

Aus der Klinik Orthopädie und Unfallchirurgie
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

vormals

Klinik für Allgemeine, Unfall-, und Wiederherstellungschirurgie

Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

**Retrospektive Analyse des peri- und postoperativen Verlaufes
periprothetischer Femurfrakturen**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Florian Schweitzer

aus München

2021

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Hans-Joachim Andreß

Prof. Dr. med. Arend Billing

Prof. Dr. med. Andreas Ficklscherer

Mitbetreuung durch den

promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Bianka Rubenbauer, Prof. Dr. med.
Christian Kammerlander, Dr. univ. Dr. med. Fabian Sommer

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 14.10.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Epidemiologie und Ätiologie	6
1.2	Frakturklassifikationen	7
1.2.1	Klassifikationen der periprothetischen Frakturen bei Hüftprothesen	7
1.2.2	Fraktуреinteilung für periprothetische Frakturen bei Knieprothesen	11
1.3	Diagnostik	14
1.4	Behandlungsmethoden	15
1.4.1	Konservative Therapie	15
1.4.2	Operative Therapie	16
2	Material und Methoden	19
2.1	Patientenkollektiv	19
2.2	Datenerfassung	19
2.3	Datenverarbeitung	20
3	Ergebnisse	23
3.1	Fallanzahl	23
3.2	Geschlechterverteilung	24
3.3	Altersverteilung	25
3.4	Seitenverteilung	26
3.5	Gewichtsverteilung	27
3.6	ASA-Klassifikation	28
3.7	Hoch vs. niedrigerenergetische Traumata	29
3.8	Prothesenstandzeit	30
3.9	Präoperative Zeit in Tagen (Zeitraum zwischen Frakturereignis und operativer Versorgung)	32
3.10	Schnitt-Naht-Zeit	34
3.11	Risikofaktoren (relevante Nebendiagnosen)	35
3.12	Operative Therapie anhand der Frakturklassifikation	38
3.13	Peri/postoperative Erythrozytenkonzentrat und Fresh-Frozen-Plasmagabe	43
3.14	Intensivstationsaufenthalt	44
3.15	Postoperativer Krankenhausaufenthalt	46
3.16	Postoperative Belastungsmöglichkeit	48
3.17	Radiologische Nachuntersuchung	50
3.18	Postoperative Komplikationen	51
3.19	Revisionseingriffe	57
3.20	Interhospitalletalität	60
3.21	Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate	61
4	Diskussion	64
4.1	Patientenkollektiv	64
4.2	Frakturhäufigkeiten	65
4.3	Frakturgenese	65
4.4	Angewandte Therapieverfahren im Vergleich	66
4.5	Standzeit der Prothesen	66
4.6	Operationszeitpunkt	67
4.7	Komplikationen	68
4.8	Revisionseingriffe	70
4.9	ASA-Klassifikation & BMI	71
4.10	Risikofaktoren/Vorerkrankungen	72
4.11	Intensivstationsaufenthalt	74
4.12	Erythrozytenkonzentrat und Fresh-Frozen-Plasmagabe	74
4.13	Postoperative - Belastungsmöglichkeit	75
4.14	Radiologische Nachuntersuchung	77
4.15	Interhospitalletalität	78

4.16	Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate	78
5	Zusammenfassung.....	81
6	Literaturverzeichnis	85
7	Danksagung.....	89
8	Eidesstattliche Versicherung	90

1 Einleitung

In Deutschland gehören die Implantationen von Knie- und Hüftgelenktotalendoprothesen zu den 20 häufigsten operativen Eingriffen im stationären Bereich [1]. In der Statistik der Bundesgeschäftsstelle für Qualitätssicherung sowie dem schwedischen Hüftregister wird ein deutlicher Zuwachs an jährlich implantierten Totalendoprothesen vermerkt [1, 2]. Im Jahr 2010 wurden in Deutschland laut DRG-Statistik des Statistischen Bundesamtes 213.697 dieser Eingriffe durchgeführt [3]. Es wird davon ausgegangen, dass sich diese Zahl bis 2030 verdoppelt [4]. In Deutschland wurden im Jahr 2016 laut dem Qualitätsreport des Bundesausschusses 229.603 Hüftprothesen und 165.534 Kniegelenksprothesen implantiert [5]. Dies ist durch die durchschnittlich erhöhte Lebenserwartung bei verbesserter medizinischer Versorgung in den Industrieländern mit entsprechender Zunahme an verschleißbedingten Gelenkserkrankungen zu erklären. Zusätzlich sinkt das Alter der Patienten, die eine Primärendoprothese benötigen, wobei der Anspruch an die verbleibende Mobilität postoperativ gestiegen ist [1]. Durch diese Zunahme an Implantationen und dem erhöhten postoperativen Mobilitätsanspruch der Patienten ist das Risiko für periprothetische Frakturen angestiegen.

Die periprothetische Fraktur ist eine seltene aber schwerwiegende Komplikation und wurde erstmals 1954 von Horowitz und Lenobel beschrieben [6]. Die erfolgreiche Behandlung dieser Frakturform ist für die Orthopäden und Unfallchirurgen oft eine Herausforderung. Bis jetzt gibt es noch keine einheitlichen Therapieempfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie. Dies ist auch hinsichtlich der Vielfältigkeit der Frakturformen, den unterschiedlichen Lokalisationen und Versorgungsmöglichkeiten, sowie verschiedenen Prothesentypen nachvollziehbar. Diese retrospektive Studie mit vergleichsmäßig hohen Fallzahlen inklusive der Ein-Jahres-Überlebensrate und Mortalität, soll es erleichtern klinisch evaluierte Behandlungsstrategien darzulegen und mit zu entwickeln. Dafür wurden 163 periprothetische Frakturen des Knie- und Hüftgelenks im Klinikum Großhadern und dem Campus Innenstadt an der LMU zwischen Februar 2010 und Januar 2017 retrospektiv evaluiert, klassifiziert und ausgewertet.

1.1 Epidemiologie und Ätiologie

Als seltene, jedoch schwerwiegende Komplikation bei liegenden Prothesen wird die periprothetische Fraktur in der Literatur nach aseptischen Prothesenlockerungen und rezidivierenden Luxationen als dritthäufigster Revisionsgrund genannt [7]. Die PPF (periprothetische Fraktur) ist eine der bedeutendsten Komplikationen, da sie durch häufig schlechte postoperative Ergebnisse und damit eingeschränkter Mobilität sowie erhöhter Mortalität eine große psychische Belastung für den Patienten darstellt [8]. Es lässt sich grundsätzlich zwischen intraoperativen und postoperativen, periprothetischen Frakturen unterscheiden. Die Literatur beschreibt, dass die Inzidenz für intraoperative Frakturen zwischen 0,1% bis 27,8% und für postoperative Frakturen zwischen 0,07% bis 18% variiert [9]. Diese Diskrepanz ist vermutlich auf unterschiedliche demographische Daten, Prothesentypen, Primärerkrankungen, Voroperationen, sowie auf die Erfahrung des Operateurs zurückzuführen [10]. Diese große Spanne bei oft geringen Fallzahlen verdeutlicht umso mehr, wie wichtig es ist in diesem Gebiet weitere Forschungsergebnisse zu erhalten, welche den Therapieansatz vereinfachen. Hagel A. et al. gibt eine Inzidenz für traumatische, postoperative PPF von 0,3-5,5% für die Knie-TEP und 0,1-6% für die Hüft-TEP an [1]. Die Inzidenz für intraoperative PPF wird mit 0,1-1% angegeben. Intraoperative PPF entstehen vor allem beim Einschlagen der Prothese [1]. Mit dem Ansteigen der Primärimplantationen an Hüft- und Knieprothesen steigen auch die Revisionseingriffe und erhöhen damit das Risiko für Wechseloperationen trotz längeren Standzeiten der neuen Prothesen. Revisionseingriffe haben eine Inzidenz von 6% [11]. Weitere Risikofaktoren die eine PPF nach sich ziehen sind Osteoporose, Osteomalazie, Osteolysen, Morbus Paget, rheumatoide Arthritis, Infektionen und aseptische Lockerungen [12-14]. Die Prothesenlockerung entsteht durch fortschreitende Knochenresorption und dadurch entstehende Markraumerweiterungen [12]. Hierdurch kommt es zu einem vermehrten Spielraum zwischen Prothesenspitze und Femurschaft. Die dadurch entstandenen biomechanischen Biegungskräfte begünstigen das Auftreten von Ermüdungsfrakturen [12, 13] oder Frakturen durch Bagatelltraumen. Ein Sonderfall der periprothetischen Fraktur ist die interprothetische Fraktur, dies ist eine Fraktur zwischen einer einliegenden Knie- und Hüftprothese. Ursächlich hierfür ist die starke mechanische Belastung der Knochenbrücke zwischen den beiden Prothesen, da hier verstärkte biomechanische Biegungskräfte entstehen die eine Fraktur zwischen einer Prothese bzw. Osteosynthese begünstigen können [12, 13].

1.2 Frakturklassifikationen

Bei der Einteilung der periprothetischen Fraktur, gibt es sowohl für die Fraktur bei liegender Knie- als auch bei liegender Hüftprothese gängige Klassifikationen. Hier im Folgenden eine Zusammenfassung der am häufigsten verwendeten Klassifikationen.

1.2.1 Klassifikationen der periprothetischen Frakturen bei Hüftprothesen

Periprothetische Frakturen bei einliegenden Hüftprothesen wurden erstmals 1974 von Whittaker et al. beschrieben [15]. Hierbei berücksichtigte Whittaker die anatomische Lage der Fraktur im Bezug zur einliegenden Hüftprothese. Frakturen im Bereich der Trochanterregion werden als Typ 1 Frakturen beschrieben, Typ 2 Frakturen befinden sich im Bereich des Prothesenschafts bis kurz oberhalb der Prothesenspitze und Typ 3 Frakturen liegen in der Region unterhalb der Prothesenspitze und der Knochen ist gegebenenfalls disloziert [15].

Tabelle 1: Klassifikation nach Whittaker

Typ	Frakturlokalisierung	Stabilität der Prothese
I	intertrochantär	-
II	subtrochantär/ proximaler Femur	Prothese stabil verankert
III	proximaler Femur, unterhalb der Prothesenspitze	Prothese gelockert, Knochen disloziert

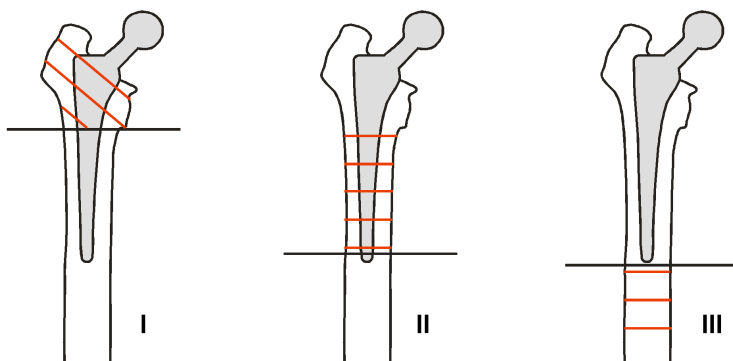


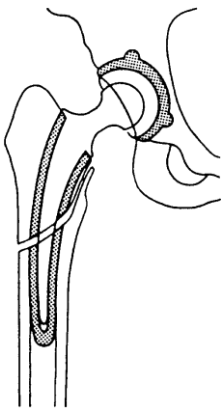
Abbildung 1. Klassifikation nach Whittaker [15]

Eine erweiterte Klassifikation von Johansson et al. folgte der Klassifikation von Whittaker, welcher die Frakturlokalisierung in Bezug auf die Prothesenregion erläuterte und Frakturen unterhalb des Schaftes mit einbezog. Zusätzlich differenzierte

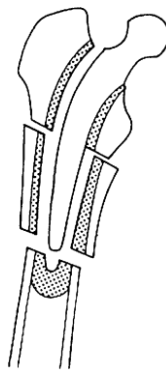
Johansson ob der Prothesenschaft im Markkanal verblieb oder aus diesem heraus dislozierte. Er berücksichtigte jedoch nicht den Prothesenstatus, d. h. ob die Prothese stabil und damit nicht gelockert war oder gegebenenfalls schon vorher Lockerungszeichen aufwies. [16].

Tabelle 2: Klassifikation nach Johansson

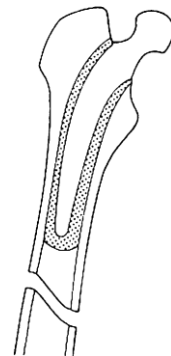
Typ	Frakturlokalisation
I	auf den Prothesenschaft begrenzt, die Prothese verbleibt im Markraum
II	um die Prothesenspitze, die Prothese ist aus der Markhöhle disloziert
III	distal der Prothesenspitze



Johansson-I- Fraktur



Johansson-II- Fraktur



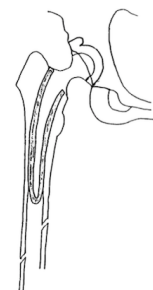
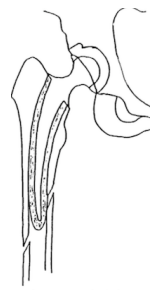
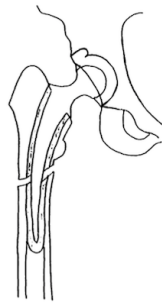
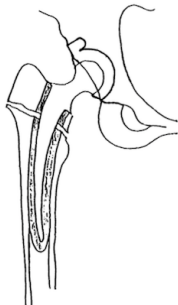
Johansson-III Fraktur

Abbildung 2. Klassifikation nach Johansson [16]

Eine weitere Einteilung erfolgte durch Mont und Maar, sie leiteten ihre Einteilung auf mehreren bereits bestehenden Klassifikationen ab und unterschieden fünf Frakturtypen. Typ I-IV ist dabei streng an Ihrer anatomischen Lage unterteilt, Typ V hingegen beschreibt Trümmerfrakturen [17].

Tabelle 3: Klassifikation nach Mont und Maar

Typ	Frakturlokalisation
I	Trochanter nah
II	im Bereich des Prothesenschaftes
III	im Bereich der Prothesenspitze
IV	distal der Prothesenspitze
V	mehrfragmentäre Frakturen

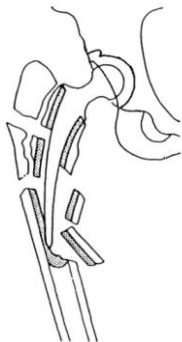


Typ 1 nach Mont & Maar

Typ 2 nach Mont & Maar

Typ 3 nach Mont & Maar

Typ 4 nach Mont & Maar



Typ 5 nach Mont und Maar

Abbildung 3. Klassifikation nach Mont und Maar [17]

Beals et al. ist eine weitere gängige Klassifikation, die vor allem ihre Anwendung im angloamerikanischen Raum findet und berücksichtigt neben der Frakturlokalisation ebenfalls den Verlust der Kontaktfläche zwischen der Prothese und der Kortikalis des Femurs [18].

Tabelle 4: Klassifikation nach Beals et al.

Typ	Frakturlokalisation
I	Proximal, Abriss des Trochanter major oder minor
II	Diaphyse ohne Prothesenspitze
IIIa	Prothesenspitze, ohne proximalen Frakturverlauf, < 25 % Verlust der Kontaktfläche
IIIb	Prothesenspitze, mit proximalem Frakturverlauf, > 25 % Verlust der Kontaktfläche
IIIc	Supracondylär bei Langschaftprothese
IV	Distal und entfernt der Prothese

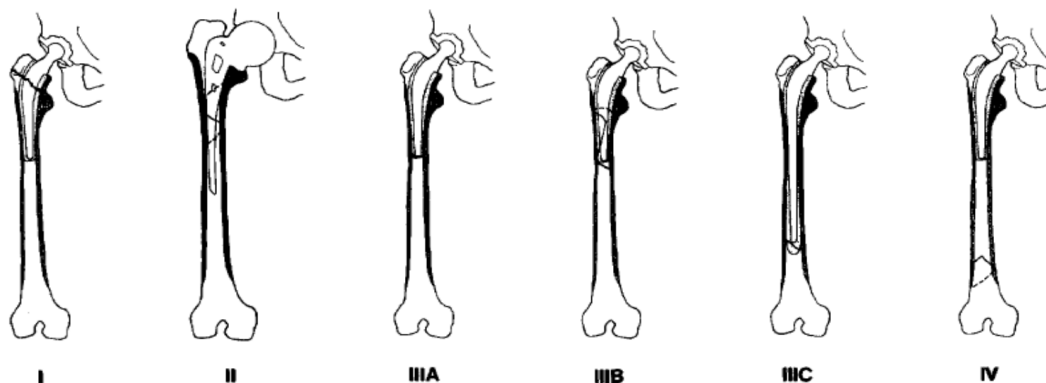
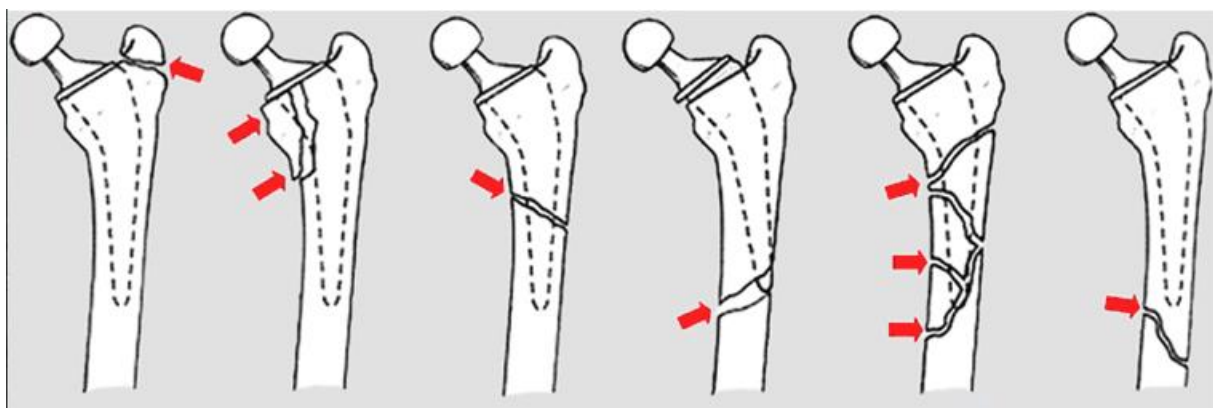


Abbildung 4. Klassifikation nach Beals [18]

Für die Einteilung periprothetischer Frakturen nach Hüftprothesenimplantation wurde in unserer Studie die Vancouver-Klassifikation nach Duncan et al. herangezogen. Neben der Frakturlokalisation und der Stabilität der Prothese berücksichtigt diese Klassifikation auch die Knochenqualität [19]. Sie hat den Vorteil, dass man mit ihr, durch die Verwendung der Stabilitätskriterien und der Betrachtung der bestehenden Knochenqualität, hier bereits eine sinnvolle Therapieempfehlung ableiten kann [20].

Tabelle 5: Vancouver-Klassifikation

Typ	Frakturlokalisation	Subtyp
A	Regio trochanterica	A _G : Trochanter major, Prothese stabil
		A _L : Trochanter minor, Prothese stabil
B	Distal des Trochanter minor bis zur Prothesenspitze	B1: stabile Prothese
		B2: lockere Prothese
		B3: schlechte Knochenqualität, lockere Prothese
C	Weit distal der Prothesenspitze	



Typ AG

Typ AL

Typ B1

Typ B2

Typ B3

Typ C

Abbildung 5. Klassifikation nach Vancouver [19]

1.2.2 Fraktуреinteilung für periprothetische Frakturen bei Knieprothesen

Bei der Einteilung periprothetischer Frakturen bei einliegenden Knieprothesen finden ebenfalls in der Literatur mehrere gängige Klassifikationen ihre Anwendung. Die Klassifikation nach R. Szyzkowitz orientiert sich an der Vancouver Klassifikation nach Duncan et al. [19] und beurteilt die Frakturlokalisation, Stabilität und Knochenqualität [21].

Tabelle 6: Frakturlokalisation nach R. Szyzkowitz

Typ	Frakturlokalisation	Subtyp
A	Kondylenfrakturen	A1: mit stabiler Prothese A2: mit instabiler Prothese
B	Prothesenschaft bis Prothesenspitze	B1: stabile Prothese B2: instabile Prothese B3: mit schlechter Knochenqualität
C	Oberhalb bzw. unterhalb der Prothese	Keine Subtypen

Wir entschieden uns in unserer Studie für die Verwendung der Klassifikation nach Lewis und Rorabeck. Hier werden therapierelevante Kriterien der suprakondylären, periprothetischen Fraktur berücksichtigt, wie der Dislokationsgrad und auch die Implantatverankerung [22]. Bei sorgfältiger Anwendung können auch hier Anhaltspunkte für die Therapieempfehlung abgeleitet werden [20].

Tabelle 7: Klassifikation nach Rorabeck (Rorabeck und Taylor 1999)

Typ	Frakturbeschreibung	Prothesenstabilität
I	Fraktur undisloziert	stabil
II	Fraktur disloziert	stabil
III	Fraktur undisloziert oder disloziert	instabil

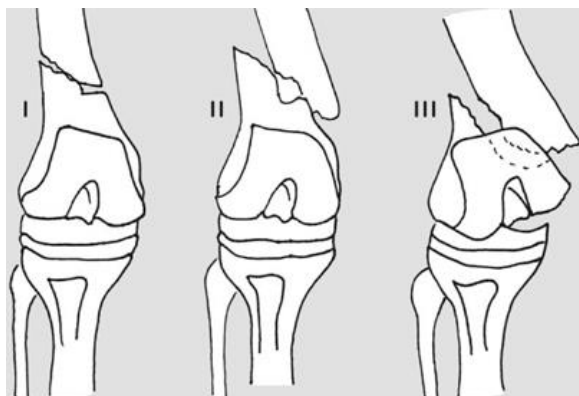


Abbildung 6. Klassifikation nach Rorabeck [22]

In einer weiteren Klassifikation aus dem Jahre 2004 von Su et al. werden die Frakturen nach ihrer Lokalisation im Bezug zur Knieprothese gegliedert [23]. Su et al. unterteilt die PPF des Femurs in drei unterschiedliche Typen. Typ I Frakturen liegen proximal der femoralen Komponente. Typ II Frakturen ziehen von der proximalen Begrenzung der Femurkomponente weiter nach proximal. Bei Typ III Frakturen liegen alle Frakturanteile unterhalb der proximalen Begrenzung des anterioren Prothesenschilds.

Tabelle 8: Klassifikation nach Su et al.

Typ	Frakturlokalisierung
I	oberhalb der femoralen Komponente der Prothese
II	vom proximalen Ende des femoralen Prothesenteils weiter nach proximal
III	insgesamt distal der antero-proximalen Begrenzung der femoralen Prothesenkomponente

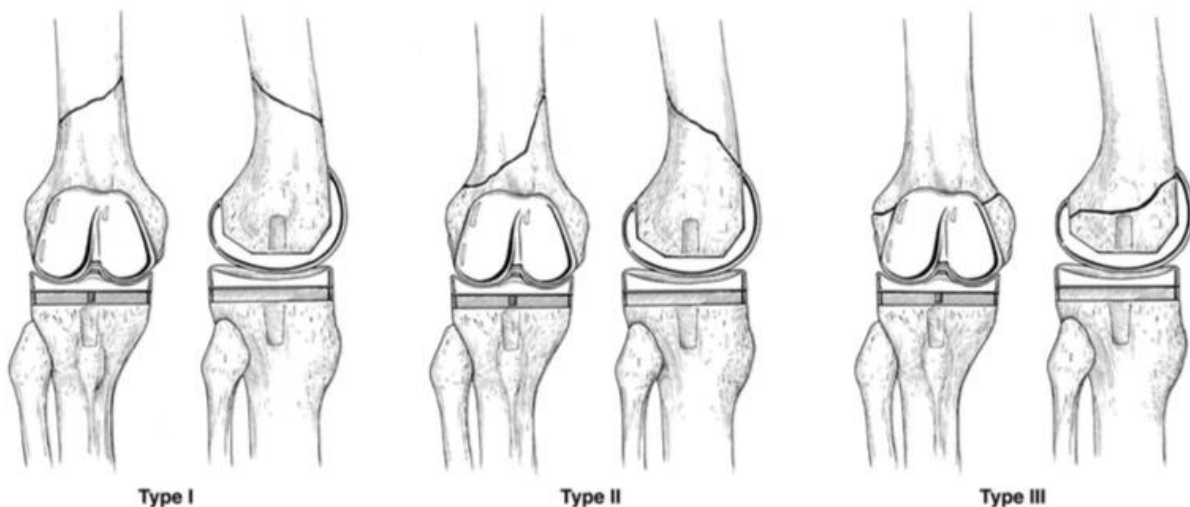


Abbildung 7. Klassifikation nach Su [23]

Die am häufigsten verwendete Klassifikation bei Fraktur der Tibia und liegender Knieprothese ist die Einteilung nach Felix et al. [24, 25]. Sie gibt Auskunft über die Frakturlokalisierung, die Stabilität der Prothese und bezieht sich auf den Frakturzeitpunkt und Hergang, intraoperativ versus postoperativ [26]. Die Klassifikation besteht immer aus der Kombination einer der Ziffern I-IV inklusive eines Buchstabens A, B oder C.

Tabelle 9: Klassifikation periprothetischer Tibiafrakturen nach Felix et al.

Frakturtyp	Frakturbeschreibung
I	Fraktur mit Beteiligung des Tibiaplateaus
II	Fraktur mit Kontakt zum Implantatstil
III	Fraktur distal des Implantatstils
IV	Fraktur mit Beteiligung der Tuberositas tibiae
A	Prothese stabil
B	Prothese gelockert
C	Fraktur entstand intraoperativ

1.3 Diagnostik

Grundlegend ist im Rahmen der Diagnostik immer auch der genaue Unfallmechanismus zu klären. Durch die Analyse des Unfallgeschehens kann primär zwischen einem adäquaten Trauma wie einem Sturz oder Verkehrsunfall und einem inadäquaten Trauma unterschieden werden [1, 12]. Anamnestisch sind vorbestehende Bewegungs-, oder Belastungsschmerzen, Instabilitätsgefühle und Funktionseinschränkungen zu erfragen, da hieraus Rückschlüsse auf eine möglich vorbestehende Prothesenlockerung gemacht werden können. In die Therapieplanung sollten Achsabweichungen oder Beinlängendifferenzen mit einbezogen werden. Ebenfalls ist es von großer Bedeutung das Ausmaß des Weichteilschadens, periphere, neurologische Defizite und vorbestehende arterielle oder venöse Durchblutungsstörungen zu erkennen [12]. Das konventionelle Röntgen des Hüftgelenks und des Oberschenkels in zwei Ebenen gilt als Basisdiagnostik der periprothetischen Fraktur. Ebenfalls sinnvoll sind Röntgenaufnahmen des Kniegelenks in zwei Ebenen sowie eine zentrierte Aufnahme des Frakturbereichs. Bei komplizierten Frakturen und zur genaueren Beurteilung des Frakturverlaufs sind Schichtaufnahmen oder eine computertomographische Darstellung nötig und meistens zwingend indiziert [12]. Hierbei ist zu beachten, dass es durch die implantierte Prothese zu Streuartefakten und eingeschränkter Beurteilbarkeit kommen kann [27]. Beim Auftreten von neurologischen Defiziten oder Durchblutungsstörungen muss immer patientenindividuell gehandelt werden. Bei dem Verdacht einer vorbestehenden

Prothesenlockerung kann es selten auch einmal sinnvoll sein eine Knochenszintigraphie durchzuführen, um mögliche Lockerungszeichen sichtbar zu machen.

1.4 Behandlungsmethoden

1.4.1 Konservative Therapie

Patienten die periprothetische Frakturen erleiden sind oftmals älter und zusätzlich multimorbide. Nicht selten liegt auch eine ausgeprägte Osteoporose vor, welche die Fixation nach erlittener Fraktur als schwierig gestaltet. Früher wurden PPF bei mangelnder operativer Möglichkeiten vermehrt mittels Orthesen und Gipstutor konservativ therapiert. Konservativ sollten laut Ruprecht et al. nur inkomplette Frakturen auf der Höhe des Prothesenschaftes und isolierte nicht dislozierte Trochanterabrisse behandelt , sowie im Verlauf klinisch und radiologisch engmaschig nachkontrolliert werden [28]. Da jedoch häufige Komplikationen wie Achsfehlstellungen, Pseudarthrosen oder sekundäre Dislokationen auftraten, wurden im Verlauf viele dieser Patienten operativ nachbehandelt. Nach Kelley et al. lag die operative Revisionsrate für Frakturen im mittleren Drittel des Femurschaftes bei 50-100% und die Non-Union-/ Pseudarthrosenrate im Bereich der Prothesenspitze bei 25-42 % [29] . Nach erlittener PPF, ist die Wiederherstellung anatomischer Achs- und Torsionsverhältnisse, sowie eine möglichst schnelle Heilung der Fraktur binnen weniger Wochen wichtig. Ebenfalls ist ein vergleichbarer Bewegungsumfang wie vor dem Frakturereignis anzustreben. Im Rahmen der heutigen operativen Möglichkeiten und des vergleichbar besseren postoperativen Outcomes ist der Rückgang der konservativen Behandlung von Frakturen nicht überraschend [14, 28].

Die möglichst frühzeitige Mobilisation dieser Patienten ist ein wichtiger Punkt, um Komplikationen, die durch verlängerte Bettruhe und Inaktivität auftreten können zu verringern [30]. Häufig auftretende Folgen im Rahmen der Immobilisation sind Pneumonien, Atelektasen, oder thrombembolische Komplikationen [25, 31]. Oft ist jedoch die Mobilisation und das selbstständige Gehen aufgrund eingeschränkter Belastung selbst postoperativ, bei begleitender vorliegender Gelenkerkrankungen, neurologischer Störungen und zusätzlichen Systemerkrankungen nur schwierig durchzuführen. Hier ist aus alterstraumatologischer Sicht die sofortige Möglichkeit der Vollbelastung nach operativer Therapie als kaum sinnvolles Konzept für dieses Patientenkollektiv zu sehen. Im weiteren Verlauf verschlechtern sekundäre

Implantatlockerungen und Pseudarthrosen die Prognose eines positiven postoperativen Outcomes deutlich. Eine sofortige Versorgung in Form einer Notfalloperation sollte generell bei offenen Frakturen, Frakturen mit schwerem geschlossenen Weichteilschaden, Nerven- und Gefäßverletzungen sowie dem Risiko eines Kompartment-Syndroms durchgeführt werden [12], um daraus resultierende Folgeschäden zu vermeiden.

1.4.2 Operative Therapie

Für die operative Therapie periprothetischer Frakturen fehlen weiterhin präzise Leitlinien [28]. Zur Therapieplanung wird generell unterschieden zwischen dem Wechsel der kompletten Prothese oder einem Komponentenwechsel, sowie verschiedenen Osteosyntheseverfahren (Platten oder Cerclagen) .

1.4.2.1 Plattenosteosynthese

Wird bei einer PPF weder bei der präoperativen Diagnostik noch intraoperativ eine Prothesenlockerung festgestellt und ist genügend Knochen für eine sinnvolle Fixation von Schrauben vorhanden, so kann diese mittels Plattenosteosynthese stabilisiert werden [28]. Durch Plattenosteosynthesen werden hierbei dislozierte Frakturen des Typs Vancouver AG, Vancouver B1 und C inklusive Rorabeck 1 und 2 therapiert. Die Fraktur kann bei gelockerter Prothese mittels Plattenosteosynthese nur ungenügend stabilisiert und findet dafür hier keine Anwendung [32]. Durch eine axiale Kompression der Fraktur mittels Plattenosteosynthese werden Zug und Scherkräfte am Frakturspalt neutralisiert [12]. Nachteilig bei der konventionellen Plattenversorgung jedoch auch bei den neuen NCB und LISS Plattentypen ist die verminderte Durchblutung des Periosts durch den Kontakt zwischen Platte und Knochen sowie die limitierte Stabilität [12]. Daher kann es bei einer verminderten Patienten-Compliance und nicht ausreichender Entlastung zur erhöhten Rate an Pseudarthrosen und Implantatversagen kommen [11]. Bei den Osteosyntheseverfahren gibt es zwei Systeme von neuartigen Plattentypen welche eine gehäufte Anwendung in unserer Studie fanden, auf die des Weiteren eingegangen wird.

Hierbei handelt es sich um die NCB-, der Firma Zimmer (Non-Contact Bridging - kontaktfreie Überbrückung) und LISS-Platte der Firma Synthes (less invasive stabilization system). Die NCB Plattentechnologie ermöglicht die polyaxiale Schraubenplatzierung (30° Winkelvariation) mit winkelstabiler Verriegelung mit Hilfe

von Klemmschrauben, die in die Plattenlöcher eingedreht werden, dieses winkelstabile System erhöht die Stabilität besonders bei einer schlechten Knochenqualität [33]. Hierbei wird die Fraktur wie bei einem Fixateur überbrückt, die Platte liegt dem Knochen nicht direkt auf und gewährleistet somit eine verbesserte Periostdurchblutung [33]. Hanschen und Biberthaler konnten bei der Verwendung winkelstabiler Plattenosteosynthesen eine verringerte Rate an verzögerten Heilungsverläufen und Pseudarthrosen nachweisen [33]. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass polyaxiale, winkelstabile Plattensysteme das bikortikale Verschrauben am Schaft doch oft sehr voluminösen Prothesenschaft vorbei ermöglichen, um mehr Stabilität zu gewährleisten [34]. Das LISS-Plattensystem wurde ebenfalls vermehrt für die Versorgung von PPF verwendet und wurde zur minimalinvasiven Versorgung suprakondylärer Femurfrakturen entwickelt. Das LISS kann konventionell oder anterograd am Femur eingeschoben werden. Bei diesem weichteilschonenden, geschlossenen Vorgehen wird die anatomisch vorgeformte Platte über einen Zielbügel im Bereich der Prothese perkutan mit Schrauben besetzt [12]. Im Bereich der Prothese kommen entsprechend kürzere Prothesenschrauben zum Einsatz, die nach einer Vorbohrung nur in einer Kortikalis zum liegen kommen, um nicht auf die liegende Prothese aufzulaufen. Diese weichteilschonende und geschlossene Vorgehen verringert zusätzlich das Risiko für Infektionen [12, 35]. Ein weiterer Vorteil nach Kregor et al. ist die hohe Verbindungsrate des Knochens nach durchgeführter LISS-Plattenosteosynthese durch ihre periostschonende Platzierung [35].

1.4.2.2 Cerclagen

Mittels Drahtcerclagen wird sich die Methode der Zuggurtung zunutze gemacht, hier werden Zugkräfte in interfragmentäre Kompression umgewandelt [36]. Diese Technik kann sowohl alleine als auch in Kombination mit anderen Verfahren wie Plattenosteosynthesen und Revisionsprothesen angewandt werden. Alleinstehend wird sie zur Fixierung dislozierter Fragmente in der Trochanter major Region angewandt, wie bei Vancouver AG Frakturen. Eine Spezialform ist die Hakenplatte, welche sich die Kombination aus Cerclagen und Platte in Einem zunutze macht und bei Trochanterabrissen Verwendung findet. In Kombination mit Plattenosteosynthesen kann dieses Therapieverfahren zur zusätzlichen Stabilisation bei Typ B1 und C-Frakturen nach Vancouver angewandt werden, oder wenn die einliegende Prothese die Befestigung der Schrauben erschwert [1, 37]. Bei PPF die einen Prothesenwechsel mit sich ziehen wie Vancouver B2/3 Frakturen ist in manchen

Fällen das Einbringen von Cerclagen vor der Implantation des Prothesenstiels unterhalb der Prothese als präventiv Maßnahme sinnvoll. Um eine weitere Frakturlinie beim Einschlagen des Schafts zu verhindern [30].

1.4.2.3 Nagelosteosynthese

Auch ein retrograder Nagel kann bei bestimmten PPF angewandt werden. Bei einer PPF und einliegender Hüftprothese findet nach R. Szyzkowitz et al. die Marknagelung Anwendung bei einer Typ C3 Fraktur nach Vancouver und laut Gruner et al. bei einer Johansson-III-Fraktur (distal der Prothesenspitze) [12, 21]. Im Regelfall kann der retrograde Nagel weichteilschonend und minimal invasiv platziert werden, jedoch ist eine Arthrotomie des Kniegelenks nötig [12]. Ein Nachteil ist das bei zusätzlich einliegender Hüft- auf der gleichen Seite es zwecks der kurzen Schaftstrecke zwischen Hüftprothese und Marknagel zu einer Sollbruchstelle kommen kann. Bei PPF und einliegender Knieprothese ist die Implantation abhängig vom Prothesendesign. Eine Implantation ist hier nur bei einer Prothese mit offenem Schild möglich. Prinzipiell ist die Verwendung bei reinem Oberflächenersatz möglich, jedoch ist eine genaue präoperative Planung notwendig, da die Größe der Notch ausreichend sein muss und diese durch die distale Verriegelung des retrograden Nagels, durch distale Prothesenteile oder einliegenden Knochenzement erschwert sein kann [27].

1.4.2.4 Revisionsprothesen

Die Indikation für das Verfahren eines Prothesenwechsels ist die Lockerung der einliegenden Prothese. Sie wird nach Duncan et al. (Vancouver-Klassifikation) bei den Frakturtypen B2 und B3 empfohlen [19]. Als Verfahren der Wahl, wird die alte Prothese entfernt und gegen eine Langschaftprothese ausgewechselt [30]. Bei großem ossären Substanzverlust können auch Revisions- und Tumorprothesen verwendet werden. Wichtig ist eine Prothesenlänge von 7-10cm in den Schaftabschnitt distal der Fraktur, damit eine ausreichende Stabilität gewährleistet werden kann [12]. Nachteil beim Ausbau der Prothese ist der Verlust von Knochensubstanz und die dadurch erschwerte Refixation wegen vermindertem Knochen-Prothesen-Kontakt, wodurch eine verringerte össäre Integration entsteht kann.

Eine Weiterentwicklung der Revisionsprothese ist der Prothesennagel. Dieser vereint das Prinzip der Marknagelung zur Stabilisierung der Fraktur mit dem Wechsel der Prothese [38]. Das System basiert auf der Konnektierung des Hüft-Prothesen-Kopf-

Hals-Moduls mit dem Nagelanteil. Hiervon verspricht man sich eine frühzeitige Vollbelastung der Fraktur [38]. Ein Nachteil jedoch ist die geringe proximale Verankerung des Prothesennagels im proximalen Femurdrittel, dies führt zu pendelartigen Nagelausschlägen, was in einigen Fällen röntgenologisch am proximalen intramedullären Kallusköcher sichtbar wird und von mobilen Patienten als unangenehm empfunden wird [38].

1.4.2.5 Verbundosteosynthese

Hierbei handelt es sich um ein additives Verfahren, bei dem zusätzlich polymerer Knochenzement eingebracht wird, um im defekten Knochen das Schraubenwiderlager zu verbessern. Es sollte nur angewendet werden, wenn das einfache Osteosyntheseverfahren keine hinreichende Stabilität gewährleistet, da es eine endostale Frakturheilung ausschließt [28, 36].

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum vom 15.01.2010 bis zum 12.01.2017 wurden in der In der Klinik für Allgemeine , Unfall-, und Wiederherstellungschirurgie - Großhadern und Campus Innenstadt 166 Frakturen auf Grund einer periprothetischen Fraktur operativ behandelt. Es handelte sich hierbei größtenteils um Patienten im höheren Alter von über 80 Jahren. Bei der Geschlechterverteilung zeigte sich im Patientenkollektiv sowohl bei den einliegenden Knieprothesen als auch bei den Hüftprothesen ein hoher weiblicher Anteil.

2.2 Datenerfassung

Die Gruppe der 158 operativ versorgten Patienten hatten 166 Frakturen.

Die Durchführung dieser retrospektiven Studie wurde von der Ethikkommission der medizinischen Fakultät München unter der Projekt-Nr. 17-573 genehmigt. Die Datenerhebung erfolgte anhand von Patientenakten und Röntgenbildern des Klinikums Großhadern und des Campus Innenstadt. Hierfür wurde ein Evaluationsbogen mit den folgenden 27 Parametern und Unterpunkten herangezogen.

2.3 Datenverarbeitung

Alle für diese Studie relevanten Daten wurden in einer Excel-Tabelle gesammelt und mittels des Statistikprogramms „R“ unter Wahrung des Datenschutzes verarbeitet und ausgewertet. Wir erfassten retrospektiv, die relative Häufigkeit der 27 genannten Parameter aller Patienten und verglichen diese untereinander deskriptiv.

Evaluationsbogen:

1. Primäre Prothesenstandzeit
2. Prothesenlage (Knie, Hüfte)
3. Frakturklassifikation Rorabeck (Knie)
4. Frakturklassifikation Vancouver (Hüfte)
5. Interprothetische Fraktur
6. Intraoperative Fraktur
7. Seitenverteilung
8. OP Dauer
9. Versorgung mit Cerclagen (Ja, Nein)
10. Versorgung mit Revisionsprothese (Ja, Nein)
11. Versorgung mit Plattenosteosynthese (Ja , Nein)
12. Versorgung mit Nagel (Ja, Nein)
13. Patientenspezifische Risikofaktoren
 - Osteoporose/Osteopenie
 - rheumatoide Arthritis
 - Hypovitaminose
 - Revisionen
 - Revisionsprothese
 - Implantatlockerung
 - Kortikoidtherapie
 - vorbestehende periprothetische Fraktur
 - Z.n. Schenkelhalsfraktur oder pertrochantäre Fraktur bezogen auf das frakturierte Bein
 - Infektion der Prothese
 - rezidivierende Luxationen
 - Chronische Niereninsuffizienz
 - COPD
 - Diabetes Mellitus Typ 2
14. Frakturgenese (hoch oder niedrigerenergetisches Trauma)
15. Dauer bis zur operativen Versorgung (Tage)
16. Intensivstationsaufenthalt postoperativ (Tage)
17. Postoperativer Krankenhausaufenthalt (Tage)
18. Belastungsmöglichkeit post-OP (Voll-, 20 kg Teilbelastung, Fußsohlenkontakt, Entlastung)
19. Peri/postoperative/kumulative Erythrozytenkonzentrat und Fresh Frozen Plasma Gabe
20. BMI
21. Alter
22. ASA
23. Radiologische Nachuntersuchung (6 Wochen, 3 Monate)
24. Komplikationen
 - Intra/postoperative Blutungsanämie
 - Postoperative kardiopulmonale Insuffizienz
 - Infektion und Wundheilungsstörungen
 - Prothesenlockerung
 - Refraktur
 - Versagen des Osteosynthesematerials
 - Revisionsanzahl u. Revisionsgrund
 - Pseudarthrose
 - Luxationen
25. Geschlecht
26. Klinikletalität
27. Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate

Die Klassifizierung der periprothetischen Knie- und Hüftgelenksfrakturen wurde anhand von digitalisierten Röntgen und CT-Bildern durchgeführt. Periprothetische Frakturen bei einliegender Knieprothese wurden nach der Rorabeck klassifiziert und periprothetische Frakturen bei einliegender Hüftprothese nach Vancouver [19, 22]. Bei interprothetischen Frakturen war die Klassifizierung von der Frakturlage abhängig. Wurde durch die Fraktur die Knieprothese tangiert wurde diese mittels Rorabeck klassifiziert. War die Hüftprothese betroffen wurde die Vancouver Klassifikation herangezogen. Die primäre Prothesenstandzeit, sowie die Frakturursache und relevanten Risikofaktoren, wurden aus den dokumentierten Patientenakten und dem Klinikintranet entnommen. Hier fiel auf, dass die chronische, obstruktive Lungenerkrankung, die chronische Niereninsuffizienz und der Diabetes mellitus II im Vergleich zu den anderen bereits in Studien beschriebenen Risikofaktoren wie die rheumatoide Arthritis, Morbus Paget, Osteoporose, Osteomalazie, Osteolysen, Infektionen und aseptische Lockerungen besonders häufig auftraten [12-14]. Daher wird auf diese Risikofaktoren in der Auswertung und Diskussion nochmals gesondert eingegangen. Die Operationszeit, das angewandte Operationsverfahren, inklusive der postoperativ erlaubten Belastung und intraoperativen Komplikationen wurde aus den OP-Berichten übernommen. Aus den Anästhesieprotokollen wurden der BMI, die ASA-Klassifikation sowie intraoperative Erythrozytenkonzentrat und Fresh-Frozen Plasma-Gabe herangezogen. Die kumulative Konzentrat-Gabe während des Klinikaufenthalts wurde durch die Transfusionsdatenbank über das Edgenet ermittelt. Die Zeit vom Frakturereignis bis zur operativen Versorgung wurde in Tagen ermittelt und als „Dauer bis zur operativen Versorgung“ vermerkt. Ebenfalls wurde der postoperative Klinik- und mögliche Intensivstationsaufenthalt bis zur Entlassung in Tagen notiert. Die radiologischen Nachuntersuchungen sechs Wochen und drei Monate nach stattgefundener Operation wurden ebenfalls aus dem digitalisierten, klinikinternen Intranet evaluiert und mit den Angaben des radiologischen Befunds verglichen. Die Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate konnten mit Genehmigung des bayrischen Wissenschaftsministeriums über das zentrale, elektronische Personenstandsregister (ZePR) für Bayern ermittelt werden.

3 Ergebnisse

3.1 Fallanzahl

Vom 15.01.2010 bis zum 12.01.2017 wurde in der Unfallchirurgie des Klinikums Großhadern und dem Campus Innenstadt 158 Patienten mit insgesamt 166 periprothetischen Frakturen operativ versorgt. Fünf Patienten wiesen jeweils zwei periprothetische Frakturen auf. Drei operativ therapierte periprothetische Frakturen entstanden intraoperativ und fallen aus dieser der Studie heraus, da intraoperative, periprothetische Frakturen kein Teil der Studie sind. Somit ergibt sich eine Fallzahl von 163 periprothetischen Frakturen bei 158 Patienten. Davon wurden 114 periprothetische Femurfrakturen bei einliegender Hüftendoprothese und 49 periprothetische Femurfrakturen bei einliegender Knieprothese operativ versorgt. Insgesamt traten 15 Interprothetische Frakturen in unserem Kollektiv auf.

In der statistischen Auswertung dieser Arbeit wurden alle patientenspezifischen Parameter bei jeder Fraktur in der Ausarbeitung erneut berücksichtigt und vermerkt, auch wenn es sich um den gleichen Patienten mit einer weiteren Fraktur handelte. Somit wird jede Fraktur inklusive aller Parameter als einzeln gewertet und fortlaufend von 114 Frakturen in der Hüftprothesengruppe und 49 Frakturen in der Knieprothesengruppe berichtet. Die unfallchirurgische Abteilung der Innenstadt therapierte insgesamt 70 periprothetische Frakturen operativ, davon waren 47 bei einliegender Hüftprothese und 23 bei einliegender Knieprothese. In der Klinik für Allgemeine, Unfall-, und Wiederherstellungschirurgie - Großhadern wurden insgesamt 93 periprothetische Frakturen operativ versorgt. Hiervon waren 67 im Bereich der Hüftprothese und 26 im Bereich der Knieprothese.

Tabelle 10: Fraktur und Patientenanzahl

Gruppe	Frakturanzahl	Patientenanzahl
Femurfraktur bei Hüftendoprothese	114	110
Femurfraktur bei Knieendoprothese	49	48

Die folgende Abbildung stellt die Frakturereignisse im zeitlichen Ablauf dar. Eine klare zeitliche Veränderung über den Zeitraum hinweg war in beiden Gruppen nicht zu erkennen.



Diagramm 1. Frakturereignisse im zeitlichen Verlauf bis einschließlich Januar 2017

3.2 Geschlechterverteilung

Bei der Geschlechterverteilung zeigte sich im Patientenkollektiv wie bereits erwähnt, sowohl bei den einliegenden Knieprothesen als auch bei den Hüftprothesen ein höherer weiblicher Anteil. 69,3% (79/114) der periprothetischen Femurfrakturen im Bereich der Hüftprothese und 85,7% (42/49) der periprothetischen Femurfrakturen im Bereich der Knieprothese traten bei weiblichen Patienten auf. Insgesamt waren 74,2% (121/163) der Frakturen im weiblichen Kollektiv.

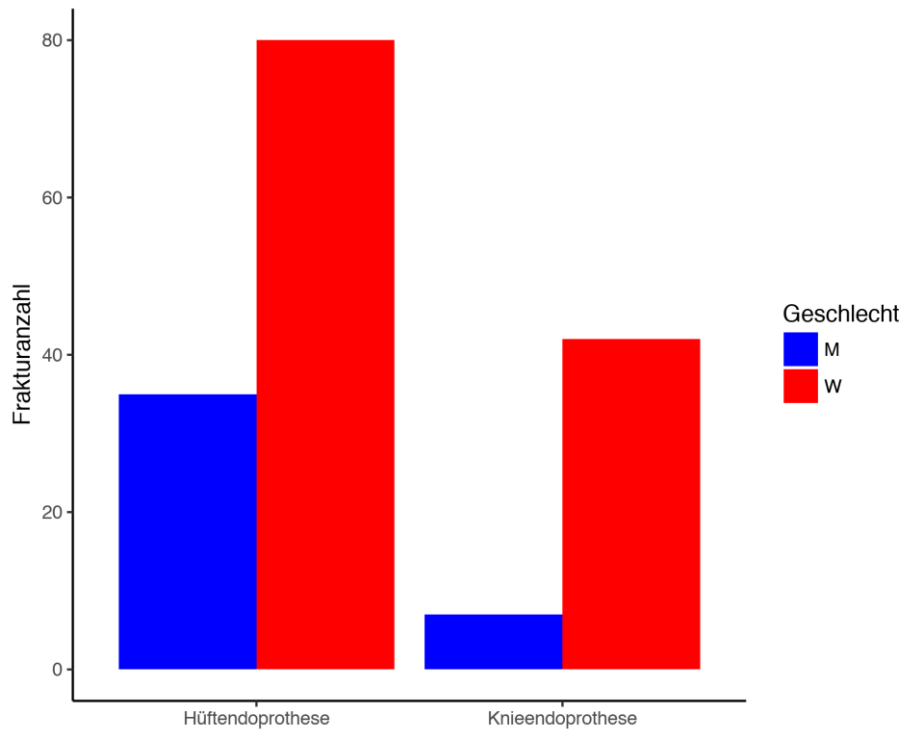


Diagramm 2. Geschlechterverteilung in der Hüft- und Knieprothesengruppe

3.3 Altersverteilung

In der Altersverteilung zeigte sich eine Altersspanne zwischen 52 und 100 Jahren bei periprothetischer Fraktur nach Hüftgelenkersatz und zwischen 51 und 96 Jahren nach Kniegelenkersatz. Die Einteilung in Altersgruppen mit 10-Jahres-Schritten ergab einen Altersgipfel zwischen 80 und 90 Jahren für die periprothetische Fraktur bei einliegender Hüft und Knieendoprothese. Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 81,5 Jahren in der Knie- und bei 82 Jahren in der Hüftprothesengruppe. Sowohl die weiblichen als auch die männlichen Patienten konzentrierten sich auf die Altersgruppen der 80 bis 90 –jährigen. Somit gab es keine großen Unterschiede in beiden Gruppen bezüglich der Altersverteilung.

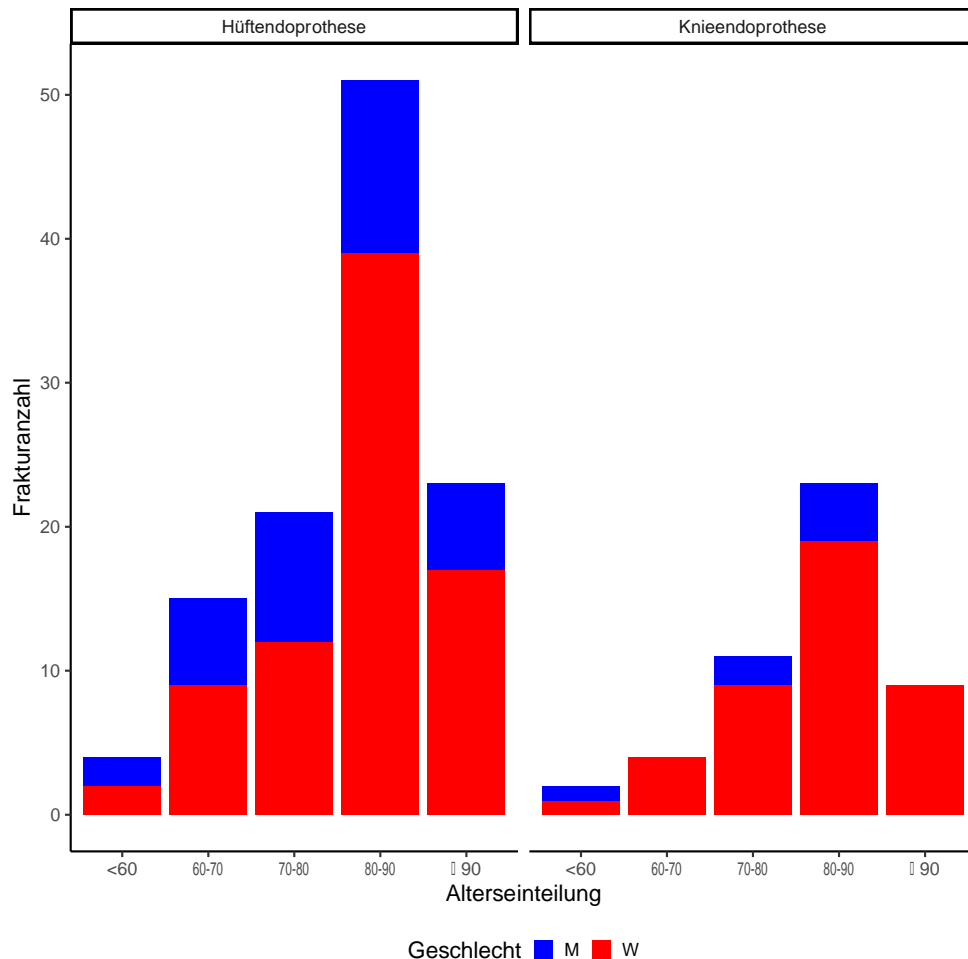


Diagramm 3. Altersverteilung in der Hüft- und Knieprothesengruppe

3.4 Seitenverteilung

Bei einliegender Hüftprothese war die rechte Körperseite in 48,6% (55/114) der Fälle von der periprothetischen Fraktur betroffen. In 51,7% (59/114) trat die Fraktur auf der linken Körperseite auf.

Im Gegensatz dazu war in 46,9% (23 /49) der Fälle bei einliegender Knieprothese die rechte Seite betroffen und in 53% (26/49) der Fälle die linke Seite. Auch hier lässt sich bezüglich der Seitenverteilung in beiden Gruppen kein großer Unterschied ermitteln.

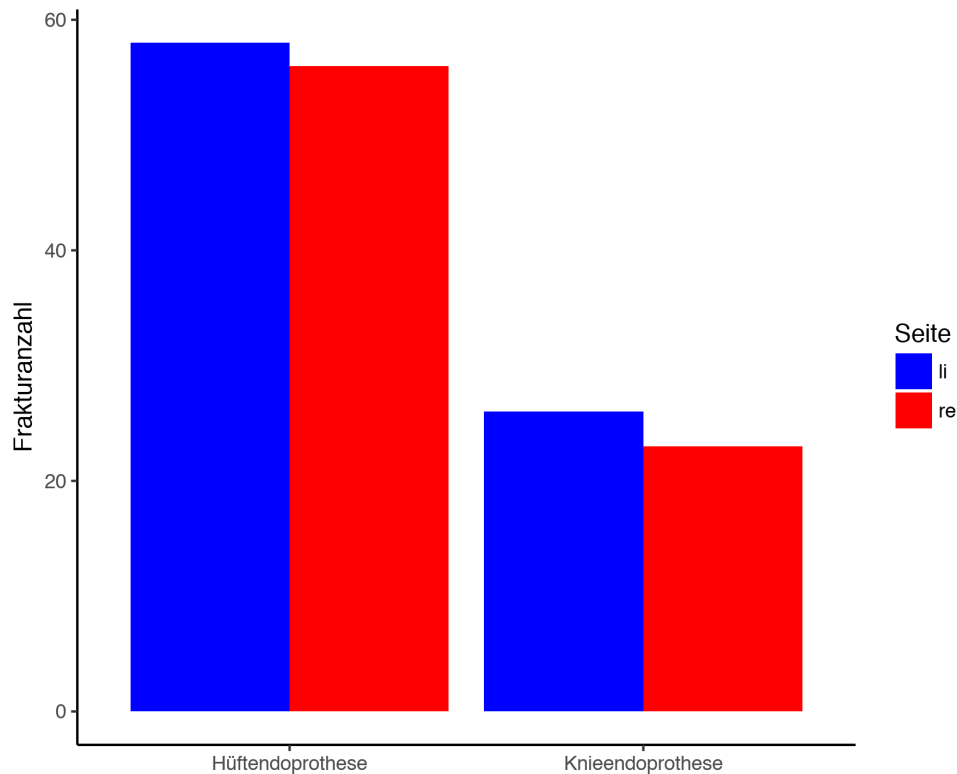


Diagramm 4. Seitenverteilung in Hüft- und Knieprothesengruppe

3.5 Gewichtsverteilung

Bei 74,4% (86/114) der Frakturen bei einliegender Hüftprothese und bei 61,2% (30/49) der Frakturen mit einliegender Knieprothese konnte entweder aus den Akten, dem Intranet oder dem Anästhesieprotokoll der BMI aus dem angegebenen Körpergewicht und der Größe errechnet werden. Der Durchschnitts BMI (Body-Mass-Index) lag für die Gruppe mit periprothetischer Fraktur und Kniegelenkersatz bei 26,4 (kg/m²) im präadipösen Bereich und für die Gruppe mit periprothetischer Fraktur und Hüftgelenkersatz bei 24,7 (kg/m²), im Bereich des Normalgewichts. Eine behandlungsbedürftige Adipositas liegt bei einem BMI von mindestens 30,00 (kg/m²). Dieser BMI wurde bei 13,9%(12/86) der Frakturen mit Hüftprothese und 26,6%(8/30) der Frakturen mit Knieprothese gemessen.

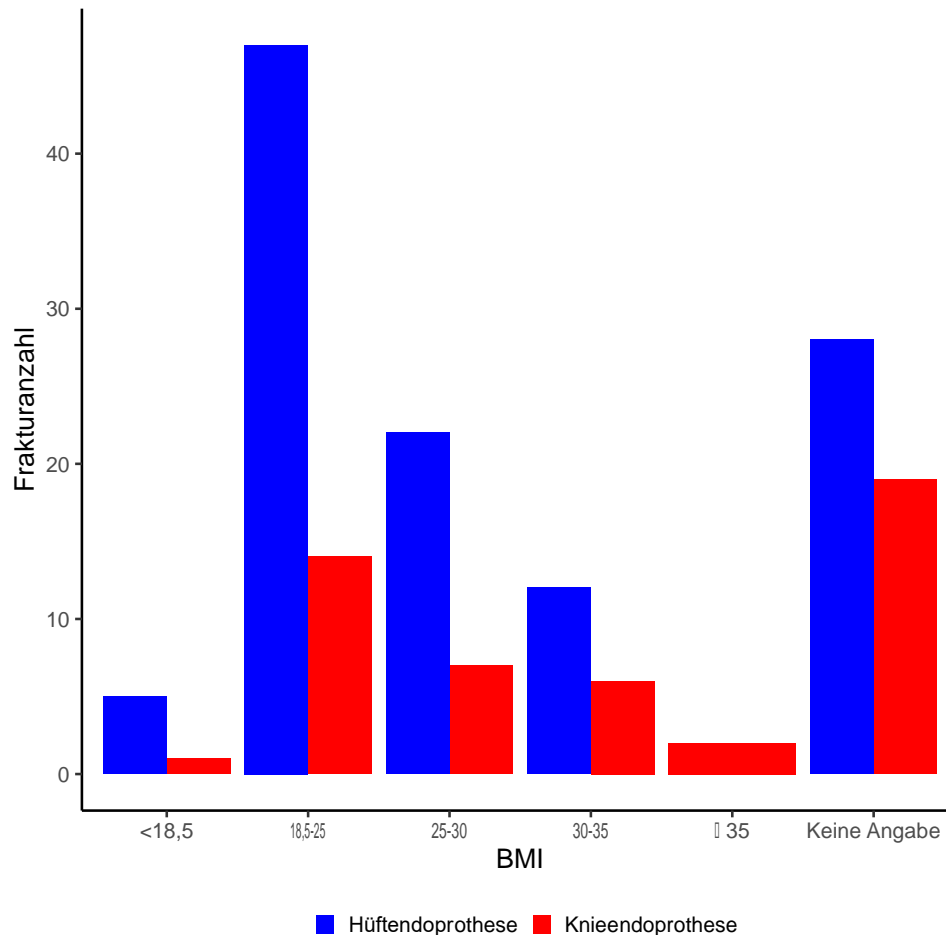


Diagramm 5. BMI Verteilung

3.6 ASA-Klassifikation

In 76,3% (87/114 Fälle) konnte die ASA-Klasse bei periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese ermittelt werden. Eine schwere Allgemeinerkrankung und somit eine ASA-Klasse 3 wiesen 79,3% (69/87) auf, die ASA-Klasse 4 trat in 8% (7/87) der Fälle auf. Eine leichte Allgemeinerkrankung und somit eine ASA-Klasse 2 wurde bei 12,6% (11/87) vermerkt. Die ASA-Klasse 1 kam in diesem Kollektiv nicht vor.

Bei periprothetischen Frakturen im Bereich der Knieprothese konnte in 61,2% (30/49) der Fälle die ASA-Klasse ermittelt werden. Hier wiesen 10% (3/30) ASA-Klasse 4, 70% (21/30) die ASA-Klasse 3 und 16,6% (5/30) die ASA-Klasse 2 auf. Die Klasse 1 konnte nur einmalig ermittelt werden. Somit ist die ASA-Klassen Verteilung auch hier ausgeglichen.

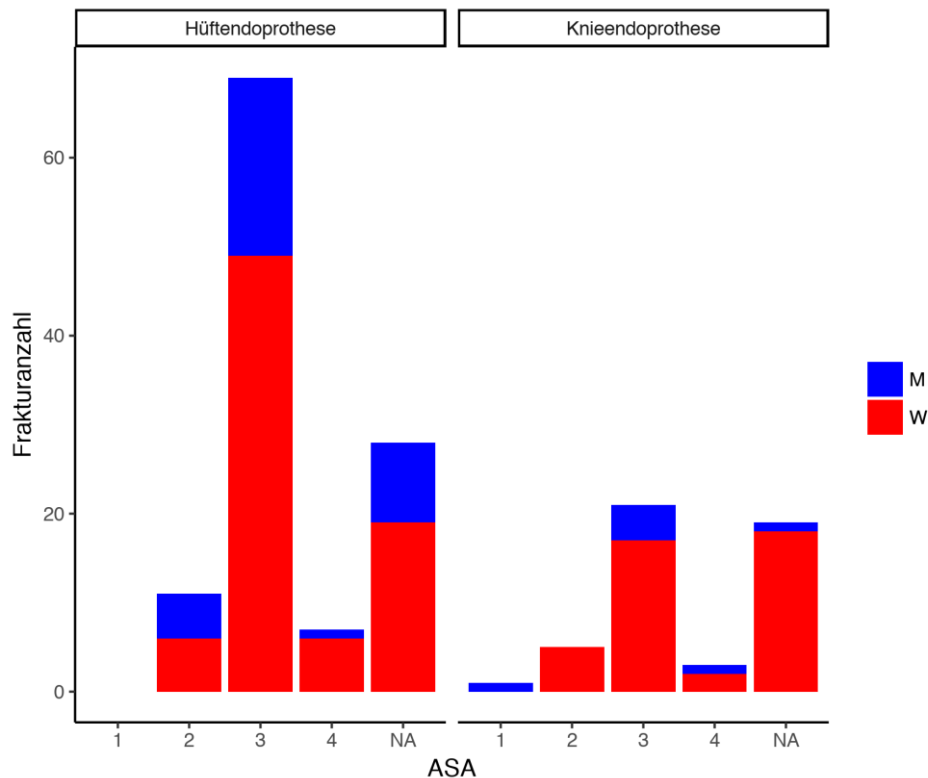


Diagramm 6. ASA-Klassen der Hüft- und Knieprothesengruppe

3.7 Hoch vs. niedrigenergetische Traumata

Ein hochenergetisches Trauma war eine Verletzung, die durch Einwirkung hoher kinetischer Energie auf den Körper entstanden ist. Beim niedrigenergetischen Trauma ist die kinetische Energie geringer, sodass sie normalerweise nicht allein ohne Disposition zu relevanten Verletzungen führen sollte, zum Beispiel reicht hier ein einfacher Stolpersturz ohne große Akzelerations- oder Dezelerationskräfte aus, um ein Verletzungsmuster hervorzurufen. Insgesamt ließ sich in allen Fällen die Frakturursache herausfinden. Bei der Auswertung unserer Daten eruierten wir 7% (8/114) hochenergetische Traumata bei einliegender Hüftprothese und 92,9% (106/114) niedrigenergetische Traumata. In den Fällen bei einliegender Knieprothese wiesen 10,2% (5/49) ein hochenergetisches Trauma und 89,7% (44/49) ein niedrigenergetisches Trauma auf. Auch hier war der Anteil höher im Vergleich zu den hochenergetischen Traumata. Im Falle der 13 hochenergetischen Traumata konnten 10 Verkehrsunfälle und zwei Stürze aus über 10 m Höhe als Ursache eruiert werden. In einem weiteren Fall wurde eine Patientin als Fußgängerin von einem Kleintransporter angefahren. Unter den auftretenden niedrigenergetischen Traumata sowohl bei den Hüft- als auch bei den Knieprothesen, war der häusliche Stolpersturz und damit ein niedrigenergetisches Trauma die häufigste Frakturursache.

Das Durchschnittsalter der Patienten in der Knieprothesengruppe, die ein hochenergetisches Trauma erlitten lag bei 73,4 Jahren, das der Patienten die ein niedrigenergetisches Trauma erlitten bei 82,5 Jahren. Somit war das Durchschnittsalter der Patienten die eine periprothetische Fraktur hochenergetisches Trauma erlitten um 9,1 Jahre niedriger als das, der Patienten die ein niedrigenergetisches Trauma erlitten. In der Hüftprothesengruppe waren die Patienten die ein niedrigenergetisches Trauma erlitten im Schnitt 82,2 Jahr alt und diejenigen die ein hochenergetisches Trauma erlitten 80,5. Somit lag hier nur ein Altersunterschied von 1,7 Jahren vor.

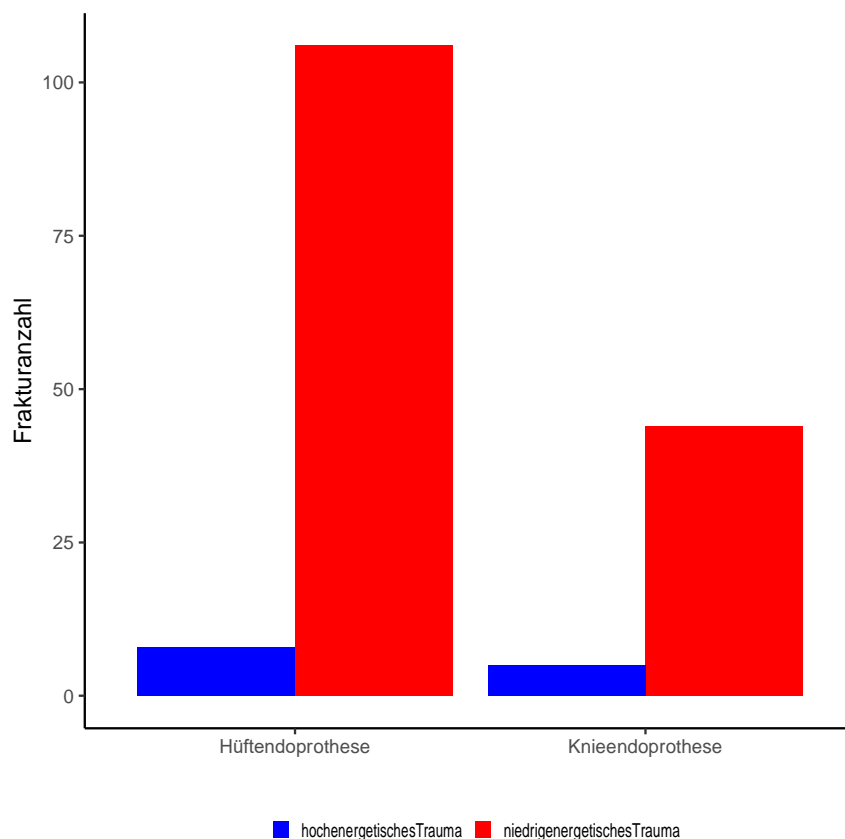


Diagramm 7. Hoch- und Niedrigasanztrauma der Hüft- und Knieprothesengruppe

3.8 Prothesenstandzeit

Insgesamt war bei 58,9% (96/163) der periprothetischen Frakturen die Standzeit der einliegenden Hüft- oder Knieprothese zu erörtern. In 12 Fällen handelte es sich bereits im Vorfeld der periprothetischen Fraktur um eine einliegende Revisionsprothese. Insgesamt 2 Revisionsprothesen des Knies und 10 der Hüfte. Eine Patientin wies bereits schon eine zweite Implantation einer Revisionsprothese auf. Da sich das Spektrum über einen breiten Zeitraum erstreckt, teilten wir die Standzeit zusätzlich in

verschiedene Standzeitabschnitte in Jahren ein. Die Einteilung nahmen wir wie folgt vor, <1 Jahr, 1-2 Jahre, 3-5 Jahre, 5-10 und >10 Jahre. Insgesamt erstreckte sich das Standzeit Spektrum von unter einem bis 28 Jahre für die Hüftprothese und von unter einem bis 18 Jahre bei der Knieprothese. Die Durchschnittsstandzeit der Hüftprothese bis zur ereigneten Fraktur lag bei 8,5 Jahren und für die Knieprothese bei 7,1 Jahren. In 15,9% (11/69) der Fälle betrug die Standzeit der Hüftprothese 1-2 Jahre, in 2,9% (2/69) 3-5 Jahre. Eine Standzeit von 5-10 Jahren wiesen 26% (18/69) der Patienten auf. Ein Maximum der Standzeit von über 10 Jahren zeigte sich bei 34,7% (24/69). Die genauere Standzeiteinteilung der Knieprothesen bis zum Frakturereignis ergab bei 7,4% (2/27) < 1 Jahr, 11,1% (3/27) 1-2 Jahre, 18,5% (5/27) 3-5 Jahre und 44,4% (12/27) 5-10 Jahre. Das Maximum der Standzeit von über 10 Jahren wiesen insgesamt 18,5% (5/27) der Patienten auf. Die längste Standzeit betrug 18 Jahre. Bei den 10 ermittelten Revisionsprothesen der Hüfte konnte bei 6 die Standzeit herausgefunden werden, diese lag im Mittel bei 6,6 Jahren für die Hüfte. Die der zwei ermittelten Knie lag bei 3,5 Jahren. Insgesamt erwiesen die Revisionsprothesen im Mittel somit eine kürzere Standzeit als die Primärprothesen auf.

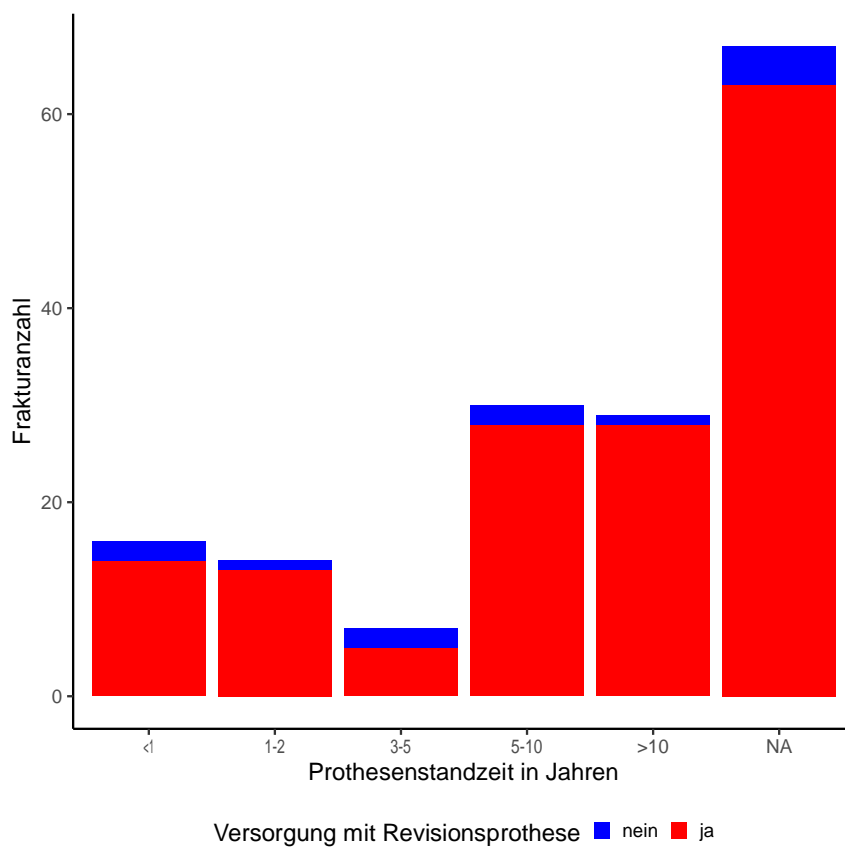


Diagramm 8. Revisions- und primäre Prothesenstandzeit in Jahren

3.9 Präoperative Zeit in Tagen (Zeitraum zwischen Frakturereignis und operativer Versorgung)

Alle 163 periprothetischen Frakturen wurden operativ versorgt. Bei 99,3% (162/163) Frakturen war der Zeitpunkt vom Frakturereignis bis zum Operationsbeginn zu ermitteln. Auch hier nahmen wir eine genauere Einteilung in Stunden vor, um die präoperative Zeit zwischen Frakturereignis und operativer Versorgung besser zu unterteilen. In der Hüftprothesengruppe fand bei 25,6% (29/113) die Operation innerhalb von 24 Stunden nach Frakturereignis statt. 28,3% (32/113) der Frakturen wurden innerhalb von 24-48 Stunden operativ versorgt. Somit wurden 53,9% (61/113) innerhalb von 48 Stunden operiert. 15,9% (18/113) wurden im Zeitraum zwischen 48 bis 72 Stunden operiert. Weitere 14,1% (16/113) wurden innerhalb von 72-120 Stunden operiert. In 15,9% (18/113) fand die Operation nicht innerhalb der ersten fünf Tage statt.

In der Gruppe der Knieendoprothesen, wurden 36,7% (18/49) innerhalb der ersten 24 Stunden operativ versorgt. Bei 28,5% (14/49) der Frakturen fand die Operation innerhalb von 24-48h Stunden statt. Somit wurden 65,3% (32/49) innerhalb 48 Stunden operativ versorgt. Innerhalb von 48 bis 72 Stunden wurde eine periprothetische Fraktur operiert, und somit nur 2%. Im Zeitraum von 72 Stunden und 5 Tagen wurden 24,4% (12/49) behandelt. In 8,1% (4/49) der Fälle fand die operative Versorgung nicht innerhalb der ersten 5 Tage statt.

In der Zusammenführung beider Gruppen konnte in 12 von 22 Fällen, die nicht innerhalb der ersten fünf Tage seit Frakturereignis operativ versorgt wurden, ein Grund aus den Patientenakten entnommen werden, weshalb es zur Verzögerung der Therapie kam. In vier Fällen trat ein Polytrauma auf bei denen die periprothetische Fraktur erst im Verlauf operativ versorgt wurde da eine lebensbedrohliche Verletzung priorisiert operativ versorgt wurde. In zwei Fällen kam der Sturz im Rahmen einer Pneumonie zustande welche, bis zum Therapiezeitpunkt antibiotisch austherapiert wurde. Die weiteren 6 Ursachen die, aus der nachfolgenden Tabelle 11. zu entnehmen

Tabelle 11: Ursachen der Therapieverzögerung

Ursache :	Anzahl:
• Polytrauma	• 4
• Präoperative Pneumonie	• 2
• Zuverlegung aus einem anderen Klinikum	• 1
• Keine OP Kapazitäten	• 1
• Nach Frakturereignis mehrere Tage allein zuhause	• 1
• Initiale Ablehnung	• 1
• Unklarer Prothesentyp	• 2

Der Mittelwert der präoperativen Liegezeit lag in der Gruppe der Hüftprothesen bei 4,9 die der Knieprothesengruppe bei 2,5 Tagen. Der erhöhte Wert in der Hüftprothesen Gruppe kommt jedoch nur daher zustande, da bei einem Patient das mögliche Frakturereignis laut Eigenanamnese 210 Tage zurück lag. Eine zeitnahe Primärtherapie wurde jedoch von seitens des Patienten abgelehnt und erst als es zu einer zusätzlichen Prothesenlockerung und damit verbunden Schmerzen kam wurde die Klinik aufgesucht.

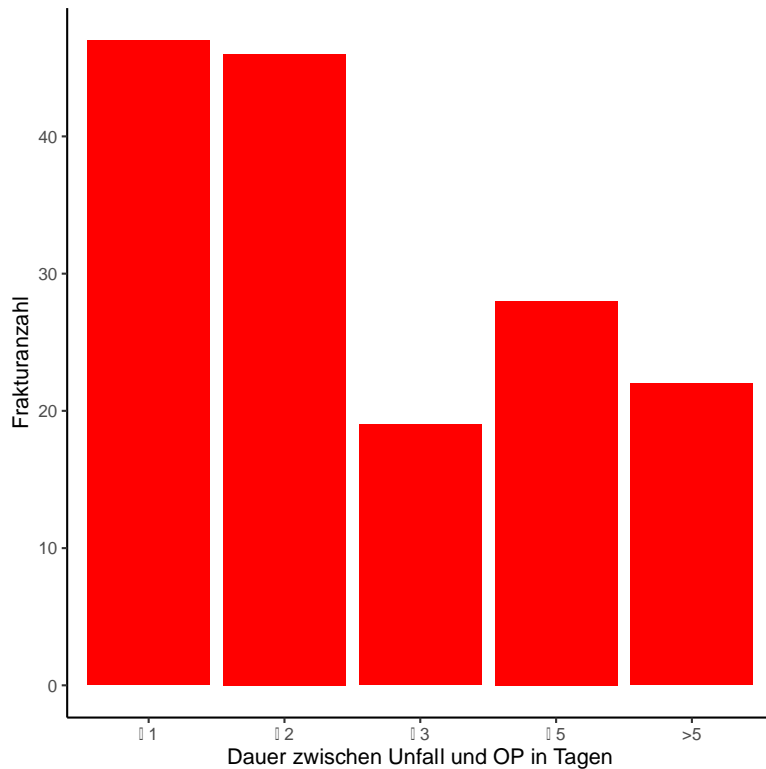


Diagramm 9. Anzahl der Tage des präoperativen Zeitraums vom Unfall bis zur operativen Versorgung

3.10 Schnitt-Naht-Zeit

Je nach angewandter Operationstechnik, welche wiederum von der Fraktur und dem Prothesensitz abhängig ist, kann die Operationszeit stark variieren. Das Zeitintervall bei reiner Plattenosteosynthese und einer Fraktur der Klasse C nach Vancouver bei einliegender Hüftprothese variiert von 30 Minuten bis hin zu 380 Minuten bei einer Typ B2 Fraktur inklusive Prothesen und Pfannenwechsel. Die mittlere Schnitt-Naht-Zeit bezogen auf periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese lag bei 173 Minuten. Die mittlere Schnittnahtzeit bei Osteosyntheseverfahren ohne Prothesenwechsel betrug 143 Minuten, während ein Prothesenwechsel im Mittel 217 Minuten dauerte.

Dasselbe gilt auch für die Gruppe der periprothetischen Frakturen und einliegender Knieprothesen, hier variiert ebenfalls die Schnitt-Naht-Zeit in Abhängigkeit zur Fraktur und der angewandten Operationstechnik. Die Zeitspanne reicht von 62 Minuten, bei einer Typ 1 Fraktur nach Rorabeck und Osteosyntheseverfahren bis hin zu 280 Minuten bei einer Typ 2 Fraktur. Die mittlere Schnitt-Naht-Zeit bei periprothetischer

Fraktur bezogen auf die Knieprothese lag bei 139 Minuten. Osteosyntheseverfahren ohne Prothesenwechsel hatten eine durchschnittliche Zeitdauer von 139 Minuten, hingegen dauerte ein Prothesenwechsel 132 Minuten, dieser trat jedoch nur einmal auf und ist daher nicht repräsentativ.

3.11 Risikofaktoren (relevante Nebendiagnosen)

Insgesamt wurden alle Patienten der 163 Frakturen auf 14 verschiedene Risikofaktoren geprüft. In 54 Fällen wiesen Patienten keinen Risikofaktor auf in einem Fall hatte ein Patient bis zu 6 Risikofaktoren. Die Risikofaktoren wurden in Tabelle 9. zusammengefasst. Hier beschränkten wir uns auf die relevanten Nebendiagnosen welche, die Entstehung einer periprothetischen Fraktur begünstigen und das postoperative Outcome verschlechtern können. Neben den in anderen Studien beschriebene Risikofaktoren wie Osteoporose, Osteomalazie, Osteolysen, Morbus Paget, rheumatoide Arthritis, Infektionen und aseptische Lockerungen [12-14] nahmen wir die chronischen Niereninsuffizienz, die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und den Diabetes mellitus Typ 2 hinzu, da diese vermehrt im Patientengut zu finden waren und das Risiko für Frakturen vergrößern können. [39-43]

Tabelle 12: Risikofaktoren für die Entstehung einer periprothetischen Fraktur

Risikofaktoren	Gruppe der Hüftprothesen (n=114)	Gruppe der Knieprothesen (n=49)
1. Osteoporose/Osteopenie	51/3	12
2. Vitamin D Hypovitaminose	19	2
3. Rheumatoide Arthritis	3	4
4. Revisionen	13	3
5. Revisionsprothese	10	2
6. Implantatlockerung	7	3
7. Kortikoidtherapie	3	4
8. Vorbestehende PPF	6	0
9. Z.n. Schenkelhalsfraktur	6	0
10. Infektion der Prothese	1	1
11. Rezidivierende Luxationen	1	0
12. Chronischen Niereninsuffizienz	27	7
13. COPD	12	2
14. Diabetes Mellitus Typ 2	8	5

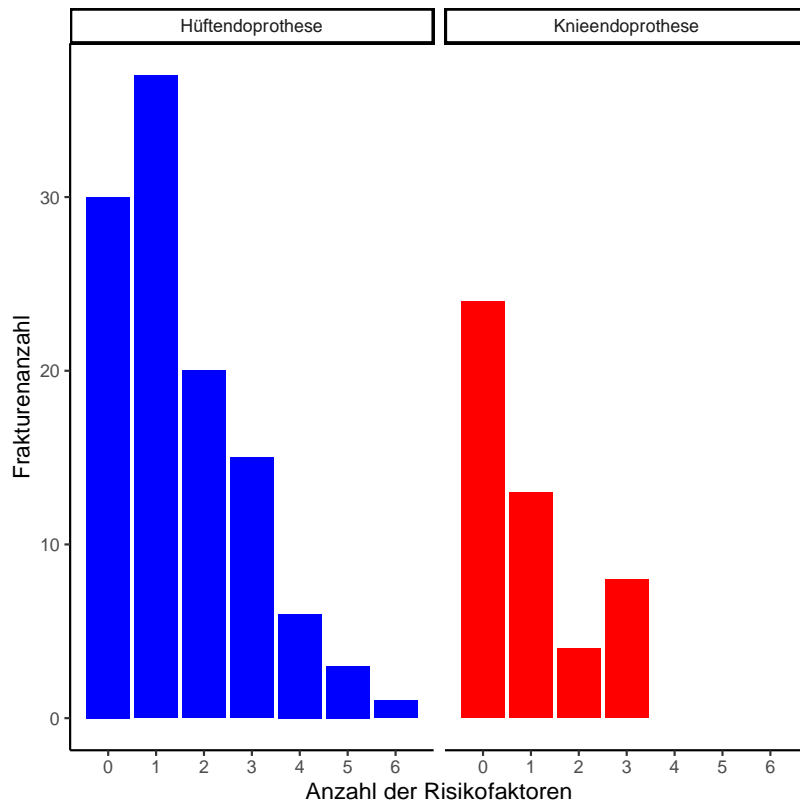


Diagramm 10. Anzahl der Risikofaktoren in der Hüft- und Knieprothesengruppe

Wenn man die Tabelle genauer betrachtet kann man die jeweiligen Risikofaktoren in Gruppen zusammenfassen. In unserem Patientenkollektiv zeigten sich weitere Erkrankungen aus dem Bereich des Bewegungsapparates als die häufigste Begleiterkrankung. Hierzu zählt die Osteoporose und Osteopenie welche mit 47,3% (54/114) bei einer periprothetischen Fraktur und einliegender Hüftprothese auftrat. Die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) trat in 10,5% (12/114) als häufigste pulmonale Erkrankung auf. Vitamin D Hypovitaminosen waren in 16,6% (19/114) der Fälle zu verzeichnen. Schenkelhalsfrakturen sowie vorbestehende periprothetische Frakturen bezogen auf das frakturierte Bein traten jeweils in 5,2% (6/114) der Fälle auf. An metabolischen Vorerkrankungen wie dem Diabetes mellitus Typ 2 litten 7% (8/114). In der Gruppe der nephrologischen Vorerkrankung war am häufigsten mit 23,6% (27/114) die chronische Niereninsuffizienz vertreten. Aus den Erkrankungen des rheumatischen Formenkreis war mit der höchsten Zahl von 3 Fällen die rheumatoide Arthritis zu finden. Revisionen und Revisionsprothesen waren jeweils mit 11,4% (13/114) und 8,7% (10/114) vermerkt. Implantatlockerungen kamen in 6,1% (7/114) der Fälle vor. An im Vorfeld rezidivierenden Luxationen litt nur 1 Patient, eine systemische Dauertherapie mit Kortikoiden war bei 2,6% (3/114) zu eruieren.

Bei einliegender Knieprothese war unter den periprothetischen Frakturen zu 24,4% (12/49) Osteoporose jedoch keine Osteopenie vertreten. Die chronische Niereninsuffizienz war mit 14,2% (7/49) am zweithäufigsten vertreten. Der Diabetes mellitus Typ 2 trat bei 10,2%(5/49) der periprothetischen Frakturen und einliegender Knieprothese auf. Systemische Dauertherapie mit Kortikoiden und die rheumatoide Arthritis konnten bei 8,1% (4/49) festgestellt werden. Revisionen und Implantatlockerungen waren jeweils mit 6,1% (3/49) zu finden. Vitamin D Hypovitaminosen und Revisionsprothesen waren wie die chronisch obstruktive Lungenerkrankung, COPD mit jeweils nur 4%(2/49) vertreten. Eine bevorstehende periprothetische Fraktur konnte bei keinem der Patienten festgestellt werden.

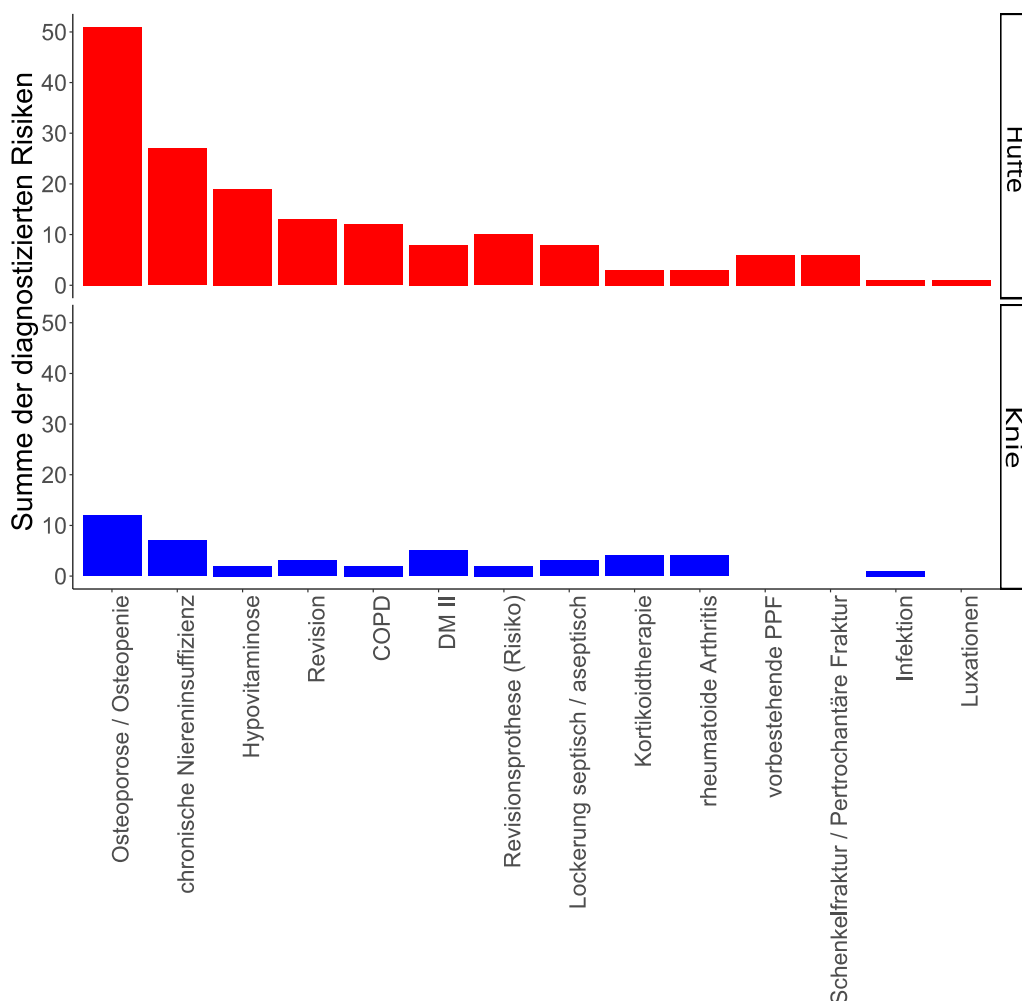


Diagramm 11. Häufigkeitsverteilung der Risikofaktoren

3.12 Operative Therapie anhand der Frakturklassifikation

Die rein konservative Therapie mittels Gipstutor oder Schiene wurde bei keiner der 163 periprothetischen Frakturen angewandt, alle Patienten die in unserer Studie

inkludiert sind wurden operativ versorgt. In Tabelle 13 und 14 sind alle periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüft- und Knieprothese mit dem jeweiligen Therapieverfahren und der dazugehörigen Frakturklassifikation als Übersicht aufgelistet. Insgesamt wurden bei einliegender Hüftprothese, 54,3% (62/114) Plattenosteosynthesen verbaut und in 39,4% (45/114) ein Prothesenschaftwechsel durchgeführt. Das Cerclageverfahren wurde in 82,4% (94/114) der Fälle angewandt. Entweder in Kombination mit einer Plattenosteosynthese 35,9% (41/114) oder einer Revisionsprothese 33,3% (38/114). Jeweils alleine wurde das Cerclageverfahren 11 mal durchgeführt und das Plattenosteosyntheseverfahren 17 mal, dies entspricht 9,6% und 14,9%. Eine Dreifachkombination aus Prothesenwechsel, Plattenosteosynthese und Cerclagen trat 4 mal auf. Frakturen nach Vancouver Typ A (n=8) traten 8 mal auf wurden ebenfalls operativ versorgt. Hier wies ein Patient einen Typ A L auf, welcher durch eine Fraktur entlang des Trochanter minors gekennzeichnet ist, Frakturen durch den Trochanter major 4,3% (5/114) werden als Typ A G klassifiziert. Eine Fraktur die sowohl entlang des Trochanter major als auch minor zieht, trat zweimal auf. 12,5% (1/8) der Typ A Frakturen wurden mittels Plattenosteosynthese versorgt, in 62,5%(5/8) wurden nur Cerclagen als solitäres Verfahren verwendet. In 25% (2/8) wurde das Plattenosteosyntheseverfahren mit Cerclagen kombiniert. Ein Prothesenwechsel wurde nicht durchgeführt.

Vancouver Typ B Frakturen traten mit 67,5% (77/114) am häufigsten auf. Während B1 Frakturen (n=32) in 62,5% (20/32) mittels Plattenosteosynthesen und Cerclagen therapiert wurden, wurde zweimal ein Prothesenwechsel vorgenommen, dies entspricht 6,2% (2/32). In beiden Fällen saß die Prothese fest verankert jedoch war ein Schaftbruch präoperativ diagnostiziert worden, somit wurde ein Prothesenwechsel vorgenommen. Das solitäre Cerclageverfahren wurde 6 mal und das solitäre Plattenosteosyntheseverfahren 4 mal durchgeführt. Fast alle Typ B2 (27/29) und B3 (16/16) Frakturen wurden mittels Revisionsprothesen therapiert. Zusätzliche Plattenosteosynthesen in Form von winkelstabilen Platten wurden bei 14% (4/29) B2 Frakturen implantiert. Additive Cerclagen wurden bei 27 Prothesenwechseln angewendet. In zwei Fällen entschieden sich Patienten bei einer Typ B2 Fraktur ausdrücklich gegen einen Schaftwechsel, hier wurde einmal eine Versorgung mittels Plattenosteosynthese und Cerclagen durchgeführt im anderen Fall nur eine Plattenosteosynthese. Typ B2 und Typ B3 Frakturen traten jeweils mit 25,4% (29/114) und 14% (16/114) auf.

Vancouver Typ C Frakturen kamen in 25,4% (29/114) der Fälle vor. 11 Mal wurde nur mittels Plattenosteosynthesen therapiert, dies entspricht 38%. Die Kombination aus Cerclagen und Plattenosteosynthese kam in 62% (18/29) der Fälle zum Einsatz. Ein kompletter Prothesenwechsel wurde in unserem Kollektiv nicht durchgeführt.

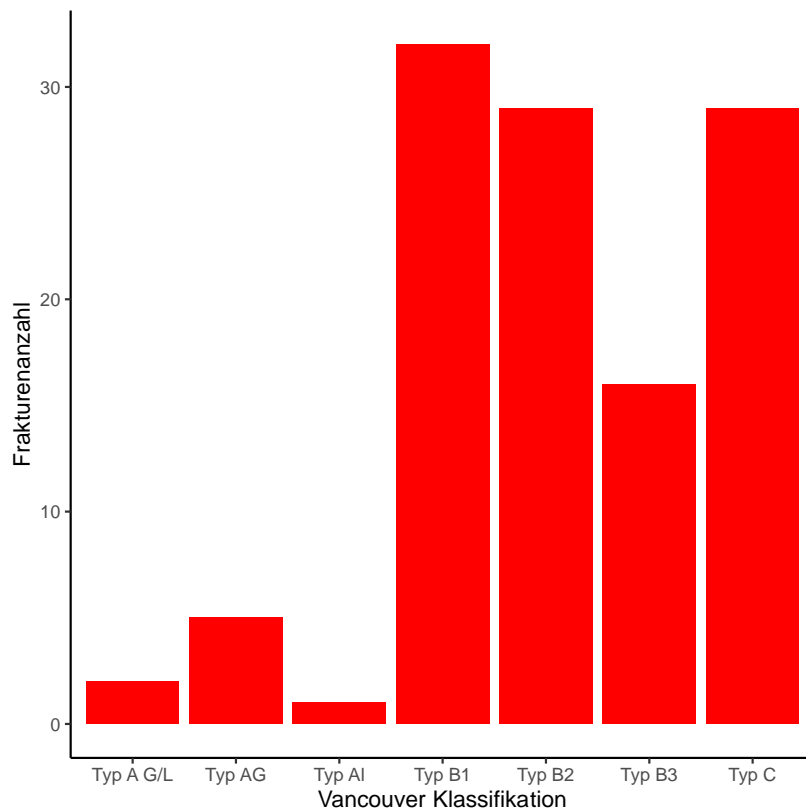
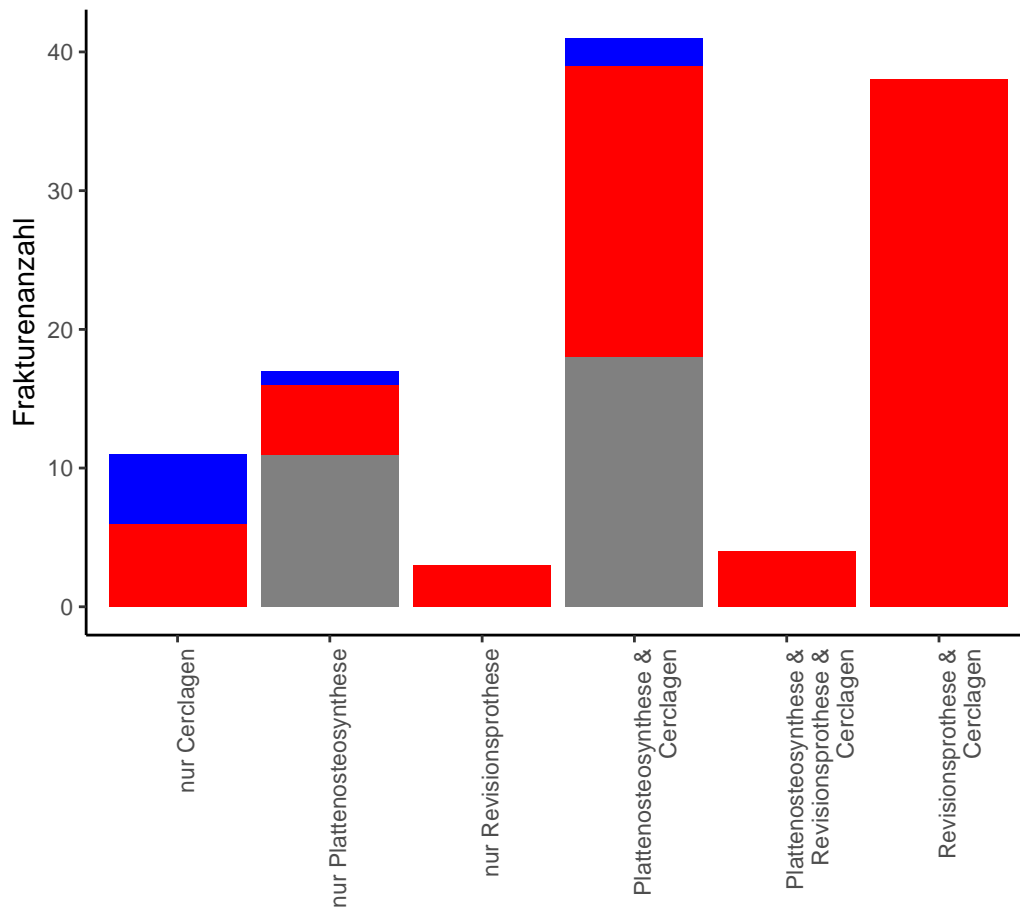


Diagramm 12. & 13. Frakturverteilungen in der Vancouver Klassifikation

Tabelle 13: angewandtes Therapieverfahren im Bezug auf die Vancouver-Klassifikation

Therapieverfahren	Frakturklassifikation nach Vancouver				
	AG	AL	B1	B2/B3	C
Plattenosteosynthese	2	1	24	6	29
Cerclagen	5	2	28	41	18
Schaftwechsel	0	0	2	43	0



Vancouver Klassifikation ■ Typ A ■ Typ B ■ Typ C

Diagramm 14. Angewandte Therapieverfahren im Bezug auf die einzelnen Klassifikationen nach Vancouver

Tabelle 14: Angewandtes Therapieverfahren im Bezug auf die Rorabeck-Klassifikation

Therapieverfahren	Frakturklassifikation nach Rorabeck		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Plattenosteosynthese	8	34	0
Cerclagen	3	9	0
Schaftwechsel	0	0	1
Femurnagel	2	4	0

In der Patientengruppe mit periprothetischer Femurfraktur bei einliegender Knieprothese traten insgesamt 20,4% (10/49) Rorabeck Typ 1 Frakturen, 77,5% (38/49) Rorabeck Typ 2 Frakturen und 2% Rorabeck Typ 3 (1/49) Frakturen auf. In 80% (8/10) der Rorabeck Typ 1 Frakturen wurde eine Plattenosteosynthese verbaut, bei zwei Frakturen wurde zusätzlich mit Cerclagen therapiert. In zwei Fällen 20%(2/10) wurde ein Retrograder Femurnagel verwendet, wobei bei einer Fraktur zusätzlich eine Cerclage benutzt wurde. 89,4% (34/38) der Rorabeck Typ 2 Frakturen wurden durch Plattenosteosynthese therapiert, wobei ebenfalls in 9 Fällen 23,6% (9/38) zusätzlich Cerclagen verwendet wurden. In 10,5% (4/38) der Fälle wurde ein retrograder Femurnagel verwendet, welcher einmal ebenfalls mittels Cerclagen kombiniert wurde. Eine Rorabeck Typ 3 Fraktur trat nur einmal auf, somit kam es nur zu einem Prothesenwechsel, dies entspricht 2% (1/49).

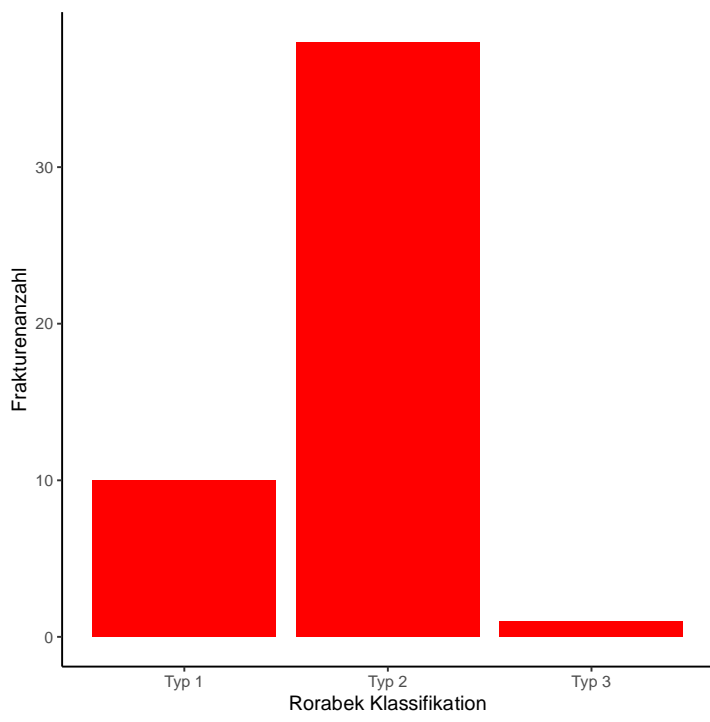


Diagramm 15. Frakturverteilung in der Rorabeck-Klassifikation

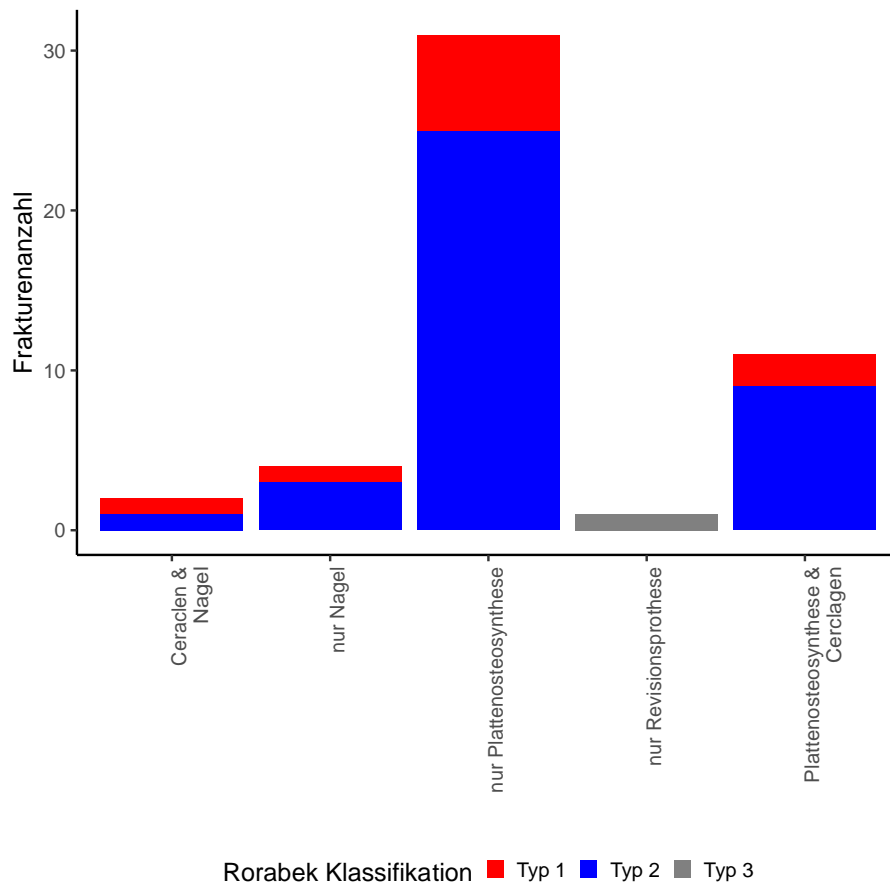


Diagramm 16. Therapieverfahren der einzelnen Frakturen im Bezug zur Klassifikation

3.13 Peri/postoperative Erythrozytenkonzentrat und Fresh-Frozen-Plasmagabe

Perioperativ erhielten 57% (65/114) und postoperativ 57,8% (66/114) der Patienten mit Femurfrakturen bei implantierter Hüftprothese Erythrozytenkonzentrate. Die Gabe variierte zwischen 1 und 7 Konzentraten. Im Schnitt erhielten die Patienten bei Plattenosteosynthese und oder Cerclage Verfahren 0,85 EKS (Erythrozytenkonzentrate) und beim Prothesenwechsel 1,89 EKS perioperativ. Die perioperative Fresh-Frozen-Plasma (FFP) Gabe lag durchschnittlich bei 3,9 Konserven wobei, insgesamt 16,6% (19/114) der operativ versorgten Frakturen bei einliegender Hüftprothese FFP erhielten. Die Gabe variierte hier zwischen 2 bis 10 FFP-Produkten. Auch hier wurden FFP Produkte vermehrt bei Prothesenschaftwechsel verabreicht. Im stationären Verlauf wurde in 57,8% (66/114) der Fälle weitere Blutkonserven verabreicht. Im Durchschnitt lag der Wert bei 1,59 weiteren verabreichten Blutkonserven, wobei die Gabe zwischen 1 und 8 lag. Die mittlere Transfusionsrate perioperativ lag bei 1,4 Konserven. FFP wurde zu keinem postoperativen Zeitpunkt des stationären Verlaufes verabreicht.

In der Gruppe der periprothetischen Frakturen mit einliegender Knieprothese wurden in 32,6% (16/49) perioperativ und 55,1% (27/49) der Fälle postoperativ Erythrozytenkonzentrate transfundiert. Die Spannweite perioperativ lag zwischen 1 und 8 Konzentraten. Die mittlere Transfusionsrate beim Osteosyntheseverfahren lag im Schnitt bei 0,71 Blutkonserven und beim Prothesenwechsel bei 2,0 welcher jedoch nur einmal durchgeführt wurde. Bei der Versorgung mittels retrogradem Femurnagel lag die mittlere Transfusionsrate bei 1,6 Produkten. Die mittlere Transfusionsrate für den perioperativen Klinikaufenthalt lag bei 0,79 und postoperativ bei 1,18 Konserven. Somit etwas unter dem der Hüftprothesengruppe von 1,4 Produkten. FFP wurde nur in 4 Fällen gegeben. Keinem der Patienten wurde im stationären Verlauf FFP infundiert.

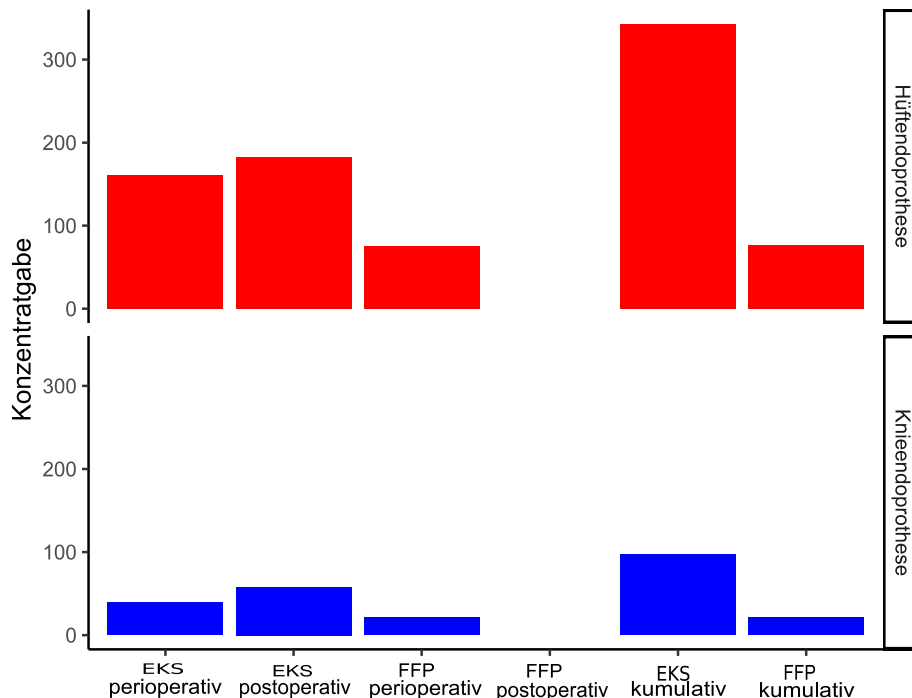


Diagramm 17. Erythrozytenkonzentrat und FFP-Gabe perioperativ, postoperativ & kumulativ

3.14 Intensivstationsaufenthalt

Zur zeitlichen Darstellung des Intensivstationsaufenthalt, haben wir auch hier eine Einteilung der Aufenthaltstage vorgenommen. Die Einteilung erfolgte in Stunden, hier

unterschieden wir in Patienten, die postoperativ 24 Stunden, 24-48 Stunden, 48-72 Stunden oder mehr als 72 Stunden auf der Intensivstation therapiert wurden. Insgesamt blieben 8,1% (4/49) der periprothetischen Frakturen des Knies und 18,5% (21/114) der Hüfte 24 Stunden intensivpflichtig. Patienten mit periprothetische Fraktur bei einliegender Hüftprothese verblieben in 5,3% (6/114) 24-48 Stunden , in 7,9% (9/114) 48-72 Stunden und in 15,7% (18/114) mehr als 72 Stunden. Der durchschnittliche Intensivstationsaufenthalt lag bei 3,9 Tagen, wobei die maximale Liegezeit in einem Fall 42 Tage war.

8,1% (4/49) der periprothetischen Frakturen des Knies, verblieben 24 Stunden auf der Intensivstation, 6,1% (3/49) 24-48 Stunden, 4% (2/49) 48-72 Stunden und 8,1% (4/49) über 72 Stunden, die durchschnittliche Liegezeit lag hier bei 4,3 Tagen, wobei einmal ein Tagesmaximum von 14 Tagen auftrat, hier handelte es sich um einen Polytrauma Patienten.

In der Hüftprothesengruppe verblieben somit 46,4% (54/114) und in der Knieprothesengruppe 26,5% (13/49) mindestens 24 Stunden postoperativ auf der Intensivstation.

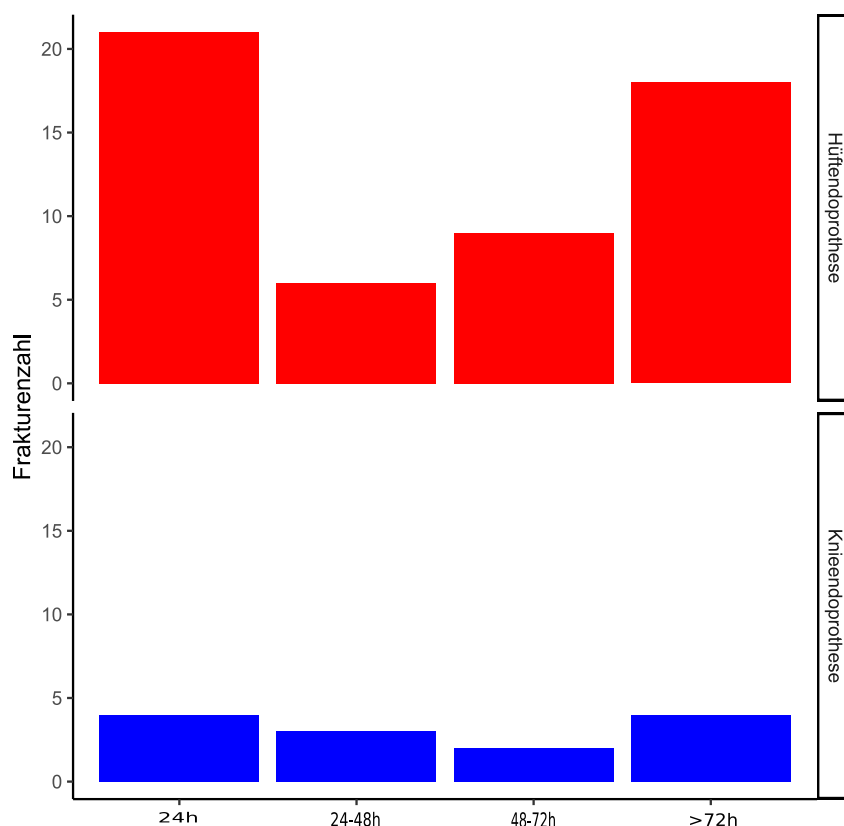


Diagramm 18. Postoperativer Intensivstationsaufenthalt in Tagen

3.15 Postoperativer Krankenhausaufenthalt

Bei den Patienten mit periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese, lag die postoperative Liegezeit zwischen 5 und 48 Tagen, wobei ein Durchschnitt von 16,4 postoperativen Tagen zu verzeichnen war. Die maximale postoperative Liegezeit von 48 Tagen ergab sich bei einem Patienten, der ein Polytrauma erlitten hatte und im Anschluss an einer Cholezystitis erkrankte. Im Durchschnitt verblieben Patienten bei denen ein Plattenosteosynthese und oder Cerclageverfahren durchgeführt wurde 14,9 Tage postoperativ, hingegen Patienten bei denen ein Schaftwechsel notwendig war 19,1 Tage stationär. Patienten, die sich eine Typ A Fraktur nach Vancouver zugezogen hatten, blieben im Schnitt 13,8 Tage in der Klinik. Patienten mit Typ B1 Frakturen 16,9 , mit Typ B2 17,7 , mit Typ B3 19,5 und mit Typ C Frakturen 13,5 Tage im Durchschnitt.

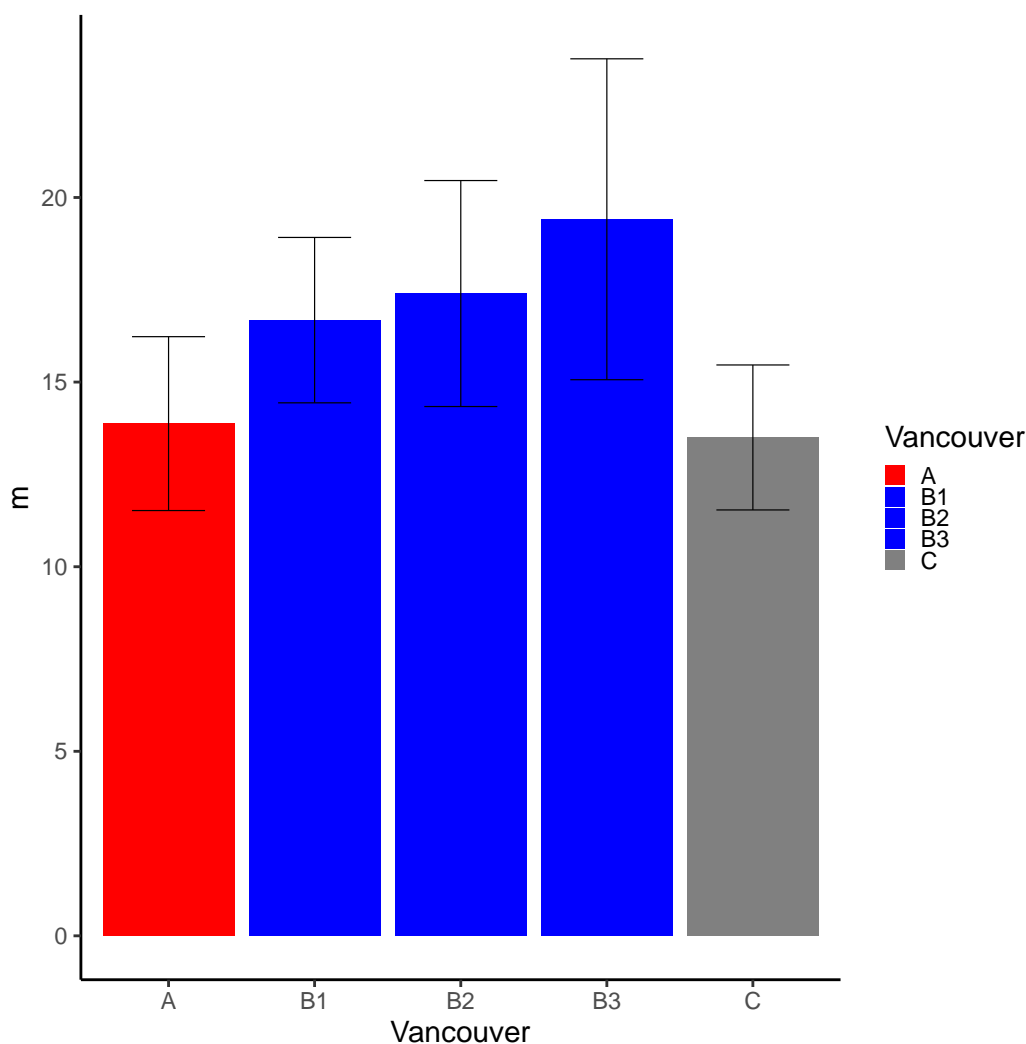


Diagramm 19. Mittlerer postoperativer Krankenhausaufenthalt im Bezug zur PPF nach Vancouver

Patienten mit einliegender Knieprothese und einer periprothetischen Fraktur verblieben zwischen 6 und 114 Tagen postoperativ in der Klinik, hier lag die durchschnittliche Liegezeit bei 16,9 postoperativen Tagen. Die hohe Liegezeit von 114 Tagen ergab sich durch eine Infektion und einer Delayed-Union der Fraktur. Diese musste insgesamt neunmal revidiert werden. Die Therapie mittels Osteosynthese zog eine mittlere Verweildauer von 16,5 Tagen nach sich, die des Knieprothesenwechsels eine mittlere Verweildauer von 18 Tagen, jedoch wurde nur einmal ein Prothesenwechsel durchgeführt. Nach einer Versorgung mittels retrogradem Femurnagel lag die durchschnittliche postoperative Verweildauer bei 14,8 Tagen. Rorabeck Typ 1 Frakturen verblieben im Durchschnitt 12,3, Rorabeck Typ 2 und Typ 3 Frakturen 18 Tage.

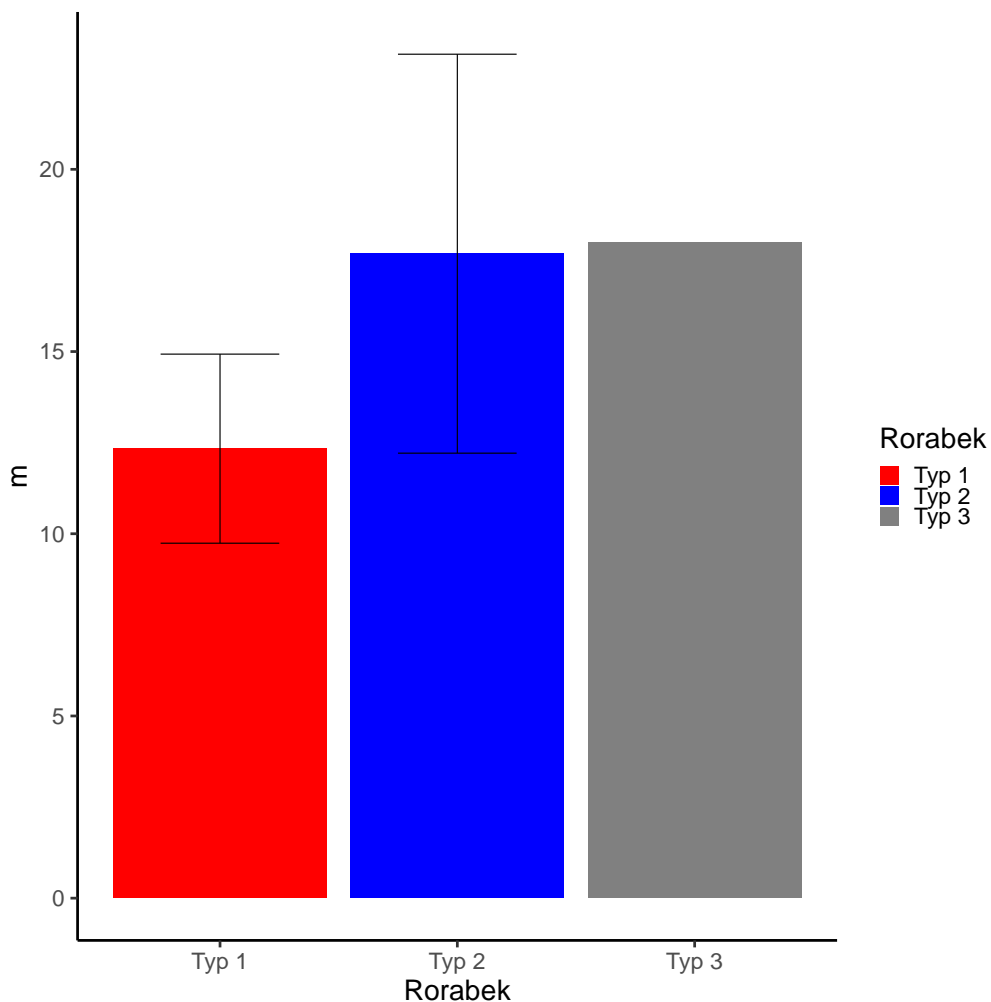


Diagramm 20. Mittlerer postoperativer Krankenhausaufenthalt im Bezug zur PPF nach Rorabeck

Generell verlängerte sich der postoperative stationäre Aufenthalt der Hüft- und Kniegruppe in Abhängigkeit der speziellen, operationsassoziierten (n=33) und allgemeinen patientenspezifischen, (n=88) postoperativen, Komplikationen. Wies ein Patient eine der in Tab. 15 & 16 genannten Komplikationen auf, lag dann eine durchschnittliche postoperative Verweildauer von 23 Tagen vor.

3.16 Postoperative Belastungsmöglichkeit

Unterschieden wurde zwischen postoperativer, schmerzadaptierter Vollbelastung, 20 Kilogramm Teilbelastung, Fußsohlenkontakt und kompletter Entlastung, jeweils für 6 Wochen an Unterarmgehstützen. Die postoperative Belastungsmöglichkeit wurde vom Operateur empfohlen in Abhängigkeit der intraoperativ vorgefundenen Knochenqualität und Stabilität der Versorgung. Insgesamt konnte in 154 Fällen die postoperative Belastungsmöglichkeit herausgefunden werden. Bei 18,8% (20/106) der periprothetischen Frakturen und Hüftgelenksersatz war postoperativ eine schmerzadaptierte Vollbelastung erlaubt. 52,8% (56/106) durften maximal mit 20 kg teilbelasten und 15% (16/106) war Fußsohlenkontakt erlaubt. 13,2% (14/106) war eine absolute Entlastung vorgeschrieben. Unter den Frakturen, die operativ mit Revisionsprothesen versorgt wurden (n=45) durften 20% (9/45) postoperativ vollbelasten, 57,7% (26/45) durften für 6 Wochen mit maximal 20 kg teilbelasten, 15,5% (7/45) war Fußsohlenkontakt erlaubt und 4,4% (2/45) mussten entlasten. Beim Plattenosteosynthese und dem Cerclageverfahren entweder in solitärer oder kombinierter Anwendung (n=69) durfte in 15,9% (11/69) der Fälle postoperativ vollbelastet und in 43,4% (30/69) mit 20 kg teilbelastet werden. In 17,3% (12/69) war eine Entlastung und in 13% (9/69) Fußsohlenkontakt verordnet worden.

In der Gruppe der periprothetischen Frakturen und einliegender Kniegelenksprothese konnte bei 48 Frakturen die postoperative Belastungsmöglichkeit aus den Akten herausgefunden werden. Hier durften 14,5% (7/48) postoperativ schmerzadaptiert vollbelasten, 54,1% (26/48) mit 20 Kilogramm teilbelasten, 16,6% (8/48) war Fußsohlenkontakt erlaubt und 14,5%(7/48) war eine absolute Entlastung verordnet worden. Insgesamt wurde bei periprothetischer Fraktur und einliegender Knieprothese nur eine Revisionsprothese implantiert, hier war postoperativ Fußsohlenkontakt verordnet worden. Bei der Implantation eines Femurnagels, wurden in 6 Fällen 4 unterschiedliche Belastungsformen erreicht. Jeweils einmal, 20 Kilogramm Teilbelastung und eine komplette Entlastung, zweimal Fußsohlenkontakt, sowie zweimalig eine Vollbelastung.

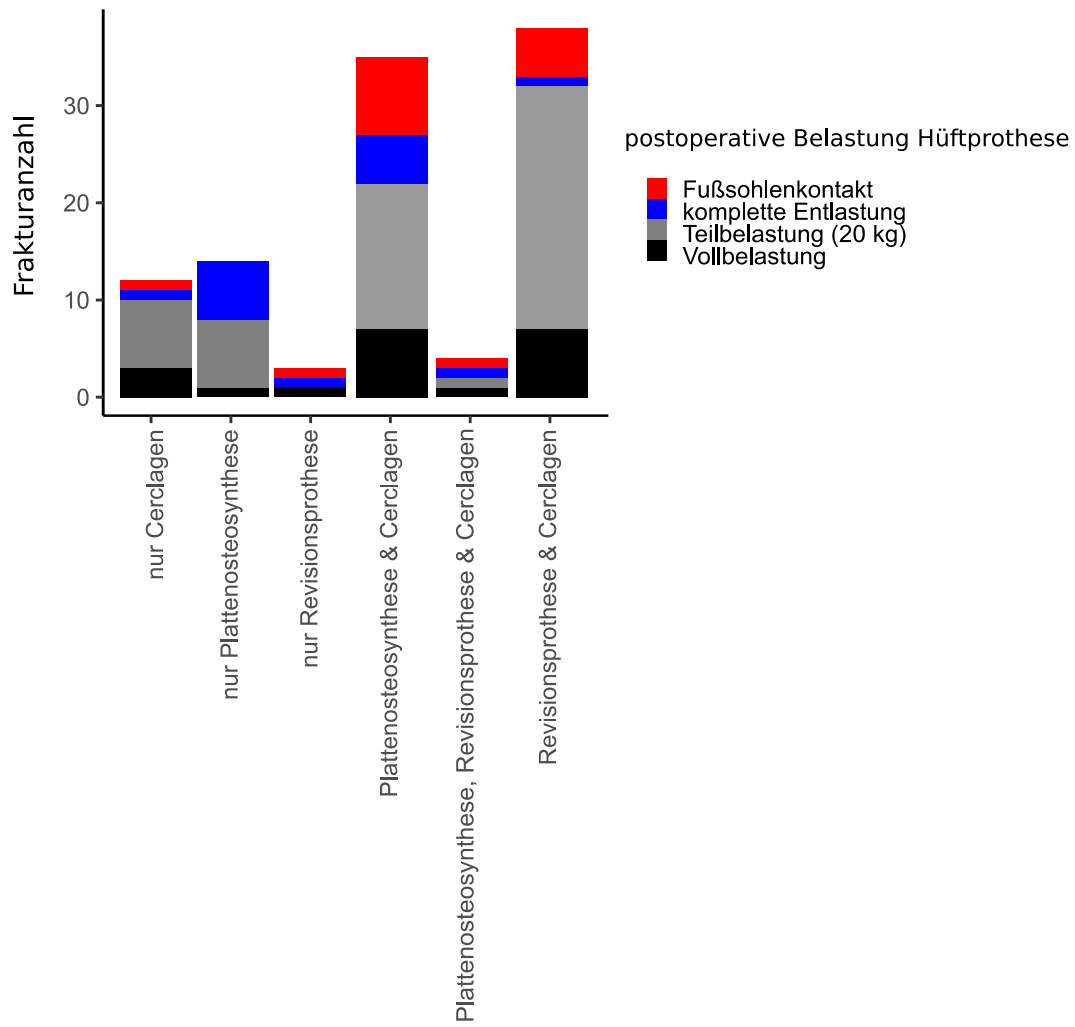


Diagramm 21. Postoperative Belastungsmöglichkeit im Bezug auf das angewandte Diagramm
Therapieverfahren der Hüftprothesengruppe

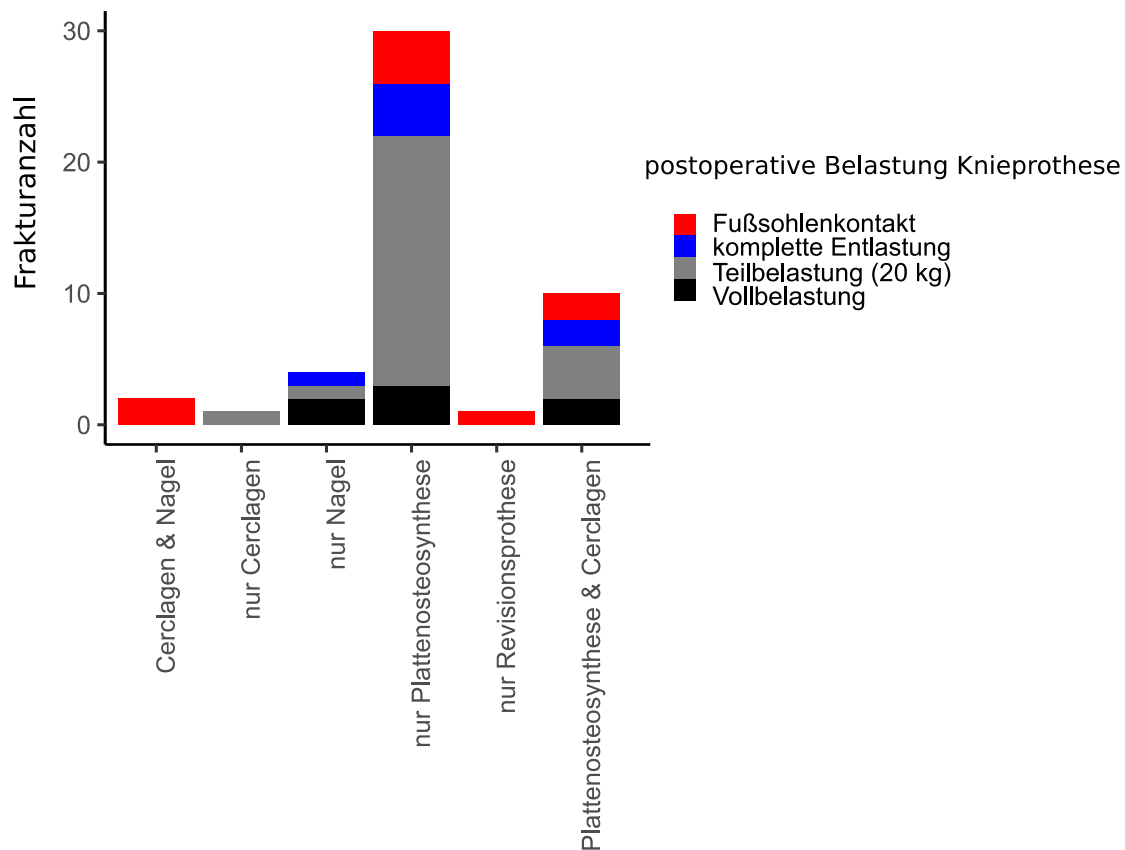


Diagramm 22. Postoperative Belastungsmöglichkeit im Bezug auf das angewandte Therapieverfahren der Knieprothesengruppe

3.17 Radiologische Nachuntersuchung

Im nachklinischen Verlauf zeigte sich in beiden Gruppen eine geringe Compliance bezüglich der von uns empfohlenen radiologischen Nachsorgeuntersuchungen sechs Wochen und drei Monate postoperativ. Der Grund hierfür lag entweder noch in einer zu eingeschränkten postoperativen Mobilisation, oder das einige Patienten sich zum besagten Zeitpunkt der gewünschten Nachuntersuchung in einer Anschlussheilbehandlung befanden und somit die vorgegebene Termine nicht wahrnehmen konnten. Von den 163 behandelten Frakturen der 158 Patienten verstarben 6 Patienten noch in der Klinik. Es konnten insgesamt 45% (70/157) der periprothetischen Frakturen sechs Wochen und 40% (63/157) der periprothetischen Frakturen drei Monate postoperativ radiologisch nachuntersucht werden. Nur 2,5%

(4/157) wurden sowohl sechs Wochen als auch drei Monate postoperativ nachuntersucht. Von den Frakturen die radiologisch sechs Wochen postoperativ nachuntersucht wurden, wiesen 7% (5/70) eine radiologische Auffälligkeit auf, hierzu gehören, unzureichend durchbaute Frakturen und Versagen des Osteosynthesematerials. 12,7% (8/63) der Frakturen hatten drei Monate postoperativ eine radiologische Auffälligkeit. Drei Frakturen hatten sowohl sechs Wochen als drei Monate postoperativ keine progrediente Durchbauung des Frakturspalts, dieser war unverändert einsehbar. Hier war zweimal eine Vancouver Typ C Fraktur und einmal eine Rorabeck Typ 2 Fraktur vorausgegangen. In einem anderen Fall kam es 6 Wochen postoperativ nach einer Typ B1 Fraktur nach Vancouver zu einem Plattenausrisss inklusive der Schrauben im oberen Drittel, ursächlich war hierfür eine Fehlbelastung des Patienten. Drei Monate später wies der Patient jedoch eine progrediente Durchbauung ohne zusätzlichen operativen Eingriff auf, den er explizit verweigerte. Eine weitere Fraktur wies 6 Wochen postoperativ eine kraniale Dislokation des Trochanter majors nach einer Typ A Fraktur auf. Diese wurde initial mit Cerclagen versorgt, der Patient erschien jedoch nicht zur Nachuntersuchung drei Monate postoperativ.

Zu den 8 Fällen welche drei Monate postoperativ einen auffälligen radiologischen Befund aufwiesen, sind neben den drei beschriebenen einsehbaren Frakturspalten, 5 weitere Fälle dokumentiert, welche nur in der radiologischen Nachuntersuchung drei Monate postoperativ eine Auffälligkeit aufwiesen. Drei Frakturen wiesen eine Plattenlockerung jeweils bei Typ C Frakturen nach Vancouver auf. Eine Fraktur wurde daher, aufgrund einer fortbestehender Plattenlockerung erneut operiert und ein Prothesenwechsel durchgeführt. In einem anderen Fall wurde 3 Monate postoperativ eine Fissur des Femurs nachgewiesen, die kein weiteres Handeln nach sich zog. Die fünfte Fraktur wies eine Pseudarthrose auf, ursächlich hierfür war eine Refraktur nach Sturz in der Anschlussheilbehandlung und eine darauffolgende Wundinfektion, welche mehrere Revisionen nach sich zog.

3.18 Postoperative Komplikationen

In Tabelle 15 und 16 werden alle erfassten intra- und postoperativen Komplikationen beider Gruppen aufgelistet und mit der operativen Therapie in Zusammenhang gestellt. Generell wurde in dieser Arbeit nur auf die Komplikationen Wert gelegt, welche im unmittelbaren Zusammenhang mit der Fraktur, oder der operativen Therapie stehen. Harnwegsinfekte, Pneumonie oder andere allgemeine

Komplikationen wurden nur dann herangezogen, wenn diese Auswirkungen auf die Letalität des Patienten hatten und werden im Kapitel Mortalität behandelt. Zusätzlich unterteilten wir die Komplikationen in dieser Studie in allgemeine patientenspezifische, Komplikationen und operationsassoziierte, spezielle Komplikationen. Zu den allgemeinen zählten wir die intra- und postoperative Blutungsanämie sowie, die postoperative, kardiopulmonale Insuffizienz, da diese gehäuft im Patientenklientel auftraten.

In die Gruppe der operationsassoziierten speziellen Komplikationen nahmen wir die folgenden auf:

- Prothesenlockerungen
- Refrakturen
- Versagen des Osteosynthesematerials
- Luxationen
- Pseudarthrosen
- Infektion und Wundheilungsstörungen

11,1% (16/114) der periprothetischen Frakturen nach Hüftgelenkersatz wiesen im postoperativen Verlauf mindestens eine operationsassoziierte Komplikation auf, 44,7% (51/114) eine allgemeinen Komplikation. Unter den Allgemeinen Komplikationen war am häufigsten die kardiopulmonale Insuffizienz dokumentiert worden mit 27,1% (31/114). Die postoperative Blutungsanämie 20,1% (23/114) und die intraoperative Blutungsanämie 9,6% (11/114) traten am zweithäufigsten auf.

Luxationen kamen in 5,2% (6/114) der Fälle postoperativ vor und machten somit die größte Gruppe der postoperativen Komplikationen in der Hüftprothesengruppe aus. Infektionen und Wundheilungsstörungen traten nur bei 2,6% (3/114) auf. Ein Versagen des Osteosynthesematerials, sowie eine Refraktur konnte jeweils in 4,3% (5/114) und 3,5% (4/114) der Fälle vermerkt werden. Pseudarthrosen und Lockerungen der Prothesen traten postoperativ in der Gruppe der Hüftprothesen nicht auf. In einem Fall kam es jedoch zu einer Schaftsinterung nach Einbau einer Revisionsprothese.

Tabelle 15: Postoperative Komplikationen der Hüftprothesengruppe

Postoperative Komplikation	Osteosynthese (Platte/Cerclage) (n=69)	Revisionsprothese (n=45)	Gesamtanzahl der Komplikation
Intra/postoperative Blutungsanämie	16	18	34
Postoperative kardiopulmonale Insuffizienz	16	15	31
Luxationen	2	4	6
Versagen des Osteosynthesematerials	5	0	5
Refraktur	3	1	4
Infektion und Wundheilungsstörungen	2	1	3
Prothesenlockerung	0	0	0
Pseudarthrose	0	0	0

Eine Typ A Fraktur zog nur in einem Fall eine perioperative Komplikation mit sich, hier handelte es sich um eine intraoperative Transfusionspflichtigkeit. Typ B1 Frakturen führten mit 59,3% (19/32) eine allgemeine, und mit 16% (5/32) eine operationsassoziierte Komplikation mit sich. Typ B2 Frakturen wiesen mit 69% (20/29) entweder eine allgemeine oder mit 13,7% (4/29) operationsassoziierte Komplikation auf, wobei gehäuft intra- und postoperative Transfusionspflichtigkeiten bei beiden Frakturen auftraten. Typ B3 Frakturen führten in 62,5%(10/16) der Fälle zu einer allgemeinen, patientenspezifischen Komplikation, unter den operationsassoziierten, verfahrensspezifische Komplikationen traten mit 18,7% (3/16) nur Luxationen auf. Typ C Frakturen führten in 51,7% (15/29) eine allgemeine Komplikation mit sich, operationsspezifische Komplikationen, traten mit 20,6% (6/29) auf, am häufigsten war hier das Versagen des Osteosynthesematerials vertreten.

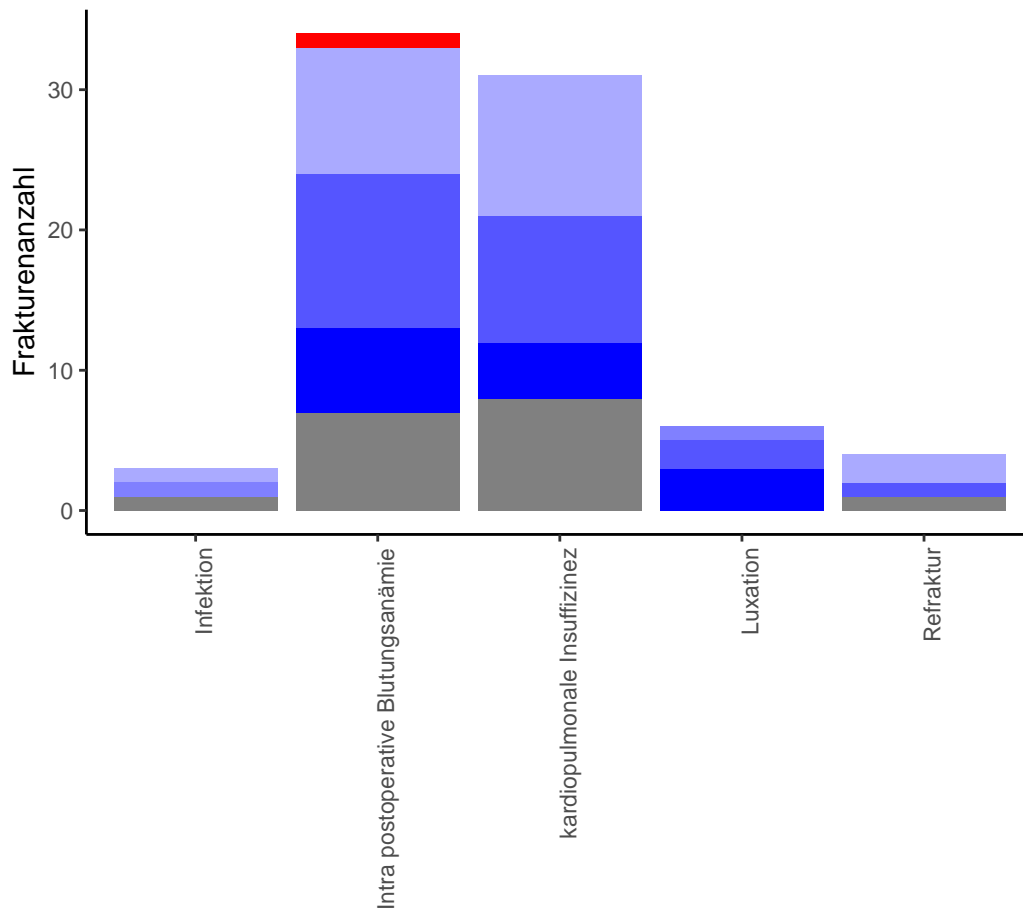
Periprothetische Frakturen bei einliegender Knieprothese führten in 46,9% (23/49) der Fälle mindestens eine allgemeine patientenassoziierte und in 30,6% (15/49) eine operationsassoziierte, spezielle Komplikation mit sich. Hier war am häufigsten die

postoperative Blutungsanämie 32,65% (16/49) zu finden, eine akute intraoperative Blutungsanämie trat nicht auf. Die kardiopulmonale Insuffizienz trat in 13% (6/49) postoperativ auf. Infektionen und Wundheilungsstörungen wurden auch mit 12,2%(6/49) beschrieben. Versagen des Osteosynthesematerials oder eine Prothesenlockerung im postoperativen Anschluss trat in 6,1% (3/49) bzw. 2% (1/49) auf. Refrakturen 4% (2/49) und Pseudarthrosen 6,1% (3/49) traten in der Gruppe der Knieprothesen ebenfalls nur vermindert auf. Nach der Therapie mit einer Revisionsprothese traten außer einer postoperativen Blutungsanämie, die durch Erythrozytenkonzentraten therapiert wurde, keine Komplikationen auf.

Typ 1 Frakturen nach Rorabeck zogen in 60% (6/10) und Typ 2 Frakturen in 42,1% (16/38) der Fälle eine allgemeine, patientenspezifische Komplikation mit sich, hier war vermehrt die postoperative Blutungsanämie zu finden. Unter den speziellen, operationsassoziierten Komplikationen waren mit 16,6% (6/38) am häufigsten Infektionen und Wundheilungsstörungen vertreten, dabei handelte es sich um 4 mal um oberflächliche Wundheilungsstörungen und 2 mal um tiefgreifenden Infektionen mit Beteiligung des Osteosynthesematerials.

Tabelle 16: Postoperative Komplikationen Knieprothesengruppe

Postoperative Komplikation	Osteosynthese (n=48)	Revisionsprothese (n=1)	Gesamtanzahl der Komplikationen
Intra/postoperative Blutungsanämie	15	1	16
Postoperative kardiopulmonale Insuffizienz	6	0	6
Infektion und Wundheilungsstörungen	6	0	6
Versagen des Osteosynthesematerials	3	0	3
Pseudarthrose	3	0	3
Refraktur	2	0	2
Prothesenlockerung	1	0	1



Vancouver Klassifikation ■ Typ A ■ Typ B1 ■ Typ B2 ■ Typ B3 ■ Typ C

Diagramm 23. Häufigkeitsverteilung der Komplikationen

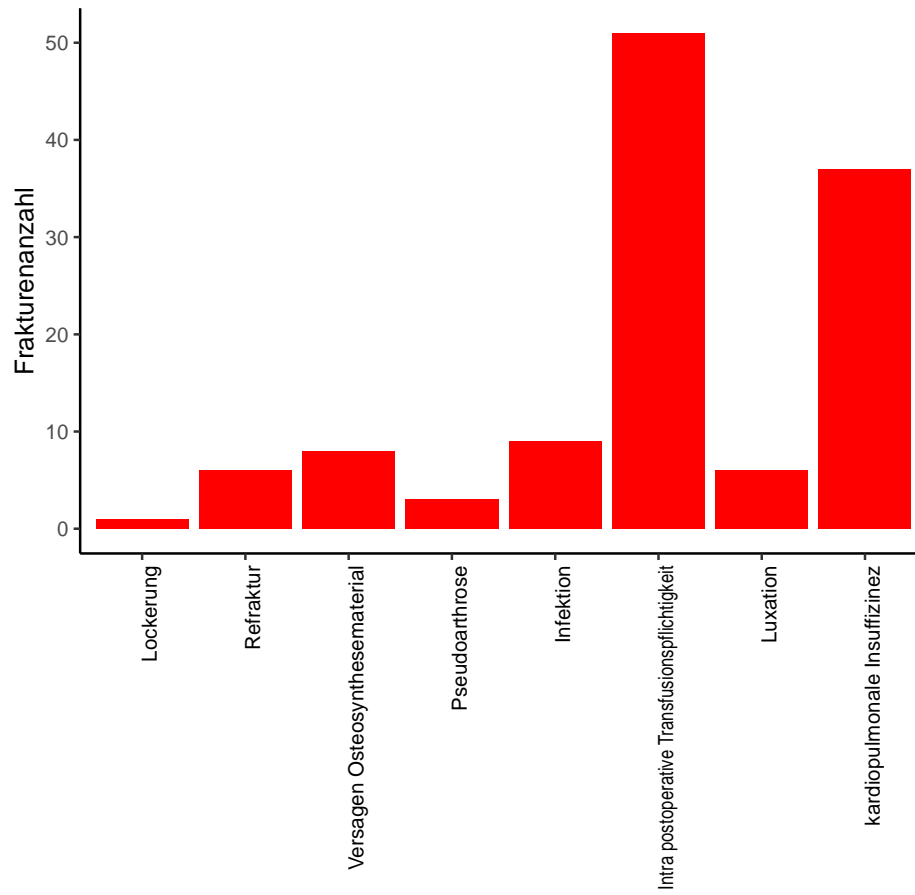


Diagramm 24. Häufigkeitsverteilung der Komplikationen in Bezug zu den Frakturklassifikationen nach Vancouver

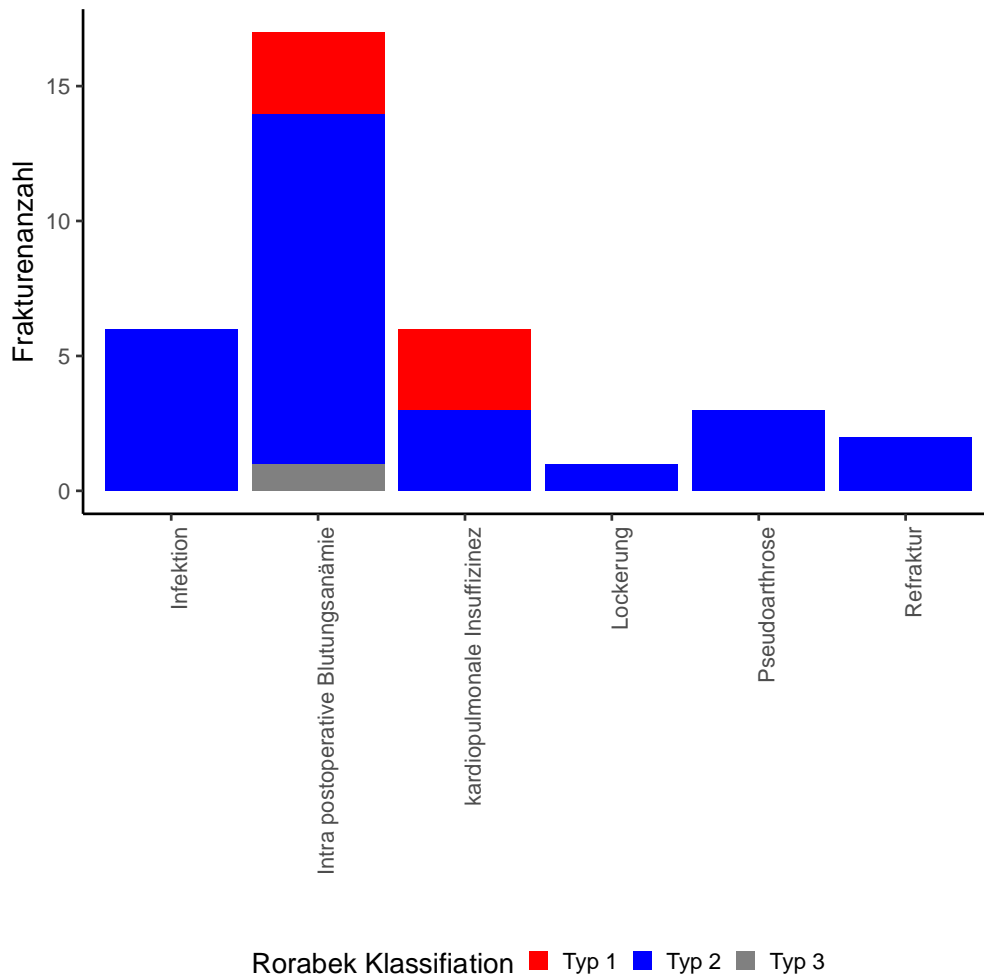


Diagramm 25. Häufigkeitsverteilung der Komplikationen in Bezug zu den Frakturklassifikationen nach Rorabeck

3.19 Revisionseingriffe

Insgesamt mussten 14% (16/114) der Frakturen bei einliegender Hüftprothese und 16,3 % (8/49) bei einliegender Knieprothese im Anschluss an die operative Erstversorgung der periprothetischen Fraktur mindestens einmal revidiert werden. Tabelle 17 stellt eine Zusammenschau der Revisionseingriffe bei periprothetischer Fraktur und Kniegelenksersatz sowie Tabelle 18. bei Hüftgelenksersatz dar.

Rezidivierende Luxationen 5,2% (6/114) führten in 4 von 6 Fällen zu einem operativen Revisionseingriff in der Hüftprothesengruppe. Hier wurden insgesamt 3 Revisionsprothesen implantiert, einmal kam es nur zu einem Kopfaustausch der Prothese und einem Inlaywechsel der Pfanne. Das Versagen des Osteosynthesematerials 4,3% (5/114) führte in 4 von 5 Fällen zu einem Revisionsgrund, ein Patient verweigerte den operativen Eingriff trotz Plattendislokation, jedoch kam es hier zu einer Ausheilung der Fraktur ohne weitere

Beschwerden. Bei allen 3 Infektionen und Wundheilungsstörungen kam es postoperativ zu einem Revisionseingriff. 4 Refrakturen und 2 Hämatome waren ebenfalls ausschlaggebend für einen operativen Zweiteingriff. Pseudarthrosen und Prothesenlockerungen traten in der Gruppe der periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese nicht auf. Im Vergleich der operativen Therapieverfahren war bei 15,9% (11/69) der Osteosyntheseverfahren und 11,1% (5/45) der Revisionsprothesen ein zusätzlicher Revisionseingriff wegen Komplikationen notwendig. Die maximale Zahl der Revisionseingriffe bei Infektionen und Wundheilungsstörungen lag bei 7 Eingriffen. Dieser Patient musste nach operativer Versorgung einer Typ B2 Fraktur nach Vancouver bei Wundheilungsstörungen und Infektion sowie rezidivierenden Luxationen 7 mal revidiert werden, es folgte ein zweizeitiger Ausbau der Prothese und Wechsel auf eine erneute Revisionsprothese. Zwei andere Patient mussten bei Wundheilungsstörungen und positivem Keimnachweis von Staphylococcus Epidermidis und Enterococcus faecalis jeweils 4 mal revidiert werden, hier lag einmal eine Typ C Fraktur und eine Typ B1 Fraktur vor. Es handelte sich bei beiden Patienten um tiefgreifenden Infektionen. Einmalig trat im Verlauf bei einem Patienten eine Schaftsinterung nach Primäroperation auf. Bei allen Patienten, die sich einem Revisionseingriff unterziehen mussten, lag die primäre, mittlere Operationszeit bei 180 Minuten und somit kaum über dem Durchschnitt der normalen Schnitt-Naht Zeit von 172 Minuten bei periprothetischen Frakturen der Hüfte.

In der Gruppe der periprothetischen Fraktur bei einliegender Knieprothese mussten insgesamt 16,3% (8/49) der Frakturen revidiert werden. Infektionen und Wundheilungsstörungen waren bei 12,2% (6/49) der Frakturen der häufigste, ausschlaggebende Grund für eine Revision. Wobei diese in 3 Fällen nur alleine auftraten und in 3 Fällen mit zusätzlichen Komplikationen vergesellschaftet waren. Einmal mit einer Delayed Union 2% (1/49) ein weiteres Mal mit einer Infektpseudarthrose 2%(1/49) inklusive eines Plattenermüdungsbruchs 2%(1/49). Ein weiteres Mal trat die Infektion in Kombination mit einer Refraktur 2%(1/49) und zusätzlicher Pseudarthrose auf. Somit traten eine Refraktur, eine Delayed Union, ein Plattenermüdungsbruch sowie 2 Pseudarthrosen in Kombination mit einer Infektion auf. Die adhäsive Synovialitis sowie ein Malalignment eines retrograden Femurnagels traten nur einmal solitär mit 2% (1/49) auf. Luxationen oder Hämatome traten nicht auf.

Vergleicht man auch hier die Therapieverfahren, so kam es beim einmaligen Prothesenwechsel zu keinem Revisionseingriff, bei einer Typ 3 Fraktur nach

Rorabeck.

Die maximale Anzahl an Revisionseingriffen lag in der Knieprothesen Gruppe bei 13 Eingriffen. Die Ursache hierfür war eine primäre Typ 2 Fraktur nach Rorabeck, welche in der Anschluss Heilbehandlung bei einem Sturz refrakturierte und eine Wundheilungsstörung und Infektion verursachte. Im Verlauf entwickelte der Patient eine Pseudarthrose und primäre Myelofibrose. Ein anderer Patient musste im Verlauf 9 mal revidiert werden bei einer primären Typ 2 Fraktur, welche sich postoperativ infizierte und eine Delayed Union mit sich führte. Auch hier waren Infektionen und Wundheilungsstörungen die häufigste Ursache für wiederholte Eingriffe. Unter allen revidierten Frakturen handelte es sich um Typ 2 Frakturen nach Rorabeck. Bei allen Patienten, die sich einem Revisionseingriff unterziehen mussten, lag die primäre, mittlere Operationszeit bei 160 Minuten und somit 25 Minuten über dem Durchschnitt der normalen Schnitt-Naht Zeit von 135 Minuten bei periprothetischen Frakturen des Knies.

Tabelle 17: Übersicht der Revisionseingriffe bei Kniegelenksersatz

Revisionsgrund	Osteosynthese (n=48)	Revisionsprothese (n=1)	Gesamtzahl der Revisionen
Infektion/ Wundheilungsstörungen	6	0	6
Versagen des Osteosynthese Materials	2	0	2
Pseudarthrose	2	0	2
Refraktur	1	0	1
Adhäsive Synovialitis	1	0	1
Delayed Union	1	0	1

Tabelle 18: Übersicht der Revisionsoperationen bei Hüftgelenksersatz

Revisionsgrund	Osteosynthese (n=69)	Prothesenwechsel (n=45)	Gesamtanzahl der Revisionen
Luxationen	1	3	4
Versagen des Osteosynthesematerials	5	0	4
Refraktur	2	2	4
Infektion/ Wundheilungsstörung	2	1	3
Hämatom	1	1	2
Schaftsinterung	0	1	1

3.20 Interhospitalletalität

Während des Klinikaufenthalts verstarben von 158 Patienten insgesamt 6. Davon verstarb 1 Patienten aus der Knieprothesengruppe und 5 Patienten aus der Hüftprothesengruppe. Die Klinikletalität beträgt somit 3,8% (6/158). Aus der Gruppe der Patienten mit periprothetischer Fraktur bei Hüftgelenksersatz waren vier Typ B und eine Typ C Fraktur vertreten, davon drei B2 und eine B1 Fraktur. Drei dieser Patienten verstarben auf der Intensivstation jeweils im Zeitraum von 1 bis 10 Tagen postoperativ nach kardiogenem Schock. Der vierte Patient wies präoperativ einen hämorrhagischen Schock im Rahmen einer vorbestehenden Antikoagulationstherapie auf. Er wurde mit 4 FFP- und 9 Erythrozytenkonzentraten behandelt. Als weitere Komplikation erlitt der Patient jedoch einen Dünndarmileus und verstarb nach 40 Tagen postoperativ auf der Intensivstation an Organversagen. Die Patientin mit der Typ C Fraktur nach Vancouver verstarb am 8 postoperativen Tag an einem NSTEMI sowie einer Pneumonie. Vier der fünf Patienten waren weiblich und ein Patient männlich, wobei das Durchschnittsalter 90 Jahre Betrag, die Altersspanne lag zwischen 80-100 Jahren. Bei allen Patienten lag präoperativ eine ASA-Klasse von mindestens 3 vor.

In der Gruppe der Knieprothesen verstarb ein Patient 2% (1/49) postoperativ innerhalb von 6 Tagen an Asystolie bei koronarer Herzerkrankung. In diesem Fall lag eine Typ 2 Fraktur nach Rorabeck vor. Die Patientin war 94 Jahre alt und wies eine ASA-Klasse 3 auf.

3.21 Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate

Die Mortalität, Mittlere-Überlebensrate und Ein-Jahres-Überlebensrate konnte mit Genehmigung des bayrischen Wissenschaftsministeriums über das zentrale elektronische Personenstandsregister (ZePR) für Bayern ermittelt werden. Seit 1. Januar 2009 können elektronische Personenstandsregister eingerichtet werden, ab 1. Januar 2014 sind diese in ganz Deutschland zwingend vorgeschrieben, somit konnte bei allen im Bundesland Bayern ansässigen Patienten ermittelt werden, ob sie noch am Leben oder bereits verstorben sind [44] . Die Liste der in Bayern registrierten Patienten wurde mittels Geburtsdatum und Namen unter Wahrung der Schweigepflicht und Genehmigung des bayrischen Wissenschaftsministeriums im März 2018 ausgestellt. Somit konnte bei allen außer zwei Patienten die Mortalität überprüft werden. Ein Patient kam aus Tripolis in Libyen und einer aus Nova Parka in Tschechien, bei diesen zwei Patienten konnte auch durch telefonische Nachforschung nicht geklärt werden, ob sie noch am Leben oder bereits verstorben sind. Diese wurden somit nicht in die statistische Auswertung miteinbezogen.

Aus der Gruppe der periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese sind 33% (36/109) der Patienten verstorben. 11% (12/109) verstarben innerhalb des ersten Jahres postoperativ, dies entspricht einer Ein-Jahres-Mortalität von 11%, die mittlere Überlebensrate unter den Patienten, die bereits verstorben sind, betrug 1,5 Jahre. Das Durchschnittsalter der Patienten, die innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, lag bei 87,5 Jahren, wobei 75% (9/12) der Patienten weiblich und 25%(3/12) Patienten männlich waren. Das Durchschnittsalter von 87,5 Jahren war damit 6 Jahre höher als das der Patienten, die nicht innerhalb des ersten Jahres verstarben, dies lag bei 81,5 Jahren. Bei 66,7% (8/12) konnte die ASA-Klasse ermittelt werden, die ASA Klasse 3 trat sechsmal mit 75%(6/8) auf, die Klasse 4 mit 25%(2/8) zweimal. Somit waren alle Patienten mit einer schweren Allgemeinerkrankung vorbelastet. Entgegen der Erwartungen war bei den Patienten, die innerhalb des ersten Jahres verstarben, die Anzahl der postoperativen Komplikationen im Schnitt nicht höher, als bei den restlichen Patienten, die nicht innerhalb des ersten Jahres verstarben. Insgesamt wies ein Patient aus der Gruppe der 12 verstorbenen eine

revisionsbedürftige Komplikation auf. Die durchschnittliche, perioperative Transfusionsrate betrug 1,33 Produkte pro Patient und die mittlere Operationszeit lag bei 161 Minuten. Diese beiden Zahlenwerte sind niedriger als die der Patienten, die nicht innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, hingegen war die postoperative, mittlere Transfusionsrate um 1,36 Produkte höher unter den Patienten, die innerhalb des ersten Jahres verstarben. Die durchschnittliche, präoperative Zeit vom Frakturereignis bis hin zur Operation lag im Mittel bei 2,1 Tagen und die postoperative von der Operation bis zur Krankenhausentlassung bei 16,5 Tagen. Somit mussten die Patienten, die im ersten Jahr postoperativ verstarben, im Schnitt 3,1 Tage kürzer auf die operative Versorgung der Fraktur warten, und verließen die Klinik postoperativ 0,4 Tage später. Bei der Betrachtung des Intensivstationsaufenthalts mussten 75% (9/12) postoperativ mindestens einen Tag überwacht werden. Am häufigsten mit 33,3% (4/12) trat die Fraktur Typ B1 nach Vancouver auf.

In der Knieprothesengruppe sind 42,5% (20/47) der Patienten verstorben, 14,8% (7/47) verstarben innerhalb des ersten Jahres postoperativ, dies entspricht einer Ein-Jahres-Mortalität von 14,8%. Die mittlere Überlebensrate unter allen Patienten, die bereits verstorben sind, betrug 1,7 Jahre. Das Durchschnittsalter lag bei 90,8 Jahren, hier waren 71,4% (5/7) weiblich und 28,5 % (2/7) männlich. Bei den 7 Patienten, die innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, war keine ASA-Klasse aufzufinden. Keiner der 7 Patienten wies eine postoperative Komplikation auf. Die ermittelte, mittlere Erythrozytenkonzentrat Gabe lag perioperativ und postoperativ bei 1,85 Produkten pro Patient. Bei der Ermittlung der präoperativen Zeit zwischen Frakturereignis und Operation war kein erhöhter Mittelwert zu finden, dieser lag bei 2 Tagen. In der Gruppe der Patienten, die nicht innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, bei 3 Tagen. Die Schnitt-Nahtzeit betrug im Mittel 137 Minuten und war somit niedriger, als die der Vergleichsgruppe mit 139 Minuten. Postoperativ war bei den Patienten, die innerhalb des ersten Jahres verstorben sind eine durchschnittliche, postoperative Liegezeit von 15,5 Tagen zu eruieren, in Vergleichsgruppe lag diese bei 17 Tagen, somit verweilten Patienten die im ersten postoperativen Jahr verstarben 1,5 Tage kürzer. Auf die Intensivstation mussten 85,7% (6/7) mindestens einen Tag postoperativ. Die Typ 1 Fraktur nach Rorabeck war unter den verstorbenen Patienten mit 4 Frakturen am häufigsten aufzufinden, gefolgt von der Typ 2 Fraktur mit 3 Frakturen.

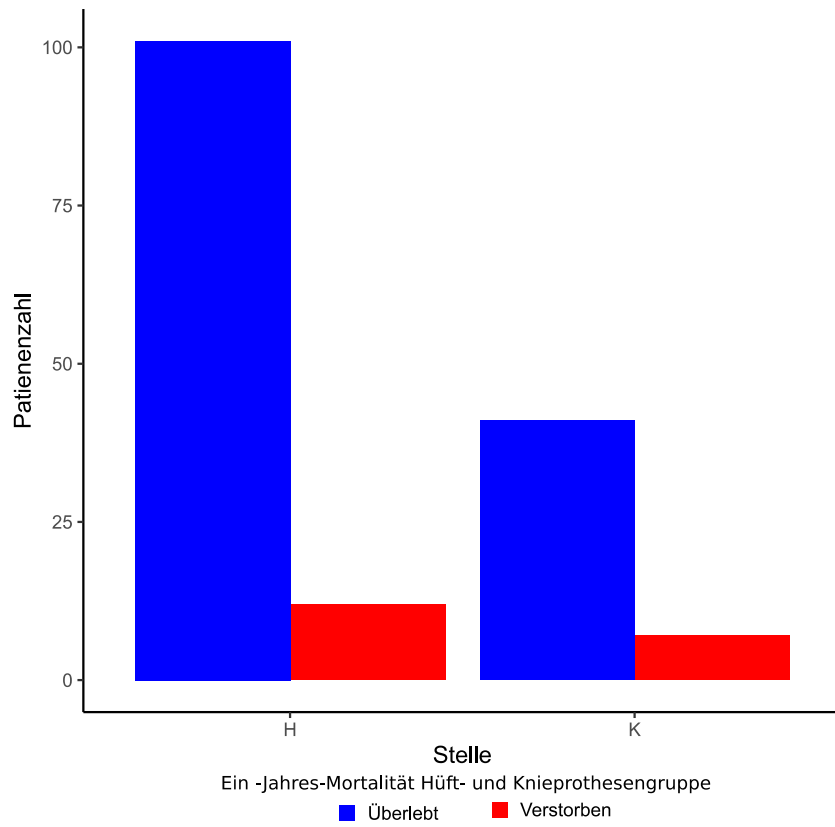


Diagramm 26. Ein-Jahres-Mortalität der Hüft- und Knieprothesengruppe

4 Diskussion

Die periprothetische Fraktur stellt nicht nur den Patienten sondern auch den behandelnden Operateur vor eine große Herausforderung. Umso wichtiger ist es ein gutes Behandlungsergebnis zu erzielen, um den Patienten eine vollständige Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit, der betroffenen Extremität postoperativ zu gewährleisten. Das hohe Alter, die Morbidität und Immobilität der Patienten erschweren diese Aufgabe zusätzlich und lassen ein zufriedenstellendes Ergebnis oft nur schwer zu. Die generelle Komplexität der Fraktur und ihrer Behandlung machen eine konservative Behandlung nur in speziellen Fällen möglich. Lindahl, Wick und Rupprecht et al. berichten in ihren Studien von einer erhöhten Komplikationsrate bei rein konservativer Therapie [14, 28, 45].

Umso wichtiger ist es in diesem komplexen Gebiet weitere behandlungsspezifische Erkenntnisse zu erlangen und den Patienten dadurch eine möglichst komplikationslose und zügige Genesung zu ermöglichen.

4.1 Patientenkollektiv

In unserer Studie schlossen wir 158 Patienten mit 163 Frakturen ein, davon konnten 114 Frakturen der Hüftprothesengruppe und 49 Frakturen der Knieprothesengruppe zugeordnet werden. Diese Fallzahl ist im Vergleich zu anderen Studien deutlich höher [12, 14, 38, 46]. Mit einer Metaanalyse aus 55 Studien die 1.370 Patienten umfasste, verschaffte Probst et al. einen Überblick über Behandlungsverfahren und mögliche Komplikationen der periprothetischen Frakturen, bei Hüftprothese. Dies entspricht einer durchschnittlichen Fallzahl von 25 Patienten pro Studie [38]. Somit kann unsere Studie dem Literaturvergleich bezogen auf die Patient- und Frakturanzahl standhalten. Das Durchschnittsalter der Patienten mit periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese lag in unseren erhobenen Daten bei 82 Jahren, das der Patienten mit periprothetischer Fraktur und Knieprothese bei 81,5 Jahren und ist somit etwas höher als die Zahlenangaben in der vergleichbaren Literatur. Beals, Gruner, Zuurmond und Ruiz et al. berichten in Ihren Studien von 67 bis 78,6 Jahren [12, 18, 47, 48].

Bezogen auf die Geschlechtsverteilung ist in den meisten Studien über die periprothetische Fraktur ein Überhang des weiblichen Geschlechts zu finden. Lindahl et al. und Beals et al. berichten in Ihren Studien zwar von einem ausgeglichenen Verteilungsmuster von Mann zu Frau von 48% zu 52% und 45% zu 55% [7, 18], jedoch benennen Ruiz, Gruner und Althausen et al. wie in unserer Studie, ebenfalls

einen erhöhten Frauenanteil. [12, 47, 49]. Insgesamt waren 74,2% der Patienten weiblich und 25,8% Patienten männlich.

4.2 Frakturhäufigkeiten

In dieser Studie wurde die Klassifizierung der periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese nach Vancouver vorgenommen. Es konnten 7% Frakturen der Klasse A, 67,5% der Klasse B und 25,4% der Klasse C zugeordnet werden. Diese Zahlen lassen sich annähernd mit den Zahlen in der Literatur vergleichen [50-52]. In einer Studie von Lindahl et al. in der 1.049 Frakturen aus dem „Swedish National Hip Arthroplasty Register“ untersucht wurden konnten 86% der Typ B Fraktur zugeordnet werden, diese war in unserer Studie mit 67,5% ebenfalls am häufigsten vertreten [53]. Unterschiede zeigen sich jedoch bei der genaueren Betrachtung der verschiedenen Untergruppen der Typ B Frakturen, in denen die Knochenqualität und der Prothesensitz mit berücksichtigt wird. In unserer Studie traten mit 28% am meisten Typ B1 Frakturen, gefolgt von Typ B2 Frakturen bei gelockerter Prothese mit 25,4 % auf. Typ B3 Frakturen waren mit 14% vertreten. Bei Lindahl et al. traten Typ B2 Frakturen mit 53% am häufigsten auf, Typ B1 Frakturen mit 29% und Typ B3 Frakturen mit 4%[53]. Insgesamt ließen sich in unserem Patientenkollektiv in 39% der Fälle Prothesenlockerungen eruieren.

In der Knieprothesengruppe konnten nach der Rorabeck Klassifikation 20,4% der Typ 1 Fraktur, 75,5% der Typ 2 und 2% der Typ 3 Fraktur zugeteilt werden. Dies lässt sich mit den Studien von Lizaur-Utrilla et al. und Althausen et al. vereinbaren, in denen ebenfalls Typ 2 Frakturen am häufigsten vorkamen, diese traten mit 85,7 % und 100% auf [49, 54].

4.3 Frakturgenese

Niedrigenergetische Traumata stellten mit 92,9% in der Hüftprothesengruppe und mit 89,7% in der Knieprothesengruppe die häufigste Frakturursache da. Zuurmond et al. und Beals et al. berichten in Ihren Studien das in 84% und 87% ein niedrigenergetisches Trauma ursächlich für eine periprothetische Fraktur war und ist somit mit unseren Ergebnissen zu vergleichen [18, 48]. Hieraus lässt sich erkennen, dass die Prävention für niedrigenergetische Trauma bei erhöhtem Aktivitätsanspruch, allem voran der häusliche Sturz eine wichtige Rolle spielt, und ein barrierefreies sowie alters- und mobilitätsgerechtes häusliches Umfeld zu empfehlen ist.

Zuurmond et al. und Beals et al. zeigen in Ihren Veröffentlichungen ebenfalls, dass Hochrasanztrauma in nur 4-8% verantwortlich für periprothetische Frakturen sind [18, 48]. Dies spiegelt sich in unserer statistischen Auswertung wieder. Hier wiesen 10,2% aus der Knieprothesengruppe und 7% aus der Hüftprothesen Gruppe ein hochenergetisches Trauma als Ursache der Fraktur auf. Auffällig war, dass das Durchschnittsalter der Patienten in der Knieprothesengruppe bei hochenergetischem Trauma um 9,1 Jahre jünger war, als das der Patienten mit niedrigenergetischem Trauma. Im Vergleich zur Hüftprothesengruppe waren die Patienten nur um 1,7 Jahre jünger. Ursächlich hierfür könnte die steigende Anzahl der Prothesen bei schon jüngeren Patienten sein, die eine Primärendoprothese benötigen, wobei der Anspruch an verbleibende Mobilität und Aktivität postoperativ gestiegen ist [1].

4.4 Angewandte Therapieverfahren im Vergleich

In der Gruppe der Patienten mit periprothetischer Fraktur bei einliegender Hüftprothese wurden 60,5% der Frakturen mittels Plattenosteosynthese und oder Cerclagen therapiert, welches mit dem Osteosyntheseverfahren vereinbart werden kann, 39,4% erhielten eine Revisionsprothese. Diese Zahlen lassen sich mit denen aus anderen vergleichbaren Studien größtenteils zur Deckung bringen [18, 32, 38, 46]. In der Gruppe der periprothetischen Frakturen bei einliegender Knieprothesen wurden 85,7% mittels Osteosyntheseverfahren sprich mittels Cerclagen und oder Plattenosteosynthese versorgt und 12,2% durch einen Femurnagel therapiert. Bei einem Patient mit Typ 3 Fraktur und somit 2% wurde eine Revisionsprothese verbaut. Auch diese Zahlen lassen sich mit denen aus den Studien von Platzer et al. und Wick et al. vergleichen [14, 55]. Interessant bezüglich des Therapieverfahrens ist die spezielle, operationsassoziierte Komplikationsrate, diese wird in der Diskussion unter dem Punkt 3.1.7 der Komplikationen im Verlauf dieser Arbeit abgehandelt und literarisch verglichen.

4.5 Standzeit der Prothesen

In der Literatur findet man für die Prothesenstandzeit Werte zwischen 4,7 und 7,3 Jahren [18, 32, 48, 49, 56, 57]. In dieser Studie konnten für die Knieprothesen eine durchschnittliche Standzeit von 7,1 Jahren ermittelt werden. Bei den Hüftprothesen gehen die Werte auseinander. Hier wurde eine leicht erhöhte durchschnittliche Standzeit von 8,5 Jahren ermittelt. Die Standzeit lag bei periprothetischer Fraktur und Knieprothese zwischen 0 bis 18 Jahren und bei periprothetischer Fraktur und

einliegender Hüftprothese zwischen 0 bis 28 Jahren. Betrachtet man die durchschnittliche Standzeit bereits einliegender Revisionsprothesen und periprothetischen Frakturen des Hüftgelenks, so lag die durchschnittliche Zeit bei 6,6 Jahren. Somit liegt die mittlere Standzeit für Revisionsprothesen 1,9 Jahre unter der Standzeit für Primärprothesen bei einliegender Hüftprothese und lässt sich ebenfalls durch die Studie von Lindahl et al. bestätigen [53]. Auch wenn die mittlere Standzeit für Revisionsprothesen mit 3,9 Jahren unter unserer ermittelten Zeit liegt, lässt sich eine ähnliche Tendenz der verkürzten Standzeit von Revisionsprothesen sehen [53]. Die Revisionsprothesen bei Kniegelenksersatz lagen im Schnitt nur 3,5 Jahre ein und liegen somit 3,6 Jahren unter der durchschnittlichen Standzeit der Primärprothesen von 7,1 Jahren. Lizaur-Urtilla et al. berichtet 2013 über eine Revisionsendo-prothesenstandzeit des Knies von 2,8 Jahren [54].

4.6 Operationszeitpunkt

Eine sofortige, notfallmäßige Versorgung einer periprothetischen Fraktur muss nach Gruner et al. nur im Falle einer offenen Fraktur, Frakturen mit schwerem geschlossen Weichteilschaden, Gefäß- und Nervenschaden sowie drohendem oder bereits bestehendem Kompartmentsyndrom durchgeführt werden. Da die Patienten häufig multimorbide sind, ist eine schnelle Versorgung anzustreben, jedoch zwecks adäquaten, präoperativen Planungen und erhöhtem Anforderungsspektrum an den Operateur nicht immer sinnvoll [12, 14]. Griffith et al. beschreibt jedoch in seiner Studie 2013, dass präoperative Liegezeiten von mehr als 72 Stunden eine erhöhte Mortalität mit sich führen, Streubel et al. kommt zu einem ähnlichen Ergebnis und besagt, dass eine präoperative Liegezeit von mehr als 4 Tagen die Mortalität erhöht. [58, 59]. In dieser Studie wurden 69,9% der periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese innerhalb der ersten 72 Stunden operiert, 14,1% innerhalb 72-120 Stunden und 15,9% erst nach 120 Stunden. Somit wurden mehr als die Hälfte innerhalb des gewünschten Operationsfensters therapiert. Im Falle der 18 periprothetischen Frakturen, die später als 120 Stunden operiert wurden, konnte in 12 Fällen die Ursache für den verzögerten Eingriff geklärt werden. Viermal traten Begleitverletzungen auf, welche eine vorrangige Therapie erhielten und somit die operative Versorgung der periprothetischen Fraktur verzögerten. Einmal gab es keine ausreichenden Operationskapazitäten, zwei weitere Male bestand eine präoperative Pneumonie, sowie ein Harnwegsinfekt welcher antibiotisch austerapiert werden musste. In einem anderen Fall musste ein Patient nach Frakturereignis präoperativ

von Libyen nach Großhadern geflogen werden. In einem weiteren Fall rief der Patient nach dem Sturzereignis und vermindertem Schmerzempfinden erst verspätet einen Rettungsdienst. Ein Sturzereignis mit längerer Fehldiagnose, sowie eine erschwerte, präoperative Prothesenidentifizierung verlängerten den Zeitpunkt vom Frakturereignis bis zur operativen Versorgung ebenfalls.

Periprothetische Frakturen bei einliegender Knieprothese wurden in 67,3% der Fälle innerhalb von 72 Stunde operativ versorgt. 8,1% wurden nicht innerhalb der ersten 5 Tage therapiert.

Generell wurde eine präoperative Zeit bis zur Versorgung in der Kniegruppe von 2,5 und in der Hüftprothesengruppe von 4,9 Tagen nach Frakturereignis ermittelt. Dieser zeitliche Rahmen spiegelt das in der Literatur beschriebene Operationsfenster wieder. Es gilt jedoch zu beachten, dass Patienten nach Sturz bzw. Frakturereignis nicht in allen Fällen umgehend die Klinik aufsuchten und in Ausnahmesituationen mehrere Tage bis zur Klinikeinweisung vergingen. Ein besonderer Fall trat bei einer Patientin auf, welche erst 210 Tage nach diagnostiziertem Frakturereignis die Klinik bei zunehmenden Schmerzen durch Prothesenlockerung aufsuchte. Die erhöhte präoperative Liegezeit der Hüftprothesengruppe ist hierdurch sicherlich angestiegen, da in der statistischen Auswertung das dokumentierte Frakturereignis bis zur operativen Versorgung in Tagen herangezogen wurde. Welches jedoch in den meisten Fällen auch durch die umgehende Einweisung, statistisch korrekt notiert und als präoperative, klinikinterne Liegezeit vermerkt wurde.

4.7 Komplikationen

Operationsassoziierte Komplikationen traten in 11,1% in der Hüftprothesengruppe und in 16,3% in der Knieprothesengruppe auf. Allgemeine patientenspezifische Komplikationen traten in 44,7% in der Gruppe mit periprothetischer Fraktur nach Hüftgelenksersatz und in 36,7% in der Gruppe mit periprothetischer Fraktur nach Kniegelenksersatz auf. Weitere allgemeine Komplikationen wie Harnwegsinfekte oder Pneumonien wurden in dieser Studie nicht berücksichtigt, außer sie führten postoperativ zu einer Interhospitalletalität des Patienten, dies trat einmal auf, nachdem ein Patienten an einem Herzinfarkt mit gleichzeitig diagnostizierter Pneumonie verstarb. Ein literarischer Vergleich, ist aufgrund der unterschiedlichen Komplikationsparametern und verschiedenen Nachuntersuchungszeiträumen in anderen Studien nur sehr schwer möglich. Lindahl et al. berichtet in seiner Studie aus dem Jahre 2006 mit 321 Patienten nach periprothetischer Femurfraktur, dass die

Luxation mit 2,4% die häufigste operationsassoziierte Komplikation war und Wundinfektionen mit 1,5% auftraten [7]. Diese Zahlen sind im Vergleich zu unseren Ergebnissen mit 5,2% Luxationen und 2,6% Wundinfektionen niedriger.

Allgemeiner berichtet Beals et al. von 52% schlechter Therapieergebnisse bei 86 Patienten und nennt als Hauptgründe: „ Prothesenlockerungen, Wundinfektionen, Refrakturen und ausbleibende Frakturheilungen [18].“

In der vorliegenden Studie traten nach periprothetischer Fraktur in der Hüftprothesengruppe jeweils mit 4,3% Versagen des Osteosynthesematerials und Refrakturen mit 3,5% auf. Pseudarthrosen und Prothesenlockerungen traten in der Hüftprothesengruppe nicht auf, einmalig kam es jedoch zu einer Schaftsinterung, die eine Revisionsoperation nach sich zog. Vergleicht man die operationsassoziierten, speziellen Komplikationen mit dem jeweiligen Therapieverfahren so brachten 13,3% (6/45) der Schaftwechsel und 17,3% (12/69) der Osteosyntheseverfahren eine spezielle operationsassoziierte Komplikation mit sich. Hier machten Luxationen die häufigste Komplikation nach Schaftwechsel und das Versagen des Osteosynthesematerials die häufigste Komplikation nach Osteosyntheseverfahren aus. Von 31% postoperativer Komplikationen nach Prothesenwechsel berichtet Probst et al. in seiner Metaanalyse mit 1.370 versorgten Patienten nach periprothetischer. Nach Osteosyntheseverfahren liegt diese bei 19% und lässt sich mit unserer Studiengruppe vergleichen [38].

Die Knieprothesengruppe wies unter den speziellen operationsassoziierten Komplikationen am häufigsten Wundheilungsstörungen und Infektionen mit 12,2% auf. Pseudarthrosen und Versagen des Osteosynthesematerials waren beide mit jeweils 6,1% vertreten, Refrakturen mit 4%. Prothesenlockerungen und Luxationen konnten nicht vermerkt werden. Eine gesamte Komplikationsrate von 41% konnte bei Platzer et al. 2010 bei 41 Patienten nach Kniegelenkersatz statistisch erhoben werden. Aus dieser Zahl geht jedoch nicht hervor wie viel Prozent der Patienten eine allgemeine Komplikation und wie viele eine spezielle chirurgische Komplikation aufwiesen, da beide Komplikationsgruppen aufsummiert und als eine vermerkt wurden. Dies erschwert einen literarischen Vergleich ebenfalls.

Vergleicht man in der Knieprothesengruppe die operationsassoziierten speziellen Komplikationen mit dem jeweiligen Therapieverfahren, so zogen 31,2% (15/48) der Osteosyntheseverfahren eine spezielle operationsassoziierte Komplikation nach sich. Ein Prothesenwechsel wurde nur einmal durchgeführt, postoperative, spezielle Komplikationen traten hier nicht auf. Infektionen und Wundheilungsstörungen machten mit 12,2% (6/49) die häufigste Komplikation nach Osteosyntheseverfahren aus. Wick

et al. beschreibt bei 18 Patienten nach periprothetischer Fraktur im Bereich des Kniegelenks und einliegender Prothese postoperativ ein revisionsbedürftiges Hämatom und ein Versagen des Osteosynthesematerials [14]. Bei Eschbach et al. sind es 3 postoperative Komplikationen unter 37 Patienten, jeweils einmal ein Versagen des Osteosynthesematerials und zweimal eine Non Union der Fraktur [60]. Dies ergibt eine postoperative, spezielle, therapieassoziierte Komplikationsrate bei Wick et al. von 11% und bei Eschbach et al. von 8% [14, 60]. Somit liegt die postoperative operationsspezifische Komplikationsrate beider Studien deutlich unter unserer mit 30,6% in der Knieprothesengruppe. Jedoch ist hier zu beachten, dass in beiden Studien keine Auskunft über die jeweiligen Vorerkrankungen der Patienten getätigt wurde, und in unserer Studie nur 54 Patienten keinen Risikofaktor bzw. relevante Nebendiagnosen präoperativ aufwiesen. Eine weitere mögliche Erklärung der erhöhten, operationsspezifischen Komplikationsrate in unserer Studie könnte auch hier das etwas höhere Durchschnittsalter von 82 Jahren sein, dieses ist um 3,4 Jahre höher als das der beiden Vergleichsstudien.

4.8 Revisionseingriffe

14% der periprothetischen Frakturen aus der Hüftprothesengruppe und 16,3% aus der Knieprothesengruppe führten postoperativ zu einem Revisionseingriff. Vergleicht man die Operationsverfahren untereinander in der Hüftprothesengruppe, zogen Prothesenwechsel mit 11,1% und Osteosyntheseverfahren mit 15,9% einen Revisionseingriff mit sich. Mit jeweils 26,6% (4/15) waren das Versagen des Osteosynthesematerials, Luxationen und Refrakturen zu gleichen Anteilen der häufigste Grund unter den Revisionen für einen operativen Zweiteingriff in der Hüftprothesengruppe. Lindahl et al. berichtet von einer Revisionsrate von 23% bei 1.049 Patienten nach periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese [53]. Rupprecht et al. zeigt eine geringere Revisionsrate von 14% auf, unter der das Versagen des Osteosynthesematerials mit 3 Plattenbrüchen und 3 Plattenausrisse am häufigsten vertreten war [28]. Ähnliche Ergebnisse mit 14% und 16% lagen auch in unserer Studie vor.

Periprothetische Frakturen in der Knieprothesengruppe führten in 16,3% nach Osteosyntheseverfahren zu einem Revisionsgrund. Ein Revisionsgrund nach Prothesenwechsel trat nicht auf. Mit 12% machten Infektionen und Wundheilungsstörungen den häufigsten Revisionsgrund nach

Osteosyntheseverfahren aus. In einer Studie mit 415 Fällen und periprothetischer Fraktur bei einliegender Knieprothese, welche von Herrera et al. 2008 veröffentlicht wurde, liegt die allgemeine Revisionsrate unabhängig vom angewandten Therapieverfahren bei 13%[61].

Auffällig ist, dass im Schnitt die primäre Operationszeit vor allem nach periprothetischer Fraktur und einliegender Knieprothese unter den revidierten Patienten mit 159 Minuten 24,4 Minuten höher war als die der Patienten, die nicht sekundär revidiert werden mussten. Hier lässt sich nur vermuten, dass die Fraktur wohlmöglich bereits perioperativ komplexer war und somit ein erhöhtes Komplikations- bzw. Revisionsrisiko durch eine längere Operationszeit welche wiederum zu Infektion führen kann mit sich führte.

4.9 ASA-Klassifikation & BMI

Insgesamt konnten in der Hüftprothesengruppe in 79,3% der Fälle die ASA-Gruppe 3 und 8% der ASA-Gruppe 4 zugeteilt werden. Somit führten mehr als 79,3% mindestens eine schwere Allgemeinerkrankung mit sich, die in der präoperativen Planung, als auch in der postoperativen Therapie der periprothetischen Fraktur berücksichtigt werden musste. In einer Studie von T. Jennison et al. 2018 weisen 82,7% der Patienten nach periprothetischer Fraktur und Hüftgelenksersatz die ASA-Klasse 3 und 4 auf, hingegen berichtet Singh et al., dass mit 56,7% die ASA-Klasse 2 am häufigsten vertreten ist und Patienten der Klasse 3 und 4 ein 1,5-2,5 mal höheres Risiko aufweisen, eine periprothetische Fraktur nach einem primärem Hüftgelenksersatz zu erleiden. Griffith et al. beschreibt in seiner Studie mit 60 Patienten nach periprothetischer Fraktur, dass sich der Mediane ASA-Score bei 3.0 befand, dies deckt sich wiederum mit den Ergebnissen unserer Studie [59].

Periprothetische Frakturen nach Kniegelenksersatz wurden in 70% in die ASA – Gruppe 3 und in 10% zur ASA-Gruppe 4 eingestuft. Somit wiesen 80% mindestens eine schwere Allgemeinerkrankung auf. Diese Zahlen sind denen aus unserer Hüftprothesengruppe recht ähnlich. Eschbach et al. kommt 2018 ebenfalls auf eine ausgeglichene Verteilung der ASA-Klassifikation innerhalb der Hüft und Knieprothesengruppe [60].

Betrachtet man den durchschnittlichen BMI Wert in der Hüftprothesengruppe, lag dieser bei 24,7 kg/m² im Bereich des Normalgewichts. In der Knieprothesengruppe lag der mittlere BMI bei 26,4 kg/m² im präadipösen Bereich. In einer Studie von Jeschke

et al. wird berichtet, dass ein erhöhter BMI zwar mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen nach primärer Hüftprothesen Implantation einhergeht, das Risiko eine periprothetischen Fraktur zu erleiden, jedoch erst ab einem BMI von über 40 kg/m^2 signifikant erhöht ist [62]. Singh et al. versuchte in einer Studie 2013 mit 305 postoperativen, periprothetischen Frakturen nach 14.065 primären Hüftendoprothesen heraus zu finden, ob es einen Zusammenhang zwischen Geschlecht, Übergewicht und Komorbiditäten gab. Berichtet wurde von einem Durchschnitts-BMI von 29 kg/m^2 , dieser liegt somit höher als in unserem Kollektiv [63].

4.10 Risikofaktoren/Vorerkrankungen

Bei der Berücksichtigung der Vorerkrankungen und möglichen Risikofaktoren, die das Auftreten der periprothetischen Frakturen begünstigen können, sind neben der in der Literatur bereits beschriebenen Faktoren wie Osteoporose, Osteopenie, Rheumatoide Arthritis, Kortikoidtherapie, Revisionseingriffe, Implantatlockerung, Zustand nach Schenkelhalsfrakturen, Infektionen und rezidivierenden Luxationen, [12-14, 25, 28, 30, 64] , in unserem Patientenkollektiv vermehrt die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), Vitamin D Hypovitaminose, Diabetes Mellitus Typ 2 und die chronische Niereninsuffizienz aufgetreten.

Die Osteoporose war mit 38,6% der am häufigsten vertretene Risikofaktor im gesamten Patientenkollektiv, diese trat mit 44,7% in der Hüftprothesengruppe und mit 24,4% in der Knieprothesengruppe vermehrt auf, dies deckt sich auch mit anderen Studien [65].

Zuurmond et al. bemängelt in seiner Studie, dass viele Patienten, die an Osteoporose erkrankten, nicht ausreichend mit Bisphosphonaten oder Calcium therapiert sind, obwohl viele eine verminderte Knochendensität um die Prothese aufweisen [48].

Am zweithäufigsten trat die chronische Niereninsuffizienz mit 20,8% auf. Nast et al. berichtet in seiner Studie über die Indikationsbegrenzungen beim multimorbiden, geriatrischen, Traumapatienten über eine Nierenfunktionsstörung von bis zu 17% welche sich auch unserer Studie annähert.

Primäre Lockerungen, die dem Fraktur Ereignis voraus gingen, konnten in unserer Studie jeweils mit 6,1% festgestellt werden, sowohl in der Hüft- als auch in der Knieprothesengruppe. Lindahl et al. führt dies auf einen aktiveren Lebensstil und damit vermehrten Lockerungen zurück, die wiederum eine PPF begünstigen [7].

Diabetes mellitus Typ 2 konnte bei 7,9% nachgewiesen werden. Bei hohen Blutzuckerwerten kommt es laut De Liefde et al. zur möglichen Zuckereinlagerung im kollagenen Gewebe des Knochens, was generell Frakturen begünstigen kann [41].

Kildow et al. erläutert in einer Studie von 2017, dass ein gemeinsames Vorliegen von Diabetes Mellitus und chronischer Niereninsuffizienz das Risiko für periprothetische Frakturen erhöht [66]. Wenn eine chronische Niereninsuffizienz bekannt war, wiesen in 23% der Fälle die Patienten ebenfalls einen Diabetes mellitus auf.

Insgesamt war die Vitamin D Hypovitaminose in beiden Frakturgruppen mit 12,8% zu finden. Marsland et al. geht in seinem Review über periprothetische Frakturen nach Hüftgelenkersatz davon aus, dass Vitamin D Defizite unter Patienten mit periprothetischer Fraktur erhöht sind, was wir mit unseren Daten bestätigen können [64]. Die chronisch obstruktive Lungenerkrankung, war in unserem gesamten Patientenkollektiv mit 9% ebenfalls vermehrt vertreten, Singh et al. führte 2011 eine Studie mit 17.633 Patienten nach primärer Kniegelenktotalendoprothese durch in der er beschrieb, dass Patienten die an der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung leiden, mit 62% ein signifikant erhöhtes Risiko aufweisen sich im Verlauf eine periprothetische Fraktur zuziehen. Betrachtet man die Knieprothesengruppe alleine, so wiesen 4% der Patienten eine COPD auf.

Nach Singh et al. könnte eine mögliche Ursache die Kortisontherapie bei COPD sein, welche wiederum mit einem erhöhten Osteoporosepotential einhergeht, jedoch wurde in dieser Studie nicht bei allen Patienten die Medikation erfasst. Xiaomei et al. veröffentlichten 2014 eine Studie mit 56 Patienten in der er beschrieb, dass Patienten mit COPD eine signifikant verminderte Knochenmineralisation und eine erhöhte Prävalenz für Osteoporose aufweisen, diese jedoch unabhängig von der inhalativen Kortisontherapie auftritt [39]. Die Ursache für den schlechten metabolischen Knochenstatus sei vor allem auf die Frequenz der akuten Exazerbationen zurückzuführen, da diese am ehesten den Grad der chronisch systemischen Inflammation widerspiegeln und den Knochenstoffwechsel inhibieren [39]. Somit lässt sich zusammenfassen, dass neben den in der Literatur bekannten und bereits beschriebenen Risikofaktoren die chronische Niereninsuffizienz, die chronisch obstruktive ,pulmonale Lungenerkrankung und der Diabetes Mellitus bei Implantation einer Endoprothese eine besonders engmaschige und gut geführte ärztliche Überwachung benötigen, um das Risiko für periprothetischen Frakturen zu minimieren.

4.11 Intensivstationsaufenthalt

Insgesamt mussten 44,6 % der periprothetischen Frakturen aus der Hüftprothesengruppe postoperativ auf der Intensivstation mindestens einen Tag therapiert werden, 14,9% mussten länger als drei Tage therapiert werden. In der Knieprothesengruppe waren es 26,5% die mindestens einen Tag postoperativ auf der Intensivstation therapiert wurden und nur 8,1% mussten länger als drei Tage therapiert werden. Die durchschnittliche Verweildauer der Patienten mit künstlichem Hüftgelenk lag bei 3,2 Tagen, die der Patienten mit künstlichem Kniegelenk bei 4,6 Tagen. Dies lässt den Eindruck entstehen, dass die Patienten der Knieprothesengruppe insgesamt ein gesünderes Patientengut ausmachten und seltener postoperativ auf die Intensivstation mussten. Auch wenn die ASA-Klassenverteilung in beiden Gruppen ausgeglichen war. Eine andere Ursache könnte sein, dass die Therapie der periprothetischen Fraktur bei einliegender Knieprothese einfacher und schneller zu therapieren ist als eine periprothetische Fraktur bei einliegender Hüftprothese und somit die Schwere des Eingriffs ein Grund für den Intensivstationsaufenthalt ausmacht. Generell dauerte die operative Versorgung bei einliegender Knieprothese 33,5 Minuten kürzer als bei einliegender Hüftprothese. Frakturen, die aus beiden Gruppen postoperativ intensivmedizinisch überwacht werden mussten, wiesen im Schnitt keine höhere postoperative Komplikationsrat auf als jene, die postoperativ auf die Normalstation verlegt wurden. In der Literatur wurden zum postoperativen Intensivstationsaufenthalt nach periprothetischer Fraktur keine Daten gefunden.

4.12 Erythrozytenkonzentrat und Fresh-Frozen-Plasmagabe

Die mittlere perioperative Transfusionsrate für die periprothetische Fraktur bei einliegender Hüftprothese lag bei 1,4 Blutprodukten, die für periprothetische Frakturen bei einliegender Knieprothese bei 0,79 Produkten. 57% der periprothetischen Frakturen bei künstlichem Hüftgelenk erhielten mindestens eine Blutkonserve perioperativ, sobald jedoch ein Prothesenwechsel durchgeführt wurde, stieg die mittlere Transfusionsrate auf 1,89 an, dies deckt sich mit den Werten aus der Studie von Griffith et al, hier erhielten 55% der Patienten eine Blutkonserve und die durchschnittliche Transfusionsrate lag bei 2 Produkten [59]. Beim Osteosyntheseverfahren verblieb die durchschnittliche Blutproduktgabe bei 0,85. Dies lässt den Anschein erwecken, dass Patienten die sich einem Schaftwechsel unterzogen im Durchschnitt mehr Blutprodukte erhielten, als beim Osteosynthese-

verfahren, diese Annahme bestätigt auch Bhattacharyya et al. [67]. Gruner et al. berichtet in seiner Studie „Die periprothetische Fraktur“ von einer durchschnittlichen, perioperativen Blutkonservengabe von 1,4 Konserven beim Osteosyntheseverfahren, diese Zahl lässt sich auch bei El-Zayat et al. wiederfinden und liegt damit über unseren Werten [12, 34].

32,6% der Frakturen bei in situ liegender Knieprothese erhielten perioperativ mindestens ein Erythrozytenkonzentrat. Wobei nur ein Patient sich einem Prothesenwechsel bei einer Typ 3 Fraktur unterziehen musste. Hier wurden postoperativ 2 Konzentrate transfundiert. Beim Osteosyntheseverfahren lag die mittlere Transfusionsrate bei 0,71 Produkten.

Im Schnitt erhielten sowohl die Patienten aus der Knieprothesengruppe, als auch die Patienten aus der Hüftprothesengruppe perioperativ mehr Blutprodukte, wenn sie postoperativ eine Komplikation aufwiesen. Der Mittelwert lag bei 3,2 Produkten sobald eine postoperative Komplikation auftrat und bei 2,5 Produkten ohne Komplikation. Diese Auffälligkeit kann nach Bhattacharyya et al. nicht bestätigt werden, hier wird davon berichtet, dass Patienten die im postoperativen Verlauf keine Komplikation aufwiesen im Durchschnitt mehr Bluttransfusionen erhielten, als ohne postoperative Komplikation [67].

16,6% der Patienten aus der Hüftprothesengruppe und 10,2% der Patienten aus der Knieprothesengruppe erhielten perioperativ Fresh –frozen-Plasma (FFP)

4.13 Postoperative - Belastungsmöglichkeit

Der Literaturvergleich mit anderen Studien bezüglich der postoperativen Belastungsmöglichkeit ist nur eingeschränkt möglich, da in den meisten Studien verschiedenste, operative Verfahren angewandt werden und noch kein einheitliches Therapiekonzept besteht [28]. Trotzdem sind sich die Autoren Rupprecht et al. und Cohen et al. einig, dass die frühestmögliche, postoperative Belastung zu den primären Behandlungszielen zählt, da diese sowohl die postoperative Morbidität als auch die Mortalität senkt [28, 68]. Probst et al. bemängelt in seiner Studie, dass zu wenige in der Literatur vorgeschlagene Therapieformen die belastungsstabile Frühmobilisation beachten [38].

Generell stehen sich bei der Behandlung periprothetischer Frakturen neben den Zusatzverfahren zwei unterschiedliche Verfahren gegenüber, welche jeweils gesondert, oder aber auch als Kombinationsverfahren durchgeführt werden können, nämlich der Einbau einer Revisionsprothese versus dem Osteosyntheseverfahren und

Erhalt der einliegenden Prothese. Welche der beiden Therapieformen angewandt wird ist wiederum abhängig von der Fraktur und Lage der Prothese.

Sowohl Probst et al. als auch Cohen et al. berichten in ihren Studien, dass bei den meisten multimorbiden und geriatrischen Patienten im Falle eines Prothesenwechsels oder dem Einbau eines speziellen Prothesennagels die postoperative Vollbelastung im Vergleich zum Osteosyntheseverfahren gegeben ist und somit die Frühmobilisation gefördert wird [38, 68]. Zieht man nun einen Vergleich zu unserer Studie, so durften hier 20% der mittels Revisionsprothesen (n=45) und 15,9% mittels Osteosyntheseverfahren (n=69) versorgten Frakturen postoperativ vollbelasten. Lässt man das Therapieverfahren außeracht, durften 14,5% der operativ versorgten periprothetischen Frakturen aus der Knieprothesengruppe (n=48) und 18,8% der Hüftprothesengruppe (n=106) postoperativ vollbelasten, somit kommen wir insgesamt auf 17,5% postoperative Vollbelastung. Griffith et al. berichtet, ohne dass auf das genaue Therapieverfahren eingegangen wird, dass 37% der Patienten unmittelbar postoperativ voll- und 38% teilbelasten durften. Cohen et al. berichtet in seiner Studie das 36 Frakturen mittels Revisionsimplantat therapiert wurden und alle postoperativ direkt belasten durften, aus dieser Studie geht jedoch nicht hervor, ob es sich um eine Voll- oder Teilbelastung handelt. Hier war in der Plattenosteosynthese Gruppe eine Belastung erst drei Monate postoperativ möglich. Rupprecht et al. führt in seiner Studie das alleinige Plattenosteosyntheseverfahren sogar bei teils gelockerten Prothesen durch und beschreibt, dass 52% der Patienten nach periprothetischer Fraktur voll und 21% teilbelasten durften. Somit stehen sich hier zwei verschiedene Therapieansätze mit unterschiedlichem postoperativem Outcome bezüglich der postoperativen Belastung gegenüber. Dies lässt einen literarischen Vergleich nur schwer zu.

Gaetana et al. erläutert in seiner Veröffentlichung, dass 23,3% postoperativ bei einliegender Hüftprothese und periprothetischer Fraktur teil- und 5,5% vollbelasten durften, 71% durften keine Belastung durchführen. In einer Studie von Kammerlander et al. 2018 wurde die postoperative Belastung nach operativ versorgter Hüftfraktur bei alterstraumatologischen Patienten mittels eines Sohlensensors gemessen. Allen Patienten wurde eine postoperative Teilbelastung von 20 kg vorgeschrieben. Die klinischen Messungen ergaben jedoch, dass keiner der Patienten in der Lage war die vorgeschriebene 20 kg Teilbelastung einzuhalten. Somit wurde im alterstraumatologischen Kollektiv dazu übergegangen eine Vollbelastung zu zulassen, da die Patienten eine Teilbelastung nicht einhalten konnten, dies korrelierte ebenfalls mit verringerten postoperativen Komplikationen [69].

4.14 Radiologische Nachuntersuchung

Die radiologische Nachuntersuchung sechs Wochen und drei Monate postoperativ, ist in den Entlassungsbriefen sowohl in der Klinik für Allgemeine , Unfall-, und Wiederherstellungschirurgie- Großhadern, als auch dem Campus der Innenstadt für alle Patienten routinemäßig schriftlich vermerkt und angedacht. Die Nachuntersuchung in der jeweiligen Abteilung der Unfallchirurgie soll mögliches Versagen des Osteosynthesematerials, Prothesenlockerungen, Refrakturen, Pseudarthrosen, Non-Union und andere mögliche Komplikationen bildlich sichtbar machen und aufdecken. Insgesamt konnten nur 45% der Frakturen 6 Wochen und 40% 3 Monate postoperativ, radiologisch kontrolliert werden. Dies kann möglicherweise auf das hohe Durchschnittsalter der Patienten von 82 Jahren zurückzuführen sein, welches ein selbstständiges und mobiles Leben gerade postoperativ nach einem schweren Eingriff, wie einer periprothetischen Fraktur nur schwer möglich macht. In Zukunft wäre es jedoch sinnvoll, falls Patienten den ersten Termin sechs Wochen postoperativ nicht wahrnehmen, erneut an die radiologische Nachuntersuchung zu erinnern, da somit postoperative Komplikationen möglicherweise frühzeitig entdeckt und therapiert werden können. Insgesamt wiesen 7% der Frakturen die radiologisch entweder 6 Wochen oder 3 Monate postoperativ nachuntersucht wurden eine Auffälligkeit auf. Wie bereits erwähnt erschienen viele der Patienten nicht zur geplanten radiologischen Nachuntersuchung, so dass darüber diskutiert werden muss , ob der prozentuale Anteil radiologischer Auffälligkeiten nicht höher ausfallen würde wenn mehr Patienten an der Nachuntersuchung teilnehmen. Andererseits ist jedoch nicht ersichtlich, ob die radiologische Auffälligkeit dem Patienten postoperativ Beschwerden verursachte und nur aus diesem besagten Grund, ein radiologischer Nachuntersuchungstermin vereinbart wurde, oder nicht. Wie wichtig eine postoperative radiologische Nachuntersuchung sechs Monate postoperativ ist, zeigt Gaetano et al. in seiner retrospektiven Studie über den funktionalen und radiologischen Outcome bei 70 Patienten nach operativ versorgter periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese, denn hier zeigten 19,2% der Patienten unter Einbeziehung der radiologischen Beals und Towers Kriterien postoperativ schlechte radiologische Ergebnis in Form von Non-Union oder eine neue Fraktur mit schwerwiegender knöcherner Deformität und Verkürzung [51].

4.15 Interhospitalletalität

Die Klinikletalität betrug in unserer Studie für Patienten mit periprothetischer Fraktur und einliegender Hüftprothese 4,3%, die der Patienten mit periprothetischer Fraktur bei einliegender Knieprothese 2%, die gesamte Klinikletalität beider Gruppen lag bei 3,8%. In einer Studie von Lindahl et al. 2005 in der 1.049 Patienten aus dem „Swedish National Hip Arthroplasty Register“ nach periprothetischer Fraktur bei einliegender Hüftprothese aufgeführt werden, betrug die Klinikletalität 1,2 % [53]. Die Klinikletalität mit 3,8% in unserer Studie fällt somit höher aus. Ein Grund hierfür könnte, wie bereits schon erwähnt, das hohe Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der periprothetischen Fraktur sein, dieses betrug in unserer Studie 81,9 Jahre, das Durchschnittsalter in der Studie von Lindahl 2005 lag bei 74 Jahren[53]. Die Klinikletalität bei Johnson-Lynn et al. 2015 nach periprothetischer Fraktur im Bereich der Hüfte zeigte einen Wert von 11% auf, dieser Wert liegt wiederum über unseren Untersuchungsergebnissen, das Durchschnittsalter in der Patientengruppe war mit 78,3 Jahren auch etwas höher als das von Lindahl et al. und entspricht somit eher dem Durchschnittsalter unserer Patienten [53, 70].

Der literarische Vergleich für Patienten aus der Knieprothesengruppe gestaltet sich schwierig, da die Nachuntersuchungszeiträume sehr unterschiedlich sind und in den meisten Fällen nur eine Ein-Jahres-Mortalität angegeben wird. Lizaur-Utrilla et al. berichtet nur von einem einzigen aus 31 Patienten, mit periprothetischer Fraktur und künstlichem Kniegelenk der innerhalb von 10 Monaten postoperativ verstarb, Eschbach et al. von 3 aus 37 Patienten und somit 8,1% die innerhalb eines Jahres postoperativ verstarben [54].

4.16 Mortalität und Ein-Jahres-Überlebensrate

Die Mortalität bezüglich der periprothetischen Fraktur spielt eine sehr große Rolle. In vielen Veröffentlichungen wird die Mortalität, welche mit dieser Fraktur einhergeht häufig thematisiert und hervorgehoben, da sie oft einen hohen Prozentsatz ausmacht. Die Ein-Jahres-Mortalität für die periprothetische Fraktur bei einliegender Hüftprothese wird von Lindahl et al. in zwei verschiedenen Studie aus den Jahren 2006 und 2005 mit jeweils 9,4% und 13,1% angegeben [7, 53]. Ähnliche Zahlen lassen sich auch in den Studien von Bhattacharyya et al. und Drew et al. aus den Jahren 2007 und 2015 mit jeweils 11% und 13% finden [67, 71].

In unserer Studie betrug die Ein-Jahres-Mortalitätsrate 11% in der Hüftprothesengruppe und 14,8% in der Knieprothesengruppe.

Vergleicht man Lizaur-Utrilla et al. und Platzer et al. die sich in ihren Studien mit der periprothetischen Fraktur nach Kniegelenkersatz beschäftigt haben, findet man hier Zahlen für die Ein-Jahres-Mortalität von 3,5% bei Lizaur-Utrilla et al. und 7% bei Platzer et al. Diese liegen somit unter unseren Werten [54, 55]. Eschbach et al. veröffentlichte 2018 eine Studie in der er die distale, periprothetische Femurfraktur mit der proximalen Femurfraktur bei einliegender Hüft- und Knieprothese im postoperativen Outcome vergleicht und findet hier eine geringere Ein-Jahres-Mortalitätsrate in der Knieprothesengruppe. Diese führt er auf das durchschnittlich jüngere Patientenalter und die geringere nicht operative Komplikationsrate zurück. Dies lässt sich in unseren Daten nicht wiederfinden, hier wies die Knieprothesengruppe sogar eine leicht höhere Ein-Jahres-Mortalität, jedoch lässt sich auch kein großer Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen.

Daher ist es umso wichtiger herauszufinden durch welche Faktoren diese hohe Mortalitätsrate beeinflusst und im besten Fall verringert werden kann.

Betrachtet man die Variablen, die einen möglichen Einfluss auf die Mortalität haben, so lassen sich diese in beeinflussbare und unbeeinflussbare Faktoren einteilen. Zu den beeinflussbaren Faktoren zählt die Zeit zwischen Fakturereignis und operativer Versorgung, diese sollte möglichst kurz sein [28]. Wie bereits im Punkt der präoperativen Liegezeit besprochen, referiert Griffith et al. in seiner Studie von 2013, dass präoperative Liegezeiten von mehr als 72 Stunden eine erhöhte Mortalität mit sich führen, Streubel et al. kommt zu einem ähnlichen Ergebnis und besagt, dass eine präoperative Liegezeit von mehr als 4 Tagen die Mortalität erhöht [58, 59]. Diese sollte somit so kurz wie möglich und so lang wie nötig gehalten werden, um eine ausführliche und durchdachte Operationsplanung aber möglichst zeitnahe Behandlung durchführen zu können. Die Zeit zwischen dem Frakturereignis und der operativen Versorgung, lag bei den Patienten, die innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, sowohl in der Knieprothesengruppe, als auch in der Hüftprothesengruppe bei 2 Tagen und somit unter dem Durchschnitt von 3 und 5 Tagen im Vergleich zu den restlichen Patienten. Alle Patienten wurden folglich im optimalen Zeitfenster innerhalb von 72 Stunden, nach Griffith et al. und Streubel et al. operiert [58, 59]. Das angewandte Operationsverfahren welches einen Einfluss auf die postoperative Belastungsmöglichkeit und somit wiederum auf die Mobilität hat, wird in einigen Studien als ausschlaggebender Punkt gehandelt, denn eine frühzeitige Mobilisation des Patienten wirkt sich positiv auf dessen Mortalität aus [28, 68]. Diese Hypothese wurde

ebenfalls schon im Punkt der postoperativen Belastungsmöglichkeit diskutiert. Jedoch muss beachtet werden, dass der Wechsel einer Prothese von der Fraktur, der Lage der Prothese und der Knochenqualität abhängig ist.

Postoperativ sollten von den 12 Patienten aus der Hüftprothesengruppe, die innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben, drei Patienten schmerzadaptiert vollbelasten, vier Patienten 20 Kilogramm teilbelasten, einem war Fußsohlenkontakt erlaubt und zwei mussten komplett entlasten. Bei zwei weiteren war die postoperative Belastungsmöglichkeit nicht herauszufinden. In der Knieprothesengruppe durften von den 7 Patienten, die innerhalb des ersten Jahres postoperativ verstarben drei schmerzadaptiert vollbelasten und vier 20 Kilogramm teilbelasten. Eine wirkliche Parallele zu Cohen et al. und Rupprecht et al. lässt sich daher nicht ziehen [28, 68].

Zu den unbeeinflussbaren Faktoren der Mortalität gehört das Alter der Patienten und die ASA-Klasse welche durch den Allgemeinzustand und die Nebendiagnosen festgelegt ist. Die einzige Möglichkeit die Variable „ASA-Klasse“ positiv zu beeinflussen besteht darin, die Nebendiagnosen wie z.B. Diabetes mellitus oder die chronische Niereninsuffizienz möglichst gut einzustellen und die Mortalität dadurch zu senken. Alle 19 Patienten, die innerhalb des ersten postoperativen Jahres verstarben, wiesen bereits vor der operativen Versorgung eine ASA-Klasse 3 oder 4 auf. Ein Punkt der diese Studie jedoch sicherlich einschränkt und bei der Mortalitätsrate berücksichtigt werden muss ist das viele der Patienten nicht nur in unserer Studie sondern auch in anderen hier zitierten Veröffentlichungen oft multimorbide waren und ein hohes Alter aufwiesen. Hierunter fanden sich auch Patienten die aufgrund fortgeschrittener Tumorerkrankungen eine bereits deutlich eingeschränkte Lebenserwartung hatten, diese können hier nicht sinnvoll in die Betrachtung der postoperativen Mortalität einbezogen werden.

5 Zusammenfassung

Das hohe Alter und die konsekutive Multimorbidität der Patienten, sowie die hohen Anforderungen an den Operateur bei der Behandlung einer periprothetischen Fraktur, führen nicht selten zu einer erhöhten Komplikationsrate.

Ziel dieser Studie war es, die unterschiedlichen Frakturen und Therapieverfahren untereinander mit den möglichen Komplikationen zu vergleichen und somit vermehrt auftretenden Auffälligkeiten, darzulegen. Hierzu erfolgte die retrospektive, statistische Auswertung von 163 periprothetischen Frakturen bei 158 Patienten im Zeitraum von 2010 bis 2017, welche in der Klinik für Allgemeine , Unfall-, und Wiederherstellungschirurgie- Großhadern und dem Campus Innenstadt operativ behandelt wurden. Davon waren 49 periprothetische Frakturen bei einliegender Knieprothese und 114 periprothetische Frakturen bei einliegender Hüftprothese.

Das Durchschnittsalter in der Gruppe der Hüftprothesen lag bei 82 Jahren, davon waren 69,3% weiblich und 29,7% männlich. In 79,3% der periprothetischen Frakturen konnte den Patienten eine ASA-Klasse 3 und 8% eine ASA-Klasse 4 zugeteilt werden. Im Vergleich dazu waren die Patienten aus der Knieprothesengruppe im Durchschnitt 81,5 Jahre alt und 85% weiblich 15% männlich. Von diesen gehörten 70% der ASA-Klasse 3 und 10% der ASA-Klasse 4 an. Somit gab es keinen großen Unterschied in den jeweiligen Gruppen. Als Hauptursache für die periprothetische Fraktur konnte das niedrigenergetische Trauma mit 92% in beiden Gruppen als häufigste Frakturursache dokumentiert werden. 60,5% der periprothetischen Frakturen bei einliegender Hüftprothese wurden mittels Osteosynthese und 39,4% durch einen Schaftwechsel versorgt. In der Knieprothesengruppe wurden 97,9% durch ein Osteosyntheseverfahren therapiert, inklusive 6 intramedullären Stabilisierungen mittels retrogradem Femurnagel. Nur ein Patient erhielt eine Revisionsprothese bei einer Typ 3 Fraktur nach Rorabeck. Die mittlere Schnitt-Naht-Zeit sowie die mittlere Transfusionsrate war in der Hüftprothesengruppe (Operationszeit: 173 Minuten, mittlere Transfusionsrate: perioperativ 1,4 Produkte, postoperativ 1,59 Produkte) höher, als die der Knieprothesengruppe (Operationszeit: 139 Minuten, mittlere Transfusionsrate: perioperativ 0,79 Produkte, postoperativ 1,1 Produkte). Generell konnte eine Revisionsrate von 14% in der Gruppe der periprothetischen Fraktur bei einliegender Hüftprothese vermerkt werden, mit 5,2% waren Luxationen die häufigste chirurgische Komplikation. In der Gruppe der periprothetischen Fraktur bei einliegender Knieprothesen wurde eine Revisionsrate von 16,3% vermerkt am

häufigsten traten unter den chirurgischen Komplikationen Infektionen und Wundheilungsstörungen mit 12,2% auf. Die Klinikletalität in beiden Gruppen betrug 4%. Eine Ein-Jahres-Mortalitätsrate konnte sowohl in der Knieprothesengruppe 14,5%, als auch in der Hüftprothesengruppe 10,6% mit Genehmigung des bayrischen Wissenschaftsministeriums über das zentrale, elektronische Personenstandsregister (ZePR) für Bayern ermittelt werden.

Die in unserer Studie durchschnittlich hohe Fallzahl in beiden Gruppen lässt eine statistische Auswertung, sowie einen literarischen Vergleich in vielen Punkten zu. Um in Zukunft weitere wichtige Erkenntnisse bezüglich der operativen Versorgung und dem postoperativen Ergebnis und Verlauf zu erhalten, sollte sich auf ein einheitliches Klassifikationsmodell, sowohl bei periprothetischen Frakturen der Hüfte, als auch des Knies geeinigt werden. Ein gutes Beispiel hierfür ist die AO-Klassifikation, welche sich als einheitliches Klassifikationsmodell bei Frakturen etabliert hat. Auffällig war, dass die chronische Niereninsuffizienz mit 20,8%, der Diabetes mellitus mit 7,9%, und die COPD mit 9% vermehrt, neben den in der Literatur bereits beschriebenen Risikofaktoren in unserem Patientengut auftraten. Bei allen drei genannten Erkrankungen ist medizinisch belegt, dass sie einen negativen Einfluss auf den Knochenstoffwechsel haben. Daher sollte neben den bekannten Risikofaktoren auch auf diese genannten Vorerkrankungen ein verstärktes Augenmerk gelegt werden und durch einen Facharzt möglichst gut eingestellt werden, um das Risiko für periprothetische Frakturen zu minimieren. Generell sollten weitere prospektive Studien mit einer eigenen Anbindung an die jeweiligen Kliniken folgen, um eine bessere Aussage über das postoperative Outcome und die Lebensqualität tätigen zu können. Gerade im hohen Alter werden große, operative Versorgungen in langer Intubationsnarkose von Patienten schlechter vertragen was sich wiederum auf den postoperativen Heilungsprozess und die anschließende Mobilität auswirken kann. Hier wäre eine genaue Erhebung durch verschiedene Scores wie zum Beispiel dem Merle d'Aubigné Score sinnvoll, um die erreichten Therapieergebnisse qualitativ und quantitativ zu bewerten. Ein weiterer wichtiger bereits beschriebener Faktor ist ein möglichst frühzeitiger Operationszeitpunkt. In unserer Studie wurden mehr als die Hälfte der Frakturen innerhalb des gewünschten Operationsfensters sowohl in der Hüftprothesen- als auch in der Knieprothesengruppe therapiert. Hier wäre es in Zukunft interessant zu ermitteln, ob die Patienten, welche innerhalb des gewünschten Zeitfensters operativ versorgt wurden, ein besseres postoperatives Outcome aufweisen, bezogen auf Ihre Lebensqualität als jene, die nicht im gewünschten

Zeitfenster operativ versorgt wurden. In unserer Studie findet sich wie in anderen Studien die hohe Multimorbidität und das hohe Patientenalter wieder. Diese zwei Faktoren haben beide nicht nur prä- sondern auch postoperativ einen großen Einfluss auf den Heilungsverlauf der Patienten. Oft ist es schwierig im Klinikalltag oder der Zentralen Notaufnahme eine ausführliche und genaue Anamnese bezüglich aller Vorerkrankungen und Medikamentendosierungen durchzuführen, da das Patienten Klientel selbst öfters keine genaue Auskunft über ihre Vorerkrankungen machen kann und nicht selten einer Polypharmazie unterliegt. Um dieses Problem in Zukunft zu vereinfachen, und eine gemeinsame Schnittstelle zu erstellen wäre es weiterhin sinnvoll, bundesweit alle Medikationen und behandlungsrelevanten Diagnosen eines Patienten auf der elektronischen Gesundheitskarte zu speichern und über ein gesichertes medizinisches Netzwerk auf welches Krankenhäuser und Hausärzte jederzeit zugreifen können zu erfassen. Diese Technisierung und Vernetzung würde zu einer Optimierung des Gesundheitssystems und damit zu einer verbesserten Patientenversorgung führen. Bezüglich dieser Problematik haben wir in der Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie im Klinikum Großhadern, als auch im Klinikum der Innenstadt im Rahmen der Alterstraumatologie, sowohl ein pharmazeutisches Expertenteam aus 61 Mitarbeitern und 16 Apothekern, sowie eine internistische und geriatrische Fachärztin welche die bestmögliche Versorgung und Betreuung der Patienten während des stationären Aufenthalts gewährleistet. Seit 2017 besteht im Klinikum Großhadern zusätzlich die Zertifizierung der Alterstraumatologie durch die CERT iQ GmbH. Diese zertifiziert, dass die Anforderungen des Kriterienkataloges zur Steigerung von Qualität und Sicherheit in der Alterstraumatologie für die Patienten erbracht ist und fordert eine enge Zusammenarbeit zwischen der Traumatologie und Geriatrie, um das bestmögliche Outcome zu erlangen. Hinzu kommt eine stetige Anpassung und Aufarbeitung der SOPs (Standard Operating Procedure) sowie eine wöchentliche gemeinsame Sitzung zwischen Ärzten der Traumatologie, Geriatrie, Pflegepersonal und Physiotherapeuten. Einer der wichtigsten Punkte in Hinsicht auf die postoperative Mobilisation ist neben der qualifizierten, physiotherapeutischen Betreuung der Patienten und postoperativen Belastungsmöglichkeit eine suffiziente Schmerztherapie, um eine möglichst frühe Mobilisation der Patienten durchführen zu können. Um dies zu gewährleisten wurde im Rahmen der Alterstraumatologie in enger Zusammenarbeit mit der Schmerzmedizin und Geriatrie ein neues Schmerztherapieschema erarbeitet. Inwiefern dieses fachübergreifende Therapieschema die Lebensqualität verbessert

und die postoperative Komplikationsrate senkt, soll in der Zukunft weiter klinisch untersucht werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Hagel, A., H. Siekmann, and K.S. Delank, *Periprosthetic femoral fracture - an interdisciplinary challenge*. Dtsch Arztebl Int, 2014. **111**(39): p. 658-64.
2. Garellick G, K.J., Rogmark C, et al *Swedish hip arthro- plasty register*. 2011: Goteborg p. 9-25.
3. Jeschke, E. and C. Günster, *16 Zum Zusammenhang von Behandlungshäufigkeit und- ergebnis in der Hüft-endoprothetik*. 2014.
4. Saleh, K.J., et al., *Reliability and intraoperative validity of preoperative assessment of standardized plain radiographs in predicting bone loss at revision hip surgery*. J Bone Joint Surg Am, 2001. **83-a**(7): p. 1040-6.
5. Bundesausschuss, *Qualitätsreport Gemeinsamer Bundesausschuss 2016 IQTIG Knie und Hüftendoprothesen 2016*: Internet p. 148-153.
6. Horwitz, I.B. and M.I. Lenobel, *Artificial hip prosthesis in acute and nonunion fractures of the femoral neck: follow-up study of seventy cases*. J Am Med Assoc, 1954. **155**(6): p. 564-7.
7. Lindahl, H., et al., *Three hundred and twenty-one periprosthetic femoral fractures*. J Bone Joint Surg Am, 2006. **88**(6): p. 1215-22.
8. Zhang, Z., et al., *Clinical characteristics and risk factors of periprosthetic femoral fractures associated with hip arthroplasty: A retrospective study*. Medicine (Baltimore), 2016. **95**(35): p. e4751.
9. Sidler-Maier, C.C. and J.P. Waddell, *Incidence and predisposing factors of periprosthetic proximal femoral fractures: a literature review*. Int Orthop, 2015. **39**(9): p. 1673-82.
10. Lindahl, H., *Epidemiology of periprosthetic femur fracture around a total hip arthroplasty*. Injury, 2007. **38**(6): p. 651-4.
11. Christensen, C.M., B.M. Seger, and R.B. Schultz, *Management of intraoperative femur fractures associated with revision hip arthroplasty*. Clinical orthopaedics and related research, 1989(248): p. 177-80.
12. Gruner, A., T. Hockertz, and H. Reilmann, *[Periprosthetic fractures: classification, management, therapy]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(1): p. 35-49.
13. Grüninger, J., *Behandlungsergebnisse bei periprosthetischen Femurfrakturen – Eine retrospektive Studie*. 2011. p. 1-59
14. Wick, M., et al., *[Periprosthetic supracondylar femoral fractures: LISS or retrograde intramedullary nailing? Problems with the use of minimally invasive technique]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(3): p. 181-8.
15. Whittaker, R.P., L.N. Sotos, and E.L. Ralston, *Fractures of the femur about femoral endoprotheses*. J Trauma, 1974. **14**(8): p. 675-94.
16. Johansson, J.E., et al., *Fracture of the ipsilateral femur in patients with total hip replacement*. The Journal of bone and joint surgery. American volume, 1981. **63**(9): p. 1435-1442.
17. Mont, M.A. and D.C. Maar, *Fractures of the ipsilateral femur after hip arthroplasty: A statistical analysis of outcome based on 487 patients*. The Journal of Arthroplasty, 1994. **9**(5): p. 511-519.
18. Beals, R.K. and S.S. Tower, *Periprosthetic fractures of the femur. An analysis of 93 fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1996(327): p. 238-46.
19. Duncan, C.P. and B.A. Masri, *Fractures of the femur after hip replacement*. Instr Course Lect, 1995. **44**: p. 293-304.
20. Erhardt, J.B. and M.S. Kuster, *Periprosthetische Frakturen*, in *Orthopädie und Unfallchirurgie: Für Praxis, Klinik und Facharztprüfung*, J. Grifka and M. Kuster, Editors. 2011, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 49-59.

21. Szyszkowitz, R. and C. Boldin, *Die periprothetische Fraktur-eine Herausforderung für die Unfallchirurgie*.
22. Rorabeck, C.H. and J.W. Taylor, *Classification of periprosthetic fractures complicating total knee arthroplasty*. Orthop Clin North Am, 1999. **30**(2): p. 209-14.
23. Su, E.T., H. DeWal, and P.E. Di Cesare, *Periprosthetic femoral fractures above total knee replacements*. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2004. **12**(1): p. 12-20.
24. Felix, N.A., M.J. Stuart, and A.D. Hanssen, *Periprosthetic fractures of the tibia associated with total knee arthroplasty*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1997(345): p. 113-124.
25. Diehl, P., et al., *Periprothetische Frakturen nach Knieendoprothetik* Periprosthetic fractures after total knee arthroplasty. Der Orthopäde, 2006. **35**(9): p. 961-974.
26. Mittlmeier, T., et al., *Periprothetische frakturen nach knietotalendoprothetik*. Der Unfallchirurg, 2005. **108**(6): p. 481-496.
27. Kobbe, H.P., T.J. Hockertz, and H. Reilmann, *Periprothetische Frakturen*. OP-JOURNAL, 2006. **22**(01): p. 22-26.
28. Rupperecht, M., et al., *Periprothetische Femurfrakturen. Langzeitergebnisse nach plattenosteosynthetischer Stabilisierung*. Unfallchirurg, 2008. **111**(10): p. 812-820.
29. Kelley, S.S., *Periprosthetic femoral fractures*. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 1994. **2**(3): p. 164-172.
30. Buecking, B., C. Bliemel, and S. Ruchholtz, *Periprothetische Femurfrakturen– Inzidenz, Risikofaktoren, Klassifikation und Therapiestrategien*. OUP (Deutscher Ärzte-Verlag), 2013. **2**: p. 259-267.
31. Nast-Kolb, D., G. Taeger, and M. Bardenheuer, *Indikationsbegrenzung beim alten und multimorbiden Patienten*. Der Unfallchirurg, 2000. **103**(2): p. 168-171.
32. Korbel, M., et al., *Results of treatment of periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty*. Acta Medica (Hradec Kralove), 2013. **56**(2): p. 67-72.
33. Hanschen, M. and P. Biberthaler, *Mono-vs. polyaxiale winkelstabile Plattensysteme*. Der Unfallchirurg, 2013. **116**(8): p. 733-743.
34. El-Zayat, B., et al., *Minimalinvasive Versorgung geriatrischer und osteoporotischer Femurfrakturen mit polyaxial-winkelstabilem Implantat (NCB-DF®)*. Der Unfallchirurg, 2012. **115**(2): p. 134-144.
35. Kregor, P., et al., *Distal femoral fracture fixation utilizing the Less Invasive Stabilization System (LISS): the technique and early results*. Injury, 2001. **32**: p. 32-47.
36. Kohn, D., et al., *KAPITEL 7 - Implantate und Biomaterialien*, in *Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2009, Urban & Fischer: Munich. p. 71-90.
37. Mückley, T., *Periprothetische Femurfrakturen bei Hüftgelenkprothesen*. Trauma und Berufskrankheit, 2011. **13**(1): p. 141.
38. Probst, A., et al., *Der Prothesennagel—primär belastungsstabiles Implantat bei peri- und subprothetischen Frakturen des Femurs*. Der Unfallchirurg, 2003. **106**(9): p. 722-731.
39. Xiaomei, W., et al., *Bone metabolism status and associated risk factors in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD)*. Cell biochemistry and biophysics, 2014. **70**(1): p. 129-134.
40. Schwartz, A.V., *Diabetes Mellitus: Does it Affect Bone?* Calcified Tissue International, 2003. **73**(6): p. 515-519.
41. De Liefde, I., et al., *Bone mineral density and fracture risk in type-2 diabetes mellitus: the Rotterdam Study*. Osteoporosis International, 2005. **16**(12): p. 1713-1720.
42. Kim, S.M., et al., *Hip Fracture in Patients With Non - Dialysis - Requiring Chronic Kidney Disease*. Journal of Bone and Mineral Research, 2016. **31**(10): p. 1803-1809.

43. Sarkar, M., et al., *Osteoporosis in chronic obstructive pulmonary disease*. Clinical Medicine Insights: Circulatory, Respiratory and Pulmonary Medicine, 2015. **9**: p. CCRPM. S22803.
44. Kreisverwaltungsreferat Hauptabteilung II Einwohnerwesen Standesamt München KVR-II/11, *Zentrales Elektronisches Personenstandsregister*, 2017. p. 5-7.
45. Lindahl, H., et al., *Risk factors for failure after treatment of a periprosthetic fracture of the femur*. J Bone Joint Surg Br, 2006. **88**(1): p. 26-30.
46. Siegmeth, A., et al., [*Periprosthetic femur shaft fracture. Indications and outcome in 51 patients*]. Unfallchirurg, 1998. **101**(12): p. 901-6.
47. Ruiz, A.L., N.W. Thompson, and J.G. Brown, *Periprosthetic femoral fractures in Northern Ireland*. Ulster Med J, 2000. **69**(2): p. 118-22.
48. Zuurmond, R.G., et al., *High incidence of complications and poor clinical outcome in the operative treatment of periprosthetic femoral fractures: An analysis of 71 cases*. Injury, 2010. **41**(6): p. 629-33.
49. Althausen, P.L., et al., *Operative stabilization of supracondylar femur fractures above total knee arthroplasty: a comparison of four treatment methods*. J Arthroplasty, 2003. **18**(7): p. 834-9.
50. Phillips, J.R., C.G. Moran, and A.R. Manktelow, *Periprosthetic fractures around hip hemiarthroplasty performed for hip fracture*. Injury, 2013. **44**(6): p. 757-62.
51. Caruso, G., et al., *Surgical treatment of periprosthetic femoral fractures: a retrospective study with functional and radiological outcomes from 2010 to 2016*. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2017.
52. Lindahl, H., et al., *Periprosthetic femoral fractures classification and demographics of 1049 periprosthetic femoral fractures from the Swedish National Hip Arthroplasty Register*. J Arthroplasty, 2005. **20**(7): p. 857-65.
53. Lindahl, H., et al., *Periprosthetic femoral fractures classification and demographics of 1049 periprosthetic femoral fractures from the Swedish National Hip Arthroplasty Register*. The Journal of arthroplasty, 2005. **20**(7): p. 857-65.
54. Lizaur-Utrilla, A., F.A. Miralles-Muñoz, and J. Sanz-Reig, *Functional outcome of total knee arthroplasty after periprosthetic distal femoral fracture*. The Journal of arthroplasty, 2013. **28**(9): p. 1585-1588.
55. Platzer, P., et al., *Management and Outcome of Periprosthetic Fractures After Total Knee Arthroplasty*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2010. **68**(6): p. 1464-1470.
56. Mukundan, C., et al., *Management of late periprosthetic femur fractures: a retrospective cohort of 72 patients*. International orthopaedics, 2010. **34**(4): p. 485-489.
57. Culp, R.W., et al., *Supracondylar fracture of the femur following prosthetic knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1987(222): p. 212-22.
58. Streubel, P.N., et al., *Mortality after distal femur fractures in elderly patients*. Clin Orthop Relat Res, 2011. **469**(4): p. 1188-96.
59. Griffiths, E.J., et al., *Time to surgery and 30-day morbidity and mortality of periprosthetic hip fractures*. Injury, 2013. **44**(12): p. 1949-52.
60. Eschbach, D., et al., *One year after proximal or distal periprosthetic fracture of the femur -two conditions with divergent outcomes?* Injury, 2018.
61. Herrera, D.A., et al., *Treatment of acute distal femur fractures above a total knee arthroplasty: systematic review of 415 cases (1981-2006)*. Acta Orthop, 2008. **79**(1): p. 22-7.
62. Jeschke, E., et al., *Obesity Increases the Risk of Postoperative Complications and Revision Rates Following Primary Total Hip Arthroplasty: An Analysis of 131,576 Total Hip Arthroplasty Cases*. The Journal of arthroplasty, 2018.

63. Singh, J.A., et al., *Are gender, comorbidity, and obesity risk factors for postoperative periprosthetic fractures after primary total hip arthroplasty?* J Arthroplasty, 2013. **28**(1): p. 126-31.e1-2.
64. Marsland, D. and S.C. Mears, *A review of periprosthetic femoral fractures associated with total hip arthroplasty.* Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation, 2012. **3**(3): p. 107-120.
65. Franklin, J. and H. Malchau, *Risk factors for periprosthetic femoral fracture.* Injury, 2007. **38**(6): p. 655-660.
66. Kildow, B.J., et al., *Postoperative Impact of Diabetes, Chronic Kidney Disease, Hemodialysis, and Renal Transplant After Total Hip Arthroplasty.* J Arthroplasty, 2017. **32**(9s): p. S135-S140.e1.
67. Bhattacharyya, T., et al., *Mortality after periprosthetic fracture of the femur.* J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(12): p. 2658-62.
68. Cohen, S., et al., *Influence of treatment modality on morbidity and mortality in periprosthetic femoral fracture. A comparative study of 71 fractures treated by internal fixation or femoral implant revision.* Orthop Traumatol Surg Res, 2018. **104**(3): p. 363-367.
69. Kammerlander, C., et al., *Inability of older adult patients with hip fracture to maintain postoperative weight-bearing restrictions.* JBJS, 2018. **100**(11): p. 936-941.
70. Johnson-Lynn, S., et al., *The effect of delay to surgery on morbidity, mortality and length of stay following periprosthetic fracture around the hip.* Injury, 2016. **47**(3): p. 725-7.
71. Drew, J.M., et al., *Survivorship After Periprosthetic Femur Fracture: Factors Affecting Outcome.* J Arthroplasty, 2016. **31**(6): p. 1283-8.

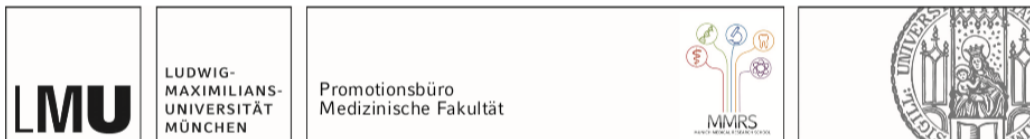
7 Danksagung

Herrn Prof. Böcker danke ich für die Überlassung des Themas.

Frau Dr. Rubenbauer danke ich für ihre ausgezeichnete Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung der gesamten Arbeit, sowie Herrn Prof. Kammerlander.

Meinen Eltern Sabine und Jörg Schweitzer sowie meiner Frau Theresa möchte für ihre Unterstützung und Ermutigung sowohl während des Studiums als auch darüber hinaus danken.

8 Eidesstattliche Versicherung



Eidesstattliche Versicherung

Schweitzer, Florian

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel

Retrospektive Analyse des peri- und postoperativen Verlaufes periprothetischer Femur-Frakturen

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 18.10.2021

Ort, Datum

Florian Schweitzer

Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand

