

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie des Vivantes
Humboldt Klinikums

Medizinische Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Die infizierte Knieprothese - Eine Dreijahresstudie aus neun
Berliner Krankenhäusern

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Johanna Petra Graf

aus Straubing

Datum der Promotion: 27.02.2015

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung	1
1.1 Gelenke	1
1.2 Das Kniegelenk	1
1.3 Historie	3
1.4 Prothesentypen	4
1.5 Epidemiologie	5
1.6 Derzeitiger Stand	6
1.7 Art der Infektion	6
1.8 Problemkeime	10
1.9 Behandlung eines Knieprotheseninfekts	12
1.10 Studienbeispiel	14
1.10.1 Ergebnisse der Studie	14
2. Aufgabenstellung	16
3. Patienten und Methodik	17
3.1 Ermittlung der Kosten	27
4. Ergebnisse	29
4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung (n=97)	29
4.2 Gewichtsverteilung (n=97)	30
4.3 Eingriffe pro Patient (n=97)	30
4.4 Gesamtverweildauer pro Patient	31
4.4.1 Verweildauer intensiv und isoliert	31
4.5 Medikation	32
4.5.1 Antikoagulantientherapie	32
4.5.2 Antibiotikatherapie	33
4.5.3 Analgetikatherapie	33
4.5.4 Sonstige Medikamenteneinnahme	34
4.6 Drainagen	35
4.7 Komplikationen	35
4.8 Operationsdauer	36
4.9 Pflegestatus	36
4.10 Mikrobiologie	36

4.11 Kosten der Revisionsfälle	38
5. Diskussion.....	39
5.1 Patientenanzahl, Geschlechts- und Gewichtsverteilung und Altersdurchschnitt ..	39
5.2 Methodikunterschiede	41
5.3 Aufenthaltsdauer und Anzahl der Eingriffe	41
5.4 Bluttransfusionen.....	42
5.5 Anästhesie- und Operationsdauer.....	42
5.6 Kosten	42
5.6.1 Kosten von Primäroperationen.....	43
5.6.2 Kosten von Revisionsoperationen.....	44
5.6.3 Gründe für die Kosten	46
5.7 Bakteriologie.....	48
5.8 Fazit der Diskussion	52
6. Zusammenfassung.....	54
7. Literaturverzeichnis	55
8. Eidesstattliche Versicherung.....	60
9. Lebenslauf	61
10. Danksagung.....	62

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Risikofaktoren für die Entwicklung einer periprothetischen Gelenkinfektion (Geipel et al. 2005)	8
Tabelle 2: Infektionstypen (Maurer et al. 2006)	10
Tabelle 3: Häufigkeit der Erreger bei Knieinfektionen (Trampuz et al. 2005)	10
Tabelle 4: Bakterienspezies (n=70)	37
Tabelle 5: Übersicht verschiedener Studien	47
Tabelle 6: Zeit und Auftreten der Infektion in Korrelation zu Pathogenese und Keimspektrum (Rossi et. al 2004).....	49
Tabelle 7: Meist isolierte Erreger im Vergleich	51
Tabelle 8: Gegenüberstellung der Bakterienspezies verschiedener Studien.....	52

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Anatomie des Kniegelenks (Atlas der systematischen Anatomie des Menschen Vol. I, Skeleton - Iuncturae Ossium, Systema musculorum, 2. Auflage, Karger Verlag 1971)	2
Abbildung 2: Unterschiedliches Erscheinungsbild einer periprothetischen Infektion am Knie (Militz et al. 2010)	7
Abbildung 3: Liestaler Behandlungsalgorithmus für Knie-TEP-Infektionen (Maurer et al. 2005).....	14
Abbildung 4: Schema zur Kostenerfassung.....	28
Abbildung 5: Alters – und Geschlechtsverteilung (n=97)	29
Abbildung 6: Gewichtsverteilung BMI (n=97).....	30
Abbildung 7: Eingriffe pro Patient	31
Abbildung 8: Aufenthalt gesamt.....	31
Abbildung 9: Verweildauer intensiv und isoliert pro Patient (n=97).....	32
Abbildung 10: Antikoagulantientherapie (n=42).....	32
Abbildung 11: Antibiotikatherapie (n=116).....	33
Abbildung 12: Analgetikatherapie (n=130).....	34
Abbildung 13: Sonstige Medikamenteneinnahme(n=115)	35
Abbildung 14: Drainagen (n=123).....	35

1. Einleitung

1.1 Gelenke

Im menschlichen Körper existiert eine Vielzahl an verschiedenen Gelenkarten, welche sich in bindegewebige und echte Gelenke einteilen lassen. Knochennähte im Schädel und im Becken sind Beispiele für die unbeweglichen, bindegewebigen Gelenke. Im Gegensatz dazu sind echte Gelenke flexibel und werden unterteilt in flache Gelenke, die ein eingeschränktes Maß an Bewegungen in alle Richtungen zulassen und Ei-, sowie Sattelgelenke, die Bewegungen in zwei Ebenen ermöglichen. Kugelgelenke erlauben eine Bewegung in alle Richtungen. Translokationen um eine Achse lassen nur Scharniergelenke zu. Eine Sonderform davon ist das Zapfen- oder Radgelenk, bei denen sich ein Ring um einen Zapfen dreht. Eine Kombination aus Scharniergelenk und Rad- und Zapfengelenk stellt unter anderem das Kniegelenk dar, ein sogenanntes Kondylengelenk. Zu den ausladenden Flexions- und Extensionsbewegungen erlaubt es zusätzlich eine geringe Außen- und Innenrotation.

1.2 Das Kniegelenk

Das Kniegelenk ist das größte und verletzungsempfindlichste Gelenk des Körpers.

Unterteilt wird das sogenannte Kondylengelenk in das Femorpatellargelenk, das zwischen Oberschenkel und Kniescheibe liegt und in das Femorotibialgelenk, welches sich zwischen Oberschenkel und Schienbeinkopf befindet. Während die Knochen bei anderen Gelenken meist ineinander passen, berühren sich das Femur und die Tibia im Kniegelenk nur punktförmig, sodass die Kondylen des Femurs über die Gelenkfläche der Tibia rutschen (Roll-Gleit-Bewegung). Es fehlt eine knöcherne Gelenkführung, das Kniegelenk ist somit im wesentlichen ligamentär und muskulär geführt. Da aber eine flächenhafte Berührung der beiden Knochen die Stabilität des Gelenks deutlich verbessert, liegen im Kniegelenk zwischen den Gelenkflächen die mit Faserknorpel überzogenen, bindegewebigen Menisci medialis und lateralis. Neben der Gelenkführung dienen die Menisci der Druckverteilung zwischen Femur und Tibia. Sie unterteilen das Femorotibialgelenk in zwei unvollständig voneinander getrennte Gelenke: die Articulatio meniscofemoralis (zwischen Femur und Meniscus) und die Articulatio meniscotibialis (zwischen Tibia und Meniscus).

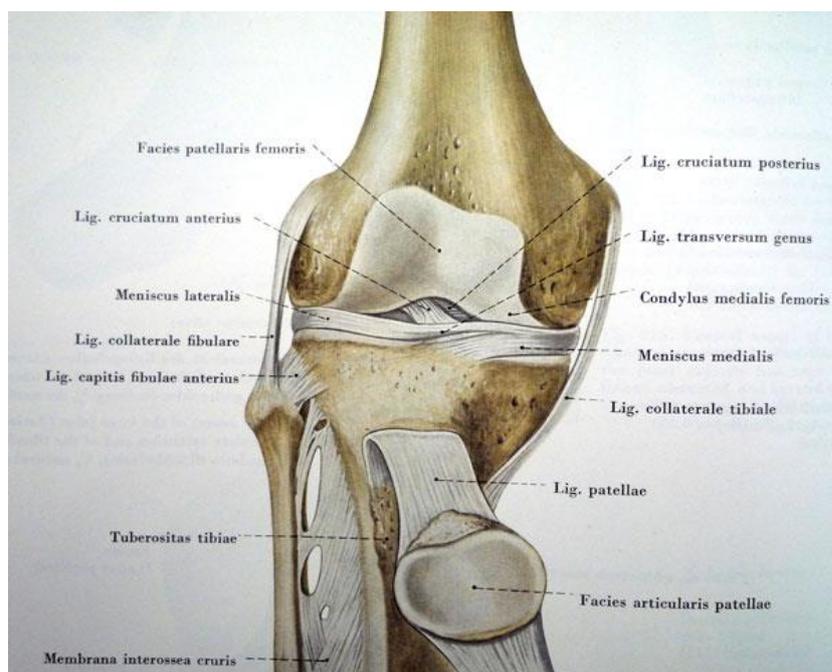
Die Menisci sind im Querschnitt keilförmig. Ihr äußerer Rand ist verdickt, nach medial werden sie dünner.

Das Femorotibial- und das Femoropatellargelenk liegen in einer gemeinsamen Gelenkhöhle, welche die größte Gelenkhöhle unseres Körpers ist. Sie ist relativ weit und hat durch die vorspringenden Bänder und Menisci verschieden große Buchten. Die Kreuzbänder liegen zwar mitten im Knie, befinden sich aber durch ihren synovialen Überzug außerhalb der Gelenkhöhle.

Die Gelenkkapsel des Kniegelenks ist unter allen Gelenkkapseln des menschlichen Körpers diejenige mit der ausgedehntesten Fläche. Die Verstärkungsbänder der Kapsel sind gegenüber den Führungsbändern abzutrennen. Die Begrenzungen der Kapsel setzen bei der Tibia am Knorpelrand, beim Femur vorne 1-2 cm oberhalb des Knorpelrandes und hinten am Knorpelrand der Kondylen an.

Das Kniegelenk besitzt zwei Hauptachsen. Da es sich um ein Kondylengelenk handelt, ist eine Streckung von 0° und eine Beugung von 130° , sowie in Beugung eine Außenrotation bis 40° und eine Innenrotation bis 10° , möglich. Passiv kann im Knie bis zu 160° gebeugt werden, danach setzt die Weichteilhemmung ein (Moll et al. 2006).

Abbildung 1: Anatomie des Kniegelenks (Atlas der systematischen Anatomie des Menschen Vol. I, Skeleton - Iuncturae Ossium, Systema musculorum, 2. Auflage, Karger Verlag 1971)



Im Laufe der Jahre wird das Kniegelenk vielen Belastungen ausgesetzt, wodurch es zum Verschleiß des Gelenkknorpels kommen kann. Dies führt je nach Ausprägung zu Schmerzen und Gehbehinderung. Eine der therapeutischen Möglichkeiten im fortgeschrittenen Stadium ist der prothetische Ersatz der geschädigten Knorpelfläche durch eine Prothese.

1.3 Historie

Schon früh versuchte man künstliche Kniegelenke zu implantieren. Das erste künstliche Kniegelenk wurde 1890 von Tharmistocles Gluck aus Elfenbein angefertigt, welches mit einem Gemisch aus Gips und Colophonium befestigt wurde. Hauptsächlich aufgrund der mangelnden Asepsis kam es zur Infektion des Gewebes, sodass dessen Erfolg von kurzer Dauer war (Folz et al. 2011).

Weitere Versuche zum Ersatz von Kniegelenken unternahm J. Murphy im Jahre 1905. Er überzog die Gelenkflächen mit einem Interponat aus Faszie und Fettgewebe. Es folgten weitere Versuche mit autologen Materialien. Baer benutzte 1918 chromatisierte Schweinsblasen, Putti im Jahre 1920 Faszienlappen. Enorme Probleme traten aufgrund des Materials auf, vor allem wegen Entzündungen, Schmerzen und fehlender Knochenheilung (Murray 1991).

1940 übertrug der Orthopäde W.C. Campbell das von Smith-Peterson für das Hüftgelenk entwickelte Verfahren, ein aus Glas oder Bakelit bestehender Kappenüberzug im Hüftgelenk, auf das Kniegelenk. Aufgrund der geringfügigen Beweglichkeit hat sich diese Methodik nicht bewährt (Campbell 1940, Blauth und Donner 1979).

Ab 1950 wurden die ersten Prothesen entwickelt, die die Gelenkoberfläche der proximalen Tibia ersetzen und durch DePalma (1954), McKeever (1955), MacIntosh (1958) und Townley (1964) in Nordamerika beschrieben wurden. Diese wurden in den Knochen einzementiert und lockerten sich nach spätestens acht bis zwölf Jahren. Ende der 70er Jahre verbesserten zementfreie und reine Oberflächenersatzprothesen die Knieprothetik enorm. Man beschäftigt sich heutzutage hauptsächlich mit der Art und Funktion des Kunststoffteils, das zwischen dem metallischen Unterschenkelteil und

Oberschenkelteil eingesetzt wird (Murray 1991). Ungelöste Probleme sind heute noch die geschlechtsspezifische Formgebung der Prothese (Gender knee) und die Materialbeschaffenheit der Prothesenkomponenten und des Inlays.

1.4 Prothesentypen

Anlass für einen Ersatz des Kniegelenkes durch eine Prothese ist in aller Regel der Verschleiß des Gelenkknorpels. Die Arthrose entwickelt sich in der Regel sehr langsam und wird vom Patienten vorerst nicht bemerkt, kann aber langfristig zu einem schmerzhaften, zunehmend versteifenden Knie führen. Im weiteren Verlauf nimmt die Elastizität des Knorpels ab und die Schutzfunktion für den darunterliegenden Knochen geht verloren. Mehr als fünf Millionen Menschen, darunter keineswegs nur ältere Personen, leiden in Deutschland dauerhaft an arthrotischen Beschwerden. Es zeigte sich ein hoher prozentualer Anstieg von operativen Knieeingriffen in jüngeren Altersgruppen.

Ursachen sind zum Beispiel eine angeborene oder erworbene Fehlstellung der Beine, wie O- oder X- Beine, Überbelastungen (z.B. durch Übergewicht), akute oder chronische Verletzungen und Stoffwechselkrankheiten. Der Ersatz des Kniegelenks durch eine Prothese kann außerdem notwendig sein bei rheumatoider oder posttraumatischer Arthritis, symptomatischer Knieinstabilität, Knieversteifung oder Deformation des Kniegelenks.

Je nach Erkrankung und Schweregrad wird aus den unterschiedlichen Implantattypen die bestmögliche Prothesenform ausgewählt. Eine Art der Unterteilung ist die nach der Kopplung der Prothese. Demnach lässt sich die ungekoppelte Prothese von der gekoppelten, sowie der teilgekoppelten Prothese differenzieren. Die ungekoppelte Prothese wird wiederum in eine uni-, bi- und trikondyläre Endoprothese eingeteilt. Beim unikondylären Gelenkersatz wird nur der innere oder der äußere Kondylus des Oberschenkelknochens, zusammen mit der korrespondierenden Gelenkfläche der Tibia, ersetzt. Ein Beispiel hierfür ist das Uniknie. Die bikondyläre Prothese ersetzt beide Kondylen und die Gesamtfläche des Schienbeinkopfes, wohingegen das trikondyläre Implantat noch zusätzlich die Kniescheibenrückfläche ersetzt.

Teilgekoppelte Prothesen kommen zum Einsatz wenn das hintere Kreuzband beschädigt oder entfernt wurde. Ein Beispiel hierfür wäre die sogenannte posterior stabilisierte Prothese. Gekoppelte Prothesen werden implantiert, wenn die Band- und muskuläre Stabilität des Gelenks unzureichend sind. Sei es das Außen- und Innenband, die degenerativ oder traumatisch geschädigt sind, oder der gesamte Kapselbandapparat durch angeborene Achsenfehlstellungen (X-Bein/O-Bein).

Die abgenutzten Knorpeloberflächen werden im Fall einer nötigen Operation bis auf den Knochen abgesägt und durch eine Metallgleitfläche am Oberschenkelknochen (Femur-Komponente), sowie durch eine Metallfläche am Schienbein (Tibia-Komponente) ersetzt. Dazwischen wird ein Kunststoffeinsatz (Inlay) gesetzt, der die Reibung zwischen den Oberflächen verringert und eine gewisse Höhenkorrektur erlaubt.

1.5 Epidemiologie

In Deutschland wurden im Jahr 2012 jährlich 156.695 Kniegelenksendoprothesen implantiert (Gerken 2013). 2007 waren es nur 136.379 Knieprothesenoperationen und 9.598 Revisionsoperationen, die durchgeführt wurden (Militz et al. 2010). Ursachen dieser Zunahme sind höhere Ansprüche an die Lebensqualität jedes Einzelnen, die gestiegene Lebenserwartung der Bevölkerung und die erhöhte Bereitschaft vieler Chirurgen zur Einsetzung von Implantaten (Vastag 2004). Altersbedingt ist die Anzahl der Knieprothesen-Erstoperationen zwischen 2003 und 2010 um 35% bei Frauen und um 65% bei Männern gestiegen. 13,1 % der Empfänger waren unter 60 Jahre alt. Insgesamt wurden von 2003 bis 2009 in Deutschland rund 1,01 Millionen Kniegelenksprothesen implantiert, was insgesamt einen Anstieg von 52 % bedeutet (Bitzer et al. 2010, BQS-Institut 2008). Mit Steigerung der Lebenserwartung und der ständig weiter wachsenden Zahl der Erstimplantationen nehmen die Komplikationsrate und damit die Anzahl an Revisionsoperationen zu (Laffer et al. 2005). Die Zahl der Revisionseingriffe stieg um überproportionale 117 % (Bitzer et al. 2010). Bei 6,5 % der Kniegelenksendoprothesen war bereits zwei Jahre nach der Primärimplantation ein Revisionseingriff angezeigt, obwohl die Hersteller in der Regel längere sogenannte Standzeiten angaben (Linder 2009).

Für Wechseloperationen, die aufgrund der genannten Faktoren, seien es aseptische Gründe oder septische, durchgeführt werden mussten, bezahlten die gesetzlichen Krankenkassen allein im Jahr 2009 550 Millionen Euro. 2,9 Milliarden Euro gaben sie für Erstimplantationen aus. Kosten für jeweilige medizinische Rehabilitationsmaßnahmen, die circa 90% der Patienten in Anspruch nahmen, sind nicht einberechnet (Borelli et al. 2011).

1.6 Derzeitiger Stand

2013 wurden in Deutschland in der Knieprothetik pro 100.000 Einwohner durchschnittlich 196 Primärprothesen implantiert (Gerken 2013). 2011 waren es 172 Erstprothesen, die pro 100.000 Einwohner in Deutschland eingesetzt wurden. Revidiert wurden davon 23 Knieprothesen. In den USA wurden 15-25% mehr Knieprothesen implantiert. Der Kostenfaktor in der Knieprothetik ist somit ein relevanter Aspekt in Bezug auf die Krankenhäuser, die Revisionsoperationen durchführen müssen und für die Krankenkassen, die diese finanzieren. Fraglich dabei ist, ob die Erstattung durch die Kassen bei Revisionsoperationen für die Häuser kostendeckend ist. Bezüglich der Alters- und Geschlechtsverteilung gab es deutliche Unterschiede. In Deutschland erhalten mehr Frauen und eher ältere Personen eine Knieprothese (Falbrede et al. 2011).

Bei Patienten mit Knie-Erstimplantaten liegt die Wahrscheinlichkeit einer Infektion in den ersten zwei Jahren bei weniger als zwei Prozent (Zimmerli et al. 2004). Vermutet wird jedoch eine höhere Zahl an Infektionen, die aufgrund von fälschlicherweise aseptisch diagnostizierten septischen Fällen zustande kommt. Darüber hinaus wird die Infektionsrate im Gefolge von Revisionsoperationen verglichen mit der von Erstimplantationen um bis zu 40 % höher eingeschätzt.

1.7 Art der Infektion

Einer der möglichen Gründe zur Revision bzw. zum Prothesenwechsel ist die periprothetische Infektion. Sie erfolgt hauptsächlich über die Haut durch Bakterienkontamination über den Chirurgen oder den Patienten selbst. Dies kann durch

Handschuhperforation, Operationsinstrumente und Keimabgabe von der Haut und den Haaren hervorgerufen werden. Der Chirurg ist in vielen Studien ein entscheidender Risikofaktor für eine Wundinfektion (Cuthbertson et al. 1991, Costerton 1971). Ebenso kann es durch Kontamination des anorganischen Implantates zu einer Infektion des umgebenden Gewebes kommen. Eine deutliche Besiedelung wurde auch über die Umgebungsluft (Aerosole) nachgewiesen. Anderweitig kann es auch zu einer Kolonisation (per continuitatem) durch direkten Kontakt zu einem benachbarten Infektionsherd und schließlich durch hämatogene und lymphogene Aussaat des Keimes kommen (Geipel et al. 2005).

Postoperativ kann eine Kontamination der Prothese auch über den lymphogenen oder hämatogenen Weg erfolgen, wobei klinische Studien belegen, dass ein hämatogener Infektionsweg eher selten eintritt (Militz et al. 2010, Geipel et al. 2005). Die überwiegende Zahl der Infektionen entsteht intraoperativ. Es gibt zahlreiche Faktoren, die eine Infektion begünstigen. Man unterscheidet zwischen gesicherten und ungesicherten Faktoren, welche in Tabelle eins erläutert werden (Geipel et al. 2005). Das klinische Erscheinungsbild einer periprothetischen Infektion ist optisch sehr unterschiedlich und reicht vom palpatorisch unauffälligen Gewebefund bis hin zur offensichtlichen Fistelbildung. Das klinische Erscheinungsbild ist bei circa zehn Prozent der periprothetischen Kniegelenksinfekte unauffällig (Militz et al. 2010).

Abbildung 2: Unterschiedliches Erscheinungsbild einer periprothetischen Infektion am Knie (Militz et al. 2010)



Tabelle 1: Risikofaktoren für die Entwicklung einer periprothetischen Gelenkinfektion (Geipel et al. 2005)

Risikofaktoren für die Entwicklung einer periprothetischen Gelenkinfektion
<p><u>„Gesicherte“ Risikofaktoren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorausgegangener Gelenksersatz • Erhöhter NNIS (National Nosocomial Infections Surveillance System) Score • Postoperative Wundinfektionen ohne Prothesenbeteiligung • Maligne Grunderkrankung
<p><u>„Wahrscheinliche“ so wie „ungesicherte“ Risikofaktoren</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rheumatoide Arthritis • Kortikosteroidtherapie • Dicht unter der Hautoberfläche befindliche Prothesen (z. B. Ellenbogen-TEP) • Diabetes mellitus • Schlechter Ernährungsstatus • Adipositas • Hohes Lebensalter • Implantation bei Knochentumor • Erworbene Immunsuppression (Organtransplantation, AIDS) • Hämodialyse • Vorangegangene septische Arthritis

National Nosocomial Infections Surveillance System

Das „National Nosocomial Infections Surveillance System“ ist ein Überwachungssystem, welches Daten von nosokomialen Infektionen durch freiwillige Angaben US-amerikanischer Krankenhäuser erfasst. Ziel dieser Systeme ist es, das Ausmaß solcher Infektionen zu schätzen und Strategien zur Bekämpfung zu entwickeln (Emori et al. 1991).

Äquivalent zu dem amerikanischen System ist in Deutschland das Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) (Geffers et al. 2011).

Im Gegensatz zur Infektion entsteht eine aseptische Lockerung aufgrund von Korrosionsprozessen und Abriebpartikeln, die an Kontaktpunkten anderer Implantatkomponenten vorgefunden werden sowie in periimplantäre Gewebsstrukturen vordringen können.

Bei den in der Knieprothetik nach Kniegelenks-TEP-Implantationen auftretenden periprothetischen Infektionen, unterscheidet man drei Formen:

- Die Frühinfektion
- Die verzögerte Infektion
- Die Spätinfektion

Bei der Frühinfektion handelt es sich um eine Infektion, die innerhalb von wenigen Tagen nach der Operation auftritt und bei der eine exogene Ursache vorliegt. Das heißt sie steht im direkten Zusammenhang mit einer intra- und postoperativen Kontamination. Symptome sind starke Schmerzen, hohes Fieber, der Anstieg des C-reaktiven Proteins und eine Rötung/Schwellung. Der häufigste Keim einer Frühinfektion ist der *Staphylococcus aureus*.

Eine verzögerte Infektion umfasst hauptsächlich den Zeitraum von drei Monaten bis zwei Jahren. Das Keimspektrum beinhaltet vorwiegend koagulase-negative Staphylokokken, *Corynebacterium* spp. und *Propionibacterium* spp (Maurer et al. 2006). Diese Erreger leben dicht zusammengedrängt in einer hydrierten extrazellulären Matrix und bilden damit einen sogenannten Biofilm, der fest auf der Prothesenoberfläche haftet: ein Schutzmechanismus der Bakterien, der die Antibiotikawirksamkeit um bis das 10.000-fache herabsetzen kann. Ein Biofilm entsteht durch die Umwandlung der Bakterien von einer frei beweglichen Phase in eine sogenannte sessile Phase. Sie heften sich an die das Prothesenmetall umgebenden körpereigenen Proteine an. Innerhalb von 30 Tagen kommt es zu Ausbildung eines stabilen Biofilms (Trieb et al. 2011).

Eine Spätinfektion liegt vor, wenn es erst nach mehr als zwei Jahren postoperativ zu einer Infektion kommt. Der Infektionsherd kann akut oder primär chronisch erfolgen. Die Übertragung erfolgt meist über den Blutweg (hämatogen). Bei der späten Infektion treten diverse Keime auf, darunter meist der *Staphylococcus aureus*.

Tabelle 2: Infektionstypen (Maurer et al. 2006)

Infektionstyp	Frühinfekt	Verzögerter Infekt	Spätinfekt
Zeitpunkt der Manifestation postoperativ	Bis 3 Monate postoperativ	3 Monate bis 2 Jahre postoperativ	≥ 2 Jahre postoperativ
Infektionsweg	Exogen > hämatogen	Exogen > hämatogen	Fast immer hämatogen

1.8 Problemkeime

Zukünftig wird mit einer steigender Zahl an Neuinfektionen gerechnet (Trampuz et al. 2005). Die laut Literatur am häufigsten vorkommenden Mikroorganismen, die zu einer Protheseninfektion führen, sind in Tabelle 3 aufgelistet (Steckerlberg et al. 2000).

Tabelle 3: Häufigkeit der Erreger bei Knieinfektionen (Steckerlberg et al. 2000)

Erreger	Häufigkeit (%)
Koagulase-negative Staphylokokken	30 – 43
Staphylococcus aureus	12 – 23
Polymikrobielle Erreger	10 – 12
Unbekannte	10 – 11
Streptokokken	9 – 10
Enterokokken	3 – 7
Gram-negative Erreger	3 – 6
Anaerobier	2 – 4

Zu den schwieriger behandelbaren Keimen zählen:

- MRSA (Methicillinresistenter Staphylococcus aureus), Isolation der Erkrankten nötig
- Pilze (starke Tendenz zur Biofilmbildung, es ist keine Therapie gegen adhätierende Pilze verfügbar)
- Enterococcus species (es ist keine bakterizide orale Therapie verfügbar)
- Pseudomonas aeruginosa (starke Tendenz zur Biofilmbildung, keine orale Antibiotikatherapie verfügbar)
- „small colony variant“ (vor allem Staphylococcus aureus und koagulase-negative Staphylokokken, weisen eine starke Resistenz gegen verschiedenste Antibiotika auf)

Therapeutisch muss bei diesen Keimen ein zweizeitiger Wechsel mit sechswöchiger Antibiotikatherapie ohne Fremdkörper und zweiwöchiger Therapiepause vor Reimplantation erfolgen (Maurer et al. 2006).

Von der klinischen Ausprägung unterscheidet sich eine Low-grade-Infektion, welche durch leichtgradige Laborveränderungen und geringgradig lokaler Beschwerdesymptomatik gekennzeichnet ist, von einer High-grade-Infektion. Diese ist charakterisiert durch deutliche Laborveränderungen, gegebenenfalls Fieber und lokal durch typische Symptome einer floriden Infektion. Anzeichen einer Low-grade-Infektion ist eine frühe Prothesenlockerung mit oder ohne persistierenden Schmerzen. Ein aseptisches Prothesenversagen ist klinisch oft nicht von einer Low-grade-Infektion zu unterscheiden (Laffer et al. 2006). Bei einem Spätinfekt kommt es zu einer Lockerung der Prothese, was auch radiologisch erkennbar sein kann, ein Neuauftreten des Ruhe- und Belastungsschmerzes sowie zu klassischen Infektzeichen und Anstieg der laborchemischen Infektparameter. Prädisponierende Faktoren für eine infizierte Knieprothese sind die rheumatoide Arthritis, eine Steroid- und Methotrexat-Therapie, Diabetes mellitus und eine krankheits- und therapiebedingte Immunsuppression (Segreti 1999, Curry & Phillips 2002). Aufgrund der heutzutage durchgeführten Antibiotikaphylaxe konnte ein deutlicher Rückgang an operationsbedingten (exogenen) Infektionen vermerkt werden. Trotzdem muss bei bis zu zwei Prozent aller

Knietotalendoprothesen in den ersten zwei Jahren mit einer Infektion gerechnet werden, da bereits weniger als einhundert koloniebildende Bakterien einen Infekt auslösen können (Zimmerli et al. 2004).

Klinische Zeichen eines Infektes liegen vor, wenn arthrographisch oder intraoperativ ein Fistelgang mit Verbindung zum Gelenk darstellbar ist oder wenn mindestens zwei von den folgend genannten Faktoren gegeben sind:

- Vorliegen einer durch Laborparameter (Abstrich, Punktion) bestätigten Keimlage
- histologisch nachgewiesene Anwesenheit von ≥ 5 neutrophilen Granulozyten pro High-power-Feld im periprothetischen Gewebe
- Anwesenheit von ≥ 1700 Leukozyten/ μl oder $> 65\%$ neutrophilen Granulozyten in der Gelenkflüssigkeit
- Vorliegen mindestens einer positiven Bakteriologie einer intraoperativen Gewebe- oder Gelenkflüssigkeitsprobe
- radiologische Anzeichen einer Infektion (Maurer et al. 2006)

1.9 Behandlung eines Knieprotheseninfekts

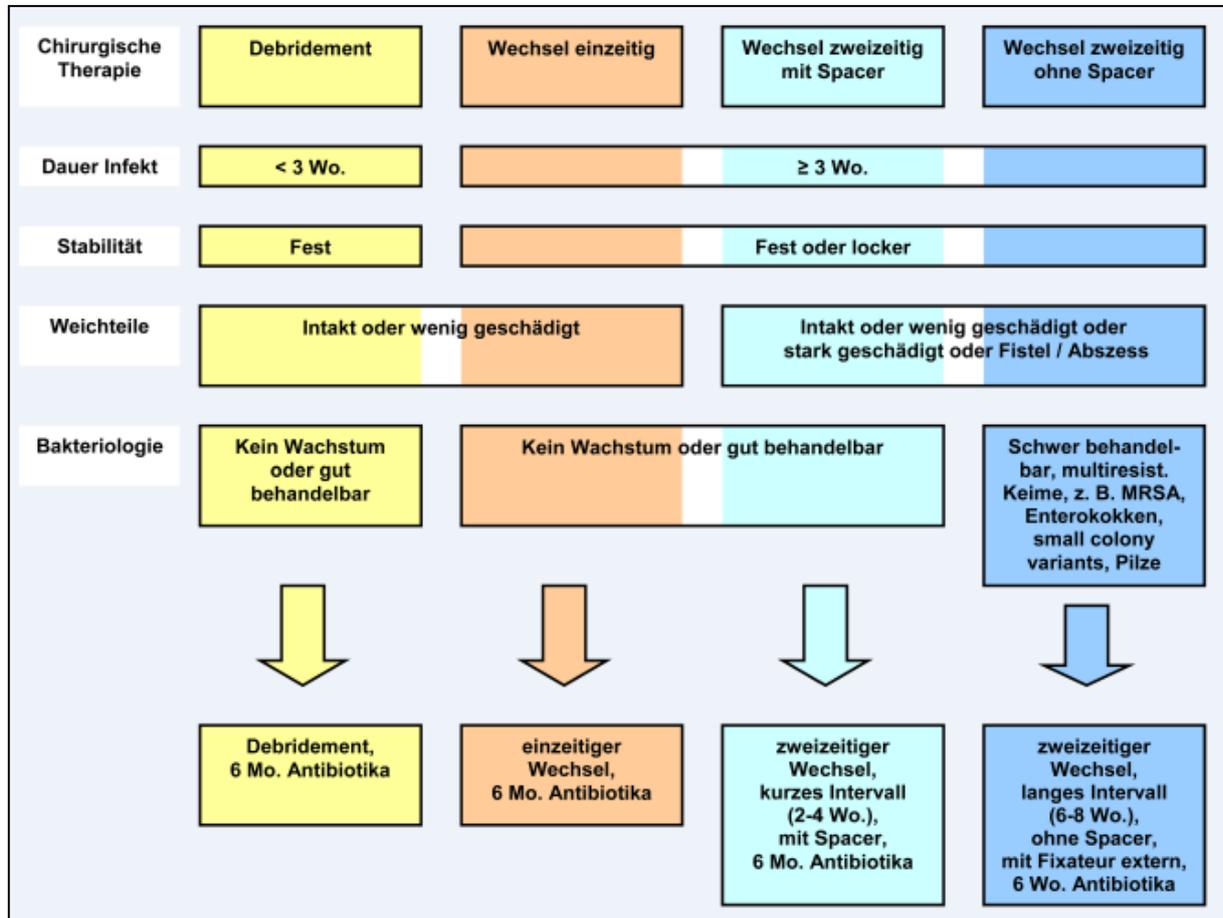
Um einen Protheseninfekt gelenkerhaltend zu behandeln, stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl:

- Radikales chirurgisches Debridément unter Belassen der Prothese
- Einzeitiger Wechsel mit Aus- und Wiedereinbau einer Prothese in einer Operation
- Zweizeitiger Wechsel mit Aus- und Wiedereinbau einer Prothese mit einem zeitlichen Abstand von Wochen bis Monaten

Die meisten Chirurgen bevorzugen die zweizeitige Variante unter Verwendung eines Spacers für mehrere Wochen oder Monate. Dies ist ein langwieriges und kostenintensives Verfahren für den Patienten, welches nicht in allen Fällen notwendig wäre, vor allem in den USA aber allein aus forensischen Gründen durchgeführt wird. Jedoch werden aufgrund von möglichen Schäden am Knochen, Weichteilen und Haut

nicht immer die gewünschten funktionellen Ergebnissen erzielt (Maurer 2006, Laffer et al. 2005). Die Art des Eingriffes sollte anhand der Infektionsart (Früh-, verzögerter oder Spätinfekt), der Dauer der Infektion, der Hartnäckigkeit der Infektion, der Art der Mikroorganismen, die die Infektion verursacht haben und des Zustandes des Weichgewebes bestimmt werden (Zimmerli et al. 1998). Handlungshinweise gibt der Liestaler Algorithmus. Dieser wurde am Kantonsspital Liestal in der Schweiz entwickelt. Er beinhaltet verschiedene chirurgische Konzepte in Abhängigkeit von der Dauer der Infektion, von der Stabilität der Prothese und vom Ausmaß der Weichteilschäden. Er berücksichtigt vor allem die Pathogenität des zu behandelnden Keimes (Maurer et al. 2005). Weniger virulente Keime können bei einem zweizeitigen Wechsel mit einem antibiotikahaltigem Spacer behandelt werden, bei Infektionen mit multiresistenten Keimen kann ein Spacer als Fremdkörper gefährlich sein (Zimmerli et al. 2004). Nach Maurer et al. handelt es sich um einen Frühinfekt, wenn eine Prothese nach der Erstimplantation über mehr als drei Wochen Symptome aufweist. In diesem Fall kann bei stabiler Prothese und gut erhaltenen Weichteilen die Prothese durch radikales Debridement bewahrt bleiben. Ein einzeitiger Wechsel hat bei ausreichenden Weichteilverhältnissen eine gute Heilungsprognose, wenn der Keim vorher mit Antibiotika behandelbar ist. Bei Fisteln oder schlechten Weichteilverhältnissen muss ein zweizeitiger Wechsel erfolgen. Sind leicht behandelbare Keime vorhanden, kann mit einem Spacer die kurze Phase von zwei- bis drei Wochen bis zum Wiedereinbau überbrückt werden. Liegen schwer behandelbare Keime vor wird das Kniegelenk mit einem Fixateur externe überbrückt und sechs Wochen mit Antibiotika behandelt. Der Wiedereinbau erfolgt nach einem zweiwöchigen antibiotikafreiem Intervall (Maurer et al. 2005).

Abbildung 3: Liestaler Behandlungsalgorithmus für Knie- TEP-Infektionen
(Maurer et al. 2005)



1.10 Studienbeispiel

Laffer et al. berichten über ein Studienbeispiel an 534 Patienten mit einer Knieprothese bei der es laut einer 15-jährigen Studie bei 13 Patienten zu einer Infektion am Kniegelenk kam. 22 Patienten mit infizierten Kniegelenken wurden von anderen Krankenhäusern für die Studie hinzugezogen. Alle 35 Patienten, die insgesamt 40 Eingriffe hinter sich hatten, wurden in regelmäßigen Zeitintervallen beobachtet (Laffer et al. 2005).

1.10.1 Ergebnisse der Studie

Bei 18 (45%) Patienten der insgesamt 40 war keine Revisionsoperation erforderlich. Bei 13 (32,5%) Eingriffen handelte es sich um eine Revisionsoperation. Insgesamt zwei Revisionen mussten bei neun (22,5%) Patienten durchgeführt werden.

Risikofaktoren für eine Protheseninfektion waren in sieben (20%) Fällen Diabetes mellitus und zu 17,1% (sechs Fälle) rheumatische Arthritis. Es kam zu zehn weiteren Eingriffen aufgrund von Frühinfekten. Verzögerte Infektionen wurden in neun Fällen festgestellt in einem Zeitraum zwischen vier und 21 Monaten. Bei 13 Fällen kam es zu einer Spätinfektion, die sich im Zeitraum zwischen 28 Monaten und 23 Jahren manifestiert hatte. Insgesamt waren bei 40% der Fälle die klinischen Symptome akut, charakterisiert von einer systemischen Reaktion mit Fieber von über 39 °C in acht (20%) Fällen. Moderate Schmerzen, die durch Gabe von Analgetika beeinflussbar waren, oder akute Schmerzen wurden in 25 (62,5%) Fällen beobachtet, lokale Entzündungen in 27 (76,5%) Fällen und Wunddehiszenzen und Abszesse in 10 (25%) Fällen (Laffer et al. 2005).

2. Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Datensammlung von Knieprothesen-Revisionsoperationen, die im Zeitraum von 2007 bis 2009 in neun Berliner Krankenhäuser durchgeführt wurden und diese bezüglich epidemiologischer Fakten, operativer Besonderheiten, bakterieller Parameter, Morbiditätskriterien der Patienten und letztlich auch nach ökonomischen Gesichtspunkten auszuwerten. Auf diese wurde bei den septischen Revisionen besonderer Wert gelegt, da es wenige Untersuchungen gibt, die die Kosten der Protheseninfektion ermitteln und mit den Kosten der komplikationsfreien Primärprothese verglichen haben. In dieser Arbeit wird der Versuch gemacht einen Kostenvergleich zwischen septischen Revisionseingriffen und komplikationslosen Primärimplantationen aufzustellen.

3. Patienten und Methodik

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die klinischen Daten von 97 Patienten und Patientinnen evaluiert, bei denen zwischen dem 1.1.2007 bis zu dem 31.12.2009 in neun Berliner Krankenhäusern der Vivantes Gruppe aufgrund einer Infektion der Knieendoprothese eine Revisionsoperation durchgeführt wurde. Die Auswahl der Patienten erfolgte über das Orbis Such-Programm. Dabei wurden sämtliche prothetische Eingriffe am Knie nach ICD-Schlüssel, OPS-Schlüssel und BQS-Kriterien erfasst. Sämtliche operative Revisionen wurden herausgefiltert und über Orbis der Anteil der septischen Operationen ermittelt. Dies geschah über Operationsberichte, mikrobiologische Befunde, Entlassungsbriefe, Erste-Hilfe Scheine bei Wiederaufnahme und gegebenenfalls über Abrechnungsziffern. Auf diese Weise konnten 97 Patienten evaluiert werden, bei denen sicher eine Infektion nach folgenden Kriterien vorlag:

- Mikrobiologischer Nachweis eines pathogenen Keimes in:
 - Gelenkpunktion
 - Intraoperativem Abstrich
 - Gewebeproben
 - Teilen des Knochenzements
 - Blutkultur
- Fistel
- Laborparameter in Kombination mit:
 - Fortbestehenden Schmerzen (vor allem nach schmerzfreien Perioden)
 - Intraoperativem Pusaustritt
 - Erhöhte Temperatur

Zusätzliche Kriterien einer Infektion (Cutting et al. 1994):

- Verzögerte Heilung

- Verfärbung
- Bröckliges Granulationsgewebe, das leicht blutet
- Unerwartete Schmerzen/Empfindlichkeit
- Taschenbildung an der Basis der Wunde
- Überbrückung des Epithels oder der Weichteile
- Abnormer Geruch
- Zersetzung der Wunde

Fehlende Daten wurden durch Anforderung aller Krankenakten aus den jeweiligen Krankenhäusern ergänzt.

Von diesen 97 Patienten wurden die Krankenakten angefordert. Sie bilden, zusammen mit den elektronisch erfassten Daten, die Basis der Evaluation. Neben den üblichen Parametern wie Vorname, Name, Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht wurden folgende Patienteninformationen in einer Microsoft Word Excel Tabelle erfasst:

- Berufsstatus
- Pflegestufe
- Lebenssituation
- OP-Datum der Revisionen
- OP-Datum der Primäroperationen (wenn ermittelbar)
- ASA-Klassifikation
- Hauptdiagnose und Nebendiagnosen
- Therapie
- Aufnahmeverdacht
- Datum von Gelenkpunktionen und Abstrichen mit den jeweiligen Ergebnissen

- Transfusionen von Fremd- und Eigenblut
- die CDC Klassen
- die Anzahl der Eingriffe mit den jeweiligen Prozeduren
- Medikation
- Postoperative Drainagen
- Postoperative Komplikationen
- Verweildauer des Patienten

Berufsstatus

Im Berufsstatus wurde unterschieden zwischen „Rentner“, „Angestellt“ und „Sonstiges“. Unter „Sonstiges“ fielen Patienten die selbstständig tätig waren, arbeitslos waren oder keinem Beruf nachgingen. Entsprechendes wurde in der Spalte „Bemerkungen“ erfasst.

Pflegestufe

Patienten mit Pflegestufe eins, zwei oder drei wurden entsprechend in der Excel Liste erfasst. Patienten ohne Pflegestufe wurden mit einer „0“ gekennzeichnet.

Patienten mit der Pflegestufe eins fallen unter die „erhebliche Pflegebedürftigkeit“. Damit haben sie Anrecht auf wenigstens zwei Verrichtungen aus den Bereichen Körperpflege, Ernährung oder Mobilität (Grundpflege). Sie haben außerdem Hilfeanspruch bei der Hauswirtschaft.

Patienten mit Pflegestufe zwei haben eine sogenannte „Schwerpflegebedürftigkeit“. Hier besteht ein Grundpflegebedarf von mindestens dreimal täglich zu verschiedenen Tageszeiten, sowie Anspruch auf Hilfe bei der Hauswirtschaft.

Patienten mit Pflegestufe drei sind „schwerstpflegebedürftig“. Hier besteht der Pflegebedarf rund um die Uhr. Die Besonderheit der Pflegestufe drei liegt in der mehrmaligen Nachtbetreuung (zwischen 22.00 Uhr und 6.00 Uhr) (Glocker, G., 2011).

Lebenssituation

Bei der Lebenssituation wurde unterschieden zwischen „Eigenständig“, „Pflegeheim“ und „Sonstiges“. Patienten, bei denen die Lebenssituation als „eigenständig“ bezeichnet wurde, sind auf keine Hilfe angewiesen und leben alleine oder zusammen mit der Familie oder Lebensgefährten. Patienten, die im Pflegeheim leben, wurden dementsprechend vermerkt. Solche, die als „Sonstiges“ aufgeführt wurden, werden entweder von Familienangehörigen oder von öffentlichen Pflegediensten betreut, welche individuell oft die Patienten in ihrer privaten Umgebung besuchen.

OP Datum

Das OP Datum war in der jeweiligen Akte ersichtlich und wurde in der Excel Tabelle erfasst. Handelte sich es um mehrere Operationen, die bezogen auf die gleiche Fallnummer durchgeführt wurden, wurde in der Spalte „OP Datum“ das Datum notiert, an welchem die Revisionsoperation aufgrund einer Infektion durchgeführt wurde. Weitere Operationsdaten wurden ebenfalls in der Tabelle aufsteigend nach Datum sortiert.

Primär OP

Datum und Standort der Erstimplantation wurden ebenfalls aus der Akte entnommen und protokolliert.

ASA-Klassifikation

Die ASA Klassifikation ist eine Einteilung ausgehend von der American Society of Anaesthesiologists zur Abschätzung des Risikos einer Anästhesie für zum Beispiel Nebenerkrankungen eines Patienten während eines chirurgischen Eingriffs.

Die Einstufung wird vor der Operation von einem Anästhesisten vorgenommen.

Das perioperative Risiko wird in fünf Schweregrade eingeteilt:

- ASA 1: Gesunder Patient
- ASA 2: Patient mit geringfügiger Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung
- ASA 3: Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung mit Leistungseinschränkung
- ASA 4: Patient mit lebensbedrohlicher Erkrankung
- ASA 5: Palliativpatient. Tod innerhalb von 24h mit oder ohne Operation wahrscheinlich (Lingnau 2011)

Haupt- und Nebendiagnosen

In der Liste wurden zu jedem Patientenfall eine Hauptdiagnose und bis zu acht Nebendiagnosen als Kodierungsnummern vermerkt.

Therapie

Zusätzlich wurden bis zu zehn OPS Codes, sogenannte Operationsschlüssel, protokolliert, die Informationen über die durchgeführten Prozeduren geben.

Aufnahmeverdacht

Bei Infektionsverdacht wurde festgehalten:

- Zeitpunkt des Befundes
- Art des Befundes

Zeitlich wurden folgende Möglichkeiten differenziert:

- Vor Entlassung:

Noch bevor der Patient aus dem jeweiligen Krankenhaus entlassen wurde, wurden ein oder mehrere Keime festgestellt. Dies beschreibt einen Frühinfekt.

- Nach Entlassung:

Nachdem der Patient aus dem jeweiligen Krankenhaus entlassen wurde, kam es zu einer Infektion mit Feststellung eines oder mehrerer Keime. Es handelte sich hierbei um einen Früh-, verzögerten- oder Spätinfekt, der zu Hause, vom Arzt oder in einem anderen Krankenhaus diagnostiziert wurde.

- Rehabilitation:

Hier wurden Infektionen mit Keimnachweis im Rahmen der postoperativen Rehabilitation festgestellt.

Bei der Art der Detektion wurde zwischen einer klinischen und einer durch Laborparameter ermittelten Feststellung von Keimen unterschieden. Handelte es sich um einen klinischen Befund, waren keinerlei Keime in Abstrichen oder Punktionen vor dem operativen Eingriff differenziert worden. Bei den Patienten mit Labornachweis wurden pathogene Keime anhand eines Abstriches oder Punktats spezifiziert.

Gelenkpunktionen und Abstriche

Durchgeführte Punktionen bzw. Abstriche wurden mit Datum der Entnahme und den mikrobiologischen Ergebnissen erfasst.

Des Weiteren wurde die Art des Abstriches unterteilt in „tief“, „oberflächlich“, und „Gewebe“, welche Information man sowohl aus den Akten als auch aus dem Orbis Suchprogramm erhielt.

Menge an Transfusionen

Die Menge an Transfusionen (Eigenblut und Fremdblut) konnte man dem Operationsbericht bzw. dem Anästhesieprotokoll entnehmen.

CDC Klassifikation

Die CDC Klassifikation dient der Validierung von Symptomkomplexen im Sinne einer einheitlichen Festlegung über das Vorhandensein nosokomialer Infektionen. Sie sollen die nationale und internationale Vergleichbarkeit von Surveillancedaten sicherstellen. CDC-Definitionen sind reine epidemiologische Spezifizierungen und dienen nicht der Therapiebedürftigkeit individueller Patienten.

Als nosokomial gelten auch solche Infektionen, die während des Krankenhausaufenthaltes erworben sind und erst nach Entlassung evident werden. Eine reine Kolonisation von Erregern auf der Haut, Schleimhaut, in offenen Wunden, in Exkreten oder Sekreten ohne klinische Symptome ist keine Infektion, genauso wenig werden Entzündungen nicht infektiöser Genese erfasst.

Klassifikationen:

A1 Postoperative oberflächliche Wundinfektion

Infektion an der Inzisionsstelle innerhalb von 30 Tagen nach der Operation, die nur Haut oder subkutanes Gewebe mit einbezieht. Zusätzlich muss eines der folgenden Kriterien zutreffen:

- Eitrige Sekretion aus der oberflächlichen Inzision
- Kultureller Nachweis von Erregern aus einem aseptisch entnommenen Wundsekret oder Gewebe von der oberflächlichen Inzision

- Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit, lokalisierte Schwellung, Rötung oder Überwärmung
- Diagnose des behandelnden Arztes

A2 Postoperative tiefe Wundinfektion

Infektion innerhalb von 30 Tagen nach der Operation (innerhalb von einem Jahr, wenn das Implantat in situ belassen wird), wenn die Infektion mit der Operation in Verbindung zu stehen scheint, wenn Faszien- und Muskelgewebe betroffen sind und eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- Eitrige Sekretion aus der Tiefe der Inzision, aber nicht aus dem operierten Organ bzw. der Körperhöhle
- Öffnung der Wunde durch den Chirurgen, wenn der Patient mindestens eines der nachfolgenden Symptome hat: Fieber ($> 38\text{ °C}$), lokalisierter Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit. Dieses Kriterium gilt nicht bei Vorliegen einer negativen mikrobiologischen Kultur aus der Tiefe der Inzision
- Abszess oder sonstige Zeichen der Infektion, die tieferen Schichten betreffend, sind bei der klinischen Untersuchung, während der erneuten Operation, bei der histopathologischen Untersuchung oder bei radiologischen Untersuchungen ersichtlich
- Diagnose des behandelnden Arztes

A3 Infektion von Organen und Körperhöhlen im Operationsgebiet

Infektionen innerhalb von 30 Tagen nach der Operation (innerhalb von einem Jahr, wenn das Implantat in situ belassen wird), wenn die Infektion mit der Operation in Verbindung zu stehen scheint und bei Erfassung von Organen und Körperhöhlen, die während der Operation geöffnet wurden und wenn eines der folgenden Kriterien zutrifft:

- Eitrige Sekretion aus einer Drainage, die Zugang zu dem Organ bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet hat
- Kultureller Nachweis von Erregern aus einem aseptisch entnommenen Wundsekret oder Gewebe aus einem Organ bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet

- Abszess oder sonstige Zeichen einer Infektion des Organs bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet ist bei klinischer Untersuchung, während der erneuten Operation, bei der histopathologischen Untersuchung oder bei radiologischen Untersuchungen ersichtlich
- Diagnose des behandelnden Arztes

Primäre Sepsis:

B1 Durch Labor bestätigte primäre Sepsis

Kriterien:

- Kultureller Nachweis von pathogenen Erregern im Blut, welche nicht mit einer Infektion an anderer Stelle assoziiert sind
- Bei Vorhandensein mindestens eines der folgenden Symptome: Fieber ($> 38\text{ °C}$), Schüttelfrost, Hypotonie, gewöhnlicher Hautkeim, der aus mindestens zwei aus separaten Blutabnahmen beim pften Blutkulturen isoliert wurde

B2 Klinisch primäre Sepsis

muss den folgenden Kriterien entsprechen:

- Eines der folgenden klinischen Anzeichen oder Symptome ohne andere erkennbare Ursache: Fieber ($> 38\text{ °C}$, rektal), Hypothermie ($< 37\text{ °C}$, rektal), Apnoe oder Bradykardie
- keine Blutkultur durchgeführt oder keine Mikroorganismen im Blut nachgewiesen
- keine offensichtliche Infektion an anderer Stelle
- betreuender Arzt beginnt entsprechende antimikrobielle Therapie (Robert Koch-Institut, 2011).

Anzahl der Eingriffe mit den jeweiligen Prozeduren

Hierbei wird die Anzahl der Eingriffe pro Aufenthalt angegeben und untergliedert in solche mit Implantat- und solche mit Weichteileingriffen. Desweiteren wird unterschieden zwischen kleinen Eingriffen, mittleren Eingriffen und großen Eingriffen.

Zu den kleinen Eingriffen zählen beispielsweise Wundrevisionen, Vakuumversiegelungen, Drainagen etc., mittlere Eingriffe wären zum Beispiel Revisionen ohne Prothesenwechsel, Inlaywechsel, Spacerimplantationen ohne späteren Protheseneinbau, Kettenwechsel von Antibiotikaketten etc.. Wurde ein großer Eingriff durchgeführt, handelte es sich um Prothesenex- oder implantationen (einzeitiger/zweizeitiger Prothesenwechsel), Arthrodesen, Amputationen oder ähnlichem. Durch die Angabe von Aufnahme- und Entlassungsdatum wird die Verweildauer errechnet. Die Maßnahmen der bis zu elf Eingriffe pro Patient werden vermerkt.

Medikation

Die Medikation wurde in mehrere Punkte unterteilt. Patienten, die Antikoagulantien, wie Marcumar oder Acetylsalicylsäure, zu sich nahmen und aufgrund des chirurgischen Eingriffes damit pausierten, wurden mit Anzahl der Tage dementsprechend notiert. Nahmen diese Patienten die Antikoagulantien täglich aufgrund von Koronarerkrankungen oder ähnlichem ein, wurde das in der Tabelle mit „dauerhaft“ gekennzeichnet.

Des Weiteren wurde die tägliche Anzahl der Gabe an Antibiotika, Analgetika und Thromboseprophylaxemittel erfasst, die anhand der täglichen Einträge in die Medikationstabelle in der Akte abgezählt werden konnten. Die Art der Antibiotikaapplizierung wurde in eine systemische und eine lokale, entsprechend eines Medikamententrägers, vermerkt. Bei intraoperativem Verdacht auf eine Infektion sollte eine lokale Antibiotikagabe erfolgen (Militz et al. 2010). Poststationäre Empfehlungen wurden in Tagen erfasst. Nahm der Patient weitere Medikamente ein, wurde dies protokolliert. Deren poststationäre Empfehlung wurde als dauerhaft gekennzeichnet, wenn keine zeitliche Einnahmebegrenzung dieser Medikamente in der Akte vermerkt wurde.

Postoperative Drainagen

Die Art und Anzahl an postoperativ gelegten Drainagen wurden aus der Akte entnommen. Es wurden ausschließlich Redondrainagen gelegt. Die täglich drainierte Gewebsflüssigkeit wurde addiert und in Milliliter protokolliert.

Postoperative Komplikation

Auftretende postoperative Komplikationen, wie beispielsweise Schwellungen oder Schmerzen, wurden notiert.

Verweildauer des Patienten

Erfasst wurden Patienten, die isoliert, auf der Intensivstation oder auf der Normalstation im Krankenhaus verweilten. Isoliert wurden solche, die sich mit multiresistenten Keimen infiziert hatten.

Die Art der Entlassung von Patienten wurde protokolliert als solche, die eigenständig, mit Hilfe von Familienmitgliedern oder Freunden, in die eigene Häuslichkeit und solche die ins Pflegeheim oder Pflegeheim entlassen wurden. Als „Sonstiges“ wurden Patienten gekennzeichnet, welche entweder von Familienmitgliedern gepflegt wurden oder häusliche Pflegedienste nach Entlassung in Anspruch nahmen.

3.1 Ermittlung der Kosten

Von den 97 Patienten konnten 78 zur Berechnung der Kosten ausgewertet werden. Das liegt daran, dass das EDV-System, das die Grundlage der Kostenträgerrechnung bildet, im Jahre 2007 noch nicht ausgereift war, um die Kosten pro Fall sicher zu ermitteln. Für die Auswertung kamen somit nur die Jahre 2008 bis 2009 in Betracht.

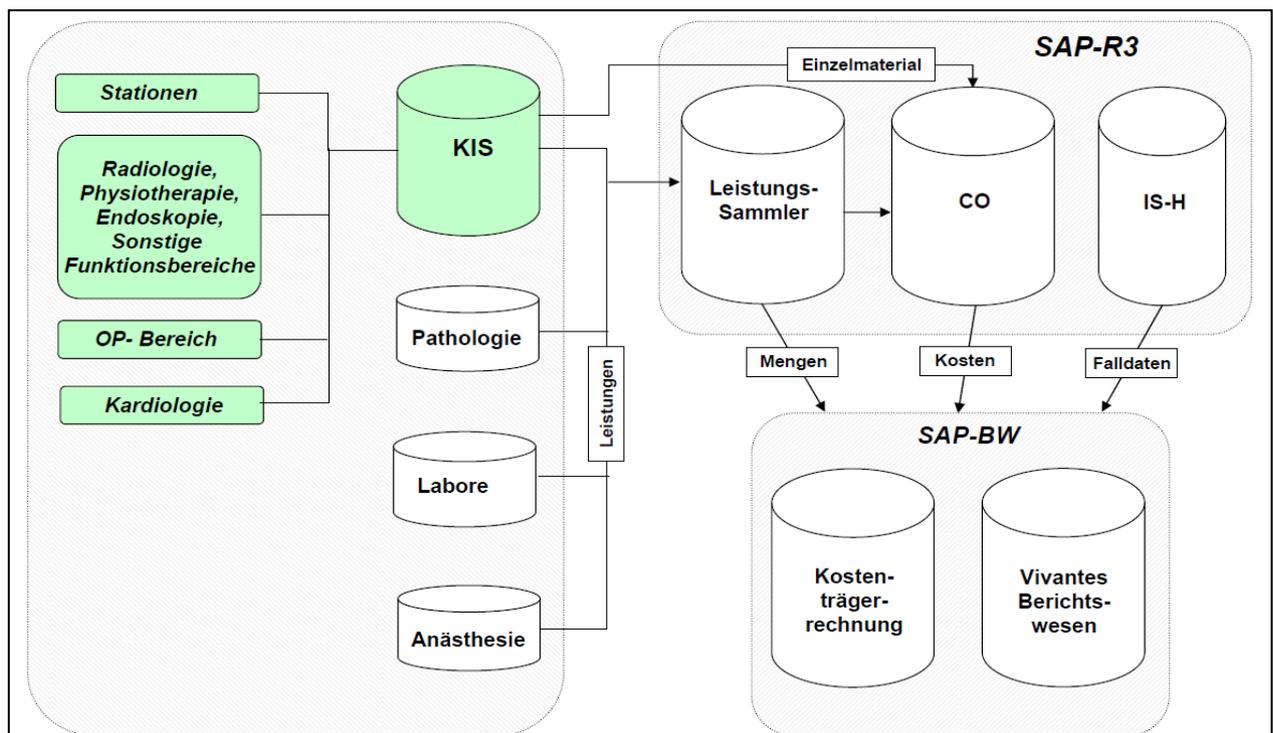
Unter Berücksichtigung epidemiologischer Daten, operativer Besonderheiten, bakterieller Parameter, Morbiditätskriterien der Patienten und letztlich auch der ökonomischen Daten konnten die Kosten von im Jahre 2008 und 2009 operierten

septischen Revisionen anhand eines spezifischen Systems ermittelt werden und mit den Kosten komplikationsfreier Implantationen verglichen werden.

Mit Hilfe des Krankenhausinformationssystems Orbis, welches 2004 von dem IT und TK Direktor der Vivantes GmbH, Gunther Nolte, entwickelt wurde (Holler, S., 2007) ist es möglich auf alle Patienteninformationen aus verschiedensten Krankenhausabteilungen, wie der Radiologie, der Physiotherapie, der Endoskopie, sowie anderen funktionellen Abteilungen, des Operationssaales und der Kardiologie zuzugreifen und abzurufen. Weitere Kosten aus dem Subsystem Pathologie, Labor und Anästhesie werden gesondert betrachtet und erfasst. Die kostenspezifischen Daten aus dem Orbis Programm und dem Subsystem werden in einen zum Unternehmens-Informationssystem SAP-R3 gehörenden Datensammler und Unternehmenssteuerungssystem gegeben. Der Datensammler berechnet die tatsächliche Menge an kostenintensiven Eingriffen, das Unternehmenssteuerungssystem errechnet daraus die Kosten. Ein weiteres separates sogenanntes Industrial Solutions-Health (IS-H) errechnet die gegebenen Falldaten der Patienten.

Somit war eine vollständige und lückenlose Erfassung sämtlicher Kosten eines individuellen Falles möglich. Bei mehreren stationären Aufenthalten eines Patienten wurden die jeweiligen Kosten addiert und somit die Gesamtkosten der Behandlung septischer Knieprothesen für diesen Fall ermittelt.

Abbildung 4: Schema zur Kostenerfassung



4. Ergebnisse

Es wurden 97 Patienten mit einer infizierten Knieprothese, von denen 29 mehrfach stationär behandelt wurden, in den Ergebnissen erfasst. Bei jeder Rehospitalisierung erhielten die 29 Patienten eine neue Fallnummer, wodurch 23 Patienten jeweils zwei und sechs drei Fallnummern zugeteilt bekamen. Insgesamt ergeben sich daraus 132 Patientenfälle.

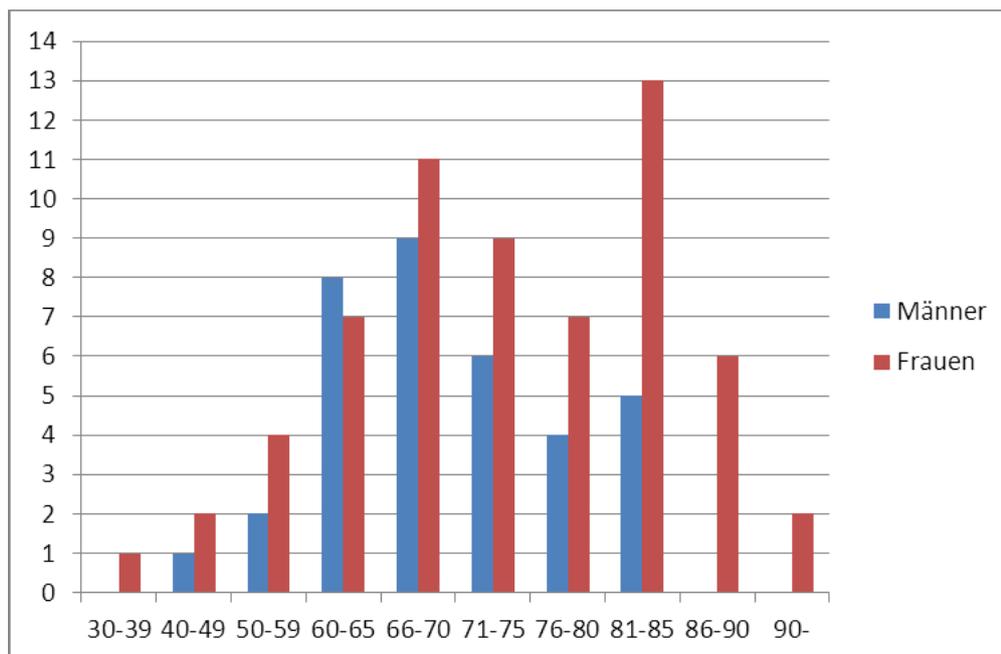
Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde zum einen nach Patientenanzahl, zum anderen nach Patientenfällen ausgewertet, je nach der jeweiligen Fragestellung.

4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung (n=97)

Von den insgesamt 97 Patienten handelte es sich um 62 (63,9%) Frauen und 35 (36,1%) Männer.

Das Durchschnittsalter bei den Frauen lag bei 71,3 Jahren (40-92 Jahre), bei den Männern bei 69,5 Jahren (49-84 Jahre). Das Gesamtdurchschnittsalter lag somit bei 70,4 Jahren.

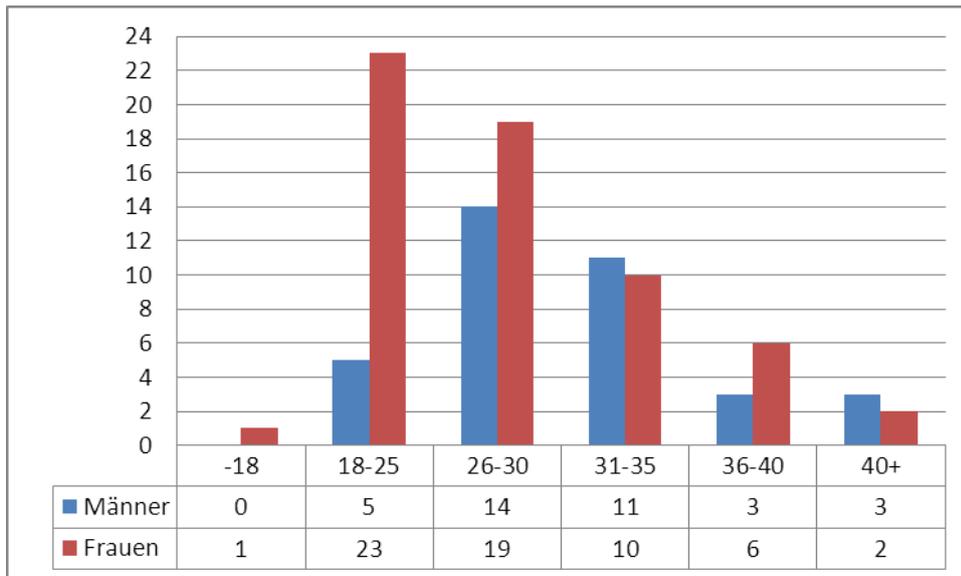
Abbildung 5: Alters – und Geschlechtsverteilung (n=97)



4.2 Gewichtsverteilung (n=97)

Von den 97 Patienten lag der BMI der Frauen zwischen 18 und 46. Bei den Männern zwischen 20 und 41. Der durchschnittliche BMI der Frauen lag bei 35,4, der der Männer bei 32,2. Gesamt ergibt sich ein durchschnittlicher BMI von 33,8.

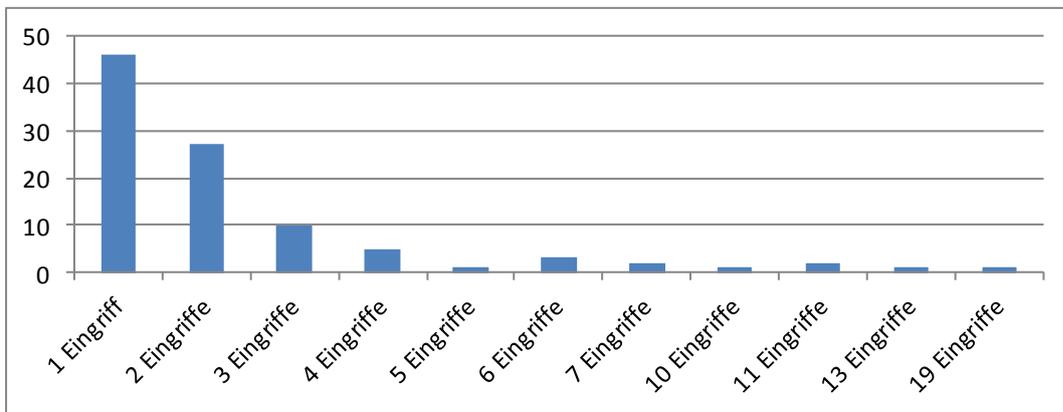
Abbildung 6: Gewichtsverteilung BMI (n=97)



4.3 Eingriffe pro Patient (n=97)

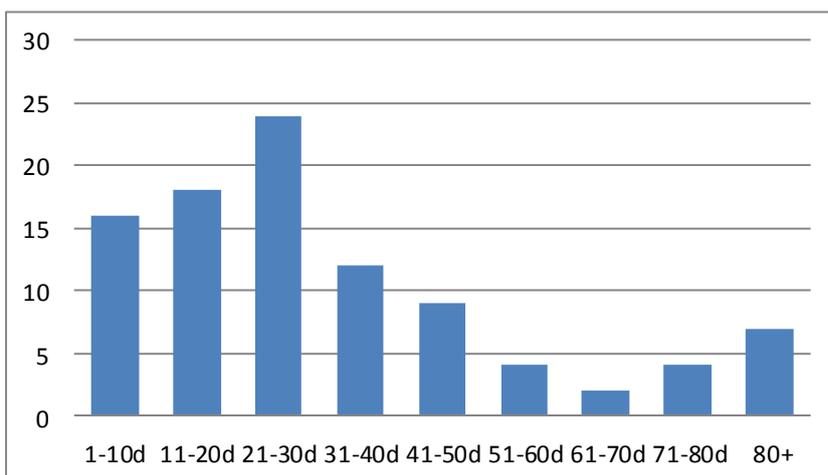
An 97 Patienten kam es insgesamt zu 251 Eingriffen. Dabei wurde bei 46 Patienten jeweils nur ein Eingriff durchgeführt, 27 erhielten je zwei Eingriffe. Bei 10 Patienten kam es zu drei Eingriffen, vier Eingriffe wurden an fünf Patienten durchgeführt. Zu fünf Eingriffen kam es bei einem Patienten, sechs Eingriffe erhielten drei Patienten, je sieben Eingriffe zwei Patienten, zu 10, 13 und 19 Eingriffen kam es an jeweils einem Patienten, zwei Patienten erhielten jeweils 11 Eingriffe.

Die 251 Eingriffe können unterteilt werden in 57 kleine, 53 mittlere und 141 große Eingriffe (vgl. dazu „Anzahl der Eingriffe mit den jeweiligen Prozeduren“ S. 25). Pro Patient ergibt das 0,6 kleine Eingriffe, 0,5 mittlere Eingriffe und 1,5 große Eingriffe.

Abbildung 7: Eingriffe pro Patient

4.4 Gesamtverweildauer pro Patient

Der Durchschnitt lag bei 25 Aufenthaltstagen pro Patient, wobei der längste Aufenthalt 252 Tage betrug und der kürzeste eine Nacht. Von den 97 Patienten verweilten 16 Patienten 1-10 Tage, 18 Patienten 11-20 Tage, 24 Patienten 21-30 Tagen, 12 Patienten 31-40 Tagen, neun Patienten 41-50 Tagen, vier Patienten 51-60 Tagen, zwei Patienten 61-70 Tage, vier Patienten 71- 80 Tagen und sieben Patienten verweilten über 80 Tage stationär im Krankenhaus.

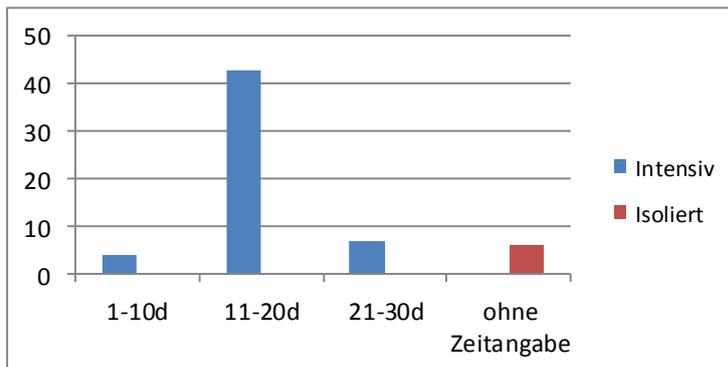
Abbildung 8: Aufenthalt gesamt

4.4.1 Verweildauer intensiv und isoliert

Von den 97 Patienten wurden vier jeweils für 1-10 Tage, 43 für elf bis 20 Tage und 7 für 21 bis 30 Tage auf die Intensivstation verlegt. Sechs der 132 Fälle wurden isoliert

behandelt aufgrund multiresistenter Keimlage. Aufgrund von Dokumentationslücken konnten in 13 Fällen die Zeit auf der Intensivstation bzw. Isolierung nicht ermittelt werden.

Abbildung 9: Verweildauer intensiv und isoliert pro Patient (n=97)

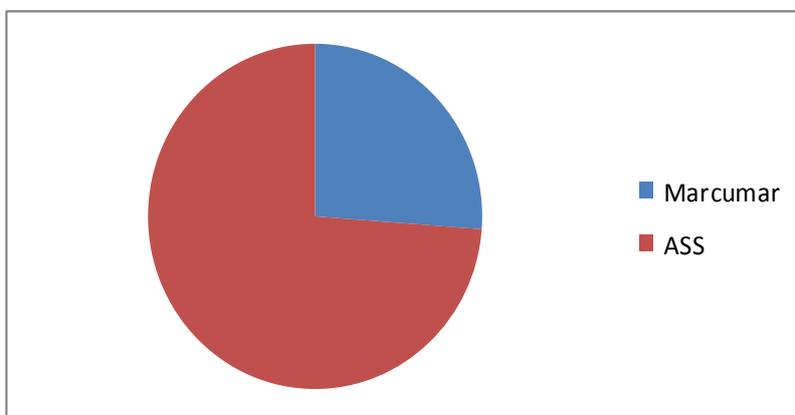


4.5 Medikation

4.5.1 Antikoagulantientherapie

Insgesamt sind 42 (31,8%) Patientenfälle aufgrund von koronaren Herzerkrankungen oder ähnlichem auf Blutgerinnungshemmer angewiesen. Die zwei gängigsten Vertreter waren dabei Marcumar, das elf Fälle einnahmen, und ASS, welches 31 Patientenfälle zu sich nahmen. Vor und nach dem Operationstermin wurden diese Patienten zeitweise aus Sicherheitsgründen auf Heparin umgestellt.

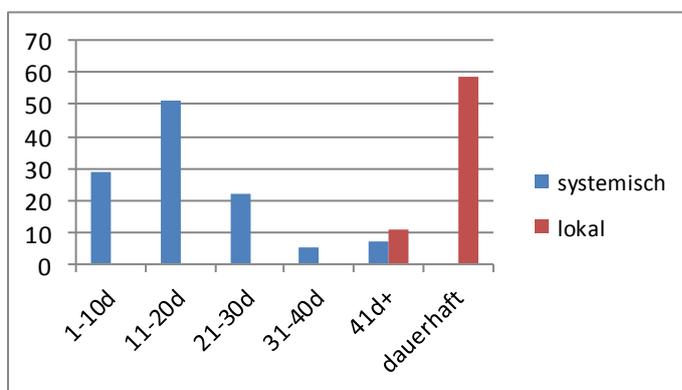
Abbildung 10: Antikoagulantientherapie (n=42)



4.5.2 Antibiotikatherapie

Aufgrund der Infektionen standen 116 (87,9%) Patientenfälle während ihres Aufenthaltes im Krankenhaus nach Antibiogramm unter einer systemischen Antibiotikatherapie. 29 Fälle erhielten Antibiotika zwischen 1 bis 10 Tage. 51 zwischen 11 und 20 Tagen, 22 Fälle bekamen Antibiotika zwischen 21 und 30 Tagen und fünf von ihnen bekamen es zwischen 31 und 40 Tagen verschrieben. 7 Fälle erhielten eine Antibiotikatherapie länger als 40 Tage. Das häufigste Präparat war das Clindamycin aus der Gruppe der Lincosamide, welches aufgrund der guten Gewebs- und Knochengängigkeit verschrieben wurde (Halling, F. 2008). 70 der 132 Patientenfälle erhielten eine lokale Antibiotikagabe in Form antibiotikahaltiger Methylacrylate. Gängigste waren Gentamycinketten oder Palacosspacer mit Antibiotikazusätzen. 59 (84,3%) der 70 Fälle erhielten eine lokale Antibiotikaapplikation, deren Ende nicht dokumentiert wurde. Die restlichen 11 (15,7%) erhielten zwischen 42 (7 Fälle) und 90 (4 Fälle) Tage lang eine antibiotische Kette. Bei 62 Patienten wurde kein Antibiotikum lokal implantiert.

Abbildung 11: Antibiotikatherapie (n=116)

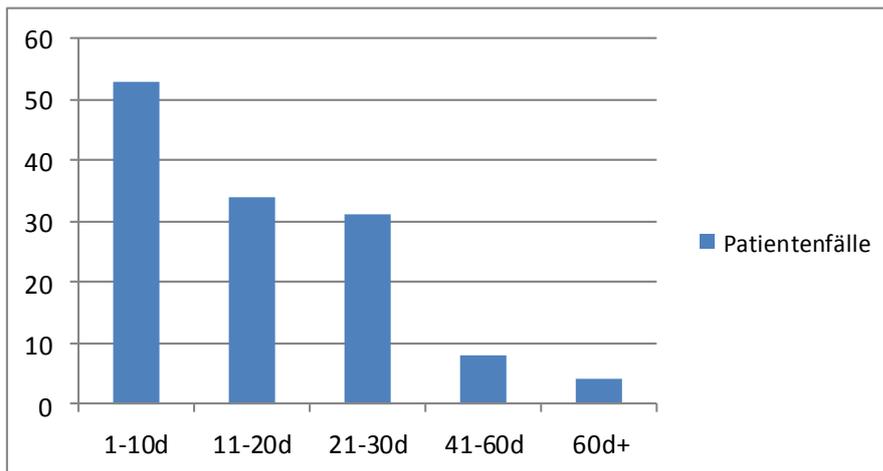


4.5.3 Analgetikatherapie

Analgetika erhielten 130 Patientenfälle, jediglich zwei Fälle waren darauf nicht angewiesen. Stationär erhielten zwei Patientenfälle einen Tag lang ein Analgetikum. In vier Fällen wurde es fünf Tage lang verabreicht. Sieben Tage lang bekamen es vier Fälle, 31 Fälle nahmen es 7 Tage ein. Neun Tage drei Fälle, 10 Tage sechs Fälle. Elf Patientenfälle waren 12 Tage auf ein Analgetikum angewiesen, zehn Fälle 14 Tage. Sieben Fälle erhielten es 18 Tage lang, 21 Tage lang nahmen es 13 Fälle zu sich. 24

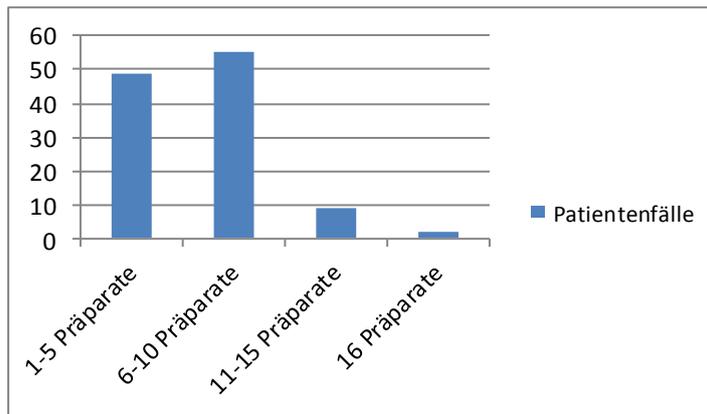
Tage 6 Fälle, 25 Tage 4 Fälle, 26 Tage 5 Fälle. 30 Tage bekamen 3 Patientenfälle täglich Analgetika, 41 Tage lang 3 Fälle und 45 Tage lang weitere 3 Patientenfälle. Zwei Fälle erhielten 57 Tage lang eine stationäre Analgetikagabe, ein Fall 64 Tage, sowie 2 Fälle 81 Tage. Ein Patientenfall war 128 Tage auf ein Schmerzmittel angewiesen.

Abbildung 12: Analgetikatherapie (n=130)



4.5.4 Sonstige Medikamenteneinnahme

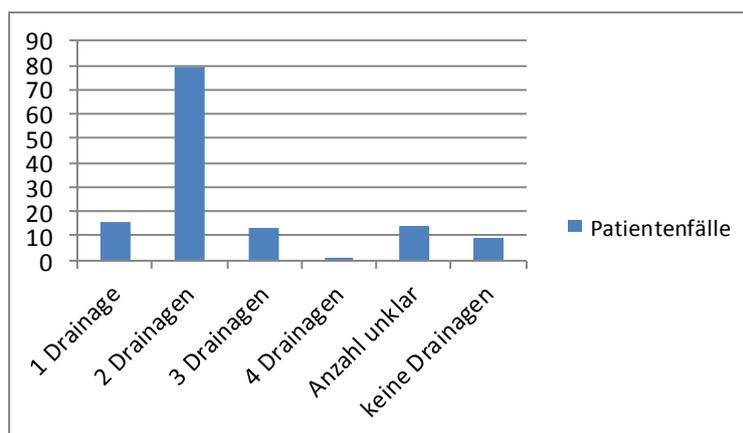
115 Patientenfälle erhielten zusätzliche Medikamente während ihres stationären Aufenthaltes. Darunter fielen Diuretika, Antihypertonika und Antidepressiva. 17 Fälle waren auf keine weiteren Arzneimittel angewiesen. Somit nahmen fünf Patienten ein weiteres Präparat zu sich, zwölf nahmen zwei zu sich. 20 Fälle bekamen vier zusätzliche Arzneimittel, zwölf erhielten fünf weitere, 28 Fälle sechs weitere. Sieben sonstige Medikamente bezogen 12 Patientenfälle, neun Pharmazeutika erhielten 15 Patientenfälle, elf bekamen 2 Fälle. Fünf Patientenfälle waren auf zwölf weitere Arzneimittel angewiesen, 14 Pharmaka erhielten zwei Fälle und weitere zwei Fälle nahmen 16 zusätzliche Arzneimittel zu sich.

Abbildung 13: Sonstige Medikamenteneinnahme (n=115)

4.6 Drainagen

123 Patientenfälle erhielten Drainagen. Bei neun Fällen waren keine Drainagen notwendig. 16 Patientenfälle bekamen eine Drainage, zwei Drainagen erhielten 79 Fälle. Bei 13 Patientenfällen waren drei Drainagen und bei einem Fall vier Drainagen notwendig. Bei 14 Fällen war die Anzahl der Drainagen wegen ungenauer Dokumentation nicht ersichtlich.

Die Menge der drainierten Flüssigkeit lag zwischen 20 und 5.190 Millilitern.

Abbildung 14: Drainagen (n=123)

4.7 Komplikationen

Bei 16 Patientenfällen kam es zu einer postoperativen Komplikation. Drei davon litten unter einer Blutungsanämie. Ein weiterer litt unter Diarrhoe, zwei hatten abdominale Beschwerden. Bei zwei weiteren Patienten wurde eine Erhöhung der Pankreasenzyme

festgestellt. Drei Patienten litten unter einer Beinvenenthrombose, Wundheilungsstörungen erlitten 20 Patienten. Weitere Komplikationen waren die Bildung eines Ikterus und Pus durch eine Fistel im Narbenbereich.

4.8 Operationsdauer

Von 132 Patientenfällen konnten bei 123 Fällen die Operationsdauer erfasst werden. Bei neun der Fälle war die Zeit in den Akten nicht dokumentiert. Die durchschnittliche Operationsdauer lag bei 101 Minuten.

4.9 Pflegestatus

14 Patientenfälle wiesen bei der Aufnahme einen Pflegestatus Grad 1 auf. Acht Fälle Grad 2 und zwei Fälle Grad 3. Lediglich bei zwei Fällen wurde eine Änderung des Pflegestatus in den Akten dokumentiert. Ein Fall verschlechterte sich von Grad 0 auf Grad 1 und in einem anderen Fall kam es zu einer Verbesserung von Grad 1 auf Grad 0. Da der Pflegestatus nicht sofort bei der Entlassung festgestellt wird, wurde bei den übrigen 12 Fällen während ihres stationären Aufenthaltes keine Änderung des Status schriftlich festgehalten, weswegen diese Patienten mit dem gleichen Status entlassen wurden, mit dem sie aufgenommen wurden.

4.10 Mikrobiologie

Mit Hilfe von Abstrichen und Punktionen konnten verschiedene Keime festgestellt werden. So gelang ein bakterieller Nachweis in 70 Fällen. Bei den restlichen 62 Patientenfällen kam es in 50 Fällen zu keinem Keimnachweis und in zwölf Fällen wurde keine Diagnostik durchgeführt. Grund für nicht durchgeführte Diagnostiken waren Patientenfälle die aufgrund eines vorangegangenen septischen Falles zuvor in Behandlung waren und nach Heilung zur Reimplantation rehospitalisiert wurden. Bei 30 Patientenfällen (43%) wurde der Erreger *Staphylococcus aureus* diagnostiziert, dabei handelte es sich in neun Fällen um MRSA. Bei zwei weiteren dieser 30 Patientenfälle wurde eine E-coli und eine Proteus Infektion diagnostiziert. Bei 16 Fällen (23%) konnten

koagulase-negative Staphylokokken festgestellt werden. Ein Fall dieser 16 war zusätzlich mit Streptokokken und Proteus infiziert. Sieben Fälle wiesen Enterokokken auf, einer davon eine zusätzliche Infektion mit E. coli. Streptokokken, einschließlich Peptostreptokokken, wurden bei neun Patientenfällen diagnostiziert. Ein Fall infizierte sich ausschließlich mit E. coli, zwei mit Propionibakterien, zwei weitere mit Corynebakterien. Alleinig an Pseudomonas erkrankte ein Fall und an Bakteroides ein weiterer Patientenfall.

Somit ist festzustellen, dass es sich bei den am häufigsten isolierten Erregern um Staphylococcus aureus und koagulase-negative Staphylokokken handelt.

Tabelle 4: Bakterienspezies (n=70)

Erreger	Patientenfallanzahl
Staphylococcus aureus	30 (davon 9 MRSA-Fälle)
Koagulase-negative Staphylokokken	16
Streptokokken (einschl. Peptostreptokokken)	9
Enterokokken	7
Corynebakterien	2
Propionibakterien	2
E. coli	2
Bakteroides	1
Pseudomonas	1

4.11 Kosten der Revisionsfälle

Die Kosten aller ausgewerteten Revisionsfälle septischer Knieprothesen (n=78) betragen durchschnittlich 32.284 Euro pro Patient mit einer Spannweite von 8.210 Euro bis 124.241 Euro. Dabei enthielten diese Kosten die Kosten für die Implantate (n=84) mit durchschnittlich 2.105 Euro.

Zum Vergleich der Kosten „normaler Knieprothesen“ wurden alle Erstimplantationen der Jahre 2008/2009 aufgelistet und 50 Fälle randomisiert herausgesucht. Diese Fälle wurden prozentual entsprechend ihrem Anteil an Revisionen ermittelt (AVK: 31%, KFH: 46%, KSP: 9%, KNK: 11%, HUK: 3%). Dies hat den Sinn, unterschiedliche Kostenfaktoren zwischen den einzelnen Krankenhäusern bei der Berechnung Erstimplantation/Revisionsoperation möglichst anzugleichen.

Die durchschnittlichen Gesamtkosten einer Erstimplantation lagen bei 7.443 Euro, mit einer Spannweite von 5.761 Euro (AVK) und 13.008 Euro (KSP). Hinzu kamen die Kosten für die Implantate mit durchschnittlich 1.519 Euro, sodass die Gesamtkosten für eine komplikationsfreie Erstimplantation durchschnittlich 8.962 Euro betragen.

Eine statistische Auswertung der patientenbezogenen Daten hinsichtlich der Revisions- und Komplikationshäufigkeit wurde nicht vorgenommen, da die Hauptfragestellung dieser Arbeit die Ermittlung der Kosten war.

5. Diskussion

Bei der Auswertung von Patientenakten von neun Berliner Krankenhäusern und mit Hilfe eines Online Datenermittlungsprogrammes konnte eine Vielzahl an Patienten mit infizierten Knieprothesen evaluiert werden. Ähnliche Studien miteinander zu vergleichen war nicht einfach, da sich zum einen die Patientenkollektive hinsichtlich des Alters, des Geschlechtes und des Gewichtes sehr unterschieden. Andere Studien wiederum konnten bezüglich der dort nicht aufgeführten ASA Klassifikation, fehlende Aufführung über die Anzahl der Eingriffe und keine genauen Dokumentationen über Medikamenteneinnahme und Aufenthaltsdauer nicht vergleichend einbezogen werden. Auch die Anzahl der evaluierten Patienten unterschied sich in einigen Vergleichsstudien erheblich. Signifikante Unterschiede bezüglich der Patientendaten wurden gegenüber gestellt. Anhand mehrerer Studien, die sich unter anderem mit dem Thema „Kosten von Kniegelenksoperationen“ beschäftigen, wurden weitere Parameter zum Vergleich mit unserer Studie herangezogen.

5.1 Patientenanzahl, Geschlechts- und Gewichtsverteilung und Altersdurchschnitt

Eine Studie aus Dresden von 2009 beschreibt die Kosten von Knieoperationen an 65 Patienten (60% Frauen) im Jahr 2006, die in einem Dresdner Krankenhaus behandelt wurden und deren Altersdurchschnitt bei 66 Jahren (61-74 Jahren) liegt (Krummenauer et al. 2009).

Die Patientenanzahl in unserer Studie beträgt 97 mit einem prozentual ähnlich hohen Frauenanteil (63,9% Frauen), die in neun Krankenhäusern über drei Jahre lang (2007-2009) stationär behandelt wurden. Auch der Altersdurchschnitt ist mit 70,4 Jahre (40-92 Jahre) ähnlich im Vergleich zu unserer Studie. Aus diesem Grund eignet sich die Dresdner Studie gut als Vergleichsstudie.

In einer britischen Studie von 2012 wurden 2.131 Patienten (45% Männer) von 34 britischen Krankenhäusern mit einem Durchschnittsalter von 71 Jahren und einem durchschnittlichen BMI von 30, analysiert. Es wurde versucht die Wirtschaftlichkeit bezüglich der Kosten von TKA und Knieoperationen ohne Wechsel zu vergleichen.

Bezüglich des Durchschnittsalters, welches in unserer Studie bei 71,3 Jahren (Frauen) und 69,5 Jahren (Männer) liegt, ist ein Vergleich gut realisierbar (Dakin et. al 2012).

2012 wurde von Haenle et al. eine weitere Studie veröffentlicht, bei der es das Ziel war, zu beurteilen ob eine kostendeckende Behandlung von infizierten Knieprothesen im deutschen DRG System möglich ist. Insgesamt wurden von Januar 2004 bis Dezember 2007 55 Patienten mit infizierten Knieprothesen an der Universitätsklinik Rostock analysiert. Patienten mit infizierter Prothese, die nur mit einem einzigen Debridement und einer Lavage behandelt wurden, wurden aus der Studie ausgeschlossen, weswegen sich die Anzahl auf 28 beschränkte (8 Männer, 20 Frauen, Durchschnittsalter: 71,7 Jahre) (Haenle et al. 2012). Bezüglich des Durchschnittsalters ist diese Studie sehr gut als Vergleichsstudie heranzuziehen, lediglich die Patientenanzahl differiert mit unserer (28 zu 97 Patienten). Es war nicht von Bedeutung, ob die Primäroperation an dem Rostocker Krankenhaus durchgeführt wurde oder in einem anderen Krankenhaus.

Diese Studie ist sehr gut mit der unseren zu vergleichen, da auch hier nur Patienten mit infizierten Prothesen analysiert wurden. Auch auf den Ort der Durchführung der Erstoperation legten wir keinen Wert. Ein Unterschied liegt lediglich darin, dass wir alle Patienten mit infizierten Prothesen in unsere Studie aufnahmen.

Maradit et al. untersuchte 6.475 Primär- und 1.654 Revisionseingriffe, die zwischen dem 1. Januar 2000 und 31. September 2008 in einem Krankenhaus in den USA durchgeführt wurden und bestimmte anhand linearer Regressionsmodelle die Behandlungskosten der individuellen Patientenfälle (vgl. dazu „Kosten von Revisionsoperationen“ S. 44) (Maradit et al. 2013).

Die „Agency for Healthcare Research and Quality“ gab an, dass im Jahr 2010 in den Vereinigten Staaten über 55.000 Revisionsoperationen durchgeführt wurden aufgrund von Arthrose. Dabei waren 48% der Operierten unter 65 Jahre alt (Agency of healthcare Research and Quality). Nach Bozic et al. ergeben sich für solche Operationen durchschnittliche Kosten in Höhe von 49.360 Dollar (35.797 Euro) pro Operation (Bozic et al. 2010). Aufgrund des erheblich niedrigeren Altersdurchschnittes (48% unter 65 Jahren) erschwert dies den Vergleich mit unserer Studie, da in unserem Fall der Altersdurchschnitt bei 70,4 Jahren liegt.

In der Dresdner Studie wurden Patienten erfasst, die sich einer Erstoperation am Kniegelenk unterzogen. Dabei wurde nicht unterschieden, aus welcher Indikation die Erstimplantation der Knieprothese erfolgte (Krummenauer et al. 2009). Auch in unserer Studie wurde der Grund für die Erstoperation nicht ermittelt.

5.2 Methodikunterschiede

Ausschließlich die Methodik der Rostocker Studie konnte mit unserer Studie verglichen werden. Die Daten der 28 Patienten wurden auf die gleiche Art und Weise wie unsere Studie systematisch unter Verwendung der Patientenakten und des Krankenhaus-Gesundheits-Informationen-System (SAP, Walldorf, Deutschland) aufgelistet. Neben den klinischen Parametern wurden DRG-relevante Kosten und Performance-Variablen ausgewertet. Dazu gehörten Länge des Aufenthalts, Haupt- und Nebendiagnosen, Dauer, Anzahl und Art der Operationsprozeduren, die Anzahl der Krankenhausaufenthalte, die Anästhesiologie, mikrobiologische und histologische Untersuchungen, Laborkosten, Blutprodukte und Beratungen. Zusätzlich prüften wir Daten wie Berufsstatus, Pflegestufe und die CDC Klasse.

Anders als in unserer Studie wurden hier noch die Länge der Anästhesie und Beratungen ermittelt (Haenle et al. 2012). Ansonsten eignet sich die Rostocker Untersuchung hervorragend als Vergleichsstudie.

5.3 Aufenthaltsdauer und Anzahl der Eingriffe

Der durchschnittliche Aufenthalt lag in der Rostocker Studie bei 48,2 Tagen. Insgesamt kam es zu 114 Operationen an den 28 Patienten des Rostocker Krankenhauses, was 4,1 Eingriffen pro Patient entspricht (Haenle et al. 2012). In unserem Fall wurden die Operationen nochmals aufgeteilt in den Schweregrad der Eingriffe pro Patient (siehe 4.3). Insgesamt kam es zu 251 Operationen an 97 Patienten, entsprechend 2,6 Eingriffe pro Patient. Durchschnittlich lag die Aufenthaltsdauer bei 25 Tagen pro Patient (siehe 4.4), was fast die Hälfte weniger an Aufenthalten ausmacht als in der Rostocker Untersuchung. Grund hierfür könnte die im Hinblick auf die Patientenzahl sehr hohe Operationsanzahl der Rostocker Untersuchung sein (4,1 Eingriffe/Patient in der

Rostocker Studie zu 2,6 Eingriffe/Patient in unserer Studie) und die damit längere notwendige postoperative Versorgung. Zudem besteht eine höhere Wahrscheinlichkeit an Komplikationen bei einer hohen Zahl an Eingriffen.

Zu vergleichenden Zwecken in punkto Aufenthaltsdauer und Anzahl der Eingriffe konnte nur die Rostocker Studie herangezogen werden, da in den anderen aufgeführten Studien diese Parameter nicht beschrieben wurden.

5.4 Bluttransfusionen

Ausschließlich in der Rostocker Studie wurden Bluttransfusionen als Parameter in die Untersuchung mit einbezogen. Dabei erhielten 19 Patienten (67,9%) der 28 eine Bluttransfusion aufgrund einer Anämie (Haenle et al. 2012). In unserer Studie erhielten insgesamt 65 (63,1%) von 97 Patienten eine Transfusion, was ebenfalls einen ähnlichen prozentualen Wert ergibt, wie den der Rostocker Studie (63,1% zu 67,9%).

5.5 Anästhesie- und Operationsdauer

Die durchschnittliche Anästhesiedauer eines Rostocker Patienten dauerte 95 Minuten mit einer durchschnittlichen Operationszeit von 64 Minuten (Haenle et al. 2012).

In unserer Untersuchung wurde ausschließlich die Operationsdauer erfasst. Die durchschnittliche Operationsdauer pro Patientenfall (n=123) lag bei 101 Minuten (siehe 4.8). In den anderen Studien wurden diese Parameter nicht erfasst.

5.6 Kosten

Alle kostenspezifischen Daten wurden im Rahmen dieser Arbeit in einer Excel Tabelle aufgelistet und ausgewertet. Die Haupt- und Nebendiagnosen, sowie weitere Prozeduren und Anwendungen wurden in Form von bestimmten Codes (OPS-Codes) verzeichnet. Auf der Basis dieser Daten erfolgte die Berechnung der angefallenen Kosten.

Das „German-DRG“ ist die deutsche Form des australischen DRG Systems. Es verschlüsselt am Patienten durchgeführte Prozeduren, sowie Haupt- und Nebendiagnosen in bestimmte Codes (OPS-Codes) welche einem Relativgewicht zugeordnet werden. Das Relativgewicht multipliziert mit einem jährlich neu festgelegten Landesbasisfallwert ergibt den Abrechnungsbetrag, den die Krankenhäuser erhalten. Das German-DRG ist seit 2004 für alle Krankenhäuser verpflichtend vorgeschrieben. Neben der Kostenerstattung sind diese Daten bedeutend für die Budgetierung und Kostenkontrolle im Krankenhausmanagement (Fetter 1991).

Die Kosten einer Erstimplantation und Revisionsoperation konnten anhand mehrerer Studien verglichen und begründet werden.

5.6.1 Kosten von Primäroperationen

Die Gesamtkosten einer Primäroperation mit Aufenthalt und Verpflegung wurden bei der Dresdner Studie auf durchschnittlich 9.549 Euro geschätzt. Kosten für die allgemeine Behandlung (Verpflegung und Aufenthalt) wurden anhand des deutschen „diagnoses related groups“ Systems (DRG) und des Rehabilitationstarifes geschätzt (Krummenauer et al. 2009).

Verglichen zu den ermittelten Primärkosten unserer Studie (8.962 Euro) gibt es einen Preisunterschied von nur 587 Euro. Die Kosten sind daher nahezu gleich.

In der britischen Studie ergaben sich Durchschnittskosten von 7.458 Pfund (8.833 Euro) für eine primäre Kniegelenksersatzoperation. Eine Kostendifferenz von nur 129 Euro im Vergleich zu unserer. Hierbei wurde eine Kosten-Nutzen Analyse durchgeführt, die die Kosteneffektivität bezogen auf die „quality adjusted life years“ vergleicht, um die gewonnene Lebensqualität nach einer Totalendoprothese zu erfassen. Daten über die Kosten und Lebensqualität wurde hier aus der KAT Studie übernommen (Dakin et al. 2012).

Die KAT Studie ist eine kontrollierte Studie, an der 2.353 Teilnehmer aus 34 Krankenhäusern in Großbritannien teilnahmen. Die Beteiligten wurden nach dem Zufallsprinzip eingeteilt, sich einer Kniegelenksersatzoperation mit einer Prothese inklusive Tibiakomponente mit / ohne Metall und mit / ohne Patella zu unterziehen

(Johnston et al. 2009). Wie auch in der britischen Studie von Dakin et al. hatte auch hier der BMI keinen signifikanten Einfluss auf die Kosten oder Ergebnisse (Dakin et al. 2012).

Im Vergleich zu unserer Studie haben wir keine Kosten-Nutzen Analyse durchgeführt, sondern ausschließlich die Kosten in Betracht gezogen. Unberücksichtigt blieb in unserer Studie auch das subjektive Wohlbefinden der Patienten mehrere Jahre nach dem Eingriff.

In der Studie von Le Pen wurde 2002 ein Kostenaufwand von 4.500 Euro pro Kniegelenksoperation ermittelt. Insgesamt wurden im Jahre 2002 in Frankreich 38.000 Kniegelenksoperationen vorgenommen (Le Pen et al. 2005). Im Vergleich zu einer Studie aus dem Jahr 1993 konnte festgestellt werden, dass das Auftreten einer Kniegelenkserkrankung um 54% gestiegen ist und die Kosten sich seitdem um 156% erhöht haben (Levy et al. 1993).

5.6.2 Kosten von Revisionsoperationen

In der 2012 veröffentlichten Rostocker Studie wurde erforscht, ob eine kostendeckende Behandlung von infizierten Knieprothesen im deutschen DRG System möglich ist. Es wurden dazu die durchschnittlichen Behandlungskosten für eine infizierte Knieprothese ausgewertet und mit den Kosten einer primären Totalendoprothesenoperation verglichen. Die Daten wurden mit Hilfe des Krankenhaus-Gesundheitssystems errechnet. Die Auswertung der Ergebnisse wurde mit den gesamten Personal- und Sachkosten und den finanziellen Einnahmen verglichen. Die chirurgischen sowie die medizinischen Behandlungskosten einer infizierten Prothese, die in dieser Rostocker Studie ermittelt wurden, betragen pro Revisionsfall durchschnittlich 25.194 Euro und wurden unterteilt in Personalkosten (2.842 Euro), in Kosten für medizinische Versorgung (5.892 Euro), Kosten für Patienten auf der Intensivstation (3.082 Euro), mit Personalkosten in Höhe von 1.541 Euro und 1.541 Euro für die medizinische Versorgung. Die durchschnittlichen Kosten der allgemeinen Abteilung beliefen sich auf 13.379 Euro inklusive Personalkosten von 6.760 Euro und 6.618 Euro für die medizinische Versorgung (Haenle et al. 2012).

In unserem Fall wurde keine detaillierte Kostenauflistung der einzelnen Abteilungen ermittelt, da bei unserer Studie die Gesamtkosten der Revision im Vordergrund standen. Lediglich die Kosten für Implantate wurden im Einzelnen aufgeführt.

Vergleicht man die Gesamtkosten der Rostocker Revisionsoperation mit den von uns ermittelten Kosten (32.284 Euro), ergibt sich bei uns eine Differenz von 7.090 Euro an Mehrkosten pro Fall. Im Unterschied zur Rostocker Untersuchung werden in unserer Studie sämtliche Revisionen von neun Berliner Krankenhäusern ermittelt, nicht nur von einem Krankenhaus. Zudem erfolgten mehr Eingriffe pro Patient (4,1 Eingriffe pro Patient in Rostock zu 2,6 Eingriffe pro Patient in unserer Studie). Außerdem ergeben sich durch die unterschiedlichen Größenordnungen der Krankenhäuser und der somit größeren bzw. kleineren Kapazitäten verschiedene Kostenstrukturen, die unterm Strich die Kosten erhöhen könnten.

Wie auch in unserer Studie konnte in der Rostocker Untersuchung herausgefunden werden, dass bei infizierten Knieprothesen die Aufenthaltsdauer in den Krankenhäusern, der dadurch bedingte gestiegene medizinische Verbrauch (Medikamente, Implantate, Operationsmaterial, Intensivstation, etc.) und damit die Kosten stark anstiegen. Hinzu kommt ein erheblicher Anstieg der allgemeinen Kosten bei längerem Aufenthalt. Aus diesem Grund war allein mit den Einnahmen aus dem deutschen DRG System eine gewinnbringende Behandlung von infizierten Endoprothesen nicht möglich, da in dieser Studie ein Defizit von 6.356 Euro pro Patient mit infizierter Prothese und nur ein Gewinn von 927 Euro pro aseptischen Fall ermittelt werden konnte.

Revisionsoperationen aufgrund von Infektionen belasten das Krankenhausbudget doppelt so stark wie Revisionen wegen anderer Gründe aufgrund längerer Klinikaufenthalte, einer längeren und oftmals aufwendigeren medizinischen Versorgung und unter anderem häufig auftretender Komplikationen (Blom et al. 2004). In der Studie von Bozic et al. belaufen sich die Kosten pro Revisionsoperation in den USA auf 49.360 Dollar (35.797 Euro) einschließlich Verpflegung und einem Durchschnittsaufenthalt von fünf Tagen (Bozic et al. 2010). Maradit et al. beschrieb in seiner Studie einen durchschnittlichen Kostenaufwand pro Revisionsoperation von 21.435 Dollar (15.545 Euro) (Maradit et al. 2013). Vergleicht man diese Kosten mit unserer Studie ist der

Durchschnitt in unserer Studie um 3.513 Euro geringer als der von Bozic et al. und um 16.739 Euro höher als in der Studie von Maradit et al.. Bei den Gesamtkosten wurden in der amerikanischen Studie von Bozic et al. nur solche Revisionspatienten einbezogen, welche einen Aufenthalt von mindestens fünf Tagen hatten, bei uns wurden auch die Patienten erfasst, die weniger als 5 Tage stationär aufgenommen wurden (Bozic et al. 2010).

5.6.3 Gründe für die Kosten

Neben der längeren Verweildauer der Revisionspatienten, den teilweise mehrfachen stationären Behandlungen, den höheren Kosten für Revisionsimplantate und dem längeren Aufenthalt auf der Intensivstation und in Isolierung ist die verlängerte und teilweise erhöhte Gabe von Medikamenten ein Grund für den enormen Kostenanstieg bei Revisionspatienten während ihres stationären Aufenthaltes. Weitere Kosten entstehen durch vermehrte mikrobiologische Untersuchungen, wie Abstriche und Punktionen, notwendige Drainagen und nicht selten sind Revisionspatienten auch auf Transfusionen angewiesen. Zudem sind häufige Komplikationen, die entsprechend behandelt werden müssen, dokumentiert.

Tabelle 5: Übersicht verschiedener Studien

	n	Jahr	Studienort	Primärkosten	Revisionskosten	Anzahl d. Erreger p./P.
Maradit et al.	6478 Primärop's 1654 Revisionsop's	2013	USA	15.245 Dollar (11.056 Euro)	21.435 Dollar (15.545 Euro)	Keine Angaben
Dakin et al.	2131	2012	Großbritannien (Oxford)	8.833 Euro	Keine Angaben	Keine Angaben
Haenle et al.	28	2012	Deutschland (Rostock)	Keine Angaben	25.360 Euro	Keine Angaben
Bozic et al.	60355 Revisionsop's	2010	USA	Keine Angaben	49.360 Dollar (35.797 Euro)	Keine Angaben
Krummenauer et al.	65	2006	Deutschland (Dresden)	9.549 Euro	Keine Angaben	Keine Angaben
Le Penn et al.	38000 Primärop's	2002	Frankreich	4.500 Euro	Keine Angaben	Keine Angaben
Stefansdottir et al.	426 Revisionsop's	2009	Schweden	Keine Angaben	Keine Angaben	Keine Angaben
Unsere Studie	97 Revisionsop's 50 Primärop's	2013	Deutschland (Berlin)	8.962 Euro	32.284 Euro	1,3

5.7 Bakteriologie

Nach Stefansdottir et al. sind die häufigste Art von Infektionen Früh- und Spätinfektionen (Stefansdottir et al. 2009). In der Studie von Maurer et al. wurden 35 Patienten, die aufgrund ihres septischen Kniegelenkes operiert wurden, auf deren Erreger untersucht. Von den Infektionen waren knapp die Hälfte Frühinfekte, ein Viertel verzögerte Infekte und ein Drittel Spätinfekte (Maurer et al. 2006). Tiefe Infektionen entstehen bei etwa 20% der Revisionsoperationen (Lindgren et al. 2010). Es konnte eine Reihe von Risikofaktoren für tiefe Infektionen nach Totalendoprothesenoperationen festgestellt werden: männliches Geschlecht, Patienten mit rheumatoider Arthritis, Patienten mit einer ASA Risiko Klasse von über 2, Erkrankung an Diabetes mellitus und Patienten mit krankhafter Adipositas (Jämsen et al. 2009).

Der Zeitpunkt der Infektion wurde auch in der Rostocker Studie untergliedert in Frühinfektion (< 2 Monate nach der Implantation), verzögerte (> 2 Monate bis 1 Jahr nach Implantation) und späte Infektionen (> 1 Jahr nach der Implantation) (Haenle et al. 2012). Die gleiche Unterteilung findet sich in der Studie von Steckerlberg et al. (Steckerlberg et al. 2000). In den Studien von Maurer et al., Rossi et al. und Giulieri et al. stimmten die Zeitpunkte des Auftretens der Infektionen überein, demnach wurden in unserer Studie diese Zeitpunkte wie folgt übernommen (siehe

Tabelle 2, Seite 10): Es handelt sich bei einer Infektion, die innerhalb von vier bis zwölf Wochen auftrat um eine Frühinfektion, um eine verzögerte Infektion, wenn sie zwischen drei Monaten und zwei Jahren auftrat und eine Spätinfektion bei Infektionszeitpunkt von später als zwei Jahren (Maurer et al. 2006, Rossi et al. 2004, Giulieri et al. 2004). Zusätzlich wurden in der Studie von Rossi et al. noch die Bakterienspezies der jeweiligen Infektionstypen erfasst (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Zeit und Auftreten der Infektion in Korrelation zu Pathogenese und Keimspektrum (Rossi et. al 2004)

	Frühinfektion	Verzögerte Infektion	Spätinfektion
Zeit nach Operation	< 3 Monate	3 Monate – 2 Jahre	> 2 Jahre
Mutmaßliche Pathogenese	Perioperative Inokulation	Perioperative Inokulation	Hämatogene Streuung
Keimspektrum	Hautkeime: S. aureus	Hautkeime: - koagluase-neg. Staphylokokken - Corynebacterium spp - Propionibacterium spp	Diverse Keime: (S. aureus am häufigsten)

In der Rostocker Untersuchung zeigten sich 10 Patienten mit einer Frühinfektion, fünf mit einer verzögerten und 14 mit einer Spätinfektion. Entgegen unserer Studie war der in der Rostocker Untersuchung am häufigsten isolierte Erreger *Staphylococcus epidermidis*, gefolgt von *Staphylococcus aureus*, welche bei 58% der periprothetischen Infektionen vorzufinden sind (Haenle et al. 2012). Mikrobiologische Zeichen einer Infektion konnten in 85,7% der Fälle herausgefunden werden (Haenle et al. 2012, Stefansdottir et al. 2009). In unserer Studie waren *Staphylococcus aureus* (43%), gefolgt von koagulase-negativen Staphylokokken (23%) die am häufigsten diagnostizierten Erreger. Unsere Patienten wurden nicht in Früh-, verzögert- oder Spätinfizierte eingeteilt. In unserer Untersuchung konnten bei 70 (53%) Fällen ein Erreger festgestellt werden (n=132). 32,7% weniger häufig als in der Rostocker Studie. In der Studie von Trampuz et al. sind die am häufigsten festgestellten Erreger koagulase-negative Staphylokokken (30-43%), gefolgt von *Staphylococcus aureus* (12-23%), umgekehrt zu unserer Studie (S. aureus: 43%, koag.neg. Staph.: 23%) (Trampuz et al. 2005).

In einer 2009 veröffentlichten schwedischen Studie wurden Patienten mit tief infizierten primären Knieprothesen in den Jahren 1986 bis 2000 auf Erreger hin untersucht. Im Gegensatz zu unserer Studie wurden hier koagulase-negative Staphylokokken am häufigsten festgestellt (35,1%), *Staphylococcus aureus* Keime folgten mit einer Häufigkeit von 18,4% (Stefansdottir et al. 2009). In einer weiteren Studie von Zimmerli et al. wurden am häufigsten koagulase-negative Staphylokokken (30-45%) isoliert. Zu 10-25% fanden sich *Staphylococcus aureus*, gefolgt von Streptokokken (1-10%), gramnegativen Stäbchen (3-6%), Enterokokken (3-7%) und Anaerobier (2-4%). In ca. 10% der Fälle trat eine Mischflora auf, bei 5-15% ließ sich kein Keim nachweisen (Zimmerli et al. 2005).

In unserer Studie war der am häufigsten isolierte Keim *Staphylococcus aureus* (43%) gefolgt von koagulase-negativen Staphylokokken (23%) (siehe Tabelle 4, S. 37). In der schwedischen Studie war bei hämatogen verursachten Infektionen *Staphylococcus aureus* der dominierende Erreger (67,7%), gefolgt von Streptokokken und gramnegativen Bakterien. Eine Methicillin-Resistenz konnte in einem der 84 getesteten isolierten *Staphylococcus aureus* Keimen gefunden werden (1,2%) (Stefandottir et al. 2013). In unserer Studie waren es neun von 30 *Staphylococcus aureus* Keimen, die eine Methicillin-Resistenz aufwiesen (30%). In der schwedischen Studie konnten 62 Antibiotikaresistenzen in 100 isolierten koagulase-negativen Staphylokokken nachgewiesen werden. In dem Zeitraum der Studie stieg die Methicillin-Resistenz bei koagulase-negativen Staphylokokken an. In einem Fall von insgesamt 28 isolierten *Staphylococcus aureus* Keimen konnte eine Resistenz gegen Gentamycin festgestellt werden, sowie bei 19 von insgesamt 29 isolierten koagulase-negativen Staphylokokken (Stefansdottir et al. 2013). In unserer Studie konnte weder eine Methicillin-Resistenz bei koagulase-negativen Staphylokokken noch eine Gentamycin-Resistenz festgestellt werden.

Brause et al. fand heraus, dass bei implantatassoziierten Infektionen die meist isolierten Erreger gramnegative Stäbchen (25%) waren, gefolgt von koagulase-negativen Staphylokokken (22%) und *Staphylococcus aureus* (22%), *Streptococcus* spp. (14%) und *Enterococcus* spp. (7%) (Brause et al. 2005).

Tabelle 7: Meist isolierte Erreger im Vergleich

	Häufigster Erreger	Zweithäufigster Erreger
Brause et al.	Gramnegative Stäbchen (25%)	Koag.-neg. Staphylokokken (22%) S. aureus (22%)
Stefansdottir et al.	S. aureus (67,7%)	Streptokokken
Zimmerli et al.	Koag.-neg. Staphylokokken (30-45%)	S. aureus (10-25%)
Haenle et al.	Staphylococcus epidermidis + S. aureus (zusammen 58%)	
Trampuz et al.	Koag.-neg. Staphylokokken (30-43%)	S. aureus (12-23%)
Unsere Studie	S. aureus (43%)	Koag.-neg. Staphylokokken (23%)

Stefandottir et al. konnte einen relativen Rückgang der durch Staphylococcus aureus verursachten Infektionen beobachten, während Infektionen verursacht durch Enterokokken vermehrt auftraten. Dieser Studie zufolge entstehen die meisten Frühinfektionen aufgrund koagulase-negativer Staphylokokken (Stefansdottir et al. 2009). Nach Inman et al. sind die bei einer Frühinfektion am häufigsten isolierten Erreger Staphylococcus aureus, Streptokokken (β -hämolyisierende Streptokokken) und Enterokokken, bei einer verzögerten Infektion treten eher koagulase-negative Staphylokokken, Streptokokken (α -hämolyisierende Streptokokken), anaerobe Kokken (Peptokokken, Peptostreptokokken) und Korynebakterien auf. Spätinfektionen sind auch nach Geipel et al. eher hämatogen bedingt durch Erreger der Hautflora und durch Bakterien aus dem Oropharynx (Inman et al. 1984). Vergleicht man das Erregerspektrum mit der Studie von Rossi et al., ergeben sich ähnliche Ergebnisse.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Bakterienspezies verschiedener Studien

	Frühinfektion	Verzögerte Infektion	Spätinfektion
Rossi et al.	S. aureus	Koag.-neg. Staphylokokken Corynebacterium spp. Propionibacterium spp.	Diverse Keime (S. aureus am häufigsten)
Inman et al.	S. aureus Streptokokken Enterokokken	Koag.-neg. Staphylokokken Streptokokken Anaerobe Kokken Korynebakterien	Hautkeime Keime aus dem Oropharynx
Stefansdottir et al.	Koag.-neg. Staphylokokken	Keine Angaben	Keine Angaben

5.8 Fazit der Diskussion

Die vergleichenden Betrachtungen zwischen unserer Studie und den Forschungsergebnissen von verschiedenen anderen Instituten zeigte, dass bei gleichen Operationen eine unterschiedliche Wirtschaftlichkeit erzielt wird. Das liegt zum einen daran, dass das untersuchte Patientenkollektiv zahlenmäßig sehr unterschiedlich war. Desweiteren konnte aufgezeigt werden, dass die Anzahl der Eingriffe pro Patient, sowie die Aufenthaltsdauer im Klinikum und die durchschnittliche Operationsdauer große Variabilitäten aufzeigten, was erheblich die Kostenstruktur beeinflusste.

Die Bakteriologie von infizierten Prothesen zeigte in der Regel ein gleiches bis ähnliches Bakterienspektrum im Operationsgebiet.

Ein direkter Vergleich zwischen den Studien ist aufgrund der Variabilität der angesetzten Parameter nur selten möglich.

Die in Augenschein genommenen Fakten der verschiedenen Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass sich die Rostocker Studie für unsere vergleichenden Untersuchungen am besten eignet, weil sie sich zum einen in Parametern wie dem durchschnittlichen Patientenalter, Geschlechts- und Gewichtsverteilung und der

grundlegenden Thematik, welche sich mit Patienten mit infizierten Prothesen befasst, ähneln.

Weniger repräsentativ zum Vergleich waren Parameter wie Patientenanzahl, Aufenthaltsdauer, Anzahl der Eingriffe, Transfusionen, Operationsdauer und zum Teil Bakteriologie.

Ein weiterer Unterschied lag darin, dass wir ausnahmslos alle Patienten mit infizierten Prothesen in unsere Studie aufnahmen.

6. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Datensammlung von septischen Knieprothesen-Revisionsoperationen, die im Zeitraum von 2007 bis 2009 in neun Berliner Krankenhäuser durchgeführt wurden. Diese wurden bezüglich epidemiologischer Fakten, operativer Besonderheiten, bakterieller Parameter, Morbiditätskriterien der Patienten und letztlich auch nach ökonomischen Gesichtspunkten ausgewertet und ein Kostenvergleich zwischen septischen Revisionseingriffen und komplikationslosen Primärimplantationen aufgestellt.

Eine vollständige Erfassung sämtlicher Kosten eines individuellen Falles der insgesamt 78 ermittelten Patienten war mit Hilfe des Krankenhausinformationssystems Orbis über ein sogenanntes Industrial Solution-Health Programm (IS-H) möglich.

Für eine Kniegelenksprimäroperation konnten somit durchschnittliche Kosten in Höhe von 8.962 Euro ermittelt werden. Die Kosten einer Revisionsoperation betrugen durchschnittlich 32.284 Euro.

Ein Vergleich mit sechs anderen internationalen Studien hat gezeigt, dass die Kosten von Primäroperationen ähnliche Ergebnisse aufwiesen, die durchschnittlichen Kosten von Revisionsoperationen aber in verschiedenen Ländern mehr oder weniger stark differierten. Somit lag der Kostenaufwand von Primäroperationen zwischen 4.500 Euro (Le Penn et al. 2002) und 9.549 Euro (Krummenauer et al. 2006). Die durchschnittlichen Kosten von Revisionsoperationen lagen zwischen 21.435 Dollar (15.545 Euro) (Maradit et al. 2013) und 49.360 Dollar (35.797 Euro) (Bozic et al. 2010).

Als Ergebnis unserer Studie konnte ermittelt werden, dass die Kostenstruktur in Relation zu anderen Studien unterschiedlich war. Zurückzuführen ist dies auf die teils größeren Variationen in der Eingriffsanzahl und der Aufenthaltsdauer in den Kliniken und möglicherweise auf die individuellen Behandlungsverfahren, die notwendig waren aufgrund der teilweise unterschiedlichen Bakterienfloren der Infektionen.

7. Literaturverzeichnis

1. Agency for Healthcare Research and Quality. Healthcare Cost and Utilization Project. 2010.
<http://hcupnet.ahrq.gov/HCUPnet.jsp> (abgerufen am 18. März 2012)
2. Barmer-gek.de Autoren: ISEG, Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitssystemforschung, Hannover
3. Bitzer EM, Grobe TG, Neusser S, Schneider A, Dörning, Schwartz FW: Barmer GEK Report Krankenhaus 2010: Trends in der Endoprothetik des Hüft- und Kniegelenks 2010
4. Blauth W, Donner K: Arthroskopie des Kniegelenkes. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 1979; 117:997-1006
5. Blom AW, Brown J, Taylor AH, Pattison G, Whitehouse S, Bannister GC: Infection after total knee arthroplasty. J Bone Joint Surg Br. 2004; 86:688–691
6. Borelli S, Schnabel P: Endoprothesenregister: Höchsten Anforderungen genügen. Deutsches Ärzteblatt 2011; 108: A-2598 / B-2170 / C-2142
7. Bozic KJ, Kurtz SM, Lau E: The epidemiology of revision total knee arthroplasty in the United States. Clin Orthop Relat Res. 2010; 468:45–51
8. BQS-Institut: Qualitätsreport 2008. Düsseldorf: Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung GmbH 2008
9. Brause B: Infections with prosthesis in bones and joints. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R (eds) Principles and practice of infectious disease, 6th ed Washington, DC: WB Saunders 2005; pp 1332-1337
10. Campbell, WC: Interposition of vitallium plates in arthroplasties of the knee. Preliminary report. by Campbell, WC, (1940). Clin Orthop Relat Res 1988; 226:3-5
11. Costerton JW, Geesey GG, Cheng KJ: How bacteria stick. Scientific American 1978; 238:86–95
12. Cutting KF, Harding KG: Criteria for identifying wound infections. J Wound Care 1994; 3: 198-201
13. Curry S, Philipps H: Joint Arthroplasty, Dental Treatment, and Antibiotics. A Review. J Arthroplasty 2002; 17:111–113
14. Cuthbertson AM, McLeish AR, Penfold JC, Ross H: A comparison between single and double dose intravenous Timentin for the prophylaxis of wound infection in elective colorectal surgery. Dis Colon Rectum 1991; 34:151–155

15. Dakin H, Gray A, Fitzpatrick R, MacLennan G, Murray D, KAT Trial Group: Rationing of total knee replacement: a cost-effectiveness analysis on a large trial data set. *Brit Med J* 2012; DOI: 10.1136/bmjopen-2011-000332
16. Emori TG, Culver DH, Horan TC, Jarvis WR, White JW, Olson DR, Banerjee S, Edwards JR, Martone WJ, Gaynes RP, Hughes JM: National nosocomial infections surveillance system (NNIS): Description of surveillance methods. *Amer J Infection Control* 1991; 19:19–35
17. European Wound Management Association (EWMA); Position Document: Identifying criteria for wound infection 2005; London: MEP Ltd
18. Falbrede I, Widmer M, Kurtz S, Schneidmüller D, Dudda M, Röder C: Verwendungsraten von Prothesen der unteren Extremität in Deutschland und der Schweiz. *Orthopädie* 2011; 40:793-801
19. Fetter RB: Diagnosis Related Groups: Understanding Hospital Performance. *Interfaces* 1991; 21:6–26. DOI: 10.1287/inte.21.1.6.
20. Folz BJ, Silver CE, Rinaldo A, Ferlito A: Themistocles Gluck: biographic remarks emphasizing his contributions to laryngectomy. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2011; 268:1175-1179
21. Geffers C, Gastmeier P: Nosocomial infections and multidrug-resistant organisms in Germany-epidemiological data from KISS (The Hospital Infection Surveillance System). *Dt Aerztebl* 2011; 108:87–93. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0087
22. Geipel U, Herrmann M: Das infizierte Implantat: Bakteriologie. *Unfallchirurg* 2005; 108:961–978
23. Gerken C: Gelenke aus allen Perspektiven. *Visio* 2013; 02:1-2
24. Giulieri SG, Graber P, Ochsner PE, Zimmerli W: Management of infection associated with total hip arthroplasty according to a treatment algorithm. *Infection* 2004; 32:222-228
25. Glocker G. Stand: 2011. <http://www.alten-familienberatung.de/pflegestufeneinteilung-einteilung-der-pflegestufen-nach-sgb-xi/> (abgerufen am 2. April 2012)
26. Haenle M, Skripitz C, Mittelmeier W, Skripitz R: Economic impact of infected total knee arthroplasty in the German DRG System. *Scientific World Journal* 2012; DOI: 10.1100/2012/196515
27. Halling F: Zahnärztliche Pharmakologie. Spitta, Balingen 2008; S.92

28. Holler S: Ärztliche Sichtweise auf IT oft anders. Stand: 2007. <http://www.cio.de/841014> (abgerufen am 13. Februar 2012)
29. Inman RD, Gallegos KV, Brause BD, Redecha PD, Christian CL: Clinical and microbial features of prosthetic joint infection. *Am J Med* 1984; 77:47-53
30. Jämsen E, Huhtala H, Puolakka T, Moilanen T: Risk factors for infection after knee arthroplasty. A register-based analysis of 43,149 cases. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:38–47
31. Johnston L, MacLennan G, McCormack K, Ramsey C, Walker A: The knee arthroplasty trial (KAT) design features, baseline characteristics and two-year functional outcomes after alternative approaches to knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:134–141
32. Krummenauer F, Wolf C, Günther KP, Kirschner S: Clinical benefit and cost effectiveness of total knee arthroplasty in the older patient. *Eur J Med Res* 2009; 14:76-84
33. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M: Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007; 89:780–785
34. Laffer RR, Graber P, Ochsner PE, Zimmerli W: Outcome of prosthetic knee-associated infection: evaluation of 40 consecutive episodes of a single centre. *Clin Microbiol Infect* 2005; 11:679–681
35. Le Pen C, Reygrobelle C, Gérentes I: Financial cost of osteoarthritis in France: the “COART” France study. *Joint Bone Spine* 2005; 72:567–570
36. Levy E, Ferme A, Perocheau D, Bono I: Socioeconomic costs of osteoarthritis in France. *Rev Rhum* 1993; 60:63S–67S
37. Lill CA, Rudert M; Stand: 2011. <http://www.operation.de/kuenstliches-kniegelenk-operation/> (abgerufen am 23. Mai 2012)
38. Lindgren L, Sundberg M, W-Dahl A, Robertson O: Register Tska. Annual Report 2010. Lund, Sweden: Department of Orthopedics, Lund Hospital; 2010
39. Linder R, Grenz-Farenholtz B, Müller H: Analyse von GKV-Routinedaten am Beispiel einer Untersuchung zur Inzidenz verkürzter Standzeiten von Implantaten in der endoprothetischen Versorgung. WINEG, Hamburg 2009
40. Lingnau W: Einschätzung des perioperativen Risikos. *Wiener Klinisches Magazin* 2/2011 <http://www.springermedizin.at/artikel/21805-einschaetzung-des-perioperativen-risikos> (abgerufen am 8. Juni 2012)

41. Maradit Kremers H, Visscher SL, Moriarty JP: Determinants of direct medical costs in primary and revision total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 2013; 471:206-214
42. Maurer TB, Ochsner PE: Infekt nach Knie totalprothesenimplantation. *Orthopädie* 2006; 35:917-928
43. Moll KJ, Moll M: *Anatomie*. Elsevier München, 2006, S. 233-235
44. Militz M, Bühren V: Wechsel infizierter Knie- und Hüftendoprothesen. *Chirurg* 2010; 81:310-320
45. Murray DJ: History of Total Knee Replacement. In: Laskin RS (ed.) *Total Knee Replacement*. Springer, London 1991; 1:3-15
46. Paxton EW, Furnes O, Namba RS, Inacio MC, Fenstad AM, Havelin LI: Comparison of the Norwegian knee arthroplasty register and a United States arthroplasty registry. *J Bone Joint Surg Am* 2011; 93(Suppl 3):20–30
47. Robert Koch-Institut: *Definition nosokomialer Infektionen (CDC-Definitionen)*, 7. Auflage, 2011
48. Rossi M, Zimmerli W, Furrer H, Zanetti G, Mühlemann K, Täuber MG: Antibiotika zur Prophylaxe hämatogener Spätinfektionen von Gelenkprothesen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2005; 115:571-575
49. Segreti J: Is antibiotic prophylaxis necessary for preventing prosthetic device infection? *Infect Dis Clin N Am* 1999; 13:871–877
50. Singh JA, Gabriel S, Lewallen DG: Higher body mass index is not associated with worse pain after primary or revision total knee arthroplasty (TKA). *J Arthroplasty* 2011; 26:366-374
51. Steckerlberg JM, Osmon DR: Prosthetic joint infection. In: Waldvogel FA, Bisno AL (eds) *Infections associated with indwelling medical devices*. ASM Press 2000; Washington, pp 173-209
52. Stefansdottir A, Johansson DK, Lidgren L, Robertsson O: Microbiology of the infected knee arthroplasty: report from the Swedish Knee Arthroplasty Register on 426 surgically revised cases. *Scand J Infect Dis* 2009; 41:831–840
53. Steinbrink K, Frommelt L: Treatment of periprosthetic infection of the hip using one-stage exchange surgery. *Orthopädie* 1995; 24:335-343
54. Trampuz A, Zimmerli W: Prosthetic joint infections: update in diagnosis and treatment. *Swiss Med Wkly* 2005; 135:243–251

55. Trieb K, Heller KD, Wirtz DC: Revisionsendoprothetik des Kniegelenks. Springer, Berlin 2011; S. 179
56. Veit C, Bauer J, Döbler K, Fischer B: 1. Qualität sichtbar machen. BQS-Qualitätsreport 2008
57. Vastag B: Knee replacement underused, says panel: useful option when nonsurgical therapies fail. JAMA 2004; 291:413–414
58. Wirtz DC: Hüftrevisionsendoprothetik. Orthopäde 2009; 38:665–666
59. Zimmerli W, Sendi P: Antibiotikatherapie bei orthopädischen Implantatinfektionen. Posterpräsentation Jahreskongress Schweizerische Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie 2005
60. Zimmerli W, Trampuz A, Ochsner PE: Prosthetic-joint infections. N Engl J Med 2004; 351:1645–1654
61. Zimmerli W, Widmer AF, Blatter M, Frei R, Ochsner PE: Role of rifampin for treatment of orthopedic implant related staphylococcal infections: a randomized controlled trial. Foreign-Body Infection (FBI) Study Group. JAMA 1998; 279: 1537-1541

8. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Johanna Petra Graf, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Die infizierte Knieprothese – Eine Dreijahresstudie aus neun Berliner Krankenhäusern, selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

9. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

10. Danksagung

Beginnen möchte ich mit den Personen, denen meine Dissertation gewidmet ist, meinen Eltern Cornelia Graf und Dr. Karlheinz Graf, meinen Brüdern Ulrich Graf und Stephan Graf, sowie meinem Lebensgefährten Oliver Engl. Ohne die uneingeschränkte Unterstützung meiner Lieben würde ich nicht in dieser Position sein, in der ich jetzt bin. Ich danke ihnen für die immer wieder aufbauenden Worte, die mir Kraft gegeben haben während meines Zahnmedizin-Studiums, meiner Dissertation und in anderen Lebenssituationen. Ein großer Dank geht an meinen Doktorvater, Prof. Dr. Rainer Letsch, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit unter seiner Leitung durchzuführen und mir geduldig und fachkundig zur Seite stand. Ein besonderer Dank geht an meinen Bruder, Ulrich, der mir mit seinem fundierten Fachwissen viele Hinweise zur Formgebung meiner Promotion geben konnte.