir-ueber-uns/>. Aufruf am 13.12.2016.
- Frerichmann, U., Raschke, M., Stöckle, U., Wöhrmann, S. & Lohmann, R. (2007), 'Proximale Femurfrakturen im Alter', *Der Unfallchirurg* **110**(7), 610–616.
- Füchtmeier, B., Gebhard, F. & Lenich, A. (2011), 'Komplikationen bei pertrochantären Frakturen', *Der Unfallchirurg* **114**(6), 479–484.
- Geiger, F., Schreiner, K., Schneider, S., Pauschert, R. & Thomsen, M. (2006), 'Proximal fracture of the femur in elderly patients', *Der Orthopäde* **35**(6), 651–658.
- Geller, J., Saifi, C., Morrison, T. & Macaulay, W. (2010), 'Tip-apex distance of intramedullary devices as a predictor of cut-out failure in the treatment of peritrochanteric elderly hip fractures', *International orthopaedics* **34**, 719–722.
- Grifka, J. & Kuster, M. (2011), 'Orthopädie und Unfallchirurgie', *Springer Verlag, Berlin Heidelberg* pp. 742–746.
- Grosse, A. & Taglang, G. (1991), 'Results of the gamma-nailing of the Centre de Traumatologie Strassburg', *Course of Locking Nailing, Courchevel/France*.
- Hadji, P., Klein, S., Gothe, H., Häussler, B., Kless, T., Schmidt, T., Steinle, T., Verheyen, F. & Linder, R. (2013), 'The epidemiology of osteoporosis—Bone Evaluation Study (BEST)', *Dtsch Arztebl Int* **110**(4), 52–57.
- Haidukewych, G. (2009), 'Intertrochanteric fractures: ten tips to improve results.', *The Journal of bone and joint surgery. American volume* **91**, 712–719.
- Hartel, M., Petersik, A., Schmidt, A., Kendoff, D., Nüchtern, J., Rueger, J., Lehmann, W. & Grossterlinden, L. (2016), 'Determination of Femoral Neck Angle and Torsion Angle Utilizing a Novel Three-Dimensional Modeling and Analytical Technology Based on CT Datasets', *PloS one* **11**(3).
- Haynes, A., Weiser, T., Berry, W., Lipsitz, S. R., Breizat, A., Dellinger, E., Herbosa, T., Joseph, S., Kibatala, P., Lapitan, M., Merry, A., Moorthy, K., Reznick, R., Taylor, B., Gawande, A. & Group, S. S. S. L. S. (2009), 'A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population', *The New England journal of medicine* **360**, 491–499.

- Hernlund, E., Svedbom, A., Ivergård, M., Compston, J., Cooper, C., Stenmark, J., McCloskey, E., Jönsson, B. & Kanis, J. (2013), 'Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden', *Archives of osteoporosis* **8**(1-2), 1–115.
- Herrera, A., Domingo, L. J., Calvo, A., Martínez, A. & Cuenca, J. (2002), 'A comparative study of trochanteric fractures treated with the Gamma nail or the proximal femoral nail', *International orthopaedics* **26**, 365–369.
- Hesse, B., Lampert, C., Remiger, A., Ebert, T. & Gächter, A. (2003), 'Die Versorgung trochanterer Frakturen mit dem Gammanagel', *Der Unfallchirurg* **106**(4), 281–286.
- Hohendorff, B., Meyer, P., Menezes, D., Meier, L. & Elke, R. (2005), 'Behandlungsergebnisse und Komplikationen nach PFN-Osteosynthese', *Der Unfallchirurg* **108**(11), 938–953.
- Hou, G., Zhou, F., Tian, Y., Ji, H., Zhang, Z., Guo, Y. & Lv, Y. (2014), 'Predicting the need for blood transfusions in elderly patients with pertrochanteric femoral fractures', *Injury* **45**, 1932–1937.
- Hsueh, K., Fang, C., Chen, C., Su, Y., Wu, H. & Chiu, F. (2010), 'Risk factors in cutout of sliding hip screw in intertrochanteric fractures: an evaluation of 937 patients.', *International orthopaedics* **34**, 1273–1276.
- Jaeschke-Melli, S., Hedke, J., Meiners, J., Dannenberg, O., Jürgens, C. & Faschingbauer, M. (2013), 'Standards in der Versorgung proximaler Femurfrakturen', *Trauma und Berufskrankheit* **15**(2), 119–128.
- Johnell, K. & Fastbom, J. (2009), 'Undertreatment of osteoporosis in the oldest old? A nationwide study of over 700,000 older people', *Archives of osteoporosis* **4**(1-2), 17–23.
- Kadar, A., Chechik, O., Steinberg, E., Reider, E. & Sternheim, A. (2013), 'Predicting the need for blood transfusion in patients with hip fractures', *International orthopaedics* **37**, 693–700.
- Kammerlander, C., Erhart, S., Doshi, H., Gosch, M. & Blauth, M. (2013), 'Principles of osteoporotic fracture treatment', *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* **27**(6), 757–769.
- Kashigar, A., Vincent, A., Gunton, M., Backstein, D., Safir, O. & Kuzyk, P. (2014), 'Predictors of failure for cephalomedullary nailing of proximal femoral fractures', *Bone Joint J* **96**(8), 1029–1034.
- Kim, S., Kim, Y. & Hwang, J. (2005), 'Cementless calcar-replacement hemiarthroplasty compared with intramedullary fixation of unstable intertrochanteric fractures. A prospective, randomized study.', *The Journal of bone and joint surgery. American volume* **87**, 2186–2192.
- King, M. & Tinetti, M. (1995), 'Falls in community-dwelling older persons', *Journal of the American Geriatrics Society* **43**, 1146–1154.
- Knobe, M., Munker, R., Sellei, R., Schmidt-Rohlfing, B., Erli, H., Strobl, C. & Niethard, F. (2009), 'Die instabile pertrochantäre Femurfraktur. Komplikationen, Fraktursinterung und Funktion nach extra-und intramedullärer Versorgung', *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* **147**(03), 306–313.
- Knobe, M. & Siebert, C. (2014), 'Hüftgelenknahe Frakturen im hohen Lebensalter', *Der Orthopäde* **43**(4), 314–324.

- Kraus, M., Krischak, G., Wiedmann, K., Riepl, C., Gebhard, F., Jöckel, J. & Scola, A. (2011), 'Klinische Evaluation des PFNA® und Zusammenhang zwischen Tip-Apex-Distanz und mechanischem Versagen', *Der Unfallchirurg* **114**(6), 470–478.
- Krischak, G., Dürselen, L. & Röderer, G. (2011), 'Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen', *Der Unfallchirurg* **114**(6), 485–490.
- Küntschner, G. (1962), 'Nagelung des pertrochantären Bruches mit dem Y-Nagel', *Kütscher, G.: Praxis der Marknagelung* **1**, 163–165.
- Lefavre, K., Macadam, S., Davidson, D., Gandhi, R., Chan, H. & Broekhuysse, H. (2009), 'Length of stay, mortality, morbidity and delay to surgery in hip fractures', *The Journal of bone and joint surgery. British volume* **91**, 922–927.
- Lesic, A., Zagorac, S., Bumbasirevic, V. & Bumbasirevic, M. (2012), 'The development of internal fixation - historical overview', *Acta chirurgica Iugoslavica* **59**, 9–13.
- Lindner, T., Kanakaris, N., Marx, B., Cockbain, A., Kontakis, G. & Giannoudis, P. (2009), 'Fractures of the hip and osteoporosis', *Bone & Joint Journal* **91**(3), 294–303.
- Lobo-Escolar, A., Joven, E., Iglesias, D. & Herrera, A. (2010), 'Predictive factors for cutting-out in femoral intramedullary nailing', *Injury* **41**, 1312–1316.
- Lögters, T., Hakimi, M., Linhart, W., Kaiser, T., Briem, D., Rueger, J. & Windolf, F. (2008), 'Die geriatrische Frührehabilitation nach hüftgelenknahem Oberschenkelbruch', *Der Unfallchirurg* **111**(9), 719–726.
- Maatz, R. & Arens, W. (1983), *Die Marknagelung und andere intramedulläre Osteosynthesen*, Schattauer Verlag, Stuttgart.
- Magaziner, J., Lydick, E., Hawkes, W., Fox, K., Zimmerman, S., Epstein, R. & Hebel, J. (1997), 'Excess mortality attributable to hip fracture in white women aged 70 years and older.', *American Journal of Public Health* **87**(10), 1630–1636.
- Megas, P., Kaisidis, A., Zouboulis, P., Papas, M., Panagopoulos, A. & Lambiris, E. (2005), 'Vergleichsstudie der Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen- trochanteric Gamma-Nagel vs. PFN', *Zeitschrift fuer Orthopaedie* **143**(2), 252–258.
- Müller, M., Nazarian, S. & Koll, P. (1987), 'AO-Klassifikation der Frakturen', *Springer, Berlin Heidelberg New York*.
- Müller, M., Seitz, A., Besch, L., Hilgert, R. & Seekamp, A. (2008), 'Versorgung pertrochantärer Femurfrakturen', *Der Unfallchirurg* **111**(2), 71–78.
- Neuerburg, C., Gosch, M., Blauth, M., Böcker, W. & Kammerlander, C. (2015), 'Augmentationstechnik am proximalen Femur', *Der Unfallchirurg* **118**(9), 755–764.
- Pajarinen, J., Lindahl, J., Michelsson, O., Savolainen, V. & Hirvensalo, E. (2005), 'Pertrochanteric femoral fractures treated with a dynamic hip screw or a proximal femoral nail', *The Journal of bone and joint surgery. British volume* **87**, 76–81.
- Parker, M., Bowers, T. & Pryor, G. (2012), 'Sliding hip screw versus the Targon PF nail in the treatment of trochanteric fractures of the hip: a randomised trial of 600 fractures', *The Journal of bone and joint surgery. British volume* **94**, 391–397.

- Parker, M. & Handoll, H. (2002), ‘Gamma and other cephalocondylic intramedullary nails versus extramedullary implants for extracapsular hip fractures’, *The Cochrane database of systematic reviews* p. CD000093.
- Povacz, F. (2008), *Geschichte der Unfallchirurgie*, 2 edn, Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 188–191.
- Queally, J., Harris, E., Handoll, H. & Parker, M. (2014), ‘Intramedullary nails for extracapsular hip fractures in adults’, *The Cochrane database of systematic reviews* p. CD004961.
- Raschke, M. & Alt, N. (2014), ‘Komplikationen nach Osteosynthese des proximalen Femurs’, *Der Orthopäde* **43**(1), 35–46.
- Richter, M., Becker, C., Seifert, J., Gebhard, F., Pieske, O., Holch, M., Lob, G. & von Verletzungen der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, A. P. (2002), ‘Prävention von Verletzungen im Alter’, *Der Unfallchirurg* **105**(12), 1076–1087.
- Sandmann, G. & Biberthaler, P. (2015), ‘Petrochantäre Femurfrakturen beim geriatrischen Patienten’, *Der Unfallchirurg* **118**(5), 447–462.
- Saudan, M., Lübbecke, A., Sadowski, C., Riand, N., Stern, R. & Hoffmeyer, P. (2002), ‘Petrochanteric fractures. Is there an advantage of intramedullary nail? a randomized, prospective study of 206 patients comparing the dynamic hip screw and proximal femoral nail.’, *J Orthop Trauma* **16**, 386–393.
- Schiebler, T. (2005), *Anatomie*, 9 edn, Springer Verlag, Heidelberg. pp. 312–340.
- Schipper, I., Steyerberg, E., Castelein, R., Van Der Heijden, F., Den Hoed, P., Kerver, A. & Van Vugt, A. (2004), ‘Treatment of unstable trochanteric fractures’, *Bone & Joint Journal* **86**(1), 86–94.
- Schultheiss, M., Traub, S. & Baer, A. (2014), ‘Pathologische Frakturen bei malignen Knochentumoren’, *Der Unfallchirurg* **117**(7), 583–592.
- Schünke, M., Schulte, E. & Schumacher, U. (2005), *Prometheus - Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat*, Thieme Verlag, Stuttgart. pp. 366–371.
- Siebert, H. & Beck, A. (2005), ‘Unfallchirurgie im Alter’, *Der Chirurg* **76**(2), 139–150.
- Smith & Nephew, Inc. (2012), ‘IMHS CP - Intramedullary Hip Screw - Surgical Technique’, *OP-Anleitung*. Aufruf am 13.12.2016.  
**URL:** [https://www.smith-nephew.com/global/surgicaltechniques/trauma/imhs\\_71180942\\_us.pdf](https://www.smith-nephew.com/global/surgicaltechniques/trauma/imhs_71180942_us.pdf)
- Stryker Trauma GmbH (2005), ‘Gamma3’, *OP-Anleitung*. Aufruf am 13.12.2016.  
**URL:** <http://pdf.medicaexpo.de/pdf-en/stryker/gamma3-t/70192-158951.html>
- Tengberg, P., Foss, N., Palm, H., Kallemose, T. & Troelsen, A. (2016), ‘Tranexamic acid reduces blood loss in patients with extracapsular fractures of the hip’, *Bone Joint J* **98**(6), 747–753.
- Walton, M., Barnett, A. & Jackson, M. (2008), ‘Tip-Apex Distance as a Predictor of Failure Following Cephalo-Medullary Fixation for Unstable Fractures of the Proximal Femur’, *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society* **34**, 273–276.



Zhou, W., Schwarting, S., Illanes, S., Liesz, A., Middelhoff, M., Zorn, M., Bendszus, M., Heiland, S., Van Ryn, J. & Veltkamp, R. (2011), 'Hemostatic therapy in experimental intracerebral hemorrhage associated with the direct thrombin inhibitor dabigatran', *Stroke* **42**(12), 3594–3599.

Zwipp, H. (2010), 'Osteosyntheseverfahren', *Der Orthopäde* **39**(2), 121–121.

## 11 Danksagung

Zuerst möchte ich mich bei Herrn PD Dr. Marc Schult für die Themastellung, die hervorragende Betreuung und seine ständige Diskussions- und Hilfsbereitschaft bedanken.

Ein großer Dank gebührt auch Herrn PD Dr. Maximilian Hartel und Frau Dr. Josephine Berger-Groch für die Möglichkeit der Durchführung dieser Arbeit und die vielen wertvollen Anregungen, die wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Bedanken möchte ich mich zudem bei Frau Dr. Jansen und dem Team des Albertinen Krankenhauses für das große Engagement hinsichtlich meiner beruflichen Ausbildung.

Philine danke ich von ganzem Herzen für ihre unermüdliche Unterstützung, ihre Liebe und Motivation.

Bei meinen Eltern, Anna und Lilly möchte ich mich ganz besonders bedanken für ihre uneingeschränkte, liebevolle und vielseitige Unterstützung vor und während meines Studiums. Ohne sie wäre diese Arbeit so nicht möglich gewesen. Vor allem für die Möglichkeit, trotz aller Widerstände, Medizin studieren zu können, bin ich ihnen ganz besonders dankbar.

Christina danke ich für kritische Auseinandersetzung mit diesem Thema.

Auch Olaf möchte ich danken für die englische Übersetzung, die Hilfe in allen Lebenslagen und das frühe Nahebringen der Wissenschaft.

## 12 Lebenslauf

Entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen.

### **13 Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Hamburg, den