

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

DIREKTOR: PROF. DR. MED. J. GRIFKA

Einfluss blutsparender Maßnahmen auf Blutbedarf und perioperative  
Komplikationsraten in der Knieendoprothetik

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Daniel Boluki

2011

Gewidmet meiner Familie

AUS DEM LEHRSTUHL FÜR ORTHOPÄDIE  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

DIREKTOR: PROF. DR. MED. J. GRIFKA

Einfluss blutsparender Maßnahmen auf Blutbedarf und perioperative  
Komplikationsraten in der Knieendoprothetik

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Daniel Boluki

2011

Dekan: Professor Dr. med. Bernhard Weber  
1. Berichterstatter: Professor Dr. med. Joachim Grifka  
2. Berichterstatter: Professor Dr. med. Martin Fleck

Tag der mündlichen Prüfung: 06.05.2011

<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
1.1 EPIDEMIOLOGIE DER GONARTHROSE .....	7
1.2 ANATOMIE DES KNIEGELENKES .....	7
1.3 DEFINITION DER GONARTHROSE .....	10
1.4 RISIKOFAKTOREN FÜR DIE ENTWICKLUNG EINER GONARTHROSE.....	10
1.5 KLINIK UND DIAGNOSTIK DER GONARTHROSE .....	11
1.6 THERAPIE DER GONARTHROSE.....	12
1.6.1 <i>Konservative Therapie</i> .....	13
1.6.2 <i>Gelenkerhaltende operative Therapie</i> .....	14
1.6.3 <i>Endoprothetischer Ersatz des Kniegelenkes</i> .....	15
1.7 EINTEILUNG DER KNIEENDOPROTHESEN UNTER FUNKTIONELLEN GESICHTSPUNKTEN .....	16
1.8 MATERIALKUNDE IN DER ENDOPROTHETIK .....	19
1.8.1 <i>Metall</i> .....	20
1.8.2 <i>Kunststoff (Polyethylen)</i> .....	20
1.8.3 <i>Keramik</i> .....	21
1.9 VERANKERUNGSMÖGLICHKEITEN IN DER KNIEENDOPROTHETIK .....	21
1.9.1 <i>Zementierte Verankerung</i> .....	21
1.9.2 <i>Zementfreie Verankerung</i> .....	22
1.10 OPERATIONSTECHNIK DER BICONDYLÄREN OBERFLÄCHENERSATZPROTHESE AM BEISPIEL DER P.F.C.-ENDOPROTHESE .....	22
1.11 POSTOPERATIVE NACHBEHANDLUNG .....	23
1.12 KOMPLIKATIONEN IN DER KNIEENDOPROTHETIK .....	24
1.12.1 <i>Thrombose- und Embolieprophylaxe</i> .....	25
1.12.2 <i>Postoperative Schmerztherapie</i> .....	26
1.13 BLUTVERLUST, BLUTTRANSFUSION UND BLUTSPARENDE MAßNAHMEN.....	26
1.13.1 <i>Risikofaktoren für einen verstärkten Blutverlust</i> .....	27
1.13.2 <i>Allogene Transfusion von Erythrozytenkonzentraten</i> .....	27
1.13.2.1 Immunologische Transfusionskomplikationen.....	27
1.13.2.2 Nichtimmunologische Transfusionskomplikationen .....	28
1.13.2.3 Infektiologische Transfusionskomplikationen.....	28
1.13.2.4 Negative Immunmodulation im Zusammenhang mit Fremdblutgabe .....	29
1.13.3 <i>Rechtlicher Rahmen in der Transfusionsmedizin</i> .....	29
1.13.4 <i>Fremdblutsparende Maßnahmen</i> .....	29
1.13.4.1 Blutungsvermeidung .....	30
1.13.4.1.1 Lokale Maßnahmen .....	30
1.13.4.1.2 Systemische Maßnahmen .....	32
1.13.4.2 Blutersatz .....	34
1.14 ZIELSETZUNG DER VORLIEGENDEN ARBEIT .....	36
<b>2 MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>37</b>
2.1 PATIENTENKOLLEKTIV .....	37
2.2 ERHOBENE PARAMETER.....	37
2.3 STATISTISCHE METHODEN .....	42
2.4 IMPLANTIERTE PROTHESEN.....	44
2.4.1 <i>P.F.C.-SIGMA</i> .....	44
2.4.2 <i>Rotationsknieprothese „Endo-Modell“</i> .....	45
<b>3 ERGEBNISSE.....</b>	<b>47</b>
3.1 AUSGANGSWERTE .....	47
3.2 OPERATIONSDATEN.....	51
3.3 KOMPLIKATIONEN.....	57
3.3.1 <i>Lokale Komplikationen</i> .....	57
3.3.2 <i>Allgemeine Komplikationen</i> .....	58
3.4 BLUTVERLUST UND BLUTERSATZ .....	59
3.4.1 <i>Anzahl der autogenen und allogenen Transfusionen</i> .....	59
3.4.2 <i>Transfundierte Blutmenge</i> .....	62
3.4.3 <i>Blutbedarf in Abhängigkeit vom präoperativen Hb-Wert</i> .....	63
3.4.4 <i>Blutgabe in Abhängigkeit vom postoperativen Blutverlust</i> .....	66
3.4.5 <i>Retransfusionsrate in Abhängigkeit vom Sammelsystem</i> .....	69

3.4.6	<i>Bluttransfusion in Abhangigkeit vom Geschlecht</i> .....	70
3.4.7	<i>Bluttransfusion in Abhangigkeit vom BMI</i> .....	71
3.4.8	<i>Bluttransfusion bei Primar- und Wechsel-Operationen</i> .....	71
3.4.9	<i>Blutbedarf in Abhangigkeit von der Prothesenverankerung</i> .....	74
3.4.10	<i>Blutbedarf in Abhangigkeit vom Prothesentyp</i> .....	75
3.4.11	<i>Blutbedarf und Navigation</i> .....	76
3.4.12	<i>Hamoglobin-Konzentration vor Fremdbluttransfusion</i> .....	77
3.4.13	<i>Anastesieform und Blutbedarf</i> .....	78
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>80</b>
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b> .....	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>89</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>90</b>
<b>8</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>100</b>
<b>9</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>101</b>
<b>10</b>	<b>ABKURZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>103</b>
<b>11</b>	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>105</b>
<b>12</b>	<b>LEBENSLAUF</b> .....	<b>106</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Epidemiologie der Gonarthrose

In der alternden Bevölkerung steigt der Anteil von Patienten mit Arthrose-Beschwerden konstant. In Deutschland nahm die Zahl vollstationärer Krankenhausbehandlungen aufgrund eines Arthroseleidens kontinuierlich von 299.339 im Jahr 2000 auf 413.209 Fälle im Jahr 2008 zu [1]. Dieser Anstieg um 38% fiel wesentlich höher aus als der Anstieg der insgesamt stationär behandelten Erkrankungen. Die Arthroseerkrankung zeigt eine deutliche Zunahme mit steigendem Lebensalter. So beträgt die Fallzahl stationärer Behandlungen pro 100.000 Einwohner im Alter unter 15 Jahren 0, in der Gruppe der 15- bis 44-jährigen 53, in der Gruppe der 45- bis 64-jährigen 570 und in der Altersgruppe ab 65 Jahre 1.616 [1].

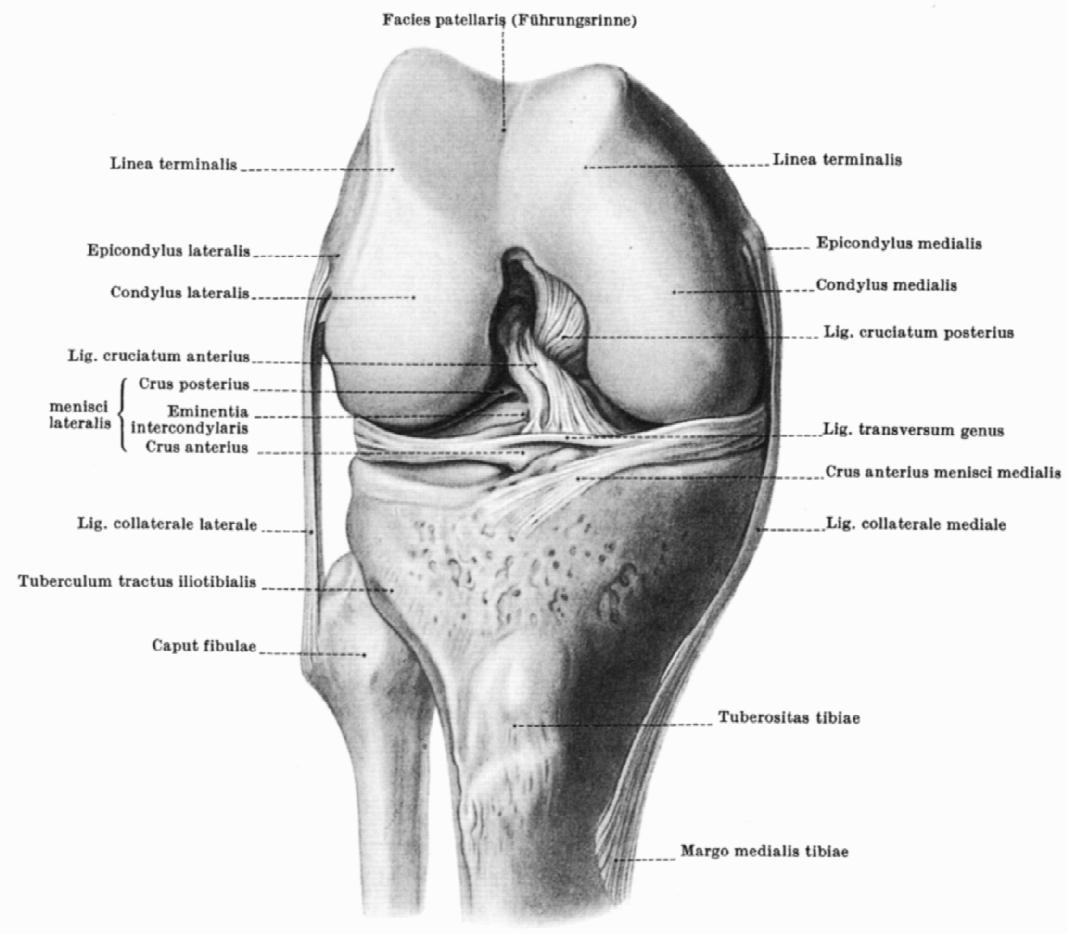
Unter den Arthrosen nimmt die Gonarthrose einen wesentlichen Stellenplatz ein. Sie gehört insgesamt zu den häufigsten orthopädischen Krankheitsbildern. In orthopädischen Praxen betrug 2008 der Anteil von Patienten mit Gonarthrosebeschwerden 16,1% und belegte damit Rang 3 der Diagnosestatistik [2] nach unspezifischen Rückenbeschwerden und Arthrose der Wirbelgelenke. Von den 413.209 vollstationär behandelten Arthrosefällen im Jahr 2008 entfielen 154.722 auf die Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk. Diese Operation nimmt somit Platz 15 der DRG-Statistik der häufigsten Operationen in Deutschland ein [3]. Mit einem dramatischen weiteren Anstieg ist zu rechnen. So sehen amerikanische Studien eine Vermehrung der jährlichen Knie-TEP-Implantationen in den USA zwischen 2005 und 2030 um 673% auf jährlich 3,48 Millionen Operationen voraus [4].

## 1.2 Anatomie des Kniegelenkes

Das Kniegelenk, die Articulatio genus, ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Es setzt sich aus drei Einzelgelenken zusammen. Dies sind die Articulatio femoropatellaris zwischen Kniescheibe (Patella) und Oberschenkelknochen (Femur) sowie die beiden Articulationes femorotibiales zwischen Ober- und Unterschenkelknochen (Tibia).

Zwischen den Gelenkhöhlen aller drei Gelenkanteile, den sogenannten Kompartimenten, bestehen Verbindungen. In der Standphase sind die Articulationes femorotibiales lasttragend. Die Gelenkflächen des Femurs finden sich am Condylus medialis und lateralis sowie der dazwischen liegenden Facies patellaris. Die Kondylen sind als dicke Walzen ausgebildet, die einen unterschiedlichen, sich nach dorsal verstarkenden Krümmungsradius besitzen. An der Tibiaoberseite finden sich zwei voneinander getrennte überknorpelte Gelenkflächen. Die mediale, leicht konkav gekrümmte Gelenkfläche ist größer und oval, die laterale ist kreisförmig und konkav-konvex gekrümmmt. Diese Gelenkflächen, die funktionell der Gelenkpfanne des Femorotibialgelenkes entsprechen, werden durch die scheibenförmigen Menisken vertieft. Die Menisken können in begrenztem Umfang auf der tibialen Gelenkfläche gleiten und so bei unterschiedlichem Krümmungswinkel im Kniegelenk eine möglichst gute Passform zwischen Ober- und Unterschenkel herstellen.

Umgeben ist das Kniegelenk von einer kräftigen Gelenkkapsel, in die mehrere aponeurotische Verstärkungen einstrahlen, die dem Kniegelenk zusätzliche Stabilität verleihen. Die wesentlichen passiv stabilisierenden Bänder des Kniegelenkes sind das mediale (Lig. collaterale tibiale) und laterale (Lig. collaterale fibulare) Kollateralband sowie das vordere (Lig. cruciatum anterius) und hintere (Lig. cruciatum posterius) Kreuzband. Dieser Bandapparat verriegelt das Kniegelenk in Streckstellung und verhindert eine übermäßige Translation (Schiebebewegung) der Tibia gegenüber dem Femur. Insbesondere die Kreuzbänder können in der Beuge-Streckphase durch dauernd gespannte Faserbündel, die sog. Führungsbündel, die Bewegung der beiden Knochen gegeneinander führen und somit unphysiologische Belastungsspitzen vermeiden. Den Bandapparat sowie Femur und Tibia zeigt Abb. 1.



**Abbildung 1: Kniegelenk und Bandapparat, Ansicht von ventral in 90° Beugung ohne Patella (Quelle: Lanz/Wachsmuth, „Praktische Anatomie, Vierter Teil: Bein und Statik“, Springer Verlag 1972/2004, S. 247)**

Wesentliche aktive Stabilisierung erfährt das Kniegelenk durch die gelenkübergreifende Muskulatur, insbesondere den kräftigen Streckapparat. Dieser läuft als Sehne des M. rectus femoris über die Ventralseite des Kniegelenkes. Zwischen dieser Sehne und dem in gleicher Richtung weiter laufenden Kniescheibenband (Lig. patellae) liegt eingebettet die Patella. Sie führt durch die vorgegebene Wegstrecke der Articulatio femoropatellaris den Zug der Quadrizepssehne.

Das Kniegelenk ist gut durchblutet. In der Knieregion bildet ein oberflächlicher Gefäßplexus oberhalb und unterhalb der Kniescheibe mit einem tiefen Plexus auf der Kniegelenkkapsel und den benachbarten Knochenflächen eine wichtige Gefäßanastomose, das Rete articulare genus (Abb. 2). Zu dieser schließen sich die Endäste von 10 Gefäßen aus Ober- und Unterschenkel zusammen. Bei Eröffnung des Knochens kann es ferner zu direktem Blutverlust aus den Markraumhöhlen von Femur und Tibia kommen. [5].

Rete articulare genus

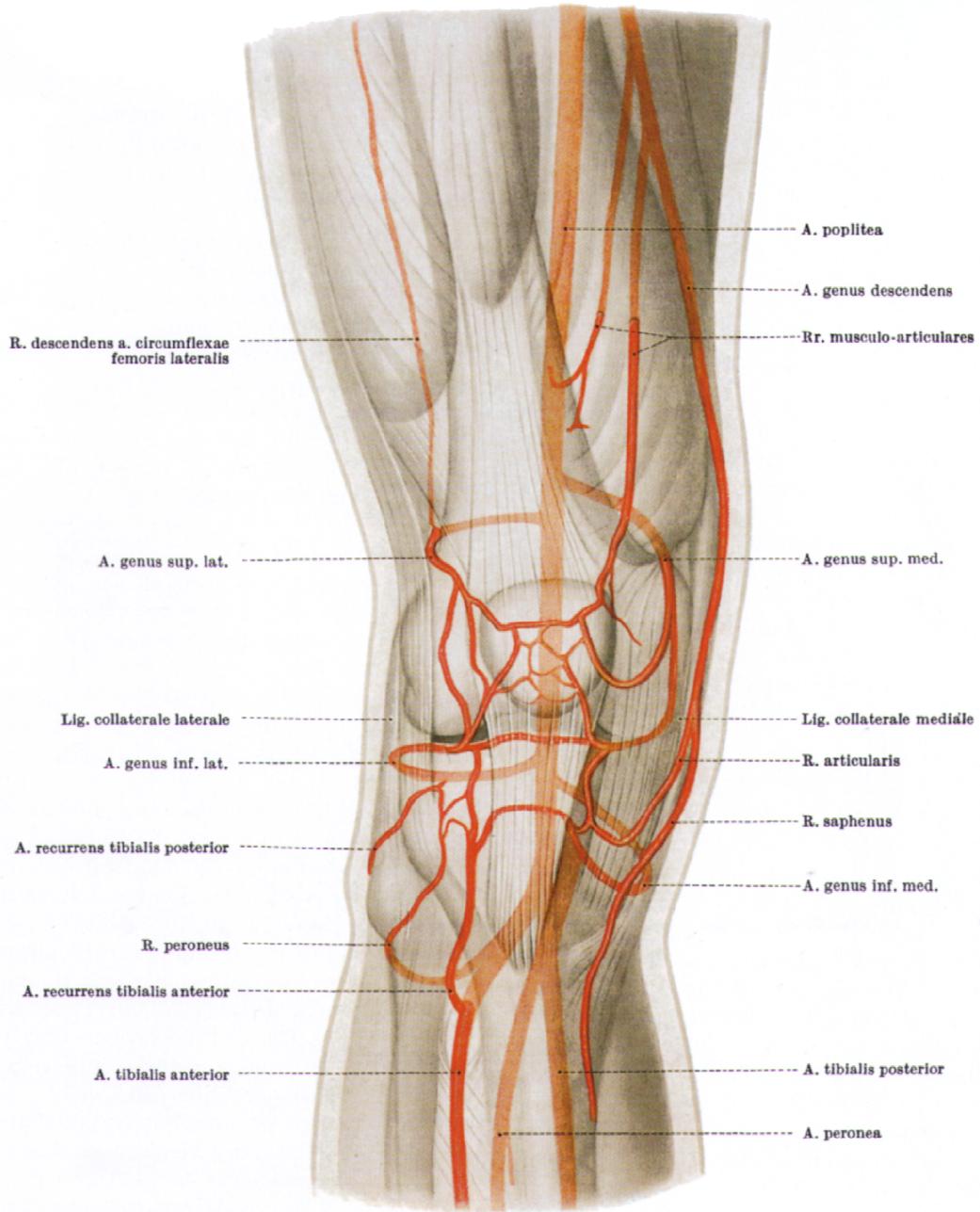


Abbildung 2: Gefäßversorgung des Kniegelenkes (Rete articulare genus) (Quelle: Lanz/Wachsmuth, „Praktische Anatomie, Vierter Teil: Bein und Statik“, Springer Verlag 1972/2004, S. 291)

Die sensible Innervation des Kniegelenkes geschieht ventral über Äste des Nervus femoralis und dorsal über Äste des Nervus ischiadicus. Dabei wird das größere Schmerzareal aufgrund des üblicherweise ventral gelegenen Operationszugangs vom N. femoralis abgedeckt. Um einen Schmerzreiz aus dem Kniegelenk, wie er z. B. im Rahmen einer Endoprothesenimplantation auftritt, zu blockieren, ist dennoch zumindest eine Leitungsanästhesie beider Nerven notwendig.

Wichtigster motorischer Nerv mit enger Lagebeziehung zum Kniegelenk ist der Nervus peronaeus communis, der sich kaudal des Kniegelenkes und dorsal des Fibulaköpfchens in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast aufspaltet. Verletzungen und Irritationen des Nerven sind durch Hakeneinsatz, Längsextension des Nerven und periartikuläre Schwellungszustände und Hämatome möglich.

### **1.3 Definition der Gonarthrose**

Die Arthrose (Arthrosis deformans) ist definiert als „degeneratives Gelenkleiden durch ein Missverhältnis zwischen Belastung und Belastbarkeit des Gelenkknorpels“ [6].

Daraus resultiert eine Überbeanspruchung der Gelenkpartner. In der Folge kommt es zu Veränderungen im Knorpelbelag der Gelenkflächen, Knorpelaufbrüchen (Usuren) mit Herauslösen von Knorpelpartikeln (Detritus) und einer resultierenden Reizung der Gelenkkinnenhaut (Detritus-Synovialitis). Ihrem Wesen nach ist die Arthrose eine fortschreitende Erkrankung [7], [8], während der sich beschwerdearme Phasen (kompensierte Arthrose) und beschwerdehafte Phasen (aktivierte Arthrose) abwechseln können.

Bei der sogenannten „Primären Arthrose“ ist die Ursache bisher nicht bekannt, sie wird daher auch als „Idiopathische Arthrose“ bezeichnet. Dagegen kann bei der „Sekundären Arthrose“ die Ursache benannt werden. In den meisten Fällen handelt es sich um anlagebedingte oder erworbene Gelenkdeformitäten, die über eine Fehlbelastung des Gelenkes zur Arthrose führen. Auch der sekundäre Gelenkverschleiß infolge einer entzündlichen Erkrankung des Gelenkes, z. B. im Rahmen einer Rheumatoide Arthritis oder eines bakteriellen Infektes, wird als sekundäre Arthrose bezeichnet.

Die Arthrose des Kniegelenkes, die Gonarthrose, kann alle 3 Kompartimente (medial, lateral und retropatellar) einzeln oder gleichzeitig betreffen. Unbehandelt werden auch bei Befall nur eines Gelenkanteils aufgrund der Ausbreitung der Synovialitis im gesamten Gelenk die anderen Kompartimente an einer Arthrose erkranken.

### **1.4 Risikofaktoren für die Entwicklung einer Gonarthrose**

Wahrscheinlich liegt der Gonarthrose ein multifaktorielles Geschehen zu Grunde. Verschiedene Faktoren, die mit einer erhöhten Prävalenz an Arthroseerkrankungen assoziiert sind, konnten identifiziert werden [9].

An genetischen Faktoren kommt zunächst das Geschlecht in Betracht. Frauen erkranken häufiger an der Gonarthrose als Männer. So konnte die Ulmer Osteoarrose-Studie 2002 zeigen, dass 27,2% der Gonarthrosepatienten Männer und 72,8% Frauen waren [10], [11]. Ob der erhöhten Arthroseprävalenz bei Frauen ursächlich Hormonveränderungen, z. B. in der Menopause, zugrunde liegen, ist bisher jedoch nicht geklärt [12], [13].

Auch Genveränderungen, die den Aufbau des Knorpelbausteins Kollagen IX betreffen, werden mit einer erhöhten Inzidenz von Arthrosebeschwerden in Verbindung gebracht [14], [15].

Metabolische Faktoren, insbesondere erhöhte Blutzuckerwerte [16] und ein Diabetes mellitus Typ II [17] sowie eine Hypercholesterinämie [18] sind mit erhöhter Arthroserate, insbesondere der Kniegelenke, assoziiert. Ob es sich dabei um einen direkten Schädigungsmechanismus der Matrixmoleküle des Gelenkknorpels handelt oder die Schädigung mechanisch durch eine häufig bei diesen Erkrankungen auftretende Adipositas hervorgerufen wird, ist jedoch bislang unklar.

Adipositas per se ist ein gut untersuchter prognostischer Faktor für die Entwicklung insbesondere der Gonarthrose [19-25]. Diskutiert werden neben der reinen mechanischen Mehrbeanspruchung des Gelenkes mit erhöhtem Verschleiß des Gelenkknorpels auch metabolische Veränderungen mit erhöhter Anfälligkeit des Gelenkknorpels bei adipösen Patienten [11].

In den letzten Jahren wurde auch die beruflich bedingte Überlastung der Kniegelenke, insbesondere durch repetitives Heben von schweren Lasten, Arbeiten im Knie und in der Hockstellung [26-34] als Ursache der Gonarthrose erkannt. Dies führte zur Anerkennung der Berufskrankheit BK 2112 (Gonarthrose) bei entsprechender langjähriger Exposition gegenüber den genannten Risiken.

Freizeitsport, insbesondere repetitive geringfügige Belastungen, wie sie z. B. beim Joggen auftreten, führen bei gesunden Kniegelenken zu keiner erhöhten Arthroserate [35]. Bei Ausübung von Leistungssport ist jedoch eine mögliche Überlastung mit resultierendem vermehrtem Verschleiß denkbar. Gleiches gilt auch für Mannschaftssportarten wie z. B. das Fußballspiel. Hier besteht die erhöhte Gefahr einer sekundären Gonarthrose infolge von Unfällen mit Verletzung von Kniebinnenstrukturen. Für alle potentiell Knie-Belastenden Sportarten gilt auch im Freizeitbereich, dass sie bei vorgesägten Gelenken einer Gonarthrose Vorschub leisten.

Verletzungen des Gelenkes gehören zu den sogenannten präarthrotischen Deformitäten. Hierzu zählen sowohl direkte Verletzungen der Gelenkoberfläche, z. B. in Form von Gelenkfrakturen mit Stufenbildung oder Knorpel-Knochen-Abscherfrakturen als auch Verletzungen der Menisken und des stabilisierenden Bandapparates mit resultierender Instabilität [36], [37]. Kommt es infolge gelenkferner Frakturen mit sekundärer Fehlstellung des Beines zu einer Änderung der Gelenkbiomechanik, kann auch hieraus eine sekundäre Gonarthrose resultieren.

Synovitiden schädigen ebenfalls das Gelenk und führen zu einer sekundären Arthrose. Die Ursachen einer Synovitis sind vielfältig. Neben lokalen und systemischen Erkrankungen des Rheumatischen Formenkreises wie der Rheumatoïden Arthritis oder dem Morbus Bechterew können Synovitiden durch Ablagerungen von Kristallen (Gichtarthropathie), Blutbestandteilen (Bluterkrankheit) oder Infektionen (septische Gonarthritis) hervorgerufen werden.

## **1.5 Klinik und Diagnostik der Gonarthrose**

Es existiert keine allgemein anerkannte Abgrenzung zwischen einem altersgemäßen Verschleiß des Kniegelenkes und einer Gonarthrose. Radiologische Zeichen, die auf eine Gonarthrose hindeuten, finden sich auch bei

beschwerdefreien Individuen. So korrelieren radiologische Veränderungen und klinisches Beschwerdebild häufig, aber nicht immer, erst in Stadien der fortgeschrittenen Arthrose [38].

Als radiologische Klassifikation der Arthrose hat sich die 1957 veröffentlichte und 1961 von der WHO übernommene Einteilung nach KELLGREN UND LAWRENCE [39] etabliert. Sie dient auch aktuell noch trotz der genannten Einschränkungen als wichtiger Parameter zur Beurteilung der Schwere einer Gonarthrose [40]. Anhand radiologisch sichtbarer Veränderungen wird die Arthrose in 5 Schweregrade eingeteilt. Es sind dies:

- 0: Keine Arthrose
- 1: Fragliche Arthrose
- 2: Minimale Arthrose
- 3: Moderate Arthrose
- 4: Schwere Arthrose

Radiologische Zeichen am Kniegelenk sind das Auftreten von gelenknahen Osteophyten, die Verschmälerung des radiologisch sichtbaren Gelenkspaltes in Verbindung mit einer Sklerosierung des subchondralen Knochens, die Bildung von Geröllzysten im subchondralen Knochen und die Deformierung der Gelenkpartner.

Röntgenaufnahmen erfolgen im klinischen Alltag jedoch üblicherweise erst dann, wenn Patienten wegen Gelenkbeschwerden einen Arzt aufsuchen. Die ersten Hinweise sind daher klinischer Natur. Typische Beschwerden, die den Verdacht auf das Vorliegen einer Gonarthrose begründen, sind Anlaufschmerzen und Schmerzen bei (zunächst) längerer Belastung, eine Funktionseinschränkung mit zunehmender Einsteifung des Gelenkes, intraartikuläre Krepitationen, tastbare Osteophyten, ein Verstreichen der äußeren Gelenkkonturen, Schwellung und intraartikulärer Erguss, eine zunehmende Achsabweichung, insbesondere in der Frontalebene, und eine Gelenkinstabilität infolge Funktionsverlust des Kapsel-Bandapparates [6], [41]. Insbesondere in frühen Arthroestadien finden sich nicht immer alle klinischen Zeichen. Es wurden daher klinische Scores entwickelt, um die Diagnose einer Gonarthrose zu sichern und Befunde vergleichbar zu machen. Gängige Scores [41] sind die Klassifikation des American College of Rheumatology (ACR) [42], [43], der Western Ontario Mac Master Arthritis Center (WOMAC) Arthrose-Index [44] und der Lequesne-Funktionsindex [45].

Die Kombination aus Anamnese, klinischer Untersuchung und standardisierter Röntgendiagnostik sichert die Diagnose [46], [47]. Andere diagnostische Maßnahmen, insbesondere Labordiagnostik, dienen lediglich dem Ausschluss konkurrierender Ursachen wie Infektion, Tumor oder Rheumatoide Arthritis oder erfolgen im Rahmen wissenschaftlicher Studien (insbesondere die MRT-Bildgebung). Für die klinisch relevante Diagnosestellung und Therapieplanung spielen diese Untersuchungen daher nur eine untergeordnete Rolle [41], [47].

## **1.6 Therapie der Gonarthrose**

Die Therapie der Gonarthrose orientiert sich, analog zu den Empfehlungen in der Leitlinie Koxarthrose der AWMF [48], an

- dem Stadium der Erkrankung
- der angegebenen Schmerzstärke

- dem Lebensalter des Patienten
- dem Allgemeinzustand des Patienten
- den Begleiterkrankungen des Patienten
- dem Aktivitätsgrad des Patienten
- der Compliance des Patienten
- der Berufssituation des Patienten
- dem bisherigen Krankheitsverlauf
- der Einschränkung der Lebensqualität

Es existiert eine Vielzahl von Behandlungsoptionen zur Therapie der Gonarthrose, teilweise mit fehlendem Nachweis nach EBM-Kriterien („Evidence based medicine“) [49]. Diese lassen sich grob in konservative, gelenkerhaltende operative und endoprothetische operative Therapie einteilen.

### **1.6.1 Konservative Therapie**

Insbesondere in den Frühstadien der Erkrankung stehen symptomorientierte konservative Behandlungsansätze im Vordergrund. Ziel ist vor allem die Linderung der Beschwerdesymptomatik und eine Wiederherstellung der funktionalen Gesundheit, um Mobilität und damit Selbstständigkeit der Betroffenen zu erhalten [50]. Auch kann der Progress der Erkrankung unter Umständen vermindert werden [49].

Nicht-operative Maßnahmen können sowohl eigenständig als auch in Verbindung mit operativen Therapien zur Behandlung der Gonarthrose eingesetzt werden [51]. Zunächst sollten die Patienten über die Ursache ihrer Beschwerden, die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten und die Prognose der Erkrankung aufgeklärt werden. Hierdurch wird dem Gefühl der Hilflosigkeit und Unkontrollierbarkeit entgegengewirkt und eine aktive Auseinandersetzung mit der Krankheit gefördert [50].

Wenn möglich sollten Risikofaktoren minimiert werden. Dies gilt insbesondere für die Reduzierung eines evtl. vorhandenen Übergewichts [52]. Auch das Vermeiden übermäßiger, insbesondere sportlicher Belastung sollte dem Patienten nahegelegt werden [35].

Die Beachtung der Prinzipien der Knieschule [53] im Alltagsverhalten führt ebenfalls zu einer Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung.

Trainingsprogramme incl. Anleitung zu physiotherapeutischen Übungen und Gehtraining wurden etabliert. Diese zeigen eine Verbesserung der Schmerzsymptomatik auch nach den EBM-Kriterien [54-56]. Jedoch scheint der Effekt dieser Programme ohne regelmäßige Auffrischung („Booster“) nicht dauerhaft anzuhalten [57].

Insbesondere in Phasen der Arthroseaktivierung mit Schmerzexacerbation, Schwellung und Überwärmung können physikalische Maßnahmen eine Rückführung in einen beschwerdearmen kompensierten Zustand unterstützen [58]. Zur Anwendung kommen insbesondere Kryotherapie, Wärmetherapie, therapeutischer Ultraschall [59] und Elektrotherapie wie z. B. die TENS [60].

Die Orthopädie-technische und Orthopädie-Schuhtechnische Versorgung kann insbesondere die Mobilität der Patienten verbessern helfen. Zum Einsatz gelangen Pufferabsätze und weiche Ferseneinlagen, Schuhrandhöhungen, Gehstöcke und ggf. weiterführende Gehhilfen sowie Kniebandagen und –orthesen [49], [51].

Die medikamentöse Therapie kann sowohl systemisch als auch topisch oder intraartikulär erfolgen [61]. Systemisch erfolgt üblicherweise eine abgestufte Therapie. Empfohlen wird der Beginn mit Paracetamol [49], [61], bei unzureichender Wirkung kann auf Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) gewechselt werden. Diese sollten wegen ihres erhöhten Nebenwirkungsprofils, insbesondere der Gefahr von Ulzerationen im Gastrointestinaltrakt, mit einem Protonenpumpenhemmer kombiniert werden. Alternativ ist der Einsatz der sog. Cox-II-Hemmer möglich. NSAR und Cox-II-Hemmern gemeinsam ist jedoch eine gegenüber Paracetamol und Opioiden erhöhte Rate von Nebenwirkungen, insbesondere beim älteren Patienten [62]. Ein Wechsel auf stärkere Analgetika, insbesondere Opate, ist möglich. Die Langzeittherapie mit Opiaten wird jedoch, aufgrund von Nebenwirkungen und nachlassender Wirksamkeit, insgesamt kritisch gesehen [63], [64]. Hier wird dann auch der Bereich der operativen Interventionsbedürftigkeit erreicht [65].

Ergänzend können Krankheits-Modifizierende Medikamente, sog. SYSADOA („symptomatic slow acting drugs for Osteoarthritis“), genutzt werden. Dies sind z. B. Glucosamin-Präparate [66-68] zur oralen Einnahme oder Hyaluronsäure-Präparate zur intraartikulären Therapie [69]. Die Daten zur Wirksamkeit nach EBM-Kriterien sind widersprüchlich [70], in Deutschland ist daher z. B. die intraartikuläre Hyaluronsäure-Therapie über die Gesetzliche Krankenversicherung nicht abrechenbar.

Zur intraartikulären Therapie, insbesondere bei akuten Reizzuständen, können auch Steroidsuspensionen injiziert werden. Diese können die Aktivierung einer Arthrose durchbrechen, der Wirkzeitraum ist jedoch auf wenige Wochen begrenzt [71], [72]. Aufgrund des invasiven Charakters der intraartikulären Injektion incl. des gegebenen Infektionsrisikos sollte eine maximale Anzahl von 4 Injektionen pro Jahr nicht überschritten werden [62].

Zur topischen Anwendung werden sowohl NSAR-Präparate als auch lokal schmerzhemmende Substanzen verabreicht. Zu diesen Substanzen zählen Capsaicin und Lokalanästhetika [49], jedoch erscheint nur die topische Anwendung von NSAR einen messbaren Einfluss zu haben [61].

Eine Anzahl weiterer Therapieoptionen konnte in Studien keine ausreichende Wirksamkeit zeigen, bzw. war anderen Therapien unterlegen. Im Einzelfall können Erfolge erzielt werden, eine Abgrenzung zum Placeboeffekt ist jedoch nicht immer möglich. Zu diesen Verfahren zählen unter anderem Akupunktur [70], [73], [74] und Phytotherapie [75].

### **1.6.2 Gelenkerhaltende operative Therapie**

Ziel der gelenkerhaltenden intraartikulären operativen Therapie ist die Rekonstruktion der Gelenkoberfläche in biomechanischer, biochemischer und funktioneller Integrität [76]. Insbesondere können Techniken der Knorpelglättung und Knorpelregeneration durch Eröffnung des subchondralen Knochens arthroskopisch durchgeführt werden [76-78].

Hinzu kommt bei den hierzu überwiegend durchgeföhrten Kniegelenksarthroskopien der zusätzliche diagnostische Gewinn durch die direkte Erhebung des Gelenkstatus.

Begleiterscheinungen, die häufig zu einer akuten Exacerbation einer ansonsten kompensierten Arthrose führen, können kausal angegangen werden. Hierzu

zählen insbesondere degenerative Meniskusläsionen und freie Gelenkkörper mit Einklemmungsscheinungen [70], [76].

Das reine Debridement des Gelenkes mit Glättung zerstörter Knorpelareale erbringt gemäß derzeitiger Literaturlage keine ausreichende Besserung, die einen operativen Eingriff rechtfertigen würde [70], [79].

Auch der Effekt einer Ausspülung von Detritus und einer Verdünnung der intraartikulär vorhandenen Entzündungsmediatoren durch die Spülflüssigkeit während der Arthroskopie, der sog. Lavage-Effekt, lässt keine anhaltende Beschwerdelinderung [70], [80] erwarten. Die reine Lavage des Gelenkes über eine intraartikulär platzierte Nadel [81] ist als historisch anzusehen [76].

Knorpelreparaturtechniken wie die Autologe Chondrocytentransplantation (ACT) oder die Reparatur über osteochondrale Autograft-Zylinder in Mosaiktechnik (OATS) kommen für lokalisierte Knorpeldefekte wie z. B. bei traumatischer Flake Fraktur oder bei der Osteochondrosis dissecans zur Anwendung. Für die Arthrosetherapie spielen sie, auch bei vordergründigem Befall nur eines Kompartimentes, bislang keine Rolle [82].

Liegen angeborene oder erworbene Achsfehlstellungen des Beines vor, können diese als sog. präarthrotische Deformitäten angesehen werden. Aus der Veränderung der Biomechanik mit Verschiebung der Belastungslinie, der sog. Mikulicz-Linie, resultiert eine einseitige Fehlbelastung eines der beiden femorotibialen Kompartimente. Im Fall eines Genu valgum (X-Bein) wird das laterale, im Fall eines Genu varum (O-Bein) wird das mediale Kompartiment über das physiologische Maß hinaus belastet. Eine entsprechende Korrektur durch eine valgisierende bzw. varisierende Umstellungsosteotomie an Femur oder Tibia [83] kann bei höhergradigen Fehlstellungen bereits frühzeitig prophylaktisch durchgeführt werden. Häufig erfolgt sie jedoch erst bei Auftreten von Überlastungsbedingten Kniebeschwerden in Kombination mit einer arthroskopischen Gelenkoperation [70], [84]. Die Arthroskopie dient in diesen Fällen zur Verifizierung eines Gelenkschadens im biomechanisch überlasteten Kompartiment, zur lokalen Knorpeltherapie und zum Ausschluss einer generalisierten Arthrose, die durch eine Achskorrektur nicht mehr ausreichend zu behandeln wäre. Insgesamt geht der Anteil der durchgeföhrten Umstellungsosteotomien aufgrund der Zunahme der endoprothetischen Versorgungen deutlich zurück. Betrug in Deutschland die Anzahl der Umstellungsosteotomien 1995 noch 36% der Anzahl der Endoprothesenimplantationen, so sank diese Quote auf 12% im Jahr 2005 [85].

Ein neueres Verfahren zur Korrektur der Beinachse bei degenerativ bedingter Achsfehlstellung aufgrund einer einseitigen Gelenkspaltverschmälerung stellt das Einbringen eines nicht knöchern verankerten metallischen Interponates (z. B. ConforMIS iForma™) in den verschmälerten Gelenkspalt dar [86]. Aufgrund mangelnder Erfahrung und insbesondere Langzeituntersuchungen wird dieses Verfahren jedoch derzeit von den aktuellen Leitlinien nicht empfohlen [70].

### **1.6.3 Endoprothetischer Ersatz des Kniegelenkes**

War Anfang des 20. Jahrhunderts die Resektionsarthroplastik und vor allem die Arthrodese des Kniegelenkes noch das operative Mittel der Wahl bei therapierefraktären Kniebeschwerden, so wird heute lediglich die Arthrodese als letztes Rückzugsmittel am Ende einer Kette von vorausgegangenen Fehlschlägen der Endoprothetik angesehen [65].

Versuche, die Beweglichkeit des Kniegelenkes unter Nutzung von Implantaten aus nicht-biologischem Fremdmaterial (Alloarthroplastik) zu erhalten, reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück. Glück veröffentlichte 1891 die erste wissenschaftliche Abhandlung über eine solche Alloarthroplastik des Kniegelenkes mittels eines Implantates aus Elfenbein [87]. Im Zuge der Weiterentwicklung der operationstechnischen Möglichkeiten und der Nutzung besserer Materialeigenschaften [88] erlebt die Knieendoprothetik seit Ende der 1960er Jahre einen deutlichen Aufschwung [89], [90].

Die Indikationsstellung zur Implantation einer Endoprothese erfolgt vor allem Patienten-zentriert. Daraus folgt, dass die Übergänge zwischen konservativer, gelenkerhaltend operativer und endoprothetischer Versorgung fließend sind. Während früher aufgrund begrenzter Standzeiten der Endoprothesen und fehlenden Revisionsmöglichkeiten das Patientenalter einen wesentlichen Faktor darstellte, ist dies heute nicht mehr strikt der Fall [65]. Allgemein wird das Versagen anderer Therapien bei Vorliegen einer radiologisch gesicherten Arthrose und erheblichen Schmerzen sowie eines Funktionsverlustes (Bewegungseinschränkung) als Indikation gesehen [49]. Die operative Versorgung ohne Beschwerden des Patienten auch bei radiologischem Arthrosenachweis ist abzulehnen [91].

Absolute Kontraindikationen für die Implantation einer Knieendoprothese bestehen [92] bei:

- akutem oder nicht saniertem Infekt
- schweren Haut- und Weichteilschäden im Operationsgebiet
- frischem thromboembolischen Geschehen
- schweren ossären Defektsituationen mit mangelhafter Verankerungsmöglichkeit der Implantate
- nicht rekonstruierbarer Gelenkinstabilität
- neuropathischer Gelenkdestruktion
- schwerer neurologischer oder neuromuskulärer Insuffizienz mit fehlender neuromuskulärer Kontrolle des Kniegelenkes (z. B. Poliomyelitis)
- höhergradiger arterieller Durchblutungsstörung
- fehlender Quadrizepsfunktion

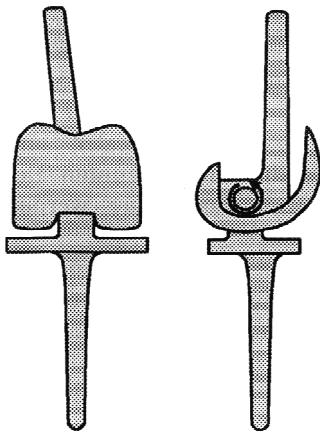
## **1.7 Einteilung der Knieendoprothesen unter funktionellen Gesichtspunkten**

Die Aufgabe einer Knieendoprothese besteht nach MALZER und SCHULER [65] im

- Ersatz zerstörter bzw. abgenutzter Gelenkflächen
- Übernahme der Gleitfunktion der Gelenkknorpelflächen
- ggf. Ersatz der Bandführung des Gelenkes
- Übertragung der mechanischen Belastungskräfte auf den Knochen

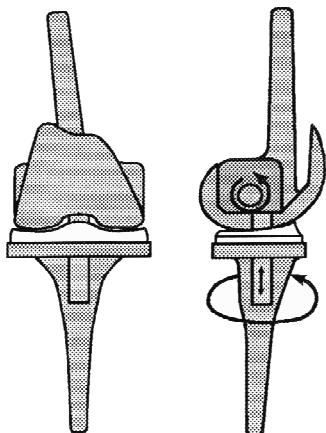
Zum Erreichen dieser Ziele sind in Abhängigkeit vom Ausmaß der Zerstörung der Gelenkstrukturen und insbesondere der stabilisierenden Bandelemente verschiedene Prothesendesigns notwendig. Funktionell wird unterschieden zwischen gekoppelten („Linked Devices“) und ungekoppelten („Non-Linked Devices“) Prothesensystemen.

Gekoppelte Systeme, auch Scharnierprothesen genannt, sind durch eine feste mechanische Verbindung zwischen femoraler und tibialer Komponente gekennzeichnet. Dadurch ist die Führung und Stabilität des Gelenkes auch bei Verlust des Seiten- und Kreuzbandapparates sichergestellt. Ist die einzige mögliche Bewegung die Extension/Flexion als Rotation um eine feste Achse (Scharnier), so spricht man von einem Starrachsgelenk („Rigid Hinge“, Abb. 3). Dadurch ist keine Roll-Gleit-Bewegung, wie sie das normale Knie bietet, möglich.



**Abbildung 3:** Gekoppelte Knieendoprothese, Starrachsgelenk ("Rigid Hinge"), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 130

Bei Rotationsknien („Rotating Hinge“, Abb. 4) ist eine zusätzliche Rotation um ca. 15° um die Longitudinalachse und eine Möglichkeit zur Längsdistraktion gegeben. Beides zusammen ermöglicht ein physiologischeres Gangbild und eine bessere Kniebeugung aufgrund eines etwas geringeren Kopplungsgrades („Constraint“).



**Abbildung 4:** Gekoppelte Knieendoprothese, Rotationsgelenk ("Rotating Hinge"), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 130

Gekoppelte Systeme stellen historisch neben dem unicondylären Schlitten den Prototyp der Knieendoprothese dar, werden heute jedoch nur noch bei

ausgedehnten Kniedestruktionen eingesetzt. Dies schränkt die Implantation weitgehend auf Revisionsfälle oder ausgedehnte postarthritische oder posttraumatische Gelenkdestruktionen sowie Tumoroperationen ein.

Die überwiegende Mehrzahl der heute implantierten Knieendprothesen ist ungekoppelt. Bei diesen Systemen besteht keine feste mechanische Verbindung zwischen femoraler und tibialer Komponente. Die Stabilität des Kunstgelenkes wird durch den vorhandenen Bandapparat des Gelenkes sichergestellt. Die Prothesen erlauben daher einen größeren Bewegungsspielraum („Range of Motion“, ROM) und eine physiologischere Roll-Gleit-Bewegung in Extension und Flexion als gekoppelte Implantate. Gleichzeitig werden die Scherkräfte zwischen den Prothesenkomponenten im Vergleich zu gekoppelten Systemen reduziert und die notwendige Oberfläche zur Verankerung im Knochen reduziert. Ungekoppelte Systeme stellen somit einen Oberflächenersatz des Gelenkes im eigentlichen Sinne dar. Aufgrund der „Überkronung“ der beiden Femurcondylen werden diese Systeme auch als bicondyläre Oberflächenersatzprothesen bezeichnet. Durch Anpassungen der biomechanischen Freiheitsgrade zwischen Femur- und Tibiakomponente können auch mit diesen ungekoppelten Prothesen Funktionsausfälle einzelner ligamentärer Strukturen wie z. B. des HKB kompensiert werden. Man spricht je nach Ausmaß der erreichten Stabilität von „constrained“, „semiconstrained“ (Abb. 5) oder „nonconstrained“-Prothesen (Abb. 6).

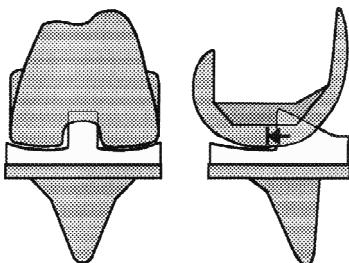


Abbildung 5: Ungekoppelte semiconstrained Knieendprothese mit Ersatz der HKB-Funktion (posterior stabilized), Quelle: Imhoff, „Fortschritte Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131

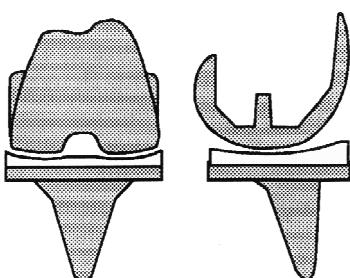


Abbildung 6: Ungekoppelte nonconstrained Knieendprothese, Quelle: Imhoff, „Fortschritte Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131

Auf dem Markt sind ungekoppelte Prothesendesigns seit Ende der 1970er Jahre („Total Condylar Prosthesis“ nach Insall 1976) [93], [94]. Wenn möglich, sollte

aufgrund der besseren Langzeitergebnisse ungekoppelten Prothesen der Vorzug vor gekoppelten Prothesen gegeben werden [95].

Bei den meisten Endoprothesensystemen ist ein Rückflächenersatz der Patella zur Behandlung der Arthrose dieses dritten Knie-Kompartimentes möglich. Entsprechend wird dadurch aus einer Bi- eine Trikompartiment-Prothese. Alternativ kann die Patella nach operativer Glättung und Entfernung von Osteophyten sowie einer zirkulären Patelladenervierung auch direkt auf dem ventralen Metallschild der Femurkomponente gleiten, der die Oberfläche des ehemaligen Patellagleitlagers ersetzt. Trotz des auf den ersten Blick sinnvollen Ersatzes der knorpeligen Rückfläche durch ein PE-Implantat zur Vermeidung des Kontaktes von Knochen/Knorpel mit Metall [96] hat sich dieses Konzept nicht durchsetzen können. In der überwiegenden Anzahl (84%) der in Deutschland implantierten Knieendoprothesen wird auf einen Patellarückflächenersatz verzichtet [85].

Bei ausschließlichem Befall eines Kompartimentes, vor allem medial, kann der Oberflächenersatz auch unikompartimentell bzw. unicondylär erfolgen (Abb. 7). Voraussetzung ist die vollständige Bandstabilität des Gelenkes, da der unicondyläre Schlitten keine intrinsische Stabilität bietet. Aufgrund der daraus resultierenden relativ geringen biomechanischen Anforderungen gehören unicondyläre Schlitten neben den Scharnierprothesen zu den frühzeitig entwickelten Prothesendesigns. Auch die Zahl der unicondylären Schlitten ist aufgrund strengerer Indikationsstellung und häufigerer implantierter bicondylärer Oberflächenersatzprothesen rückläufig. So betrug die Anzahl der Implantationen in Deutschland im Jahr 2005 nur 15% der Zahl der bicondylären Implantationen [85].

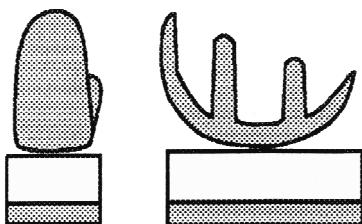


Abbildung 7: Unicondyläre Teilprothese („Monoschlitten“), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131

Auch für den isolierten Ersatz des femoropatellaren Kompartimentes werden Prothesenmodelle angeboten. Diese sollen die bisherige Technik der Tuberousitasversetzung zur Therapie der retropatellaren Arthrose [97] ersetzen, die sich in der Literatur als nicht sinnvoll erwiesen hat [70]. Aufgrund der selten isoliert in diesem Kompartiment auftretenden Arthrosen erfolgt die Implantation allenfalls vereinzelt.

## 1.8 Materialkunde in der Endoprothetik

Während Gluck noch mit dem biologischen Material Elfenbein [87] arbeitete, bestehen heutige Prothesen aus einer Kombination aus metallischen Komponenten und Kunststoff. Die Kombination dieser Materialien ermöglicht ein reibungsarmes Gleiten eines harten Gelenkpartners gegen einen weicheren Partner, der zugleich eine Stoßdämpfereigenschaft besitzt. Dieses sog. „Low

Friction-Prinzip“ wurde von Charnley bereits 1957 in die Hüftendoprothetik eingeführt [98].

### 1.8.1 Metall

Die eingesetzten Metalle müssen unterschiedlichen Eigenschaften genügen. Insbesondere an der Implantatoberfläche ist ein hohe Abriebfestigkeit und Stabilität der Gitterstruktur des Metalls notwendig, da bereits geringfügige Aufrauungen der Oberfläche zu einem deutlich erhöhten Polyethylen-Abrieb mit nachfolgender Prothesenlockerung führen [95]. Ferner stellen auch kleinste Risse in der Oberfläche der Prothese eine Schwachstelle mit erhöhter Gefahr für einen Metallbruch dar [99]. Erreicht wird die notwendige Stabilität durch die Nutzung von Metalllegierungen, die gegenüber Reinmetallen eine deutlich höhere Härte aufweisen. Zum Beispiel wird aus Eisen durch die Zugabe von 0,1% Kohlenstoff Stahl, der im Vergleich zu Eisen eine zehnfach höhere Festigkeit besitzt [99]. Auch die Verarbeitung, z. B. Kaltverformung, hat einen großen Einfluss auf die Festigkeit. Die Prothesenoberfläche muss im Weiteren korrosionsbeständig sein und eine Abgabe von Metallionen an den Organismus weitgehend verhindern. Auch hier spielt die Zusammensetzung der Legierung, z. B. durch die Zugabe von Chrom, eine wichtige Rolle. Eine gute Biokompatibilität und geringe Allergenität sind notwendig.

Während Eisenlegierungen (z. B. 316L-Stahl bzw. V4A-Stahl) vor allem im Osteosynthese-Bereich in Schrauben, Platten und Marknägeln eingesetzt werden, bestehen Endoprothesen zumeist aus Kobalt-Basierenden Verbindungen (Kobalt-Chrom-Molybdän-Nickel) oder Titan-Basierenden Legierungen (Titan-Aluminium-Vanadium). Während letztere Legierung biokompatibler und korrosionsbeständiger ist, zeichnen sich Kobalt-Legierungen durch eine höhere Oberflächenhärte aus [99].

### 1.8.2 Kunststoff (Polyethylen)

Der verwendete Kunststoff ist üblicherweise Polyethylen (PE). Hierbei handelt es sich um ein kettenförmiges Polymer aus dem Kohlenwasserstoff Ethen ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ). PE zeichnet sich durch ein gutes Gleitverhalten und eine hohe Korrosionsbeständigkeit aus. Es ist wasserabweisend und schwimmt auf Wasser. Dieser Effekt kann insbesondere bei sog. „Mobile Bearing Inlays“ ausgenutzt werden, die auf einer polierten Metallplatte auf einem geringen Wasserfilm gleiten können. Das in frühen Prothesen genutzte PE zeigte noch eine deutliche Schwäche im Abriebverhalten. So konnte bei dem von Charnley im Hüftbereich ursprünglich benutzen Polytetrafluorethylen ein Abrieb von 1 cm innerhalb von 3 Jahren gemessen werden [99]. PE-Abrieb führt erstens zu einer Schwächung des Werkstücks mit Gefahr des Materialbruches. Zweitens ist PE aufgrund der Korrosionsbeständigkeit kaum biologisch abbaubar. Die mikroskopisch kleinen Abriebpartikel führen daher zu Fremdkörperreaktionen, die für eine Prothesenlockerung verantwortlich gemacht werden. Auch die im Kniegelenksbereich auftretende Brüchigkeit unter Last war bei den frühen Prothesen noch problematisch. Durch Prothesendesigns mit Verminderung des Auftretens von Spannungsspitzen am Metall-PE-Interface sowie die Einhaltung einer Mindestdicke des PE-Inlays von 8 mm konnte diese Gefahr gemindert werden [94]. Im Laufe der Entwicklung wurden die Molekülketten der verwendeten Polymere immer länger und schwerer („Ultra High Molecular Weight Polyethylene“, UHMWPE), was zu einer erhöhten Festigkeit, insbesondere

gegenüber Abrieb und Ermüdungsbrüchen führte. UHMWPE ist heute Standard im Bereich des Endoprothesenbaus.

### **1.8.3 Keramik**

Keramikwerkstoffe wie Aluminiumoxid oder Zirkonoxid, die im Bereich der Hüftendoprothetik zu finden sind, spielen in der Knieendoprothetik keine Rolle.

## **1.9 Verankerungsmöglichkeiten in der Knieendoprothetik**

Endoprothesen müssen zum Erreichen einer Langzeitstabilität eine feste Verbindung mit dem anliegenden Knochen eingehen. Dies kann sowohl über eine „Klebung“ mittels Knochenzement als auch über eine Pressfit-Verankerung mit nachfolgendem Anwachsen des Knochens an die Prothese erfolgen. Mischversorgungen mit zementierten und zementfreien Komponenten einer Prothese, sog. Hybrid-Implantationen, sind möglich. Auch können einzelne Komponenten teilzementiert implantiert werden. So ist bei Revisionssystemen z. B. am Femur die Zementierung der metaphysären Anteile der Prothese in Kombination mit einem zementfrei implantierten Markraumstem möglich [100].

In Deutschland wird die überwiegende Zahl der Knieendoprothesen zementiert implantiert. Bei Hybridversorgungen erfolgt vor allem die Implantation des Tibiaplateaus in 79% zementiert [85].

In Prothesenregistern zeigen zementierte Knieendoprothesen gegenüber zementfreien Implantaten bessere Langzeitergebnisse. Ob dies an der Implantationsmethode oder an unzureichenden Prothesendesigns der zementfreien Implantate liegt, bleibt jedoch unklar. Für das zementfreie LCS®-Knieprothesensystem werden gute Langzeitergebnisse berichtet [99].

### **1.9.1 Zementierte Verankerung**

Das im allgemeinen Sprachgebrauch als Knochenzement bezeichnete Polymethylmethacrylat (PMMA) ist der Baustein des Acrylglasses (Plexiglas®). Im Knochenzement wird zur besseren radiologischen Beurteilung ein Röntgenkontrastmittel (z. B. Bariumsulfat) zugesetzt. Weitere Zusätze sind Antibiotika, insbesondere im Rahmen von Infektrevisionen, Stabilisatoren und Farbstoffe.

Wie bei Polyethylen handelt es sich bei PMMA um eine Molekülkette aus vielen Einzelbausteinen, den sog. Monomeren. Die Zubereitung des Knochenzements erfolgt während der Operation. Präpolymerisiertes PMMA-Pulver mit kleiner Korngröße wird mit dem in flüssiger Form vorliegenden Monomer (Methylmethacrylat) gemischt. Durch den Hilfsstoff Dibenzolperoxid, den sog. Initiator, wird die Polymerisation zu langketigen Molekülen gestartet. Das Gemisch aus Pulver und Flüssigkeit entwickelt eine zunehmend visköse Konsistenz. In dieser Phase wird es verarbeitet und wirkt als Kleber zwischen Implantat und Knochenoberfläche. Die zunehmende Polymerisation führt dann innerhalb einiger Minuten zu einer belastungsstabilen „glasharten“ Verfestigung der Paste, die zu einer sicheren Verbindung zwischen Knochen und Implantat führt. Diese exotherm ablaufende Reaktion muss in mechanischer Ruhe erfolgen, um eine optimale Festigkeit des Zementes zu gewährleisten [98], [99].

Unterschiedliche Nachteile in der Verwendung von PMMA-Zement sind bekannt bzw. in der wissenschaftlichen Diskussion. Unstrittig ist der erhöhte operative Aufwand gegenüber nichtzementierten Implantaten im Falle einer

Wechseloperation, da der alte PMMA-Zement so vollständig wie möglich entfernt werden muss. Im Fall von Oberflächenersatzprothesen am Kniegelenk ist dieser Nachteil jedoch nur als gering zu bewerten, da im Vergleich zu Hüftprothesen der Zement nicht aus der Tiefe der diaphysären Markhöhle extrahiert werden muss. Operationszeiten werden durch die Applikation und das Beachten der Aushärtezeit von Knochenzement verlängert. Bekannt sind bei der Verwendung von Knochenzement auftretende Kreislaufdepressionen bis hin zu Todesfällen [101]. Ob diese durch eine direkte Wirkung des während der Polymerisation austretenden Monomers auf den Körper hervorgerufen werden, oder ob aus dem Gas resultierende Mikroembolien die Ursache sind, ist jedoch nicht abschließend geklärt [99]. Die Auswirkung der exothermen Polymerisationsreaktion auf das Knocheninterface im Sinne einer thermisch bedingten Nekrose ist ebenfalls noch nicht gesichert. Bei üblichen Dicken des Zementes von wenigen Millimetern scheint dies jedoch kein wesentliches Problem darzustellen [99]. Gegen die verwendeten Zusatzstoffe bzw. das Monomer des PMMA-Zementes sind Allergien bekannt [102].

### **1.9.2 Zementfreie Verankerung**

Bei der zementfreien Verankerung wird auf einen Kleber zwischen Implantat und Knochen verzichtet. Es findet sich also ein direktes Interface zwischen den beiden Partnern. Die primär während der Operation erreichte Stabilität erfolgt durch eine „Pressfit-Verankerung“. Im weiteren Verlauf kommt es infolge der Oberflächenbehandlung der Prothese zu einem Anwachs- bzw. Einwachsverhalten des Knochens. Die Oberflächenbehandlung erfolgt üblicherweise nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung. Entweder wird dazu die Oberfläche des Implantates direkt behandelt, z. B. mittels Ionisierung, oder sie wird mit einem anderen Material beschichtet. Hierbei ist eine feste Verbindung zwischen eigentlicher Prothese (Metall) und Beschichtung Grundvoraussetzung. Beschichtungsmaterialien können sowohl Calcium-Phosphat-Verbindungen (Hydroxylapatit oder Tricalciumphosphat) als auch Metallverbindungen auf Titan- oder Tantalbasis sein [103]. Die Ergebnisse insbesondere Hydroxylapatit-beschichteter Prothesen sind jedoch widersprüchlich [103].

## **1.10 Operationstechnik der bicondylären Oberflächenersatzprothese am Beispiel der P.F.C.-Endoprothese**

Die Implantation einer Kniegelenkendoprothese erfolgt prinzipiell in vier Schritten [95]:

- Wiederherstellung der korrekten Achsen in allen drei Ebenen mit Korrektur der Gelenklinie
- Weichteilbalancierung
- Optimierung der patellofemoralen Führung mit oder ohne Patellaersatz
- Komponentenfixierung

Die Operation kann in Allgemein- oder Regionalanästhesie durchgeführt werden, wobei die Regionalanästhesieverfahren vorzuziehen sind [104]. Regionalanästhesien können rückenmarknah als Spinal- bzw. Epiduralanästhesie oder über die Blockade einzelner Nerven bzw. Nervenplexus erfolgen. Gängige Lokalisationen sind der Psoaskompartiment-Block, der Nervus Ischiadicus-Block oder der Nervus Femoralis-Block [104]. Eine über die eigentliche Operation hinausgehende Analgesie kann einerseits durch die Verwendung langwirksamer

Lokalanästhetika, andererseits durch die Anlage von Schmerzkathetern erfolgen, über die postoperativ kontinuierlich oder bolusweise Lokalanästhetika zur Schmerztherapie appliziert werden können [105].

Eine präoperative Single shot Antibiotikaphylaxe ist Standard in der Endoprothetik. Im Anschluss erfolgt üblicherweise die Anlage eines pneumatischen Oberschenkeltourniquets. Die Operation erfolgt in Blutleere nach Auswickeln des Beines mit einer Esmarchbinde oder in Blutsperre nach vorübergehender Beinhochlagerung. Das gesamte Bein unterhalb der Tourniquetmanschette wird desinfiziert und frei beweglich abgedeckt. Der Routinezugang erfolgt ventral gerade über dem Gelenk. Eröffnung des Gelenkes durch eine mediane parapatellare Inzision. Hierbei wird die Quadrizepssehne in Faserrichtung eingeschnitten. Andere Zugangswege (z. B. der Subvastus-Zugang [106]) in speziellen Fällen sind möglich. Nach Mobilisation der Kapsel und Resektion des vorderen Kreuzbandes kann die Patella evertiert werden. Jetzt oder zum Ende der Operation wird die Patella modelliert und denerviert.

Nach ggf. notwendiger Synovektomie des Gelenkes erfolgt die Eröffnung des femoralen Markraums („Femur first-Technik“) und das Einbringen eines intramedullären Führungsstabes. Dieser dient zur Orientierung des Sägeblocks für den distalen ersten Femurcut. Der übliche Winkel zwischen Schablone und Markraumstab beträgt physiologisch  $7^\circ$  und wird präoperativ an Ganzbeinstand-Röntgenaufnahmen ermittelt. Es erfolgen, ausgehend von diesem ersten Schnitt die ventralen und dorsalen Sägeschnitte, wobei auf eine korrekte Rotation der Sägelehre zur Kondylenachse ( $3^\circ$  nach medial ansteigend) zu achten ist, da sich sonst der Beugespalt medial zu sehr verengt.

Zuwenden zur Tibia, extramedulläre Ausrichtung der Sägeschablone, so dass die korrekte Neigung nach dorsal ( $5^\circ$ ) und die korrekte Rotation des geneigten Sägeschnittes eingestellt werden können. Nach Entfernen der Tibiascheibe Größenmessung und Schaffung einer Vertiefung für den kurzen Stem des Tibiaplateaus. Anschließend nach Entfernung der Meniskusreste und evtl. Osteophyten Einbringen der Probekomponenten und Durchführen der Weichteilbalancierung. Vorbereiten der Knochenoberfläche mittels Jetlavage. Anschließend Aufzementieren zunächst der Tibiakomponente, Aufschlagen des Inlays, dann Aufzementieren der Femurkomponente. Nach Entfernen überflüssigen Zementes Aushärten des Zementes in Streckstellung unter Kühlung mittels Spülung. Vor dem schichtweisen Wundverschluß Eröffnen der Blutleere, sorgfältige Blutstillung und Einbringen einer intraartikulären und einer subkutanen Redondrainage.

Erweiterungen bzw. Modifikationen ergeben sich z. B. aus der Anwendung der Navigation mit vorübergehendem Anbringen von Pins für die Vermessung oder durch Anbringen von metallischen Augmentationen (sog. Steps) in Defektsituationen.

## **1.11 Postoperative Nachbehandlung**

Das Knie wird in Streckstellung und leichter Hochlagerung auf einer Schaumstoffschiene gelagert. Es erfolgen regelmäßige Kontrollen auf Nachblutung bzw. Blutverlust über die Wunddrainagen. Kontrolle auf erhaltene periphere Durchblutung und nach Abklingen der Regionalanästhesie Kontrolle auf intakte Motorik und Sensibilität. Die Schmerzkatheter werden über ein bis zwei Tage belassen. Während dieser Zeit darf der Patient wegen erhöhter Sturzgefahr

nicht alleine aus dem Bett aufstehen. Bewegungs- und Kräftigungsübungen sowie eine erste Mobilisation aus dem Bett erfolgen am ersten postoperativen Tag. Nach Entfernung der Redondrainagen und der Schmerzkatheter beginnt das Gangtraining unter schmerzadaptierter Vollbelastung an zwei Unterarmgehstützen. Parallel dazu angeleitete Übungen zur Quadrizepskräftigung und Anwendung der Motorschiene zur Continuous passive Motion (CPM). Die Literaturlage zur CPM und insbesondere deren Bewertung sind widersprüchlich [107], [108], jedoch scheinen keine Nachteile bei sicherlich zumindest kurzfristigen Vorteilen aus der Anwendungen der CPM zu resultieren. Die Entlassung des Patienten erfolgt mit einem ROM von 0/0/90° in Extension/Flexion des Kniegelenkes, üblicherweise in eine Rehabilitationseinrichtung. Entfernung des Hautverschlußmaterials 14 Tage postoperativ.

### **1.12 Komplikationen in der Knieendoprothetik**

Die Knieendoprothetik stellt nach allgemeinem Konsens eine sichere und komplikationsarme Versorgungsmöglichkeit mit guten langfristigen Ergebnissen dar [109]. Dies gilt auch für Patienten fortgeschrittenen Alters [110]. Die 10-Jahres-Standzeiten der Prothesen liegen deutlich über 90% [111]. Die wesentliche langfristige Komplikation in der Endoprothetik ist die aseptische Lockerung der Prothese. Ursachen können Implantatbedingt, Operationsbedingt oder Patientenbedingt sein. Die Langzeithaltbarkeit hat sich im Laufe der letzten Jahre kontinuierlich verbessert. Die 10-Jahres-Revisionsrate bei zementierten Knieendoprothesen konnte in Schweden von ca. 8% für Erstimplantationen zwischen 1988 und 1997 auf 4% für Implantationen in den folgenden 10 Jahren reduziert werden. Dies ist vermutlich vor allem auf verbesserte Implantatdesigns und verbesserte Operationstechniken zurückzuführen [112]. Die Indikationsstellung zur TEP-Implantation hat sich dagegen im Laufe der letzten Jahrzehnte eher erweitert, so dass auch Patienten mit erhöhtem perioperativen Risiko und aktive jüngere Patienten mit erhöhtem Risiko einer frühzeitigen Lockerung zunehmend operativ versorgt werden [109].

Zu den intra- und kurzfristig postoperativ auftretenden operationsassoziierten Komplikationen zählen [94], [113]:

- Infektionen und Wundheilungsstörungen
- Tiefe Beinvenenthrombosen und Lungenembolien
- Verletzung großer Gefäße mit lokalen Komplikationen (Kompartmentsyndrom, Hämatom)
- Postoperative Anämie
- Nervenverletzung
- Periprothetische Frakturen und Luxationen
- Überdurchschnittlich starker bzw. lang anhaltender Schmerz, Regionales Schmerzsyndrom (CRPS)
- Gelenkeinstieg
- Weichteilkomplikationen, insbesondere Rupturen des Streckapparates
- Prothesenfehllagen mit Achsfehlstellung und/oder Patellainstabilität

Aufgrund der Patientenstruktur in der Endoprothetik, die naturgemäß überwiegend ältere Personen umfasst, ist im Rahmen des operationsbedingten stationären Aufenthaltes auch mit Komplikationen zu rechnen, die nicht direkt mit der Operation selbst assoziiert werden können. Hierunter fallen insbesondere Ereignisse, die einem vorerkrankten Herz-Kreislauf-System und einer

Atherosklerose geschuldet sind. Zusammenhänge mit der Operation ergeben sich jedoch indirekt über mit der Operation zusammenhängende Faktoren. Neben dem psychischen Stress durch Angst, Unsicherheit und Fremdbestimmung kommt der Stressfaktor Schmerz [114] hinzu. Auch die zusätzliche Kreislaufbelastung durch eine perioperative Anämie wird als Faktor für das Auftreten von Komplikationen angeschuldigt. Die Anämietoleranz eines entsprechend vorerkrankten (alten) Patienten ist geringer als die eines jungen Herz-Kreislauf-Gesunden [115]. Zur Vermeidung der genannten Risiken werden standardisierte und interdisziplinäre Vorkehrungen getroffen.

### **1.12.1 Thrombose- und Embolieprophylaxe**

Gemäß WHO sind thromboembolische Komplikationen die zweithäufigste vermeidbare Todesursache bei stationären Patienten [116]. Die Knieendoprothetik fällt in den Hochrisikobereich für die Entwicklung von tiefen Beinvenenthrombosen (TVT) und Lungenembolien (LE). Die entsprechenden Leitlinien [117] sehen daher eine kombinierte Thromboseprophylaxe vor, da die Studienlage zumindest für die westliche Welt eine deutliche Verminderung des Risikos für TVT und LE zeigt [117]. In Asien stellt sich das Risiko teilweise anders dar, daher wird dort zumindest vereinzelt auf den Einsatz einer TVT-Prophylaxe verzichtet [118].

Der im Operationssaal angelegte Ganzbeinverband mit milder Kompression dient neben einer kompressionsbedingten Blutstillung am Kniegelenk auch der Thromboseprophylaxe. Nach Entfernung des Verbandes erfolgt die Anlage von beinlangen Antithrombosestrümpfen. Ggf. ist im Einzelfall auch die Anlage einer intermittierenden pneumatischen Kompression möglich. Im hier untersuchten Zeitraum fand diese Art der Prophylaxe jedoch noch keine Anwendung.

Die physiotherapeutische Thromboseprophylaxe wird durch eine frühzeitige Mobilisierung des Patienten ab dem ersten postoperativen Tag und die Anleitung zum aktiven Einsatz der Muskelpumpe des Unterschenkels im Liegen gewährleistet. Entstauende Maßnahmen erfolgen ebenfalls.

Medikamentös erfolgt die Thromboseprophylaxe üblicherweise mittels niedermolekularen Heparins. Bei Heparin handelt es sich um Glykosaminoglykane (Polysaccharide) aus Schweinedarmmukosa, die durch eine Bindung an Antithrombin III (AT III) dessen hemmenden Einfluss auf die Blutgerinnung verstärken. Die erste subkutane Injektion in prophylaktischer Dosierung erfolgt am Vorabend der Operation und setzt sich während des stationären Aufenthaltes mit einer abendlichen einmal täglichen Gabe fort. Ein ausreichender zeitlicher Abstand zur Operation und insbesondere zu den regionalen Anästhesieverfahren [117] ist somit gewährleistet, um Blutungskomplikationen zu minimieren. Bei Patienten mit Kontraindikationen für Niedermolekulares Heparin, insbesondere einer bekannten Allergie, oder einer erhöhten Thrombosegefahr wird das Regime angepasst. So kann die medikamentöse Prophylaxe auch mit Nichtheparinen wie z. B. Fondaparinux erfolgen oder bei Hochrisikopatienten die Heparindosierung frühzeitig postoperativ gesteigert werden. Orale Antikoagulantien wie Acetylsalicylsäure (ASS) oder die neuen oralen Wirkstoffe Rivaroxaban bzw. Dabigatranetexilat sind zur TVT-Prophylaxe entweder ungeeignet (ASS) [117] oder so neu, dass sie im untersuchten Zeitraum dieser Arbeit keine Anwendung fanden.

Die durchgeführte Regionalanästhesie senkt allgemein das perioperative Mortalitätsrisiko und dabei insbesondere die Rate von TVT und LE [104].

### **1.12.2 Postoperative Schmerztherapie**

Operationen im musculoskelettalen Bereich gehören zu den schmerhaftesten Operationen überhaupt [105]. Da operativ bedingte Schmerzen durch den Wahleingriff bedingt werden, hat der Patient, unabhängig vom allgemeinen Recht auf Linderung seiner Schmerzen, einen Rechtsanspruch auf die ausreichende Behandlung der vom Operateur verursachten Schmerzen [105]. Ferner stellt Schmerz einen ausgeprägten Stressor für die Patienten dar. Unzureichend behandelte Schmerzen werden unter anderem für eine erhöhte Rate von postoperativen Komplikationen verantwortlich gemacht. Zu denken wäre dabei z. B. an schmerzbedingte Blutdrucksteigerungen, die zu einer Myokardbelastung [119] aber auch zu einem erhöhten perioperativen Blutverlust führen können [120]. Auch sind schmerzgeplagte Patienten schlechter zu mobilisieren, was wiederum eine erhöhte Thrombosegefahr und das Risiko einer Gelenkeinstieifung in sich birgt. Eine suffiziente perioperative Schmerztherapie ist daher aus ethischen, rechtlichen und medizinischen Gründen integraler Bestandteil des Gesamtbehandlungskonzeptes in der Orthopädischen Chirurgie im Allgemeinen und der Knieendoprothetik im Besonderen.

Auch hier ist das Vorgehen interdisziplinär. Es beginnt mit dem Anästhesieverfahren, das bereits die Möglichkeit der postoperativen Analgesie mittels Schmerzkatheter eröffnet (s. Kapitel Operationstechnik) [121]. Die Dauer der Operation sowie das Ausmaß der intraoperativen Gewebetraumatisierung sind ebenfalls Faktoren, deren Minimierung zur Minderung der postoperativen Schmerzen beitragen kann. Neben der Katheteranalgesie und physikalischen Maßnahmen wie Hochlagerung, Kühlung und Entstauung [122] wird vor allem auch medikamentöse Schmerztherapie durchgeführt. Auch hier erfolgt insbesondere in der direkt postoperativen Inflammationsphase über die ersten Tage eine Kombinationstherapie mit unterschiedlichen Analgetika. Durch unterschiedliche Angriffspunkte kann hierdurch eine effektive Analgesie mit niedrigen Dosierungen einzelner Medikamente erreicht werden, was zu einer Minimierung der Medikamentennebenwirkungen führt. Zum Einsatz gelangen prinzipiell die gleichen Analgetika wie in der konservativen Arthrosetherapie (s. Kapitel Konservative Therapie). Zwar liegt die Basis der Behandlung auf den NSAR, jedoch erfolgt aufgrund der üblicherweise postoperativ deutlich größeren Schmerzstärke und des kurzfristigen Charakters des Schmerzes ein frühzeitiger Einsatz von Opioid-Analgetika gemäß dem Stufenschema der WHO. Ein langsames Titrieren weniger potenter Analgetika im Sinne eines vorsichtigen Herantastens verbietet sich aufgrund der Akutheit der Schmerzen. Insbesondere bei den NSAR ist jedoch deren ausgeprägtes Nebenwirkungsprofil mit Gefahren insbesondere für den alten vorerkrankten Patienten zu berücksichtigen. Die evtl. Beeinträchtigung der Osteointegration von zementfreien Endoprothesen beim Menschen durch die Gabe von NSAR ist noch nicht abschließend geklärt [123], spielt aber bei den überwiegend zementierten Knieendoprothesen nur eine untergeordnete Rolle.

### **1.13 Blutverlust, Bluttransfusion und blutsparende Maßnahmen**

Aufgrund der intraoperativen Eröffnung der Markräume großer Röhrenknochen sowie der Exposition des Kniegelenkes mit entsprechender Eröffnung der Weichteile gehört die Knieendoprothetik zu den blutungsgefährdeten Operationen. Mit dem Blut verliert der Patient neben Flüssigkeit und Gerinnungsfaktoren auch die im Blut zirkulierenden Erythrozyten, die den Sauerstoffträger Hämoglobin (Hb)

enthalten. Folge ist die Blutarmut (Anämie), gemessen mittels der Konzentration des Hb im Blut (in Gramm pro Deziliter, g/dl) bzw. indirekt über den prozentualen Anteil der zellulären Bestandteile im Blut (Hämatokrit, Hkt), der maßgeblich durch die Erythrozyten bestimmt wird. Unterschreitet die Hb-Konzentration bzw. der Hkt kritische Werte, drohen Organ- und Kreislaufkomplikationen [124]. Zumindest bis in die 1990er Jahre hinein war die Knieendoprothetik daher häufig auf die perioperative Gabe von Fremdblut angewiesen [125].

### **1.13.1 Risikofaktoren für einen verstärkten Blutverlust**

Das Risiko eines verstärkten Blutverlustes korreliert in erster Linie mit der Schwere des Eingriffs sowie der Nutzungsmöglichkeit blutsparender Maßnahmen. Bei geplanten primären Knie-TEP-Implantationen ist das Risiko daher deutlich geringer als bei komplizierten Wechsel-Operationen oder z. B. bei der Implantation einer Tumor-Knie-TEP. Patientenbezogene Faktoren sind laut Literatur das Vorliegen eines septischen Geschehens, fortgeschrittenes Alter, weibliches Geschlecht – beides vermutlich aufgrund des niedrigeren Ausgangs-Hb – und ein unterdurchschnittlich niedriger präoperativer Hb-Wert [126]. Dieser kann aus chronischen Erkrankungen bzw. immunsupprimierender Medikation resultieren, wie z. B. bei Patienten mit Rheumatoider Arthritis. Ein Einfluss der Dauer der Blutsperre auf das Blutungsrisiko [127] ist dagegen nicht durchgängig feststellbar.

### **1.13.2 Allogene Transfusion von Erythrozytenkonzentraten**

Seit der Entdeckung des AB0-Blutgruppensystems durch Landsteiner 1901 bestand die hauptsächliche Therapie der Anämie in der Verabreichung von Hämoglobin mittels einer sog. Bluttransfusion. Diese erfolgt heute weit überwiegend als Transfusion von sog. Erythrozytenkonzentraten (EK) aus Vollblut von Blutspendern (allogene Bluttransfusion) [128]. Die routinemäßige Gabe von Fremdblut zum Ersatz des verlorenen Blutes ist jedoch abzulehnen. Neben ökonomischen Gründen (Kostenintensität von Blutprodukten [129]) und einer absehbaren Verknappung des Arzneimittels Blut [115] resultiert diese Ablehnung insbesondere aus den bekannten Komplikationen der Fremdblutgabe. In Großbritannien wurden im Jahr 2008 rund 2,8 Millionen Einheiten von Blutprodukten ausgeliefert, davon 2,17 Millionen EK, registriert wurden im gleichen Zeitraum insgesamt 1.040 unerwünschte Ereignisse [130] in direktem Zusammenhang mit Blutproduktverabreichungen. Auf Deutschland bezogen dürfte bei rund 4,5 Millionen ausgelieferten EK [128] die Anzahl der unerwünschten Ereignisse etwa das Doppelte der britischen Zahlen betragen. Die Komplikationsmöglichkeiten sind zahlreich [131] und lassen sich in vier Untergruppen einteilen.

#### **1.13.2.1 Immunologische Transfusionskomplikationen**

Hierunter fallen Antikörper-Vermittelte Reaktionen des Empfängers auf transfundierte Blut- und Plasmabestandteile („Host-vs.-Graft“-Reaktion). In seltenen Fällen ist auch eine „Graft-vs.-Host“-Reaktion möglich, bei der immunkompetente Zellen (Lymphozyten) des Spenders im Empfänger eine Reaktion auslösen. Dies betrifft vor allem stark immundefizierte Patienten. Diese erhalten daher üblicherweise bestrahlte Konserven, in denen zusätzlich zur üblichen Leukozytenfilterung durch Bestrahlung mit 30 Gy alle verbliebenen Lymphozyten abgetötet werden [131].

Die wesentliche Ursache immunologischer Reaktionen ist die Transfusion immunologisch inkompatibler Blutbestandteile. Ein vermeidbarer Fehler ist dabei eine fehlerhafte Zuordnung von Patient und Konserven in Bezug auf eine der unterschiedlichen Blutgruppen. Insbesondere bei Inkompatibilität im AB0-Blutgruppensystem kann eine immunologisch hervorgerufene akute Hämolyse die Folge sein. Blutgruppeninkompatible Transfusionen sind die häufigste Ursache für immunologische Reaktionen, die Transfusion AB0-inkompatibler Erythrozytenkonzentrate ist jedoch selten. Für das Jahr 2008 berichtet die nationale Meldestelle für Großbritannien [130] über 10 Ereignisse, in Japan liegt die Anzahl im mehrjährigen Mittel von 12 Ereignissen pro Jahr [132].

Andere immunologische Ereignisse werden über Antigene im Plasma oder über mit transfundierte Leukozyten vermittelt. Hierunter fallen verzögerte hämolytische Transfusionsreaktionen, febrile nichthämolytische Transfusionsreaktionen, allergische und anaphylaktische Transfusionsreaktionen, die Transfusionspurpura und die „Transfusionsassoziierte akute Lungeninsuffizienz“ (TRALI). TRALI gilt dabei als die häufigste transfusionsassoziierte Todesursache mit einer Mortalitätsrate von bis zu 25% [131].

### **1.13.2.2 Nichtimmunologische Transfusionskomplikationen**

Auf die korrekte Einhaltung der Lagerungs- und Transportvorschriften muss geachtet werden, da lagerungsbedingte Veränderungen der Erythrozyten zur Hämolyse führen können. In korrekt gelagerten, nicht abgelaufenen EK darf der Anteil hämolysierter Erythrozyten nicht mehr als 0,8% betragen [133]. Ebenso hat die gleichzeitige Verabreichung von Blutprodukten und Medikamenten über den gleichen venösen Zugang zu unterbleiben. Gerade bei Herzinsuffizienten kann die (multiple) Gabe von Erythrozytenkonzentraten zu einer transfusionsbedingten Hypervolämie führen. Bei chronisch rezidivierender Blutgabe muss der drohenden Hämosiderose mittels Eisenchelattherapie vorgebeugt werden. Die TRALI kann in einer mildereren Form auch nicht-immunologisch durch Fremdblutgabe hervorgerufen werden. Hierbei scheinen ebenfalls lagerungsbedingte Abbauprodukte aus dem transfundierten Blutprodukt die Lungeninsuffizienz auszulösen.

### **1.13.2.3 Infektiologische Transfusionskomplikationen**

Im Zusammenhang mit Bluttransfusionen fürchten die meisten Patienten vor allem die Infektion mit übertragbaren Erkrankungen. Insbesondere die mögliche Infektion mit den AIDS auslösenden HI-Viren ist nach den transfusionsbedingten AIDS-Erkrankungen Anfang der 1980er Jahre allgemein bekannt geworden. Aufgrund organisatorischer Sicherheitsmaßnahmen und entsprechender Testung der Spender ist das tatsächliche Risiko, an einer transfusionsbedingten Infektion zu erkranken, sehr gering. Zwischen 1996 und 2008 wurden in Großbritannien insgesamt 66 solcher Infektionen gemeldet [130]. Dies entspricht 1,22% aller Meldungen. Im Jahr 2008 betrug die Anzahl 6 (entsprechend 0,6%). Vorwiegend handelt es sich dabei um bakterielle Infektionen kontaminiertes Blutproduktes. Das Risiko für eine HIV-Infektion wird in Deutschland aktuell auf 1:4,3 Millionen/Jahr geschätzt, für Hepatitis B auf 1:360.000 und für Hepatitis C auf 1:10,88 Millionen [134]. Möglich sind ferner Infektionen mit Zytomegalieviren, Parvoviren, Parasiten wie z. B. der Malaria und Prionen [131]. Zur Infektionsprophylaxe erfolgt z. B. die Spenderzurückstellung nach Aufenthalt in Malariaendemiegebieten. Zellständige Viren, insbesondere das Zytomegalievirus, werden in ihrer Konzentration durch

die Leukozytenfilterung bei der Herstellung der EK (Leukozytendepletion) ausgeprägt vermindert.

#### **1.13.2.4 Negative Immunmodulation im Zusammenhang mit Fremdblutgabe**

Bei Patienten, die allogene EK-Transfusionen erhalten haben, ergeben sich in der Literatur Hinweise auf eine allgemein gesteigerte postoperative Komplikationshäufigkeit. Dies betrifft z. B. die erhöhte Inzidenz von thrombotischen Ereignissen [135] oder eine erhöhte Rate von Wundheilungsstörungen und einen verlängerten Krankenhausaufenthalt [136]. Auch wenn die statistische Bestimmung des auslösenden Faktors im Einzelfall aufgrund zahlreicher Kofaktoren wie Alter, perioperativer Blutverlust, Vorerkrankungen usw. schwierig ist, ergeben sich insgesamt Hinweise, dass das Immunsystem der Blutempfänger durch die Transfusionen negativ moduliert wird [137].

#### **1.13.3 Rechtlicher Rahmen in der Transfusionsmedizin**

Aufgrund der beschriebenen Komplikationen und insbesondere als Reaktion auf die HIV-Übertragungen durch Blutprodukte erfolgte in den 1990er Jahren mit der Schaffung des „Gesetzes zur Regelung des Transfusionswesens“ (Transfusionsgesetz, TFG) [138] ein neuer rechtlicher Rahmen. Da EK rechtlich als Arzneimittel und andere Blutprodukte als Medizinprodukt eingestuft werden, gelten ferner das Arzneimittelgesetz (AMG) [139] und das Medizinproduktegesetz (MPG) [140]. Aufgrund der Möglichkeit der Übertragung von Krankheiten mittels Blutprodukten gilt ferner das Infektionsschutzgesetz (IfSG) [141]. Die praktische Durchführung aller das Transfusionswesen betreffenden Maßnahmen wird in der entsprechenden Richtlinie des Paul-Ehrlich-Institutes (Oberste Bundesbehörde) geregelt [142]. Die „Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“ der Bundesärztekammer [133] vermitteln den wissenschaftlichen Sachstand.

Dieser Rahmen soll der Risikominimierung transfusionsbedingter Komplikationen dienen. Da die beste Risikominimierung in der Vermeidung allogener EK-Transfusionen besteht, legen die Richt- und Leitlinien Wert auf blutsparende Maßnahmen und insbesondere die Nutzung des patienteneigenen Blutes (Eigenblut).

So muss bei geplanten Operationen, wie sie die Knieendoprothesenimplantation regelhaft darstellen, spätestens ab einer Transfusionswahrscheinlichkeit von 10% der Patient über die Möglichkeit der Nutzung von Eigenblut aufgeklärt werden [142]. Wie die operierende Klinik dann die Eigenblutnutzung organisiert, bleibt ihr im Rahmen der organisatorischen Möglichkeiten überlassen [142].

#### **1.13.4 Fremdblutsparende Maßnahmen**

Grundsätzlich können bei fremdblutsparenden Maßnahmen zwei Wirkungsweisen unterscheiden werden. Auf der einen Seite soll der Blutverlust verhindert werden. Dies kann sowohl durch lokale Maßnahmen wie z. B. eine konsequente Blutstillung als auch durch systemische Maßnahmen wie z. B. die Wahl des Anästhesieverfahrens erfolgen. Auf der anderen Seite kann verlorenes Blut ersetzt werden. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Möglichkeiten [143] vorgestellt.

## 1.13.4.1 Blutungsvermeidung

### 1.13.4.1.1 Lokale Maßnahmen

Das Ausmaß der intra- und perioperativen Blutung wird vorwiegend vom Ausmaß des chirurgischen Traumas bestimmt. Die Dauer der Operation und somit der intraoperativen Blutung sowie die Größe des Operationsfeldes sind dabei die bestimmenden Faktoren. Über eine Reduktion dieser Faktoren (routiniertes Operationsteam, minimal-invasive Zugänge) kann die Menge des verlorenen Blutes reduziert werden. Ferner wird die Auskühlung des Patienten vermindert (s. unten) und allgemein die postoperative Mobilisierung des Patienten verbessert.

Der Verschluss der blutenden Markhöhlen erfolgt bei der zementierten Endoprothese mittels des Implantates bzw. des Zements. Zur Sicherung des femoralen Markraums – eröffnet durch die intramedulläre Ausrichtung – gegen eindringenden Zement hat sich der Verschluss mit einem Spongiosastopfen aus dem resezierten Knochenmaterial bewährt. Bei zementfreien Implantaten kann hierdurch auch der Blutverlust vermindert werden [144].

Ein zusätzlicher Gewebeverschluss mit Fibrinkleber und/oder autologem Thrombozyten-angereicherten Plasma kann ebenfalls eine signifikante Reduktion des postoperativen Blutverlustes bewirken [145]. Durch diese Medikamente wird lokal der letzte Schritt der Gerinnungskaskade ausgelöst, was zu einer effektiven Blutstillung führt. Jedoch stellt kommerziell erhältlicher Fibrinkleber ebenfalls ein Blutprodukt aus gepooltem menschlichem Blut dar. Ferner enthält es zur Stabilisierung des Fibringerüstes den aus Rindern gewonnenen Abbauhemmstoff Aprotinin (s. unten) mit der (geringen) Gefahr einer anaphylaktischen Reaktion. Die intraoperative Herstellung von Fibrinkleber und Thrombozyten-angereichertem Plasma aus einer Blutmenge von ca. 350 ml, z. B. im Rahmen einer ANH (s. unten) ist möglich und im Vergleich kosteneffektiv, jedoch sehr aufwändig [143], [146]. Die Nutzen-Risiko-Abwägung sowie die nicht unerheblichen Kosten des kommerziellen Fibrinklebers machen eine Routineanwendung dieser Stoffe in der Knieendoprothetik daher unwahrscheinlich.

Die präoperative Anlage einer pneumatischen Oberschenkelmanschette (Tourniquet) zum Erreichen einer intraoperativen Blutsperre bzw. Blutleere wird in der Literatur kontrovers diskutiert [147]. Der potenziellen Verminderung des intraoperativen Blutverlustes sowie der besseren intraoperativen Übersicht und einer besseren Zementverankerung stehen postulierte Risiken wie eine erhöhte Rate von Nervenschäden sowie eine schlechtere postoperative Beweglichkeit gegenüber. Diese Risiken nehmen mit zunehmender Erhöhung des benutzten Druckes zu. Dieser sollte daher nicht mehr als ca. 100 mmHG oberhalb des systolischen Blutdruckes liegen, um eine sichere Blutsperre unter weitgehender Vermeidung von Gewebeschäden zu ermöglichen [148]. Ob das Eröffnen der Blutsperre zum Zwecke der intraoperativen Blutstillung im Vergleich zum Belassen der Blutsperre bis nach dem Wundverschluß Vorteile bringt, ist ebenfalls noch nicht abschließend geklärt. Studien zeigen zwar eine signifikant geringere Revisionshäufigkeit bei frühzeitiger Eröffnung, der insgesamt gemessene Blutverlust durch die TEP-Implantation war in dieser Gruppe jedoch höher als in der Gruppe mit später Eröffnung [149], [150].

Die lokale Durchblutungsminderung im OP-Gebiet kann auch mittels einer Infiltration mit Adrenalinlösung erfolgen. Aufgrund der Größe des OP-Gebietes

und der redundanten Durchblutungssituation (s. Kapitel Anatomie) ist jedoch die Infiltration großer Mengen der Lösung (500 ml) notwendig [151].

Der Einfluss einer lokalen Wunddrainage auf den postoperativen Blutverlust wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Der Einsatz dieser nach dem Franzosen Henry Redon benannten Drainagen gehört sicher zu den etablierten orthopädisch-chirurgischen Verfahren, die trotz kontroverser Evidenzlage routinemäßig eingesetzt werden [152]. Es handelt sich um geschlossene Saugsysteme, die über ein wandstarkes Schlauchsystem Blut und Exsudat aus dem OP-Gebiet ableiten und nach 24 – 48 Stunden entfernt werden. Die mehrfach perforierten Schlauchenden werden in der Literatur unterschiedlich platziert. In den hier untersuchten Operationen erfolgten üblicherweise die Anlage einer tiefen intraartikulären Drainage und die Anlage einer subkutanen Drainage. Durch die Absaugung der Flüssigkeit aus Gelenk und Subkutangebiet sollen größere lokale Flüssigkeitsansammlungen und Hämatome reduziert und damit die Wundverklebung und –heilung beschleunigt werden. Gleichzeitig wird durch die Verminderung des intraartikulären Schwellungsdruckes eine postoperative Schmerzlinderung postuliert. Drittens kann bei Nutzung eines Autotransfusionssystems das gewonnene blutige Sekret – bzw. dessen Erythrozytenanteil – retransfundiert werden (s. unten), was der Reduktion postoperativer Bluttransfusionen dienen soll. Gegner postulieren eine erhöhte Infektionsgefahr durch am Schlauch aufsteigende Keime, einen erhöhten postoperativen Blutverlust durch Verhinderung der Autokompression im OP-Gebiet infolge des konstanten Sogs sowie postoperativ verstärkte Schmerzen und eingeschränkte Beweglichkeit durch die intraartikulär liegenden Drainageschläuche. Sicher ist, dass durch die Drainage keine vollständige „Entleerung“ der sich intraoperativ ansammelnden Flüssigkeit möglich ist [153]. Die Rate von lokalen Wundrandeinblutungen scheint vermindert zu sein, dafür ist der postoperative Blutverlust vermehrt, ohne zu einer relevanten Steigerung der Bluttransfusionsrate zu führen [154]. Hierbei scheint auch die Sogstärke, die sich je nach Herstellerfirma unterscheidet, eine Rolle zu spielen [155].

Postoperative Kühlung und ein lokaler Druckverband reduzieren die postoperative Nachblutung [156], [157]. Insbesondere bei Patienten mit einer prolongierten Regionalanästhesie ist dabei auf die ausreichende Durchblutung des Beines zu achten, um kein sich entwickelndes Durchblutungsproblem infolge des Druckverbandes zu übersehen. Die Kontrolle der Nervenfunktion so früh wie möglich nach Abklingen der Regionalanästhesie und vor einer evtl. Bolusgabe über einen Schmerzkatheter verhindert das Risiko, ein sich entwickelndes Kompartmentsyndrom oder einen intraoperativen Nervenschaden zu übersehen [158].

Die intraoperative und postoperative Lagerung sollte das OP-Gebiet auf Herzhöhe oder darüber positionieren, um über die Ausnutzung des hydrostatischen Drucks einem verstärkten Blutverlust entgegenzuwirken.

In der direkt postoperativen Phase unter noch andauernder Wirkung der Regionalanästhesie wird auch die vorübergehende Lagerung in 70° - 90° Knieflexion diskutiert (Stufenlagerung) [159]. Der gesteigerte intraartikuläre Druck sowie die Erhöhung des Kniegelenkes über Herzhöhe sollen einen positiven Einfluss auf den postoperativen Blutverlust haben. In kontrollierten Studien konnten jedoch keine ausreichenden positiven Effekte gesehen werden. Hingegen war die postoperative Beweglichkeit in den Flexionsgruppen teilweise vermindert.

Empfohlen wird daher die Lagerung in leichter Hüftflexion und Kniestreckung [160-162].

#### ***1.13.4.1.2 Systemische Maßnahmen***

Eine Reihe von Medikamenten greift in die Blutgerinnung ein und kann im Rahmen von Operationen zu Blutungskomplikationen führen. Während das kurzfristige (24 Stunden) präoperative Pausieren von NSAR üblicherweise unproblematisch ist, ist bei gezielt blutgerinnungshemmenden Medikamenten wie ASS, Clopidogrel oder Marcumar eine Nutzen-Risiko-Abwägung notwendig. Diese Medikamente werden zur Prophylaxe arterieller oder venöser Thromboembolien eingesetzt. Insbesondere die Kombination der auf den arteriellen Schenkel wirkenden Medikamente ASS und Clopidogrel ist nach Implantation von Koronararterienstents notwendig, um einem Stentverschluss mit hoher Mortalitätsrate vorzubeugen. Die Nachblutungsrate nach nichtkardiologischen Operationen steigt unter dieser Kombinationstherapie allerdings um 30 – 50% an, ferner steigt der Anteil blutungsbedingter Komplikationen, wenn auch nicht so stark [163]. Wenn internistisch/neurologisch akzeptabel, sollte daher eine entsprechende Medikation pausiert werden, insbesondere bei Patienten, die lediglich eine Primärprophylaxe mit ASS durchführen. Das vorwiegend auf dem venösen Schenkel wirkende Marcumar kann überlappend durch das perioperativ besser steuerbare Heparin ersetzt werden.

Auch Heparine (s. Kapitel Thrombose- und Embolieprophylaxe) gehören zu den prinzipiell die Blutung fördernden Stoffen. In prophylaktischer Dosierung eines niedermolekularen Heparins überwiegt jedoch in einer Nutzen-Risiko-Abwägung der Schutz vor thromboembolischen Geschehen deutlich, so dass die medikamentöse Prophylaxe mit niedermolekularem Heparin in prophylaktischer Dosierung in den Leitlinien empfohlen wird [117].

Regionalanästhesien senken neben der Rate der postoperativen Thrombosen (s. oben) auch das intraoperative Blutungsrisiko, insbesondere wenn sie mit einer medikamentösen Blutdruckeinstellung auf niedrige Werte von systolisch 80 – 100 mmHG (kontrollierte Hypotension) kombiniert werden.

Durch die suffiziente postoperative Schmerztherapie (s. Kapitel Postoperative Schmerztherapie), z. B. mittels der regionalen Schmerzkatheter oder einer systemischen Analgetikamedikation kann das postoperative Blutungsrisiko vermindert werden.

Neuere Untersuchungen zur Anämietoleranz zeigen, dass zumindest bei herzgesunden Patienten eine Anämie mit Hb-Werten bis zu 6 g/dl bzw. einem Hkt von 20% zu keiner Erhöhung der anämiebedingten Risiken führt. Diese Patienten können über eine Steigerung des Herzzeitvolumens (HZV) und eine Verbesserung der Sauerstoffextraktion aus dem Blut die verminderte Menge an Sauerstoffträgern ausgleichen [124]. Wichtig ist in diesem Zusammenhang jedoch die Aufrechterhaltung des zirkulierenden Volumens (Normovolämie) durch einen ausreichenden Flüssigkeitssatz, da die Erhöhung des HZV sonst nicht gewährleistet ist. Da Patienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen, insbesondere mit einer relevanten Koronarstenose, bei Erhöhung der Herzleistung ein erhöhtes Risiko der kardialen Minderperfusion haben (fehlende Koronarreserve), wird für diese Patientengruppe empfohlen, die Hb-Konzentration von 9,5-10 g/dl (Hkt 30%) nicht wesentlich zu unterschreiten [133]. Erst bei Unterschreiten dieser „Grenzwerte“, ist ein Blutersatz mit allogenem oder

autogenem (s. unten) Blut indiziert. Der Transfusionsalgorithmus ist also deutlich zurückhaltender als frühere Empfehlungen, die ubiquitär die Transfusionsindikation bei Hb-Werten <10 g/dl sahen. Diese Werte dienen jedoch im Einzelfall nur als Anhaltspunkte und müssen mit klinischen Befunden wie z. B. Tachykardie korreliert werden. So ist insbesondere bei alten Patienten, die den Hauptanteil in der Endoprothetik ausmachen, auch bei leerer „Herzanamnese“ vom Vorhandensein zumindest einer gewissen Atherosklerose auszugehen. Auch ist der tatsächliche Sauerstoffverbrauch des Patienten, der z. B. im septischen Geschehen gesteigert sein kann, zu berücksichtigen.

Aus den genannten Mechanismen der Anämietoleranz ergibt sich bei Patienten mit hochnormaler Hb-Konzentration zu Anfang der Operation vor Blutungsbeginn die Möglichkeit, die zirkulierende Erythrozytenmenge gezielt zu vermindern (Hämodilution). Möglich ist dies durch Entnahme von 2 – 4 Einheiten Vollblut und gezielten Ausgleich mittels Flüssigkeit (akute normovolämische Hämodilution, ANH) [124]. Das Blut verbleibt bei Raumtemperatur im Operationssaal beim Patienten und steht bis zum Ablauf von 6 Stunden als Vollblut incl. gerinnungsaktiver Thrombozyten und Gerinnungsfaktoren zur Verfügung (sogenanntes „Autologes Warmblut“). Ferner verliert der Patient intraoperativ durch den Verdünnungseffekt des zirkulierenden Blutes nicht so viele Erythrozyten wie ohne Verdünnung. Die Anwendung dieser Maßnahme wird gemäß Leitlinie als Therapieoption ausschließlich bei Patienten genannt, bei denen ein intraoperativer Blutverlust von > 50% des Blutvolumens zu erwarten ist [133]. Dies trifft zumindest im Bereich der primären Knieendoprothetik regelhaft nicht zu.

Bei Herzgesunden ist auch die Verdünnung mittels Flüssigkeitsgabe ohne vorausgehende Blutentnahme (Akute hypervolämische Hämodilution, AHH) [124] möglich. Hierdurch erhöht sich zwar das zirkulierende Volumen (Gefahr der akuten Herzinsuffizienz bei Herzkranken) vorübergehend, jedoch kann auch so eine Reduktion der blutungsbedingt verlorengehenden Erythrozyten erzielt werden.

Die Erhaltung der Normothermie des Patienten hilft, Blutverluste zu vermeiden. Die einzelnen Reaktionsschritte der Gerinnungskaskade und die Thrombozytenfunktion sind temperaturabhängig. Bereits milde Hypothermie von ca. 35°C führt daher zu einer Zunahme des intraoperativen Blutverlustes [124]. Erreicht werden kann die Normothermie durch die Nutzung spezieller Wärmesysteme (z. B. Bair Hugger®).

Durch systemische medikamentöse Hämostase kann der Blutverlust ebenfalls reduziert werden. Zu nennen sind die Gruppe der Antifibrinolytika, das Desmopressin und aktiviertes Faktor VII-Konzentrat.

Antifibrinolytika wie Aprotinin verstärken die Blutgerinnung durch Reduzierung der immer gleichzeitig stattfindenden Fibrinolyse. Hinweise auf eine denkbare vermehrte Thromboseneigung fanden sich nicht. Allerdings zeigen sich bei Routinefällen in der Knie- und Hüftendoprothetik keine signifikanten Vorteile von Aprotinin bezüglich der Transfusionsnotwendigkeit. Ferner besteht bei diesem Medikament aufgrund der bovinen Herkunft die Möglichkeit einer anaphylaktischen Reaktion. Es kommt daher in der Orthopädie allenfalls bei Hochrisikopatienten für eine Blutungsminderung in Betracht [164].

Desmopressin führt zu einer verstärkten Ausschüttung von Thrombozyten aus dem Knochenmark und deren Funktionsverbesserung sowie zu einer zeitlich versetzten Aktivitätssteigerung von Gerinnungsfaktoren (Faktor III und von-

Willebrand-Faktor). Denkbar ist der Einsatz von Desmopressin daher vor allem bei Eingriffen an Patienten, deren Thrombozytenfunktion z. B. durch ASS-Einnahme vermindert ist. In der Endoprothetik mit vornehmlich planbaren Eingriffen beschränkt sich diese Indikation daher allenfalls auf seltene Fälle von Notfalleingriffen. Im Routineeinsatz scheint es keine Vorteile zu bringen [126].

In Einzelfällen bei traumatologischen, herzchirurgischen und urologischen Patienten mit schweren Blutungskomplikationen wurde auch aktiviertes Faktor-VII-Konzentrat (Faktor VIIa, Eptacog alfa(aktiviert)) eingesetzt. Faktor VII führt über eine Komplexbildung mit dem in tiefen Gefäßwandschichten lokalisierten Gewebefaktor (Faktor III) zur lokalen Aktivierung der Gerinnungskaskade. Daher wirkt es nahezu ausschließlich am Ort des Gefäß- und Gewebeschadens. Es handelt sich jedoch bei diesem Medikament um ein dokumentationspflichtiges Präparat aus Baby-Hamster-Nierenzellen. Seine Zulassung ist eng begrenzt auf Patienten mit einer Hemmkörperhämophilie [133]. In der Orthopädie spielt Faktor-VIIa bisher keine Rolle.

Die Studienlage zu den genannten Medikamenten in der Orthopädie ist insgesamt dürftig. Die Effekte scheinen im Unterschied zu anderen chirurgischen Fachgebieten wie z. B. der Herzchirurgie nur gering ausgeprägt zu sein. Bei den in dieser Arbeit untersuchten Operationen kamen systemische Hämostatika nicht zur Anwendung.

#### 1.13.4.2 Blutersatz

In den 1990er Jahren galt die präoperative Eigenblutspende als Goldstandard zur Vermeidung der Fremdblutgabe bei planbaren Operationen [165]. Bei diesem Verfahren spendet der Patient in einem Zeitfenster von 4 bis maximal 6 Wochen vor der geplanten Operation Blut, meistens mehrere Konserven. Dieses Blut wird entweder als Vollblut oder häufiger als EK in der Blutbank gelagert und dem Patienten bei Bedarf perioperativ retransfundiert. Die frühzeitige Abnahme ermöglicht es dem Körper, den Blutverlust auszugleichen. Ggf. ist zur Unterstützung dieser Erholung eine Eisensubstitution und Erythropoetin-Gabe notwendig (s. unten). Propagiert wurde die präoperative Eigenblutspende vor allem als Möglichkeit, die Übertragung viraler Krankheiten durch Fremdblut zu verhindern. In den letzten Jahren nimmt die Zahl der Eigenblutspenden in Deutschland bei insgesamt stagnierendem Gesamtspendeaufkommen jedoch kontinuierlich ab, ebenso die Zahl der Krankenhäuser, die noch präoperative Eigenblutspenden anbieten [128]. Als Gründe werden in der Literatur angeführt:

- Mangelnde Flexibilität in der OP-Planung aufgrund des drohenden Verfalls des Eigenblutes
- Hoher logistischer und finanzieller Aufwand für alle Beteiligten, der die Kosten von Fremdblut übersteigt, insbesondere bei zusätzlichem Einsatz von Erythropoetin [166]
- Die Erholung von Hb und Hkt gelingt bis zum OP-Zeitpunkt häufig nicht zuverlässig (aufgrund nicht gegebenen Erythropoetins?), so dass die Patienten mit erniedrigten Werten in die OP gehen
- Die Notwendigkeit der Gabe von Fremdblut besteht daher trotz der Gabe von Eigenblut in ca. 9% [125]
- Gleichzeitig wird ein großer Anteil der Eigenblutkonserven (42,78%) wegen Nichtbenutzung verworfen [128]

- Fehltransfusionen aufgrund von Verwechslungen kommen auch bei Eigenblutkonserven vor
- Aufgrund der Risikoverminderung bei der Übertragung viraler Erkrankungen durch Fremdblut besteht kaum mehr ein messbarer Vorteil der Eigenblutspende bzgl. dieser Komplikation
- Die Komplikationshäufigkeiten aufgrund von Konservenalterung und bakterieller Kontamination sind gleich häufig bei Fremd- und Eigenblut

Die Maschinelle Autotransfusion (MAT) mit Wäsche des über den OP-Sauger oder die Wunddrainagen aufgefangenen Blutes stellt heute die gängige Methode zum autologen Blutersatz dar. Nach der maschinellen Wäsche und Abscheidung in einer Zentrifuge (z. B. im Cell Saver®) stehen EK zur Verfügung, die innerhalb von 6 Stunden retransfundiert werden können. Die gerinnungsaktiven Plasmabestandteile gehen jedoch verloren, anders als z. B. beim im Rahmen der ANH gewonnenen Warmblut. Mit dem Plasma werden jedoch auch im Rahmen des operativen Traumas aktivierte und im Blut befindliche Zytokine entfernt. Die Retransfusion der EK aus der MAT wird daher als verträglicher bewertet als die Autotransfusion ungewaschenen Drainageblutes [142] (s. unten). Im Rahmen der Endoprothetik ist auf absolute Keimfreiheit des Blutes zu achten (Gefahr der hämatogenen Protheseninfektion). Potenziell kontaminiertes Blut muss daher in diesen Fällen verworfen werden. In anderen operativen Bereichen ist diese Vorgabe [133] nicht notwendigerweise so strikt einzuhalten [124]. Bei Tumoroperationen besteht durch eine zusätzliche hochenergetische Gamma-Bestrahlung mit 50 Gy die Möglichkeit der Nutzung der maschinellen Autotransfusion trotz der potenziellen Kontamination des aufgefangenen Blutes mit Tumorzellen.

Anders als bei der indirekten MAT wird dem Patienten bei der nichtmaschinellen Autotransfusion das über die Wunddrainage steril gesammelte blutige Extravasat direkt wiedergegeben. Auf die Waschung und Konzentration durch die Zentrifuge wird dabei verzichtet, ein Filtersystem verhindert die Infusion von Gewebedetritus und Wundkoageln. Mehrere Nachteile aber auch Vorteile dieses Verfahrens im Vergleich zur MAT werden in der Literatur genannt. Es ist durch die Beschränkung auf das Drainagesystem, das nach Ablauf der 6-Stunden-Retransfusionsfrist weiter als Drainagebehälter genutzt werden kann, deutlich billiger als die MAT. Da das Retransfundat auch Plasma enthält, liegt der Hb-Wert des Retransfundats niedriger als bei der MAT. Dafür werden dem Patienten zusammen mit dem Plasma auch gerinnungsaktive Stoffe zugeführt. Diese können jedoch theoretisch unter Umständen zu einer disseminierten intravasalen Gerinnung führen, da sie durch Kontakt mit der Wundfläche und die anschließende extrakorporale Sammlung aktiviert werden können. Jedoch fanden sich in größeren Analysen derartige Ereignisse nicht vermehrt. Gehäuft beobachtet wurden jedoch febrile und Kreislaufreaktionen, wahrscheinlich auf Grund mit retransfundierter Zytokine. Insgesamt scheint die direkte Autotransfusion trotz der Nichtempfehlung in den aktuellen Richtlinien [142] eine kostengünstige und vergleichbar sichere Alternative zur MAT zu sein [143].

Bei einem niedrigen präoperativen Hb-Wert <13 g/dl ist die präoperative Therapie mit rekombinantem Erythropoetin, dem Wachstumsfaktor für die Bildung der Erythrozyten (Erythropoese) möglich [167], dies insbesondere auch in Verbindung mit einer präoperativen Eigenblutspende, um bei niedrigen Hb-Konzentrationen trotz der Eigenblutspende bis zur Operation wieder akzeptable Hb-Werte zu erreichen. Die Therapie sollte mindestens zwei Wochen präoperativ begonnen

werden, da der Effekt erst mit einer Latenz von mehreren Tagen einsetzt [168]. Eine mögliche Nebenwirkung liegt in einer erhöhten perioperativen Thromboserate, wie sie bei Wirbelsäulenoperationen gezeigt werden konnte [169]. Die Therapie mit Erythropoetin ist zwar effektiv, jedoch kostspielig, so dass sie aufgrund der Kosten-Nutzen-Relation im Routinefall und auch in den hier untersuchten Operationen nicht zum Einsatz kommt [168].

Die Blutbildung ist neben Erythropoetin auf eine ausreichende Zufuhr bzw. körpereigene Reserven an Vitamin B12, Folsäure und Eisen angewiesen. Die orale oder intravenöse Supplementierung von Eisen wird empfohlen, um einen ausreichenden Erythropoetin-Effekt zu erzielen [167]. Eisengabe ist jedoch auch ohne die zusätzliche Gabe von Erythropoetin sinnvoll, um die anämiebedingte postoperativ gesteigerte Erythropoese zu verstärken. Der Effekt tritt jedoch nur langsam ein. Besser scheint eine ausreichend präoperative Gabe zu sein, um die Eisenspeicher aufzufüllen und insbesondere bei präoperativen Eisenmangelanämien den Hb-Wert präoperativ zu optimieren [143].

### **1.14 Zielsetzung der vorliegenden Arbeit**

Ziel der Arbeit ist die Identifizierung spezifischer Risikofaktoren für das Auftreten von perioperativen bzw. kurzfristig postoperativen Komplikationen in der Knieendoprothetik. Insbesondere soll durch die Arbeit die Eigen- bzw. Fremdblutgabe bei endoprothetischer Versorgung des Kniegelenkes dokumentiert und die Effektivität blutsparender Maßnahmen, die zwischen 2000 und 2003 in den Klinikalltag eingeführt wurden, dargestellt werden.

## **2 Material und Methode**

### **2.1 Patientenkollektiv**

In der Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach (zum Zeitpunkt der untersuchten Operationen noch unter BRK Rheumazentrum Bad Abbach firmierend) zählen endoprothetische Eingriffe an Hüft- und Kniegelenken zu den routinemäßig durchgeführten Operationen.

Über das Statistikmodul ASTM des hausinternen Klinikinformationssystem (ORBIS® der Firma Agfa Healthcare®, ehemals GWI®) wurden aus dem Zeitraum ab dem 2. Quartal 2000 bis zum 3. Quartal 2003 alle Patienten mit einem endoprothetischen Eingriff am Kniegelenk identifiziert. Die Identifizierung erfolgte anhand der zwingend für jeden Patienten im stationären Aufenthalt zu dokumentierenden Diagnosen- und Prozeduren-Verschlüsselung. Genutzt wurde dabei die Hauptprozedur, die nach dem „Operationen- und Prozedurenschlüssel nach §301 SGB V“ (OPS-301) verschlüsselt wurde. Dieser nutzt eine sechsstellige Ziffern- und Buchstabenkombination mit Trennelementen („.“ und „-“) zur genauen Beschreibung einer diagnostischen oder therapeutischen Maßnahme.

Die relevanten OPS-Codes für die Knieendoprothetik sind:

- 5-822 für die primäre Prothesenimplantation
- 5-823 für Wechsel- und Revisionsoperationen

Eine weitere Unterteilung nach den einzelnen Verfahren erfolgt über angehängte Unterschlüssel. So wird die Erstimplantation einer bicondylären Oberflächenersatzprothese mit vollzementierter Verankerung mit dem Code 5-822.11 verschlüsselt.

Der OPS-Code ist jedoch kein exaktes medizinisches Dokumentationssystem. Zudem wurde die EDV-gestützte Diagnosen- und Prozedurenkodierung Anfang des Jahrzehnts erst eingeführt, so dass bei der genauen Verschlüsselung Fehler zu erwarten waren. Die eigentliche Zuordnung zu den unterschiedlichen durchgeführten Operationen (s. unten) erfolgte daher händisch nach Durchsicht des elektronisch vorliegenden Arztbriefes sowie Operationsberichtes und der danach aus dem Archiv angeforderten papiergebundenen Akte.

Ausgeschlossen wurden Revisionsoperationen ohne Wechsel oder Operationen, bei denen nur Teilkomponenten wie z. B. das PE-Inlay oder das Tibiaplateau gewechselt wurden. Auch die alleinige Implantation eines Retropatellarersatzes z. B. im Rahmen einer Revision wegen anhaltender ventraler Kniestichmäler wurde aus der Datenerhebung ausgeschlossen.

Die Behandlungsakten der identifizierten Patienten wurden dann auf die zu erhebenden Parameter untersucht. Die Dateneingabe geschah in eine eigens dafür angelegte Datenbank im Datenbankprogramm Access® aus dem Microsoft Office 2000® -Paket.

### **2.2 Erhobene Parameter**

Um einen möglichen Rückschluss auf die Ursachen postoperativer Komplikationen zu ermöglichen wurden insgesamt 116 Parameter, soweit sie in der papierbasierenden Akte verfügbar waren, erhoben. Diese teilen sich in 5 unterschiedliche Gruppen auf.

Die patientenbezogenen Faktoren wie Alter, Geschlecht und anamnestisch bestehende Vorerkrankungen zeigt Tabelle 1.

Parameter	Beschreibung
ID	Hausinterne eindeutige Fallnummer
PGeburt	Geburtsdatum des Patienten
PSex	Geschlecht des Patienten
PGewicht	Gewicht des Patienten in Kilogramm (kg)
PGroesse	Körpergröße des Patienten in Metern (m)
PHyper	Bekannte arterielle Hypertonie (ja / nein)
PRRSyst	Systolischer Blutdruck am Aufnahmetag (mmHg)
PRRDiast	Diastolischer Blutdruck am Aufnahmetag (mmHg)
PHI	Herzinfarkt in der Anamnese (ja / nein)
PKHK	Koronare Herzkrankheit (KHK) in der Anamnese (ja / nein)
PAVK	Arterielle Verschlußkrankheit (AVK) in der Anamnese (ja / nein)
PApoplex	Apoplektischer Insult in der Anamnese (ja / nein)
PDiab	Bekannter Diabetes mellitus (ja / nein)
PThromb	Thrombose in der Anamnese (ja / nein)
PKoagul	Einnahme von Antikoagulantien vor OP (keine / ASS bis 10 Tage präop. / ASS unter 5 Tage / Marcumar)
POP	Andere Operation innerhalb von 4 Wochen vor Knieoperation (ja / nein)
PEigenbl	Eigenblutspende erfolgt (ja / nein)
PUrsache	Arthrosekausalität (idiopathisch / rheumatisch / posttraumatisch / dysplastisch / postinfektiös)

**Tabelle 1: Erhobene Parameter (Patientendaten)**

Daraus wurden automatisiert das Alters des Patienten in Jahren (PAlter) und der Body-Mass-Index in Kilogramm/Quadratmeter (PBMI) berechnet.

Die Operationsparameter wie Seite und Schwere des Eingriffs zeigt Tabelle 2.

Parameter	Beschreibung
OTEPArt	Ort der Implantation (Hüfte / Knie)
ODatum	Datum der Operation
OAnaesth	Anästhesieform (Allgemein / Spinale / peripher Regionale / Allgemein + 3in1-Block)
OAnKath	Nutzung eines regionalen Schmerzkatheters (ja / nein)
OSeite	Seite der Operation (rechts / links / beidseits)
OVorWeic	Offene Voroperation als reiner Weichteileingriff (ja / nein)
OVorKnoc	Knöcherne Voroperation (ja / nein)
OVorTEP	Liegende Prothese (ja / nein)
OMetall	Entferntes Metall (keines / Draht oder Schraube / Platte / Teilprothese / zementfreie TEP / zementierte TEP)
OZem1	Zementierung der Femurkomponente (ja / nein)
OZem2	Zementierung der Tibiakomponente (ja / nein)
OKnieArt	Art der implantierten Prothese (Monoschlitten / Oberflächenersatz / modularer Oberflächenersatz mit Augmentation / Achsknie)
OPatella	Patellarückflächenersatz implantiert (ja / nein)
OPS	HKB-Ersatz bei Oberflächenprothese (ja / nein)
ORP	Mobile Bearing Platform bei Oberflächenprothese (ja / nein)
OFraktur	Intraoperative Fraktur mit notwendiger Osteosynthese (ja / nein)
OGefaess	Intraoperative Gefäßverletzung mit Gefäßversorgung (ja / nein)
OBlutspe	Anlage eines Oberschenkeltourniquet (ja / nein)
OBlutlee	Art der Blutsperre dokumentiert (nein / Sperre / Leere), erst ab 2002 dokumentiert
OSperan	Beginn der Blutsperre (Uhrzeit)
OSperab	Ende der Blutsperre (Uhrzeit)
OSchnitt	OP-Beginn (Uhrzeit)
ONaht	OP-Ende (Uhrzeit)
ONavigat	Operation mit Navigationsunterstützung (ja / nein)
OAutotra	Verwendung eines Autotransfusionssystems (nein / MAT / Orth-Evac)
OBlutOP	intraoperativer Blutverlust in Millilitern (ml), soweit dokumentiert (geschätzt)
OBlutPO	Flüssigkeitsmenge in den Redondrainagen in Millilitern (ml)
ORedonex	Tag des Redonzuges (1. / 2. / 3.postop. Tag), ab 2002 dokumentiert
OHepArt	Medikamentöse Thromboseprophylaxe mit (Certoparin / Nadroparin / Enoxaparin / Fondaparinux / sonstige)
OHepOft	Medikamentöse Thromboseprophylaxe wie oft am Tag (einmal / zweimal)
OEisen	Eisensubstitution (ja / nein)
ONSAR	Perioperative NSAR / Coxib-Gabe (keine / Diclofenac / Ibuprofen / sonstiges NSAR / Celecoxib / Rofecoxib / sonstiges Coxib / Kombination / einmalig Diclo supp. im Aufwachraum)

Tabelle 2: Erhobene Parameter (Operations- und Therapiedaten)

Daraus wurden automatisiert die Operationsdauer zwischen Hautschnitt und Ende der Hautnaht in Minuten (ODauer) und die Dauer der Blutsperre in Minuten (OSperDau) berechnet.

Art und Menge der Infusionslösungen zu verschiedenen Zeitpunkten sowie ggf. die Menge des transfundierten Fremd- oder Eigenblutes und Plasmas zeigt die Tabelle 3. Dabei wurden transfundierte Erythrozytenkonzentrate mit einem Volumen von 330 ml angenommen.

Parameter	Beschreibung
IOPKrist	Menge der kristallinen Infusionslösung am OP-Tag in Millilitern (ml)
IOPKollo	Menge der kolloidalen Infusionslösung am OP-Tag in Millilitern (ml)
IOPPlasm	Menge an Plasmatransfusion am OP-Tag in Millilitern (ml)
IOPCells	Menge des retransfundierten Cellsaver-Blutes in Millilitern (ml)
IOPEigen	Menge des retransfundierten Eigenblutes am OP-Tag in Millilitern (ml)
IOPEK	Menge des transfundierten Fremdblutes (EK) am OP-Tag in Millilitern (ml)
IPOKrist	Menge der kristallinen Infusionslösung am 1. postop. Tag bis 8 Uhr in Millilitern (ml)
IPOKollo	Menge der kolloidalen Infusionslösung am 1. postop. Tag bis 8 Uhr in Millilitern (ml)
IPOPlasm	Menge an Plasmatransfusion am 1. postop. Tag in ml
IPOEigen	Menge des retransfundierten Eigenblutes am 1. postop. Tag in Millilitern (ml)
IPOEK	Menge des transfundierten Fremdblutes (EK) am 1. postop. Tag in Millilitern (ml)
ISTPlasm	Menge des transfundierten Plasmas auf Station bis 1 Woche postop. in Millilitern (ml)
ISTEigen	Menge des retransfundierten Eigenblutes auf Station bis 1 Woche postop. in Millilitern (ml)
ISTEK	Menge des transfundierten Fremdblutes (EK) auf Station bis 1 Woche postop. in Millilitern (ml)

**Tabelle 3: Erhobene Daten (Infusions- und Transfusionsmengen)**

Die erfassten Laborparameter in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt und evtl. Bluttransfusionen zeigt die Tabelle 4.

Parameter	Beschreibung
LPRHb	Hämoglobin-Konzentration präoperativ (g/dl)
LPRHk	Hämatokrit-Wert präoperativ (%)
LPRLeu	Leukozyten präoperativ (Anzahl/ml)
LPRThr	Thrombozyten präoperativ (Anzahl/ml)
LPRQui	Quick-Wert präoperativ (%)
LPRINR	INR-Wert präoperativ
PPRPTT	PTT-Wert präoperativ (s)
PPRCRP	CRP-Wert präoperativ (mg/dl)
LPRK	Kalium-Wert präoperativ (mval/l)
LPOHb	Hämoglobin-Konzentration direkt postoperativ (g/dl)
LPOHk	Hämatokrit-Wert direkt postoperativ (%)
LPOThr	Thrombozyten direkt postoperativ (Anzahl/ml)
LPOK	Kalium-Wert direkt postoperativ (mval/l)
LSTHb	Hämoglobin-Wert am 1. postoperativen Tag (g/dl)
LSTHk	Hämatokrit-Wert am 1. postoperativen Tag (%)
LSTLeu	Leukozyten am 1. postoperativen Tag (Anzahl/ml)
LSTThr	Thrombozyten am 1. postoperativen Tag (Anzahl/ml)
LSTQui	Quick-Wert am 1. postoperativen Tag (%)
LSTINR	INR-Wert am 1. postoperativen Tag
LSTPTT	PTT-Wert am 1. postoperativen Tag (s)
LSTCRP	CRP-Wert am 1. postoperativen Tag (mg/dl)

LSTK	Kalium-Wert am 1. postoperativen Tag (mval/l)
L1Tag	Tag der 1-Wochen Laborkontrolle postoperativ
L1WHb	Hämoglobin-Wert nach 1 Woche (g/dl)
L1WHk	Hämatokrit-Wert nach 1 Woche i(%)
L1WLeu	Leukozyten nach 1 Woche (Anzahl/nl)
L1WThr	Thrombozyten nach 1 Woche (Anzahl/nl)
L1WCRP	CRP-Wert nach 1 Woche (mg/dl)
L1WK	Kalium-Wert nach 1 Woche (mval/l)
L2Tag	Tag der 2-Wochen Laborkontrolle postoperativ
L2WHb	Hämoglobin-Wert nach 2 Wochen (g/dl)
L2WHk	Hämatokrit-Wert nach 2 Wochen (%)
L2WLeu	Leukozyten nach 2 Wochen (Anzahl/nl)
L2WThr	Thrombozyten nach 2 Wochen (Anzahl/nl)
L2WCRP	CRP-Wert nach 2 Wochen (mg/dl)
L2WK	Kalium-Wert nach 2 Wochen (mval/l)
LTr1Hb	Hämoglobin-Wert vor 1. Transfusion (g/dl)
LTr1Hk	Hämatokrit-Wert vor 1. Transfusion (%)
LTr2Tag	Tag der Laborkontrolle nach 1. Transfusion
LTr2Hb	Hämoglobin-Wert nach 1. Transfusion (g/dl)
LTr2Hk	Hämatokrit-Wert nach 1. Transfusion (%)
LTr3Hb	Hämoglobin-Wert vor 2. Transfusion (g/dl)
LTr3Hk	Hämatokrit-Wert vor 2. Transfusion (%)
LTr4Tag	Tag der Laborkontrolle nach 2. Transfusion
LTr4Hb	Hämoglobin-Wert nach 2. Transfusion (g/dl)
LTr4Hk	Hämatokrit-Wert nach 2. Transfusion (%)

**Tabelle 4: Erhobene Daten (Laborwerte)**

Die aufgetretenen perioperativen Komplikationen erfassten die Parameter in Tabelle 5.

Parameter	Beschreibung
KBlutung	Revisionspflichtige Blutung weniger als 8 Tage postoperativ (ja / nein)
KKreis	Kreislaufkomplikation postoperativ (nein / Schwindel / Insuffizienz oder Ödeme / Infarkt)
KThromb	Thromboembolische Komplikation postoperativ (nein / US-Thrombose / OS-Thrombose / Lungenembolie)
KZNS	ZNS-Komplikation postoperativ (nein / TIA / Apoplex)
KReop	Reoperation wegen Komplikation (außer Blutung) (ja / nein)
KNerv	Peripherer Nervenschaden am operierten Bein (ja / nein)
KVerl	Verlegung wegen Komplikation (nein / hausintern internistisch / extern / verstorben)
Komment	Freitext für Besonderheiten

**Tabelle 5: Erhobene Daten (Komplikationen)**

## 2.3 Statistische Methoden

Nach Abschluss der Datenerhebung wurden die Werte aus der Datenbank in ein Tabellenarbeitsblatt für die Tabellenkalkulation Excel® aus dem Office 2003-Paket der Firma Microsoft exportiert. Mittels dieser Tabellenkalkulation sowie der Statistik-Software PASW Statistics (Version 18.02) der Firma SPSS/IBM erfolgten die deskriptive und die induktive Statistik sowie die Anfertigung der Diagramme.

Die deskriptive Statistik erfolgte mittels gängiger Parameter. Dies waren:

- Anzahl der jeweiligen Datensätze für eine Auswertung (N)
- Arithmetisches Mittel (Durchschnitt)
- Median
- Standardabweichung
- Minimum und Maximum der gemessenen Werte

Zur Beurteilung der statistischen Aussagekraft (Fehlerrisiko) bei der induktiven (beurteilenden) Statistik wurden folgende Signifikanzniveaus festgelegt:

- $p < 0,05$  signifikant: Fehlerwahrscheinlichkeit < 5%
- $p < 0,01$  hochsignifikant: Fehlerwahrscheinlichkeit < 1%
- $p < 0,001$  höchstsignifikant: Fehlerwahrscheinlichkeit < 0,1%

Die induktive Statistik erfolgte mittels der folgenden Tests:

- Regressionsanalyse  
Die Statistikfunktion „Regression“ liefert für zwei Wertebereiche (unabhängige und abhängige Variable) die Berechnung des linearen Zusammenhangs. Das Ausmaß dieses Zusammenhangs wird ausgedrückt durch einen Korrelationskoeffizienten  $r$ . Je nach Art der zugrundeliegenden Variablen (nominal, ordinal, metrisch diskret, stetig) wird der Korrelationskoeffizient unterschiedlich berechnet (Pearson, Chi, Cramer-V, Kontingenzkoeffizient). Üblicherweise können Korrelationskoeffizienten Werte zwischen -1 und +1 annehmen.  
Als Interpretationshilfe für die Stärke eines Zusammenhangs sind analog zu [170] folgende grobe Anhaltsgrenzen für den Absolutwert von  $r$  sinnvoll:

- $r = 0$  kein Zusammenhang
- $0 < r \leq 0,3$  schwacher Zusammenhang
- $0,3 < r \leq 0,7$  mittlerer Zusammenhang
- $0,7 < r < 1$  starker Zusammenhang
- $r = 1$  vollständiger Zusammenhang

Zur Überprüfung, ob der empirische Korrelationskoeffizient auch mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zutrifft und nicht nur zufällig eine Korrelation besteht, wird dieser noch mittels t-Test überprüft. Die zugehörige Überschreitungswahrscheinlichkeit  $P$  sollte bei Zutreffen der linearen Korrelation unterhalb des Signifikanzniveaus liegen.

Die zugehörige Visualisierung erfolgt über ein Streudiagramm, das für jedes Wertepaar einen Punkt abbildet. Bei ausreichender linearer Korrelation liegen die Punkte dann verteilt um die Regressionsgerade, deren Funktion den linearen Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable  $x$  und

der abhängigen Variable  $y$  in der Form  $y = a + b * x$  beschreibt. Fehlt eine lineare Korrelation, ordnen sich die Punkte chaotisch im Raum an.

- **Gauss-t-Test für große Stichproben**

Für Stichproben aus einer diskreten oder stetigen Grundgesamtheit (Zahlenwerte) testet der Gauss-Test den Erwartungswert der Grundgesamtheit. Hierbei kann aus den Messwerten der Stichprobe bei angenommener Normalverteilung getestet werden, ob ihre Verteilung einem erwarteten Wert entspricht (Nullhypothese) oder signifikant kleiner, größer (jeweils einseitige Fragestellung) oder ungleich (zweiseitige Fragestellung) ist (Gegenhypothese). Die Berechnung erfolgt anhand des Mittelwertes der Stichprobe, seiner Standardverteilung und den bekannten Quantilen für eine Standardnormalverteilung für ein vorgegebenes Signifikanzniveau.

- Für kleine Stichproben kommt analog der Student t-Test zur Anwendung.

- **Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)**

Zum Test des Einflusses einer nominalen oder ordinalen Variablen auf eine metrisch skalierte Variable dient die Varianzanalyse. Sie stellt die Wahrscheinlichkeit dar, mit der die gemessenen Unterschiede Zufallsbedingt auftreten können, so dass anhand des vorgegebenen Signifikanzniveaus über Beibehaltung oder Ablehnung der Nullhypothese entschieden werden kann.

- Die Varianzanalyse setzt normalverteilte Daten mit gleichen Varianzen voraus (zu testen über die Levene-Statistik). Trifft diese Vorbedingung nicht zu, können alternativ Anpassungen der Teststatistik erfolgen nach Brown-Forsythe oder Welch.

- **Chi-Quadrat-Test**

Der Chi-Quadrat-Test prüft Stichproben auf Unabhängigkeit. Die Merkmale liegen dabei als ordinale oder alternative Werte vor, so dass sie in einer Mehrfeldertafel dargestellt werden können. Bei vom untersuchten Merkmal unabhängiger Verteilung finden sich dann in den Feldern ungefähr gleich große Zahlen. Unterschiede resultieren in diesem Fall nur aus Zufällen. Der Chi-Quadrat-Test untersucht, ob die gemessenen Schwankungsbreiten noch dem Zufall entspringen oder ob das untersuchte Merkmal wahrscheinlich für diese gemessenen Unterschiede verantwortlich ist (Abhängigkeit). Es wird eine Wahrscheinlichkeit P ausgegeben, die angibt, wie wahrscheinlich die gemessenen Werte auch bei Unabhängigkeit auftreten würden.

- **Fishers Exakter Test**

Finden sich in den einzelnen Feldern der Mehrfeldertafel nur kleine Werte, treten also Extremfälle auf oder sind die Stichprobenzahlen nur sehr klein, so liefert der Chi-Quadrat-Test ungenaue Werte. In diesen Fällen kommt Fishers Exakter Test zur Anwendung. Auch er liefert eine Wahrscheinlichkeit P, die mit dem vorgegebenen Signifikanzniveau verglichen wird.

## **2.4 Implantierte Prothesen**

### **2.4.1 P.F.C.-SIGMA**

Die im Untersuchungszeitraum am häufigsten implantierte Knieendoprothese ist das Modell P.F.C.-SIGMA® der Firma DePuy Orthopädie GmbH® (Abb. 8). Es handelt sich dabei um eine sogenannte Oberflächenersatzprothese (s. Kapitel Endoprothetischer Ersatz des Kniegelenkes), die 1984 eingeführt wurde. Es besteht die Möglichkeit des Patellarückflächenersatzes, Femur- und Tibiakomponente können jeweils zementiert oder zementfrei verankert werden. Die Basisversion der Endoprothese erhält das Hintere Kreuzband (kreuzbanderhaltend), erweiterte operative Möglichkeiten bestehen durch Nutzung kreuzbandsubstituierender Komponenten. Auch ist der metallische Ersatz knöcherner Defekte mittels an die Komponenten anschraubbbarer Steps möglich, ebenso die Nutzung meta- und diaphysärer Stem-Verlängerungen femoral und tibial. Diese vollmodulare Version der P.F.C. Prothese wird in der vorliegenden Arbeit mit TC3 bezeichnet gemäß der Nomenklatur der Firma DePuy, die für modularen Oberflächenersatz das P.F.C. Sigma® TC3 System vorsieht. Die Übergänge in den Operationen zwischen augmentiertem P.F.C. und Einsatz eines P.F.C. TC3-Systems sind jedoch fließend. Auch sind beide Systeme sehr eng miteinander verwandt, so dass im Rahmen dieser Arbeit sämtliche Augmentationen wie Steps oder Stem-Verlängerungen unter dem Begriff TC3 zusammengefasst werden, um eine Aussage über die Komplexität der Operation als möglicher Ursache für eine gesteigerte Rate an Bluttransfusionen oder Komplikationen zu ermöglichen.

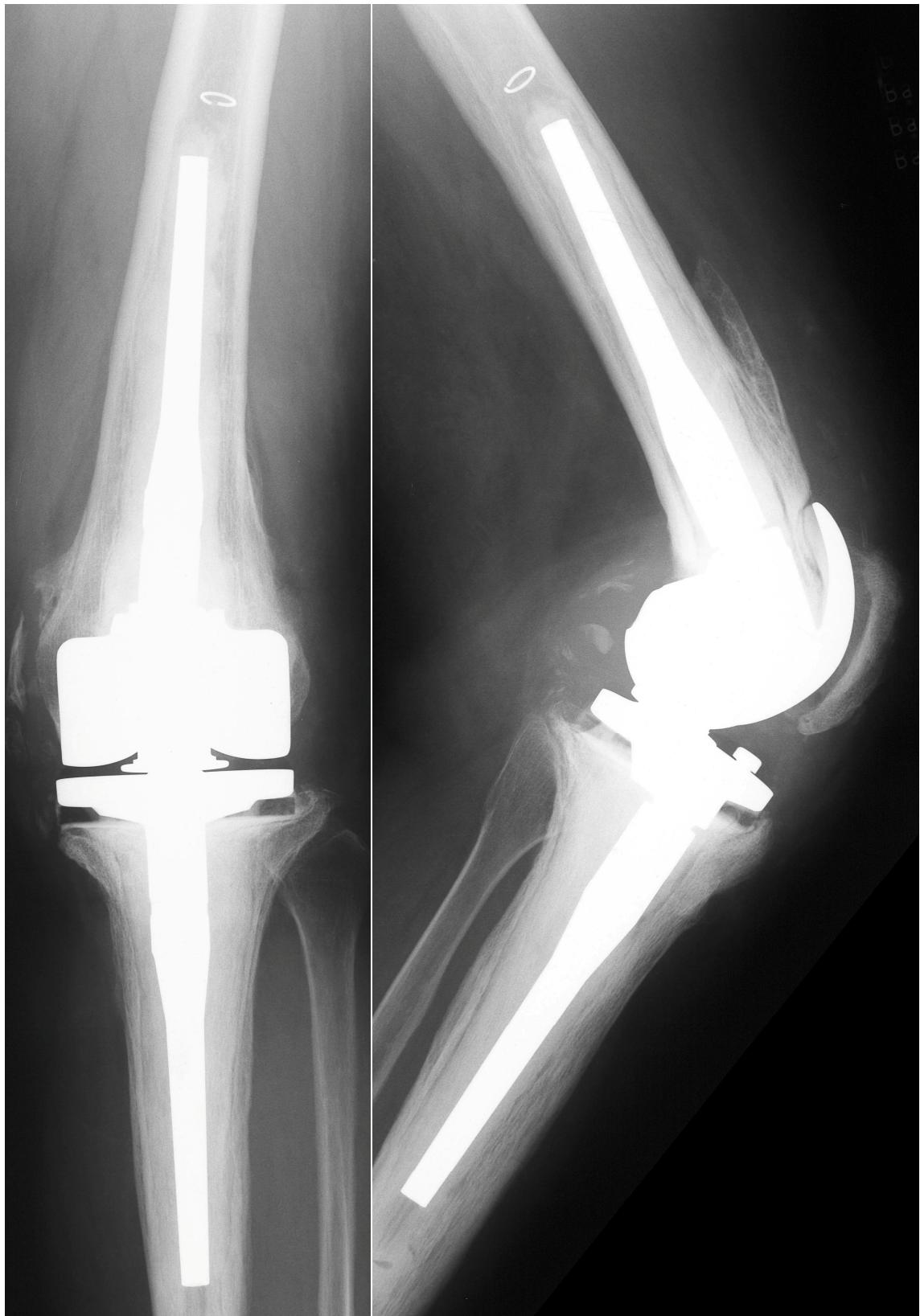
Die Femurkomponente des P.F.C. besteht aus einer Kobalt-Chrom-Legierung. Das Tibiaplateau ist sowohl als PE-Vollkomponente (im Untersuchungszeitraum nicht implantiert) als auch als Metallkomponente aus einer Titan-Aluminium-Legierung mit modularem UHMWPE-Einsatz erhältlich. Ferner kann der PE-Einsatz auch als sogenannte „Rotierende Plattform“ (RP) nach dem Mobile-Bearing-Prinzip ausgeführt werden. Hierbei besteht eine eingeschränkte Rotationsfähigkeit des PE-Inlays gegenüber dem metallischen Plateau. Durch die resultierende Verminderung der Scherkräfte zwischen Femurkomponente und PE-Inlay soll so der Abrieb weiter reduziert werden.



**Abbildung 8: Bicondyläre Oberflächenersatzprothese P.F.C. Sigma®, metallische Tibiakomponente mit fixem PE-Inlay, nonconstrained, Ansicht von vorne**

#### **2.4.2 Rotationsknieprothese „Endo-Modell“**

Bei bandinsuffizienten Kniegelenken wurde im Untersuchungszeitraum das Modell „Totale Rotationsknieprothese Endo-Modell®“ der Firma Waldemar Link GmbH & Co. KG® (Abb. 9) implantiert. Es handelt sich hierbei biomechanisch um ein gekoppeltes Kniegelenk („Linked Device“, s. Kapitel 1.7). Die Prothese wird vollzementiert implantiert und besteht aus einer Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung mit einem fixen PE-Inlay. Sie ist in zwei Ausführungen erhältlich. Bei noch erhaltender Reststabilität des Bandapparates, der eine Restführung des Gelenkes gewährleisten kann, werden Femur- und Tibiakomponente der Endoprothese über einen Zapfen verbunden. Um diesen Zapfen ist bei gebeugtem Kniegelenk eine geringe Rotation von Ober- und Unterschenkelkomponente gegeneinander möglich („Rotating hinge“). Ligamentär komplett instabile Kniegelenke werden mit der Scharnier-Knieprothese aus der gleichen Prothesenfamilie versorgt („Rigid Hinge“). Dabei besteht eine feste Verbindung der Komponenten mit lediglich monoaxialer Beuge-Streckfähigkeit um das eingebaute Scharniergehenk. Die „Endo-Modell“-Prothesenfamilie ist seit 1982 am Markt.



**Abbildung 9:** Röntgenbild einer achsgeführten Knieendoprothese Typ „Rotationsknie Endo-Modell“ von vorne und seitlich

### **3 Ergebnisse**

Insgesamt konnten 892 Datensätze generiert werden.

Zwei Fälle wurden von der Auswertung ausgeschlossen. Beide Male erfolgte ein kombinierter Hüft- und Kniegelenksersatz in einer Sitzung, so dass sich keine isolierte Auswertung bezüglich der Blutungskomplikation des Kniegelenkes treffen lässt.

Somit verblieben 890 Datensätze zur Auswertung. Die Verteilung auf die einzelnen Jahre zeigt Tab. 6.

Jahr	Anzahl der Operationen
2000	145
2001	322
2002	216
2003	207
<b>Summe</b>	<b>890</b>

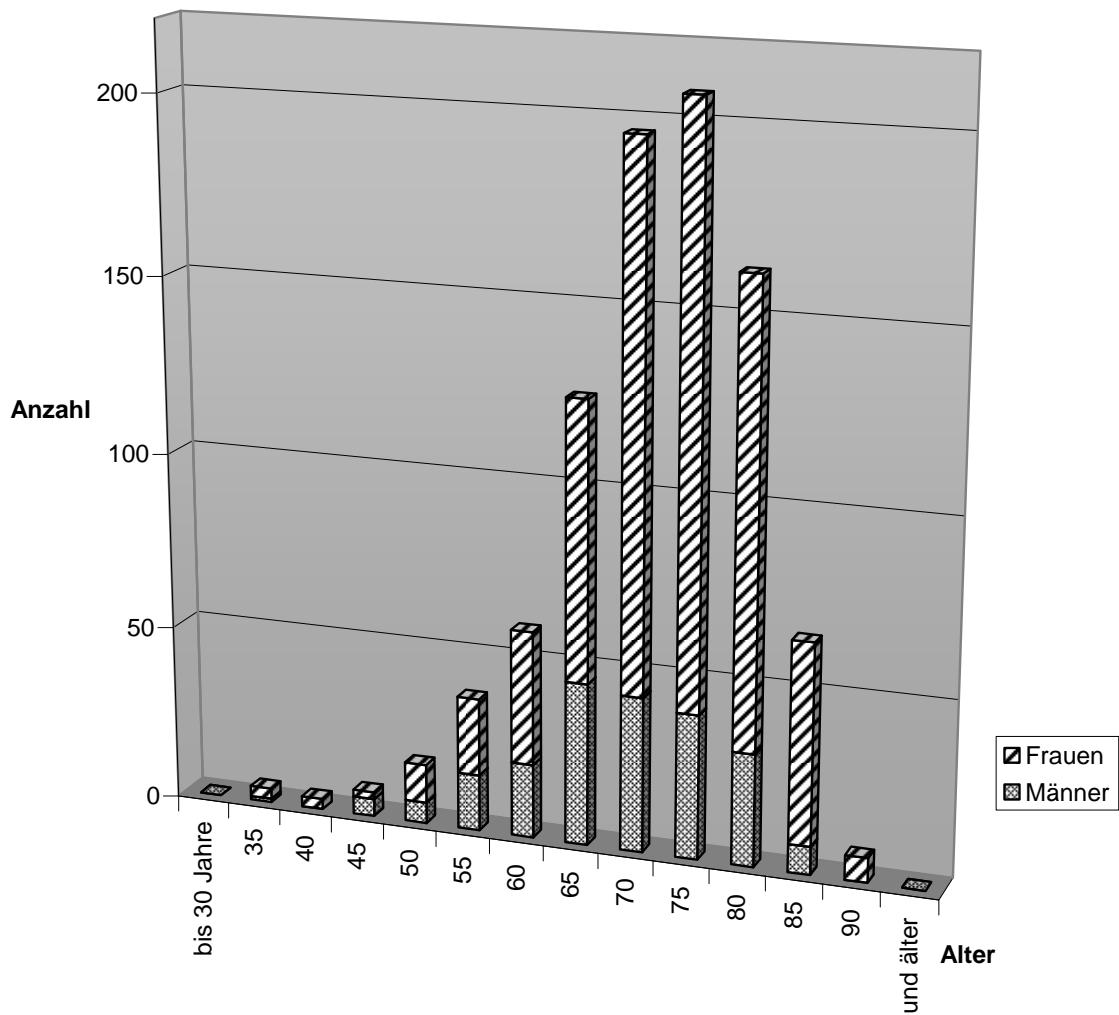
**Tabelle 6: Anzahl der Operationen nach Jahr**

Von diesen 890 Operationen fehlten in 9 Fällen entweder die Patientenakte oder das Narkoseprotokoll, so dass nur rudimentäre Daten aus dem Operations- oder Entlassungsbericht bzw. aus der vorliegenden Teildokumentation extrahiert werden konnten. Die Patienten gehen jedoch mit den erhobenen Parametern in die Auswertung mit ein. Das gleiche gilt für Fälle, in denen einzelne Angaben z. B. zur Schnitt-Naht-Zeit fehlten. Ggf. wird bei den einzelnen Auswertungen darauf Bezug genommen und die Zahlen entsprechend angepasst.

#### **3.1 Ausgangswerte**

Das Alter der Patienten betrug im Durchschnitt 68,9 Jahre (Median 69,81) mit einem minimalen Alter von 31,1 Jahren bei einem männlichen Rheumapatienten und einem maximalen Alter von 88,1 Jahren bei einem Patienten mit primärer Gonarthrose.

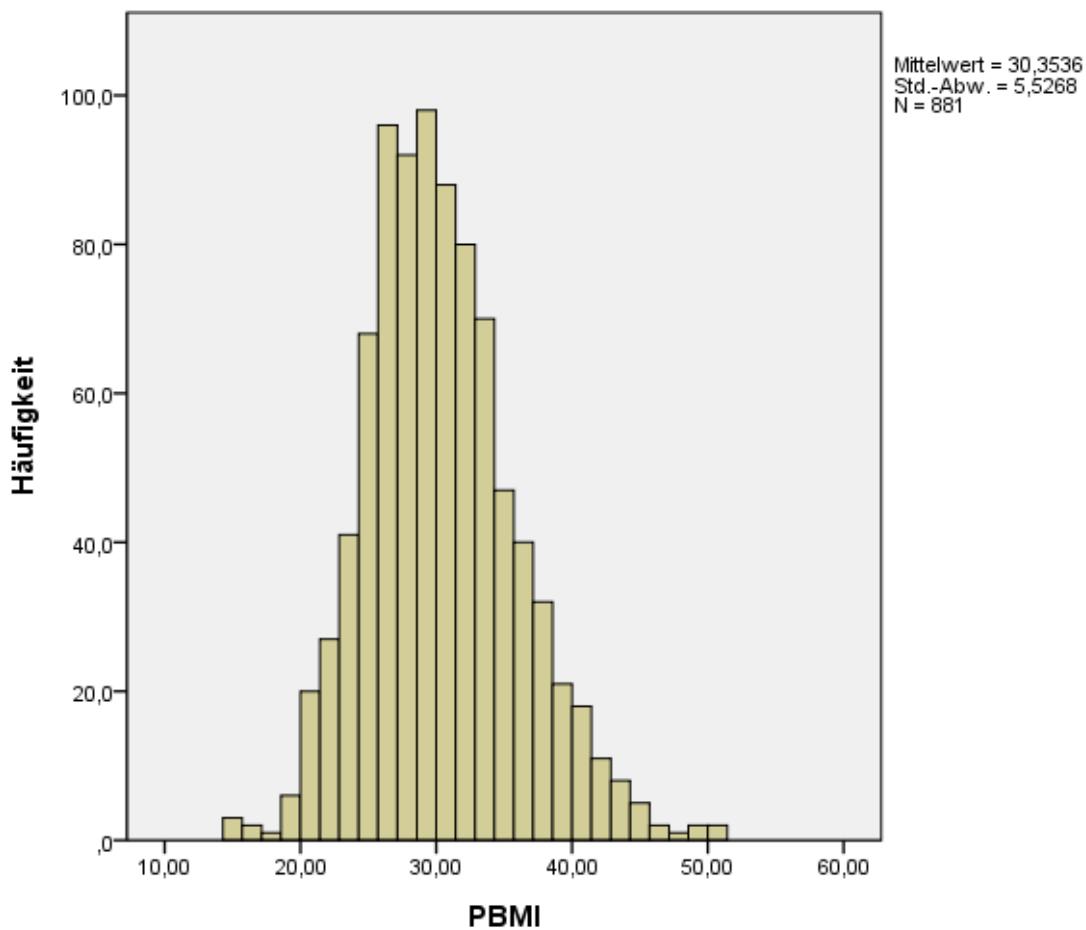
Die Altersverteilung zeigt Abb. 10.



**Abbildung 10: Altersverteilung der Patientenpopulation nach Geschlecht**

Es wurden Operationen bei 220 Männern und 670 Frauen vorgenommen. Das Durchschnittsalter der Männer betrug 66,2 Jahre, das der Frauen 69,7 Jahre (höchstsignifikant, ANOVA,  $p<0,001$ ).

Der Body-Mass-Index (BMI) als Merkmal der Adipositas konnte bei 881 Patienten berechnet werden. Er betrug durchschnittlich 30,35 kg/qm (Männer 30,13 kg/qm, Frauen 30,43 kg/qm, nicht signifikant, ANOVA,  $p=0,495$ ). Der minimale BMI betrug 14,45 kg/qm, der maximale 51,12 kg/qm. Gemäß der BMI-Definition war der durchschnittliche Patient somit adipös ( $BMI \geq 30 \text{ kg/qm}$ ). Die Verteilung des BMI zeigt Abb. 11.



**Abbildung 11: Verteilung des Body Mass Index (BMI)**

Patienten mit bekanntem Diabetes mellitus hatten einen höheren BMI als Nichtdiabetiker ( $32,51 \text{ kg/qm}$  gegenüber  $30,06 \text{ kg/qm}$ , höchstsignifikant, ANOVA,  $p<0,001$ ).

Die Verteilung der systemischen Vorerkrankungen und Risikofaktoren zeigt Tab. 7.

Vorerkrankungen	Auswertbare Patienten	Anzahl	Anteil
Hypertonie	884	635	71,8%
Myokardinfarkt	884	26	2,9%
KHK	885	130	14,7%
pAVK	884	23	2,6%
Apoplektischer Insult	884	36	4,1%
Diabetes mellitus	886	108	12,2%
Z.n. Thrombose	884	80	9,0%
OP innerhalb von 4 Wochen	885	5	0,6%
Rheumatoide Arthritis	890	144	16,2%

**Tabelle 7: Vorerkrankungen und Risikofaktoren**

Ein linearer Zusammenhang zwischen zunehmendem Alter der Patienten und Anzahl der Vorerkrankungen war schwach (Korrelationskoeffizient 0,177), jedoch zeigte die Gruppe der älteren Patienten über 69,8 Jahre eine hochsignifikant

höhere Anzahl an erfassten Vorerkrankungen (881 Patienten auswertbar, t-Test für unabhängige Stichproben als Mediantest des Alters, 1,55 Vorerkrankungen gegenüber 1,3 Vorerkrankungen,  $p=0,002$ ).

Die bei Aufnahme im Krankenhaus ermittelten Blutdruckwerte zeigten systolisch Werte zwischen 90 und 220 mmHG (Mittelwert 143 mmHg, Median 140 mmHg, Standardabweichung 18,86). Diastolisch lagen die Werte zwischen 50 und 130 mmHG (Mittelwert 83 mmHg, Median 80 mmHg, Standardabweichung 10,03).

Auffällig waren bei den Patienten mit bekanntem Hypertonus insgesamt erhöhte systolische Blutdruckwerte trotz der bekannten und behandelten Grunderkrankung (878 Patienten auswertbar, im Mittel 147 mmHg bei Hypertonikern, 133 mmHg bei Nicht-Hypertonikern, höchstsignifikant, ANOVA,  $p<0,001$ ).

Die meisten Patienten nahmen in der Zeit vor der stationären Aufnahme keine Antikoagulantien ein (724 von 884 auswertbaren Patienten, 81,9%). Eine ASS-Einnahme von unter 5 Tagen präoperativ, so dass noch sicher mit einer ASS-Wirkung an den Thrombozyten gerechnet werden muss, erfolgte bei 13 Patienten (1,5%). 2,7% (24) der Patienten nahmen im Vorfeld der Operation Marcumar ein.

Die Aufteilung der ermittelten Arthrosursachen bei den Primärimplantationen (842 Patienten) zeigen Tab. 8 und Abb. 12.

<b>Arthroseursachen (842 Patienten)</b>	<b>primär</b>	<b>Anteil</b>
idiopathisch	641	76,1%
rheumatisch	138	16,4%
posttraumatisch	45	5,3%
Dysplastisch / Achsfehler	10	1,2%
postinfektiös	8	1,0%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>842</b>	<b>100,0%</b>

Tabelle 8: Arthroseursachen bei Primäroperationen

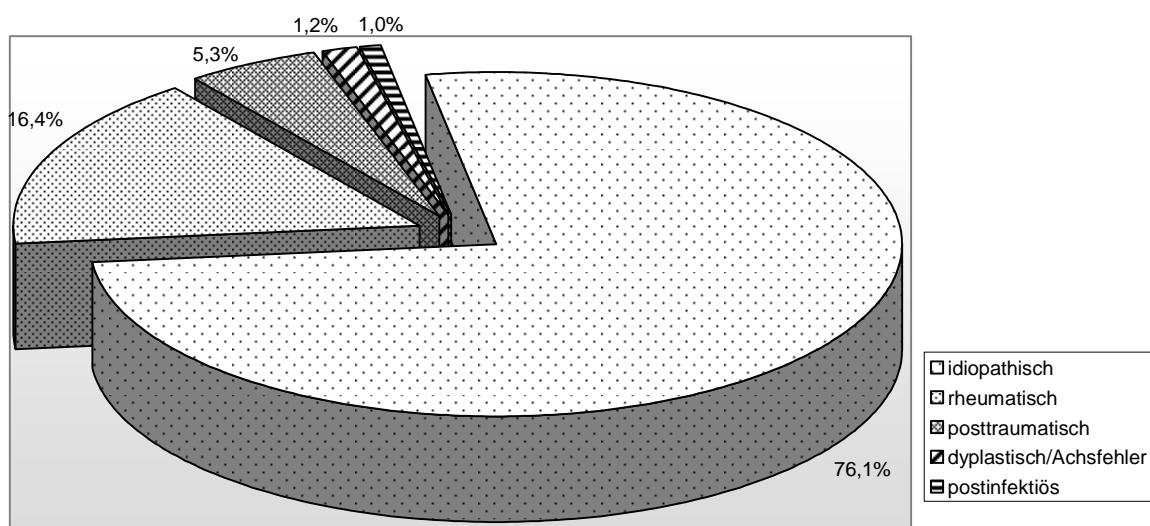


Abbildung 12: Arthroseursachen

Von diesen 842 Patienten, bei denen erstmals eine Prothese implantiert wurde, waren 92 Patienten an dem betroffenen Knie bereits voroperiert, wobei rein arthroskopische Operationen zur Meniskus chirurgie oder Lavage nicht mitgerechnet wurden. Dabei wurden 44 weichteilige (z. B. Bandplastiken) und 43 knöcherne sowie 5 kombinierte Voroperationen angegeben.

### **3.2 Operationsdaten**

Von den diesbezüglich 885 auswertbaren elektiven Patienten führte keiner eine präoperative Eigenblutspende durch. Alle im Folgenden genannten Eigenblutmessungen beziehen sich also auf das im Operationssaal und über die Wunddrainagen aufgefangene Blut.

Es erfolgten 842 Primärimplantationen (94,6%) und 48 Wechseloperationen (5,4%). Die Aufteilung in die einzelnen Prothesentypen in Abhängigkeit von Primär- oder Wechseloperation zeigen Tab. 9 und Tab. 10.

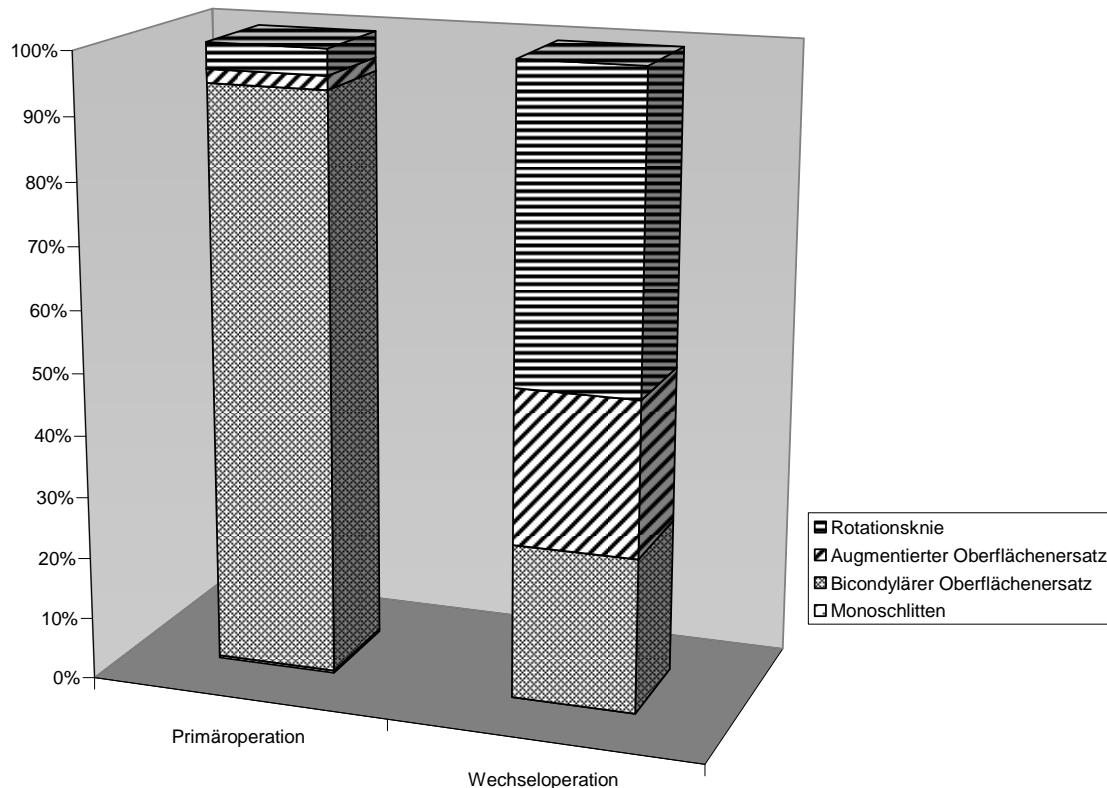
<b>Primäroperation (842 Patienten)</b>	<b>rechts</b>	<b>links</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Anteil (Summe)</b>
Unicondylärer Schlitten	0	3	3	0,4%
Bicondylärer Oberflächenersatz	414	372	786	93,3%
Augmentierter Oberflächenersatz	7	11	18	2,1%
Achsgeführtes Kniegelenk	23	12	35	4,2%
	<b>444</b>	<b>398</b>	<b>842</b>	<b>100,0%</b>

Tabelle 9: Verteilung der Prothesentypen bei Primäroperationen

<b>Wechseloperation (48 Patienten)</b>	<b>rechts</b>	<b>links</b>	<b>Gesamt</b>	<b>Anteil (Summe)</b>
Unicondylärer Schlitten	0	0	0	0,0%
Bicondylärer Oberflächenersatz	4	8	12	25,0%
Augmentierter Oberflächenersatz	5	7	12	25,0%
Achsgeführtes Kniegelenk	14	10	24	50,0%
	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>48</b>	<b>100,0%</b>

Tabelle 10: Verteilung der Prothesentypen bei Wechseloperationen

Die Verteilung über alle Operationen und Prothesentypen zeigt Abb. 13.



**Abbildung 13: Verteilung der Prothesentypen in Abhängigkeit von Primär- oder Wechseloperation**

Es zeigt sich, dass die primäre Endoprothesenimplantation üblicherweise mit der bicondylären Oberflächenersatzprothese zu bewerkstelligen ist. Das achsgeführte Kniegelenk bleibt im Primärbereich Sonderfällen vorbehalten. So wurde es nur bei 15 Patienten mit einer idiopathischen Gonarthrose implantiert. (2,3% der Patienten). Die übrigen Patienten litten an einer rheumatischen oder posttraumatischen Kniegelenksdestruktion. Bei Wechseloperationen macht das achsgeführte Kniegelenk dann aber 50% der Operationen aus.

Auffallend ist die geringe Zahl von lediglich 3 unicondylären Schlitten (Monoschlitten). Das entspricht lediglich 0,4% der Primäroperationen.

Ein Retropatellarersatz wurde lediglich in 7 Fällen (0,8%) implantiert. Alle Implantationen erfolgten bei Primäroperationen von Oberflächenersatzprothesen (6 PFC und 1 TC3).

Bei den 798 Implantationen einer PFC-Prothese erfolgte lediglich in 31 Fällen (3,9%) eine HKB-Substitution, bei den 30 PFC TC3-Implantationen in 19 Fällen (63,3%). Dies zeigt, dass dieses System vorwiegend bei komplexen Situationen und insbesondere Wechseloperationen mit eingeschränkter ligamentärer Führung des Kniegelenkes zum Einsatz kommt. Das achsgeführte Rotationsknie ist per definitionem Band ersetzend, so dass das HKB hier in allen Fällen substituiert wird.

Von den 798 PFC wurden 658 auf die Implantation eines Mobile Bearings untersucht. Die Hinzunahme dieses Parameters erfolgte erst im Laufe der Datenerhebung, als aus den Akten der teilweise Einsatz dieses PE-Inlays ersichtlich wurde. Daher wurde dieses Merkmal nicht in allen Fällen erhoben, jedoch ist das Vorkommen in den nicht darauf untersuchten Fällen sehr unwahrscheinlich, sonst wäre der Parameter schon früher erhoben worden. Ein

Mobile Bearing PE-Inlay wurde demnach in 57 Fällen implantiert, das entspricht 8,7%. Der Anteil dürfte aus den genannten Gründen jedoch noch darunter liegen (auf 798 Operationen bezogen liegt der Anteil bei 7,1%).

Die Prothesenverankerung erfolgte überwiegend zementiert. Bei den 842 Primäroperationen wurden 839 Tibiakomponenten zementiert implantiert, 2 zementfrei, bei 1 Tibiakomponente war die Verankerung aus den Unterlagen nicht ersichtlich. Das entspricht einem Anteil zementierter Tibiakomponenten von 99,6%. Die Femurkomponenten wurden häufiger zementfrei eingebracht (117 Operationen), somit betrug der Anteil der zementierten Verankerungen femoral 86,1%. Die 2 zementfreien Tibiaimplantationen erfolgten im Rahmen einer komplett zementfreien Versorgung, so dass hier am ehesten von wahrscheinlichen Kontraindikationen gegen den PMMA-Zement ausgegangen werden muss.

Die mittlere Operationsdauer gemessen als Schnitt-Naht-Zeit betrug über alles 82 Minuten, ausgehend von den 881 in dieser Kategorie auswertbaren Fällen. Dieser Wert wird wesentlich von der OP-Zeit bei Primärimplantationen des PFC-Systems bestimmt, die 79 Minuten betrug. Die Durchschnittszeiten der einzelnen Systeme in Abhängigkeit von Primär- oder Wechsel-Operation zeigt Tab. 11.

<b>Operationszeit in Minuten (881 Patienten)</b>	<b>primär</b>	<b>Wechsel-OP</b>	<b>Gesamt</b>
Unicondylärer Schlitten	90		90
Bicondylärer Oberflächenersatz	79	115	79
Augmentierter Oberflächenersatz	86	118	99
Achsgeführtes Kniegelenk	100	136	115
	<b>80</b>	<b>126</b>	<b>82</b>

Tabelle 11: Mittlere Operationszeit bei Primär- und Wechseloperationen in Abhängigkeit vom Prothesentyp

Natürgemäß umfasst die Dauer einen großen Wertebereich. Die minimale OP-Dauer betrug 29, die maximale Dauer 197 Minuten.

In die Operationsdauer fließt auch die Navigation mit ein. Diese erfolgte in insgesamt 165 Fällen, beginnend ab dem Jahr 2001 (Tab. 12).

<b>Jahr</b>	<b>Ohne Navigation</b>	<b>Mit Navigation</b>	<b>Gesamt</b>
2000	145	0	145
2001	292	30	322
2002	143	73	216
2003	145	62	207
	<b>725</b>	<b>165</b>	<b>890</b>

Tabelle 12: Anzahl der navigierten Endoprothesen

Hiervon können die Einzelfälle des Einsatzes im Rahmen einer Wechseloperation (2x PFC, 1x TC3) sowie der eine Einsatz bei der primären Implantation eines modularen Oberflächenersatzes ausgeschlossen werden. Alle anderen Navigationen (161) erfolgten bei der Primärimplantation einer P.F.C.-Prothese, somit in 20,5% dieser Fälle. Betrachtet man die Vergleichszeiten zwischen

navigierten und nicht navigierten Prothesen, so sollten die Prothesen aus dem gleichen Jahrgang miteinander verglichen werden. Schließt man daher die Operationen des Jahres 2000 aus, verbleiben 654 PFC-Implantationen in den Jahren 2001 bis 2003. Die durchschnittliche Verlängerung der OP-Zeit betrug in diesen Fällen über die drei Jahre gesehen 14 Minuten von 74 auf 88 Minuten. Insgesamt erscheint die Verlängerung absolut gesehen nicht wesentlich, bedeutet aber aufgrund der insgesamt relativ kurzen Operationszeit ein Plus von 18,9%.

Die Anästhesie erfolgte überwiegend als regionales Verfahren. Lediglich 138 Operationen wurden in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Von diesen wurden 72 Operationen mit einem Regionalverfahren (sog. „3 in 1-Block“) kombiniert. Die regionalen Verfahren teilten sich in 329 Spinalanästhesien und 414 periphere Regionalanästhesien auf.

Eine Übersicht liefert Tab. 13.

Anästhesieart (881 Pat.)	Anzahl	Anteil
Allgemeinanästhesie	66	7,5%
Spinalanästhesie	329	37,3%
Regionalanästhesie	414	47,0%
Allgemeinanästhesie und zusätzlicher 3in1-Block	72	8,2%
	<b>881</b>	<b>100,0%</b>

**Tabelle 13: Anästhesieverfahren im Gesamtüberblick**

Die bevorzugte Anästhesieform erfuhr im Laufe des Untersuchungszeitraums einen deutlichen Wandel. Im Jahr 2000 wurden keine regionalen Leitungsblockaden durchgeführt. Lediglich bei 13 Patienten wurde ein zusätzlicher 3in1-Block in Kombination mit einer Allgemeinanästhesie angelegt. Die überwiegende Mehrheit der Patienten (67,6%) erhielt eine Spinalanästhesie. Der Anteil der peripheren Regionalanästhesie stieg dann im Laufe der Jahre auf zuletzt 94,6% im Jahr 2003. Die Kombination einer Allgemeinanästhesie mit einem 3in1-Block wurde komplett verlassen. Die Entwicklung der Anästhesieverfahren zeigt Abb. 14.



**Abbildung 14: Entwicklung der Anästhesiearten im Untersuchungszeitraum**

Im Verlauf der Untersuchung wurde auch noch die Anlage eines regionalen Schmerzkatheters in der Leiste zur Analgesie des N. femoralis als Kriterium mit aufgenommen. Werte hierzu liegen daher nur für 737 Patienten vor. Von diesen erhielten 116 (15,7%) einen solchen peripheren Schmerzkatheter.

Zur Minimierung des intraoperativen Blutverlustes erfolgte in 871 von 888 auswertbaren Fällen die Anlage einer pneumatischen Oberschenkelmanschette. Dies entspricht 98,1% der Fälle. Ein Zusammenhang mit einer vorbestehenden pAVK war dabei nicht zu erkennen. Lediglich bei einem der 23 Patienten, die eine entsprechende Erkrankung angegeben hatten, wurde auf die Anlage des Tourniquets verzichtet.

Ab dem Jahr 2002 konnte auch ermittelt werden, ob es sich um eine Operation in Blutsperre (Hochhalten des Beines zur Entleerung der Venen) oder um eine Bluteere mit Aufpumpen des Tourniquets nach Auswickeln des Beines mit einer Esmarch-Binde handelt. Daten liegen für 428 Patienten vor, davon 422 mit Anlage eines Tourniquets. Von diesen 422 wurde in 415 Fällen (98,3%) eine Bluteere angelegt.

Die durchschnittliche Dauer der Blutsperrezeit, gemessen bei 847 Patienten, betrug 75 Minuten mit einer Schwankungsbreite von 161 Minuten zwischen dem Minimalwert (7 Minuten) und dem Maximalwert (168 Minuten). Einen Hinweis auf die Verteilung liefert Abb. 15.

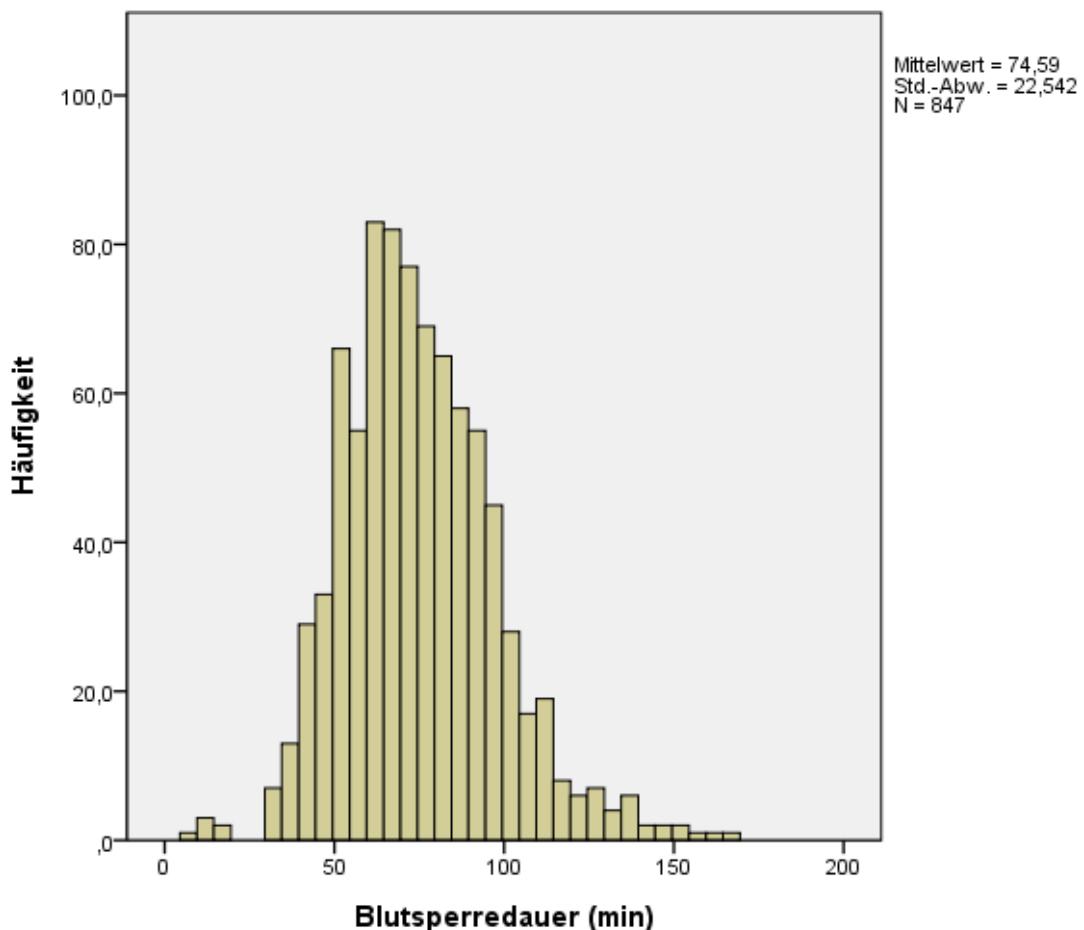


Abbildung 15: Verteilung der Blutsperredauer

Eine direkte Aussage, ob die Blutsperre zur intraoperativen Kontrolle auf größere Blutungen geöffnet wurde, war aus den Patientenunterlagen nicht zu treffen. Als Kriterium wurde daher die zeitliche Differenz zwischen der angegebenen Naht-Zeit und dem Ende der Blutsperre definiert. Beträgt diese Differenz mehr als 5 Minuten, so kann man mit hinreichender Sicherheit davon ausgehen, dass die Blutsperre noch vor Beendigung der Operation geöffnet wurde. 845 Datenpaare waren diesbezüglich auswertbar. In 672 Fällen (79,5%) wurde die Blutsperre frühzeitig eröffnet.

Bei fast allen Patienten (851 von 883 auswertbaren Patienten, 96,4%) kam perioperativ ein Blutsammelsystem zum Einsatz. Im Laufe der Jahre war dabei eine deutliche Verschiebung bei der Nutzung der unterschiedlichen Systeme auszumachen. Im Jahr 2000 war kein MAT-System im Einsatz, es erfolgte in 134 Fällen die Anlage eines Autotransfusionssystems (Orth-Evac®, Teleflex Medical Inc.). In 2001 und 2002 wurde das MAT-System (Cell Saver®, Haemonetics GmbH) nur vereinzelt genutzt, um ab dem Jahr 2003 als Standard zu dienen (95,1%). Nur in 6 Fällen kamen noch Orth-Evac-Systeme zum Einsatz. Den Verlauf der Nutzung zeigt Abb. 16.

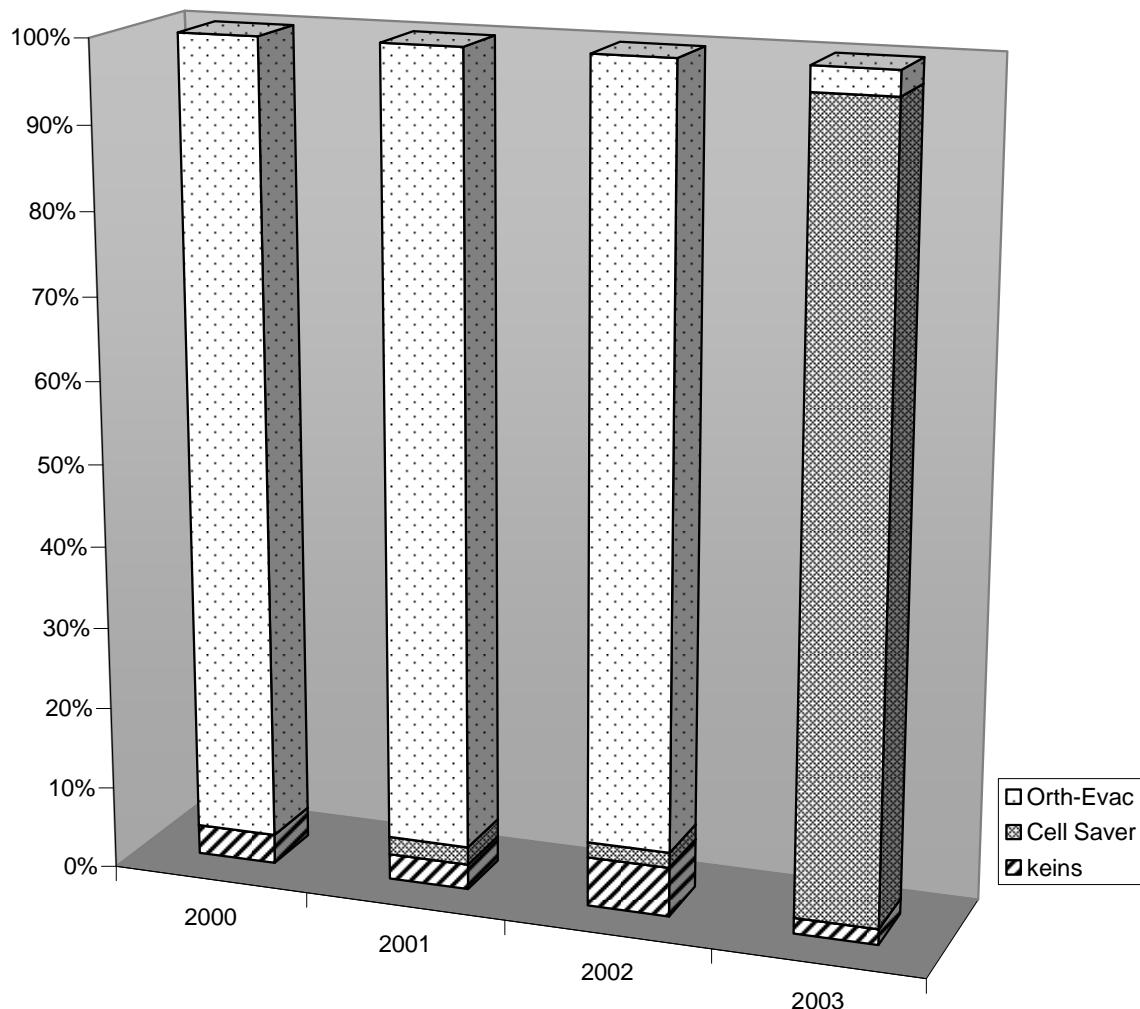


Abbildung 16: Anteil der Blutsammelsysteme im Untersuchungszeitraum

### 3.3 Komplikationen

#### 3.3.1 Lokale Komplikationen

Gefäßverletzungen mit intraoperativer Versorgungsnotwendigkeit ereigneten sich im untersuchten Zeitraum nicht.

In 9 Fällen (6 Wechseloperationen, 3 Primäroperationen) war eine intraoperative zusätzliche Osteosynthese notwendig. In 4 dieser Fälle (3 Wechsel, 1 Primär-OP) erfolgte eine intraoperative Schaftfensterung zur Explantation der Prothese bzw. eine Tuberousitas-Osteotomie. Es verbleiben somit 5 akzidentelle versorgungspflichtige Frakturen (3 Wechsel, 2 Primär-OP, 0,6 % aller Operationen).

Lokale Komplikationen mit konservativ ausreichender Behandlung ereigneten sich in 20 Fällen (2,25%). Vor allem lokale Wundheilungsstörungen, aber auch persistierende Hämatome und Ergüsse mit Punktionsnotwendigkeit traten auf. Aufgrund einer schmerzhaften postoperativen Bewegungseinschränkung musste die postoperative Schmerztherapie in 4 Fällen intensiviert werden, in einem dieser Fälle erfolgte eine geschlossene Narkosemobilisation.

Eine Revisionsoperation wurde in insgesamt 21 Fällen notwendig, davon 2 Nachblutungen bei männlichen Patienten, beide bei Primär-Operationen (0,2%). Ein Patient litt an einer bekannten Hämochromatose mit sekundärer Kniedestruktion. Der andere Patient war 1990 offen synovektomiert worden, ferner bestand ein Zustand nach Tibiakopf-Umstellungsosteotomie 1974. Beide erhielten eine teilzementierte PFC-Endoprothese, in beiden Fällen wurde die Blutsperre deutlich vor dem Operationsende geöffnet (29 bzw. 27 Minuten), was auf eine sorgfältige intraoperative Blutstillung schließen lässt. Die Operationsdauer war bei dem Patienten mit der Hämochromatose nicht verlängert (72 Minuten) jedoch bei dem Patienten mit der Voroperation (153 Minuten). Bei diesem betrug auch die Blutsperrezeit 138 Minuten.

Die übrigen Revisionen (19, 2,13%) erfolgten aus unterschiedlichen Gründen, vor allem wegen oberflächlicher Wundheilungsstörungen. In einem Fall wurde ein Wechsel der Tibiakomponente wegen Fehlpositionierung notwendig. Tiefe Infekte fanden sich in 5 Fällen (0,56%). Die 19 Erstoperationen waren im Durchschnitt hochsignifikant länger als Operationen ohne spätere Revision (t-Test, 81 gegenüber 97 Minuten,  $p=0,005$ ).

Bei insgesamt 14 Patienten (1,58%) zeigte sich ein postoperativ neu aufgetretener Nervenschaden an dem betroffenen Bein, üblicherweise im Bereich des Versorgungsgebietes des Nervus peronaeus. Die Symptomatik reichte von milden Dysästhesien bis hin zu einer kompletten Plegie (Kraftgrad 0 von 5) der Fußhebermuskulatur in einem Fall. 12 dieser Komplikationen traten bei Primäroperationen auf, nur 2 bei Wechseloperationen. 2 der Patienten hatten zusätzlich zu einer Allgemeinanästhesie noch einen lokalen Schmerzkatheter im Bereich der Leiste gelegt bekommen, bei 4 Patienten war ein regionales Anästhesieverfahren zum Einsatz gekommen. Der überwiegende Teil der Läsionen scheint daher durch die Operation und nicht durch die Anästhesiemethode verursacht worden zu sein.

### 3.3.2 Allgemeine Komplikationen

Kreislaufkomplikationen wurden insgesamt in 46 Fällen dokumentiert. Davon waren der überwiegende Anteil (28 Fälle) Schwindel- und Schwächesymptome. 17 Ereignisse wurden als schwerer klassifiziert, in einem weiteren Fall wurde die Diagnose eines akuten Myokardinfarktes gestellt. Daraus ergibt sich eine Rate von mittelschweren bis schweren Kreislaufkomplikationen von 18 auf 890 Fälle, somit 2,02%. Die Verteilung auf die einzelnen Jahre zeigt Tabelle 14. Die Unterschiede zwischen den Jahren sind hochsignifikant (Fishers Exakter Test,  $p=0,005$ ).

Kreislauf-Komplikationen (890 Patienten)	Schwindel	Insuffizienz/ AP-Sympt.	Infarkt	Gesamt
2000	3	2		5
2001	13	7		20
2002	12	6	1	19
2003		2		2
	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>46</b>

Tabelle 14: Kreislaufkomplikationen im Jahresvergleich

Thromboembolische Ereignisse kamen in 3 Fällen vor, jeweils 1 gesicherte bzw. hoch verdächtige Thrombose des Ober- bzw. Unterschenkels und eine Lungenembolie. Alle 3 Ereignisse fanden sich in den ersten beiden untersuchten Jahren.

Komplikationen des Zentralnervensystems wurden als „Transitorische Ischämische Attacke“ (TIA) oder Apoplektischer Insult klassifiziert. Ein allgemeines Unwohlsein und Schwindelsymptomatik wurden in dieser Arbeit unter den Kreislaufkomplikationen gewertet. Dokumentiert wurden 1 TIA im Jahr 2000, 1 TIA und 1 Insult im Jahr 2001 und ein Insult im Jahr 2003.

6 urologische Komplikationen wurden dokumentiert. In einem Fall ließ sich ein Blasendauerkatheter nicht entblocken, in 2 Fällen entwickelte sich ein Harnwegsinfekt, die übrigen Fälle entsprangen Komplikationen rund um eine bekannte Prostatavergrößerung mit Makrohämaturie und/oder Harnverhalt. Diese drei Fälle wurden als schwerwiegender gewertet.

Somit wurden im gesamten Untersuchungszeitraum 28 mittelschwere und schwere Komplikationen aus dem nicht direkt chirurgischen Bereich dokumentiert. Bezogen auf 890 Prothesenimplantationen ergibt sich daraus ein Anteil an Komplikationen von 3,15 Prozent.

Zusammengefasst finden sich lokale und allgemeine Komplikationen mittelschwerer und schwerer Art in 83 Fällen. Dies entspricht einer Komplikationsrate von 9,33%. Eine Verlegung betroffener Patienten innerhalb des Hauses auf die internistische Abteilung wurde in 2 Fällen notwendig, eine externe Verlegung in 17 Fällen (0,2% bzw. 1,9%). Ein signifikanter Unterschied in den Verlegungszahlen findet sich im Jahresvergleich nicht (Fishers Exakter Test,  $p=0,728$ ). Perioperative Todesfälle traten nicht auf.

### **3.4 Blutverlust und Blutersatz**

#### **3.4.1 Anzahl der autogenen und allogenischen Transfusionen**

637 von 890 Patienten (71,6%) erhielten im Laufe der Operation oder der ersten postoperativen Woche eine Blutgabe.

Allerdings zeigen sich bei Betrachtung des zeitlichen Verlaufs deutliche Unterschiede. Im Jahr 2000 erhielten noch 90,3% aller Patienten Blut (131 von 145 Patienten). 30 von 145 Patienten (20,7%) erhielten Fremdblut. Sowohl die Zahl der Blutgaben insgesamt als auch insbesondere die Zahl der Fremdblutgaben wurde über die Jahre jedoch deutlich reduziert. Im Jahr 2003 erhielten nur noch 52 von 207 Patienten (25,1%) eine Blutgabe, Fremdblut war nur in 5 Fällen (2,4%) notwendig. Der Anteil der Patienten, die eine Fremdbluttransfusion erhielten, konnte also um fast 90% reduziert werden. Wesentlichen Anteil an diesem Rückgang hatte die Abnahme der Notwendigkeit zur Fremdblutgabe trotz vorausgeganger autologer Retransfusion. Der Anteil dieser Patienten sank von 17,2% auf 0,5%, somit um über 97%. Den zeitlichen Verlauf der Bluttransfusionsraten zeigen die Tabellen 15 bis 18 und Abb. 17.

		Fremdblutgabe		
		Nein	Ja	Gesamt
Jahr	2000	Anzahl	115	30
		% innerhalb von Jahr	79,3%	20,7%
2001	Anzahl	275	47	322
		85,4%	14,6%	100,0%
2002	Anzahl	200	16	216
		92,6%	7,4%	100,0%
2003	Anzahl	202	5	207
		97,6%	2,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	792	98
		% innerhalb von Jahr	89,0%	11,0%
				100,0%

Tabelle 15: Entwicklung der Fremdblutgabe im Jahresvergleich

		Eigenblutgabe		
		Nein	Ja	Gesamt
Jahr	2000	Anzahl	19	126
		% innerhalb von Jahr	13,1%	86,9%
2001	Anzahl	23	299	322
		7,1%	92,9%	100,0%
2002	Anzahl	73	143	216
		33,8%	66,2%	100,0%
2003	Anzahl	159	48	207
		76,8%	23,2%	100,0%
Gesamt		Anzahl	274	616
		% innerhalb von Jahr	30,8%	69,2%
				100,0%

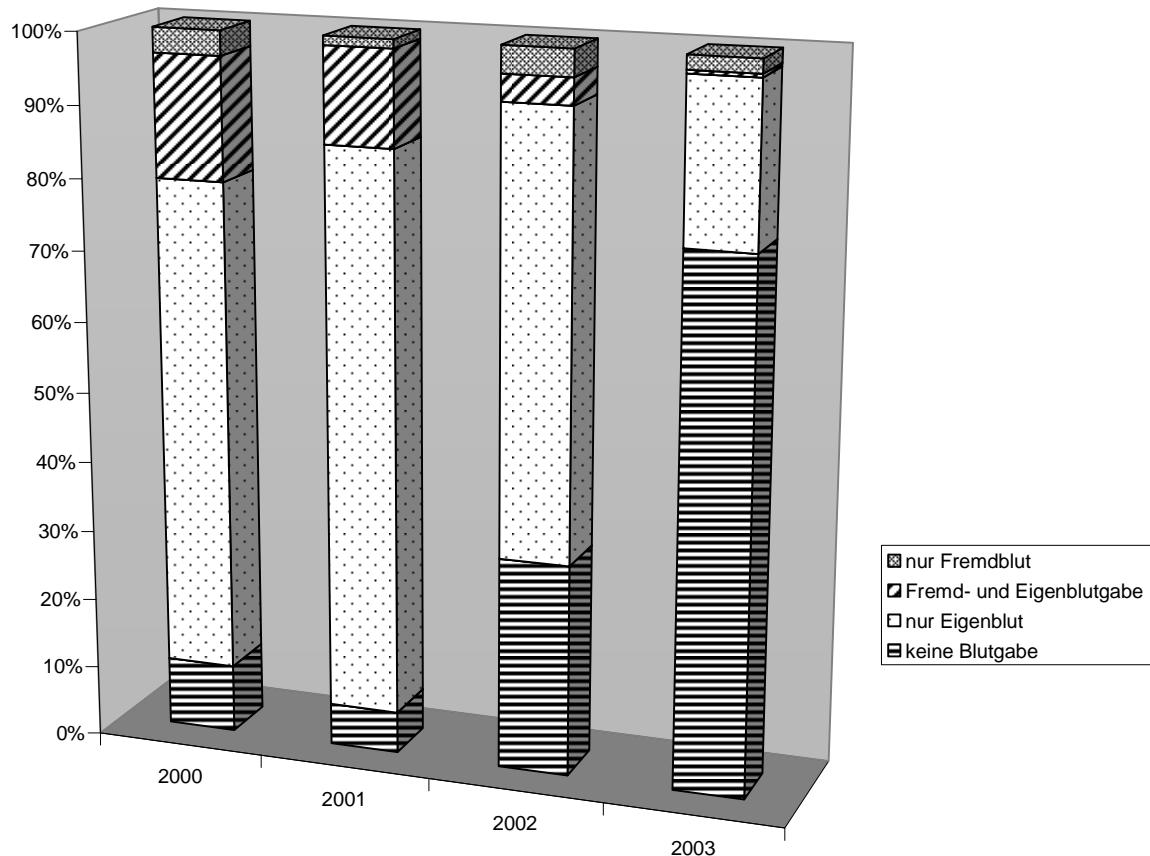
Tabelle 16: Entwicklung der Retransfusionsrate im Jahresvergleich

		sowohl Eigen- als auch Fremdblutgabe		Gesamt
Jahr	2000	Nein	Ja	
	Anzahl	120	25	145
	% innerhalb von Jahr	82,8%	17,2%	100,0%
	2001	Anzahl	279	43
	% innerhalb von Jahr	86,6%	13,4%	100,0%
	2002	Anzahl	208	8
	% innerhalb von Jahr	96,3%	3,7%	100,0%
	2003	Anzahl	206	1
	% innerhalb von Jahr	99,5%	,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	813	77	890
	% innerhalb von Jahr	91,3%	8,7%	100,0%

Tabelle 17: Entwicklung der kombinierten Eigen- und Fremdblutgabe im Jahresvergleich

		Blutgabe insg.		Gesamt
Jahr	2000	Nein	Ja	
	Anzahl	14	131	145
	% innerhalb von Jahr	9,7%	90,3%	100,0%
	2001	Anzahl	19	303
	% innerhalb von Jahr	5,9%	94,1%	100,0%
	2002	Anzahl	65	151
	% innerhalb von Jahr	30,1%	69,9%	100,0%
	2003	Anzahl	155	52
	% innerhalb von Jahr	74,9%	25,1%	100,0%
Gesamt	Anzahl	253	637	890
	% innerhalb von Jahr	28,4%	71,6%	100,0%

Tabelle 18: Entwicklung der Blutgabe im Jahresvergleich



**Abbildung 17: Entwicklung von Eigen- und Fremdbluttransfusionen im Untersuchungszeitraum**

Die statistische Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test und Fishers Exaktem Test zeigt, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren statistisch höchstsignifikant sind ( $p<0,001$ ). Dies gilt für sämtliche erhobenen Transfusionsmöglichkeiten (reine Fremdblutgabe, reine autologe Retransfusion (als Eigenblut bezeichnet), Kombinationsgabe von Eigen- und Fremdblut beim gleichen Patienten, Bluttransfusion allgemein).

### 3.4.2 Transfundierte Blutmenge

Bei den 637 Patienten mit einer Blutgabe (s. Abschnitt 3.4.1) betrug die mittlere transfundierte Menge 594 ml (Median 550 ml, Minimum 50 ml, Maximum 3499 ml). 616 Patienten erhielten eine Retransfusion ihres eigenen Blutes, durchschnittlich 513 ml (Median 500 ml, Minimum 50 ml, Maximum 1600 ml). 98 Patienten erhielten Fremdblut, im Durchschnitt 636 ml (Median 660, Minimum 330 ml Maximum 2310 ml). Das entspricht im Minimum 1 und im Maximum 7 Transfusionseinheiten an Fremdblut. Tabelle 19 listet die Häufigkeiten auf. Dabei ist zu beachten, dass in 77 Fällen Patienten sowohl eigenes als auch fremdes Blut erhielten. Dies erklärt die Diskrepanz zwischen der Gesamtzahl von 637 Fällen insgesamt und den einzelnen Anzahlen von 98 bzw. 616 Fällen.

Blutmenge (in ml)	Fremdblut	Eigenblut	Eigen- und/oder Fremdblut	
			Fremdblut	Eigen- und/oder Fremdblut
Anzahl (N)	98	616		637
Mittelwert (ml)	636	513		594
Median (ml)	660	500		550
Standardabweichung (ml)	238	224		318
Minimum (ml)	330	50		50
Maximum (ml)	2310	1600		3499

Tabelle 19: Menge des transfundierten Blutes

Die Zahl der jeweils transfundierten Erythrozytenkonzentrate bei allogener Transfusion zeigt Tabelle 20. Weit überwiegend wurden ein bis zwei EK verabreicht.

Anzahl transfundierter EK	1	2	3	4	7	Gesamt
Fallzahl	17	77	1	2	1	98

Tabelle 20: Anzahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrate (EK)

Betrachtet man in den 637 Fällen, in denen Blut gegeben wurde, die pro Patient verabreichte Blutmenge, so zeigt sich auch hier ein statistisch höchstsignifikanter Rückgang im Jahresverlauf (ANOVA,  $p<0,001$ ). Tabelle 21 zeigt die durchschnittlich verabreichte Blutmenge im Jahresvergleich.

Jahr	Anzahl (N)	Blutmenge (ml)	Minimum (ml)	Maximum (ml)
2000	131	550	50	1720
2001	303	657	120	3499
2002	151	581	100	1520
2003	52	372	147	805
<b>Gesamt / Durchschnitt</b>	<b>637</b>	<b>594</b>		

Tabelle 21: Menge des transfundierten Blutes im Jahresvergleich

### 3.4.3 Blutbedarf in Abhängigkeit vom präoperativen Hb-Wert

Da der präoperative Hb-Wert in der Literatur als ein häufiger Parameter bei der Entscheidung für eine Bluttransfusion genannt wird, erfolgte eine Auswertung der Transfusionsnotwendigkeit und der transfundierten Blutmenge in Abhängigkeit vom präoperativen Hb-Wert.

Die präoperativ gemessene Hämoglobin-Konzentration im Blut (Hb-Wert in g/dl, Parameter LPRHb) konnte für 874 Patienten ermittelt werden. Das arithmetische Mittel lag bei 13,8 g/dl (Standardabweichung 1,31 g/dl), der Median bei 13,9 g/dl bei einem Minimum von 8,5 g/dl und einem Maximum von 17,7 g/dl. Die Verteilung entspricht weitgehend einer Normalverteilung, wie Abbildung 18 zeigt.

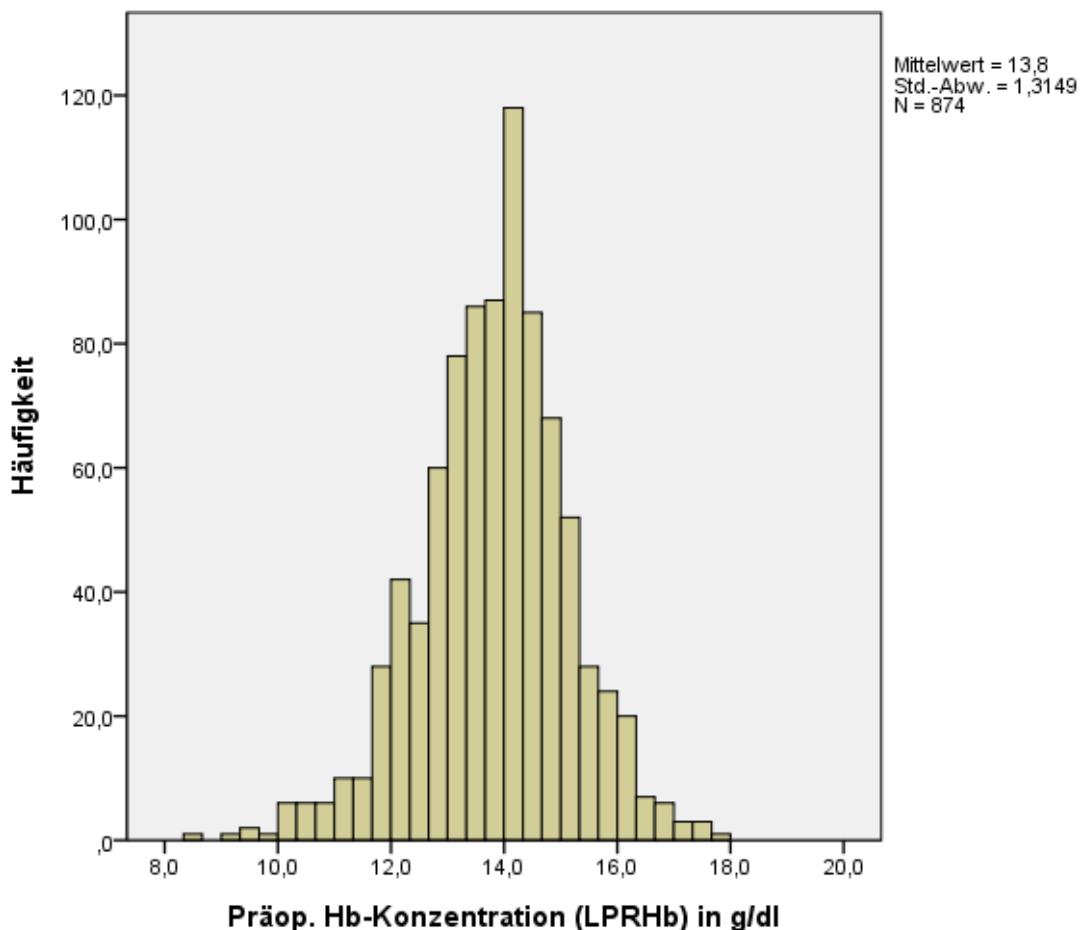


Abbildung 18: Histogramm der Verteilung des präop. Hb-Wertes

Den Zusammenhang zwischen präoperativer Hb-Konzentration und Fremdblutgabe zeigen die Tabelle 22 mit den kumulierten Werten über den gesamten Beobachtungszeitraum und Tabelle 23 mit den nach Jahren aufgeschlüsselten Zahlen. Als Splitkriterium zwischen hohem und niedrigem Hb-Wert wurde der Median der ermittelten Hb-Werte (13,9 g/dl) gewählt, um eine gleichmäßige Gruppengröße zu erreichen (Mediantest).

			Präop. Hb-Wert		
			< 14 g/dl	> 13,9 g/dl	Gesamt
Fremdblutgabe	Nein	Anzahl	371	405	776
		% der Gesamtzahl	42,4%	46,3%	88,8%
	Ja	Anzahl	88	10	98
		% der Gesamtzahl	10,1%	1,1%	11,2%
Gesamt		Anzahl	459	415	874
		% der Gesamtzahl	52,5%	47,5%	100,0%

Tabelle 22: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom präop. Hb-Wert (Gesamtauswertung)

			Jahr	Präop. Hb-Wert		Gesamt
				< 14 g/dl	> 13,9 g/dl	
2000	Fremdblutgabe	Nein	Anzahl	59	56	115
			% der Gesamtzahl	40,7%	38,6%	79,3%
		Ja	Anzahl	27	3	30
			% der Gesamtzahl	18,6%	2,1%	20,7%
Gesamt			Anzahl	86	59	145
			% der Gesamtzahl	59,3%	40,7%	100,0%
2001	Fremdblutgabe	Nein	Anzahl	125	147	272
			% der Gesamtzahl	39,2%	46,1%	85,3%
		Ja	Anzahl	40	7	47
			% der Gesamtzahl	12,5%	2,2%	14,7%
Gesamt			Anzahl	165	154	319
			% der Gesamtzahl	51,7%	48,3%	100,0%
2002	Fremdblutgabe	Nein	Anzahl	92	107	199
			% der Gesamtzahl	42,8%	49,8%	92,6%
		Ja	Anzahl	16	0	16
			% der Gesamtzahl	7,4%	,0%	7,4%
Gesamt			Anzahl	108	107	215
			% der Gesamtzahl	50,2%	49,8%	100,0%
2003	Fremdblutgabe	Nein	Anzahl	95	95	190
			% der Gesamtzahl	48,7%	48,7%	97,4%
		Ja	Anzahl	5	0	5
			% der Gesamtzahl	2,6%	,0%	2,6%
Gesamt			Anzahl	100	95	195
			% der Gesamtzahl	51,3%	48,7%	100,0%

Tabelle 23: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom präop. Hb-Wert (nach Jahren)

Die Auswertung mittels Chi-Quadrat-Test zeigt für die Gesamtauswertung sowie die Jahre 2000 bis 2002 höchstsignifikante Unterschiede zwischen Patienten mit hohen und niedrigen Hämoglobinkonzentrationen ( $p<0,001$ ).

Für das Jahr 2003 kommt aufgrund der kleinen Fallzahlen in der Allogenen Transfusionsgruppe (nur 5 Patienten) statt des Chi-Quadrat-Tests Fishers Exakter Test zur Anwendung. Hier zeigt sich ein signifikanter Unterschied mit einem einseitigen  $p=0,034$ . Die geringere Signifikanz erklärt sich aus den geringen Fallzahlunterschieden in der Transfusionsgruppe (0 vs. 5 Fälle).

Für die Menge des transfundierten Blutes spielt der präoperative Hb-Wert nur eine untergeordnete Rolle. Für die 874 erfassten Werte zeigt der Korrelationskoeffizient nach Pearson lediglich in der Betrachtung der Fremdblutgabe eine gerade noch mittelstark ausgeprägte Korrelation. In den hier untersuchten Fällen scheint dieser Faktor daher keinen wesentlichen Einfluss auf die Transfusionsmenge zu haben. Tabelle 24 listet die statistischen Werte auf.

	autologe Retransfusion	Fremdblutgabe	Transfundierte Gesamtmenge
Korrelationskoeffizient r	0,0387	0,3251	0,1543
Prüfgröße t	1,1427	-10,1520	-4,6123
Signifikanzniveau (vorgegeben)	0,001	0,001	0,001
linksseitiges Quantil	-3,3017	-3,3017	-3,3017
rechtsseitiges Quantil	3,3017	3,3017	3,3017
Überschreitungswahr- scheinlichkeit P (zweiseitig)	0,2535	<0,001	<0,001

Tabelle 24: Korrelation zwischen präoperativer Hämoglobinkonzentration (Hb-Wert) und transfundierter Blutmenge (autolog, allogen, gesamt)

Bezüglich der transfundierten Gesamtmenge zeigt sich in der Regressionsanalyse ein höchstsignifikanter Wert im t-Test für den Korrelationskoeffizienten und es lässt sich auch rechnerisch eine Regressionsgerade für einen linearen Zusammenhang finden. Jedoch ist  $r$  insgesamt nur sehr schwach ausgeprägt ( $r=0,1543$ ) und das in Abbildung 19 dargestellte Streudiagramm für die präoperative Hämoglobinkonzentration und die Menge des insgesamt transfundierten Blutes lässt bereits rein optisch keinen ausreichenden Zusammenhang zwischen diesen zwei Parametern erkennen.

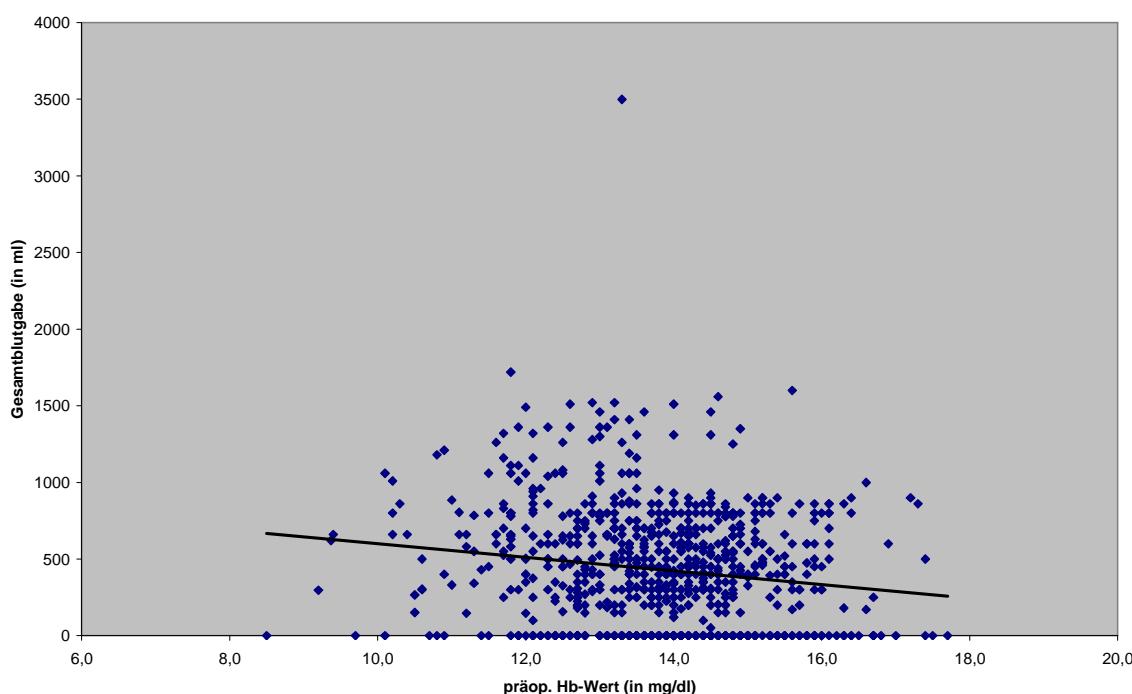


Abbildung 19: Korrelation zwischen präop. Hb-Wert und insgesamt transfundierter Blutmenge

### 3.4.4 Blutgabe in Abhängigkeit vom postoperativen Blutverlust

Als möglicher Transfusionstrigger kommt die Menge des intra- und postoperativ verlorenen Blutes in Frage. Eine aussagekräftige Erhebung des intraoperativen

Blutverlustes war nicht möglich, daher erfolgte die Auswertung des durchgängig dokumentierten Blutverlustes über die Redondrainagen. Dieser konnte bei 874 Patienten bestimmt werden. Es wurden im Durchschnitt 853 ml (Median 760 ml) ermittelt. Hier zeigte sich eine große Schwankungsbreite zwischen 10 und 3.440 ml (Standardabweichung 539 ml). Tabelle 25 listet die statistischen Kennzahlen auf, Tabelle 26 die Entwicklung des Blutverlustes über den Beobachtungszeitraum.

**Blutverlust (ml)**

Anzahl (N)	874
Mittelwert	853,06
Median	760,00
Standardabweichung	539,165
Minimum	10
Maximum	3440

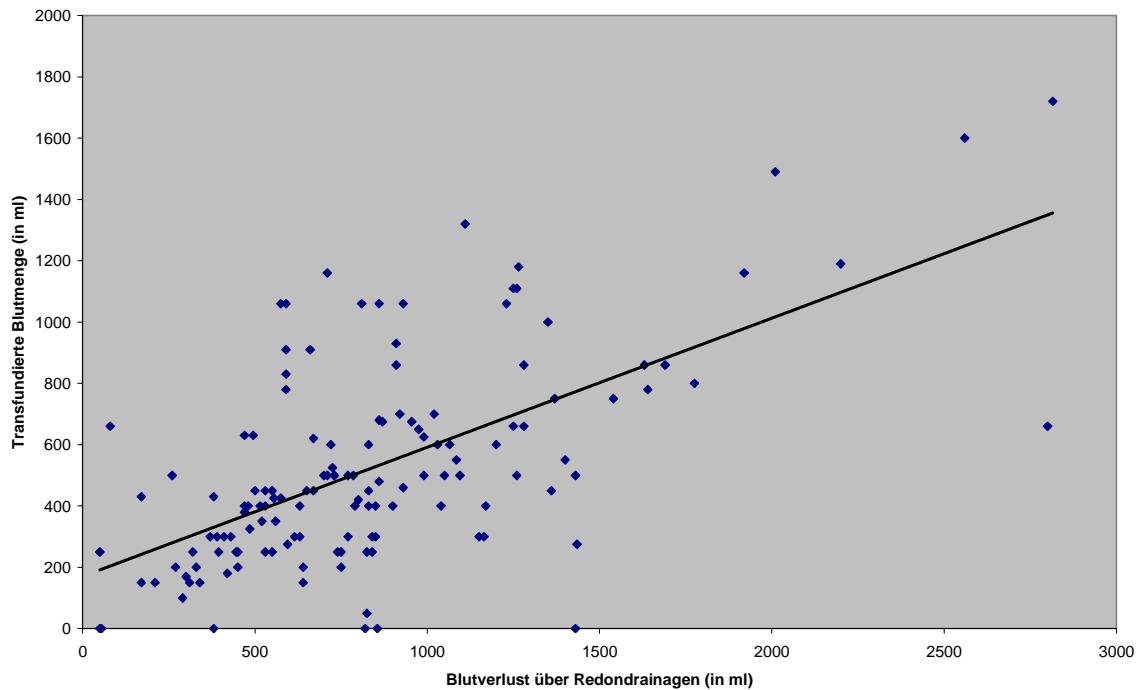
Tabelle 25: Postoperativer Blutverlust über die Redondrainagen

Jahr	Mittelwert (ml)	Anzahl (N)	Standardabweichung (ml)
2000	843,07	137	498,044
2001	1048,88	320	542,449
2002	917,06	213	519,747
2003	485,78	204	372,955
<b>Insgesamt</b>	<b>853,06</b>	<b>874</b>	<b>539,165</b>

Tabelle 26: Postoperativer Blutverlust über die Redondrainagen im Jahresvergleich

Im Jahresvergleich zeigt sich eine höchstsignifikante Minderung des Blutverlustes über die Redondrainagen. Der Mittelwert im Jahr 2003 beträgt nur 486 ml. Die statistische Auswertung mittels Varianzanalyse (ANOVA) ergibt einen p-Wert <0,001.

Eine Korrelation zwischen der gemessenen Flüssigkeitsmenge in den Redondrainagen und der verabreichten Blutmenge bzw. überhaupt einer Blutgabe ergab sich nicht durchgängig. So zeigte sich im Jahr 2000 noch ein Korrelationskoeffizient nach Pearson von 0,62 als Hinweis auf einen mittelstarken linearen Zusammenhang zwischen Blutverlust über die Redondrainagen und insgesamt transfundierter Blutmenge (autolog und allogen). Den trotz starker Schwankungen um die Regressionsgerade bestehenden linearen Zusammenhang zeigt Abbildung 20.



**Abbildung 20:** Korrelation zwischen Blutverlust über die Redondrainagen und transfundierter Blutmenge im Jahr 2000

Der Korrelationskoeffizient nimmt im Verlauf des Beobachtungszeitraumes dann kontinuierlich ab (2001: 0,59, 2002: 0,42; 2003: 0,01), so dass im Jahr 2003 kein Zusammenhang zwischen den beiden erhobenen Parametern mehr hergestellt werden kann. Eine Übersicht über die statistischen Werte gibt Tabelle 27.

Jahr	2000	2001	2002	2003
Korrelationskoeffizient r	0,6212	0,5905	0,4247	0,0085
Prüfgröße t	9,2101	13,0491	6,8137	-0,1210
Signifikanzniveau (vorgegeben)	0,001	0,001	0,001	0,001
Überschreitungswahrscheinlichkeit P (zweiseitig)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,9038

**Tabelle 27:** Korrelation zwischen Blutverlust über Redondrainagen und Gesamtmenge des transfundierten Blutes im Jahresvergleich

Die exemplarisch für das Jahr 2003 berechenbare Regressionsgerade zeigt ebenfalls keinen sinnvollen Zusammenhang mehr, wie Abbildung 21 zeigt.

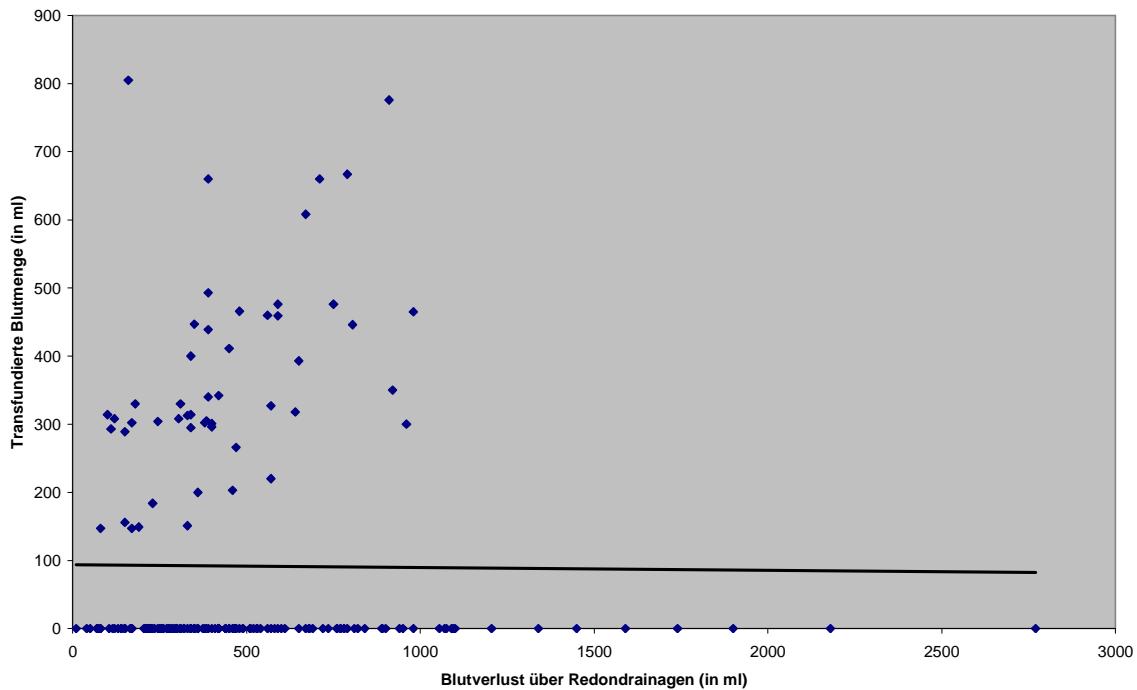


Abbildung 21: Korrelation zwischen Blutverlust über die Redondrainagen und transfundierter Blutmengen 2003

### 3.4.5 Retransfusionsrate in Abhängigkeit vom Sammelsystem

Zu den verwendeten Blutsammelsystemen lagen Daten für 883 Patienten vor. In 851 wurde ein Sammelsystem genutzt (644 Orth-Evac, 207 Cellsaver), in 32 Fällen kam kein Sammelsystem zum Einsatz.

	Eigenblutgabe		Gesamt
	Nein	Ja	
Keins	32	0	32
Cellsaver (MAT)	152	55	207
Orth-Evac (Autotransfusion)	83	561	644
Gesamt	267	616	883

Tabelle 28: Retransfusionszahlen in Abhängigkeit vom Blutsammelsystem

Betrachtet man die Retransfusionsrate in Abhängigkeit vom verwendeten Blutsammelsystem, so zeigt sich bei den 644 verwendeten Orth-Evac-Systemen eine Retransfusion in 561 Fällen (87,1%). Bei Verwendung eines MAT-Systems sank die Retransfusionsrate auf 26,6% (55 von 207 Fällen), wie Tabelle 28 zeigt.

Die statistische Auswertung der Retransfusionsrate in Abhängigkeit vom verwendeten System zeigt für die 851 Fälle, in denen ein solches verwendet wurde, ein höchstsignifikantes Ergebnis (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,001$ ). Jedoch zeigt sich bei der Einzelbetrachtung der Jahre kein signifikanter Unterschied (Chi-Quadrat-Test und Fishers Exakter Test,  $P \geq 0,365$ ). Dies liegt in der abrupten Ablösung des Orth-Evac-Systems durch das Cellsaver-System im Jahr 2003, wie sie Tabelle 29 zeigt. Der statistische Unterschied über alle Fälle resultiert daher am ehesten aus der insgesamt rückläufigen Retransfusionsrate im Jahr 2003.

Jahr		Eigenblutgabe		Gesamt
		Nein	Ja	
2000	Orth-Evac	8	126	134
	Gesamt	8	126	134
2001	Cellsaver	0	7	7
	Orth-Evac	13	292	305
	Gesamt	13	299	312
2002	Cellsaver	2	2	4
	Orth-Evac	58	141	199
	Gesamt	60	143	203
2003	Cellsaver	150	46	196
	Orth-Evac	4	2	6
	Gesamt	154	48	202

Tabelle 29: Blutsammelsysteme und Retransfusion im Jahresvergleich

### 3.4.6 Bluttransfusion in Abhängigkeit vom Geschlecht

In den ersten 3 untersuchten Jahren (2000-2002) zeigte sich noch ein größerer Anteil von Blutgaben bei Frauen im Vergleich zu Männern. Bei insgesamt deutlich rückläufiger Blutgabe war dieses Verhältnis im Jahr 2003 nicht mehr festzustellen. Hier erhielten 29,6% der Männer Blut und nur 23,5% der Frauen. Die Einzelheiten zeigt Tab. 30.

		Männer		Frauen	
Jahr		Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
2000	kein Blut	6	20,0%	8	7,0%
	Blut	24	80,0%	107	93,0%
2001	kein Blut	6	8,2%	13	5,2%
	Blut	67	91,8%	236	94,8%
2002	kein Blut	23	36,5%	42	27,5%
	Blut	40	63,5%	111	72,5%
2003	kein Blut	38	70,4%	117	76,5%
	Blut	16	29,6%	36	23,5%
<b>Gesamt</b>		<b>220</b>		<b>670</b>	

Tabelle 30: Blutgabe in Abhängigkeit vom Geschlecht nach Jahr

Die Unterschiede sind nur im Jahr 2000 signifikant (Fishers Exakter Test,  $p=0,042$ ). Auch für den Parameter Fremdblutgabe zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen im Jahresvergleich.

### 3.4.7 Bluttransfusion in Abhängigkeit vom BMI

Die Gabe von Blutprodukten allgemein erfolgte unabhängig vom BMI (881 Patienten, ANOVA,  $p=0,089$ ). Auch bei der Betrachtung einzelner Gruppen (BMI größer oder kleiner als der Median von 29,74 kg/qm, Mediantest als Chi-Quadrat-Test und Fishers Exakter Test) zeigen sich weder im Gesamtverlauf noch in den einzelnen Beobachtungsjahren signifikante Unterschiede in der Gesamtblutgabe.

Betrachtet man jedoch isoliert nur die Fremdblutgabe (ja/nein) in Abhängigkeit vom unter- oder überdurchschnittlichen BMI, so zeigt sich im Gesamtverlauf ein höchstsignifikanter Unterschied (881 Patienten, Mediantest als Chi-Quadrat-Test und Fishers Exakter Test,  $p<0,001$ ). Es erhielten 74 von 441 Patienten mit einem unterdurchschnittlichen BMI Fremdblut, jedoch nur 23 von 440 Patienten mit einem überdurchschnittlichen BMI. Im Jahresvergleich zeigt sich auch hier, dass der Parameter nur in den ersten beiden Beobachtungsjahren eine Rolle spielte. Im Zuge der rückläufigen Fremdblut-Transfusionsraten war ab dem Jahr 2002 kein signifikanter Unterschied in den Gruppen mehr zu erkennen, auch wenn tendenziell in der bezüglich des BMI unterdurchschnittlichen Gruppe weiter mehr Fremdblut transfundiert wurde. Die Einzelheiten zeigt Tabelle 31.

Jahr		Fremdblutgabe		Gesamt
		Nein	Ja	
2000	BMI unterdurchschnittlich	46	23	69
	überdurchschnittlich	63	7	70
	<b>Gesamt</b>	<b>109</b>	<b>30</b>	<b>139</b>
2001	BMI unterdurchschnittlich	135	38	173
	überdurchschnittlich	140	8	148
	<b>Gesamt</b>	<b>275</b>	<b>46</b>	<b>321</b>
2002	BMI unterdurchschnittlich	95	10	105
	überdurchschnittlich	104	6	110
	<b>Gesamt</b>	<b>199</b>	<b>16</b>	<b>215</b>
2003	BMI unterdurchschnittlich	91	3	94
	überdurchschnittlich	110	2	112
	<b>Gesamt</b>	<b>201</b>	<b>5</b>	<b>206</b>

Tabelle 31: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom BMI im Jahresvergleich

### 3.4.8 Bluttransfusion bei Primär- und Wechsel-Operationen

Betrachtet man die Gesamtblutgabe in Abhängigkeit von Primär- oder Wechseloperation, so zeigt sich ein Transfusionsbedarf bei den Primäroperationen von 72,1% und bei den Wechseloperationen von 62,5%, somit anteilig weniger (nicht signifikant, Chi-Quadrat-Test,  $p=0,187$ ). Die Rate an Fremdblutgaben lag bei Wechseloperationen jedoch mit 22,9% mehr als doppelt so hoch wie in der

Primäroperationsgruppe (10,3%) (signifikant, Chi-Quadrat-Test,  $p= 0,011$ ). Tabelle 32 zeigt die Absolutzahlen.

	Fremdblutgabe		<b>Gesamt</b>
	<b>Nein</b>	<b>Ja</b>	
Primär-OP	755	87	842
Wechsel-OP	37	11	48
<b>Gesamt</b>	<b>792</b>	<b>98</b>	<b>890</b>

Tabelle 32: Fremdblutgabe in Abhängigkeit von Primär- oder Wechsel-Operation

Dies erklärt sich jedoch aus dem deutlich höheren Anteil von Wechseloperationen, bei denen kein Blutsammelsystem eingesetzt wurde (883 Patienten auswertbar, 29,2% gegenüber 2,2% bei Primäroperationen, höchstsignifikant, Fishers Exakter Test,  $p< 0,001$ , Tab. 33).

	Blutsammelsystem			<b>Gesamt</b>
	<b>Keins</b>	<b>Cellsaver</b>	<b>Orth-Evac</b>	
Primär-OP	18	205	612	835
Wechsel-OP	14	2	32	48
<b>Gesamt</b>	<b>32</b>	<b>207</b>	<b>644</b>	<b>883</b>

Tabelle 33: Einsatz von Blutsammelsystemen in Abhängigkeit von Primär- oder Wechsel-Operation

Erfasst man alle Voroperationen (weichteilig, knöchern und Endoprothese) als Risikofaktor, so zeigt sich über alle Jahre zusammen kein Unterschied zwischen voroperierten und nicht voroperierten Patienten. In der Gruppe ohne Voroperation erhielten 71,6% der Patienten eine Blutgabe, in der voroperierten Gruppe 71,4%. Im Jahresvergleich bestehen für das Jahr 2000 und 2001 signifikante Unterschiede (Fishers Exakter Test,  $p=0,027$  im Jahr 2000 und  $p=0,033$  im Jahr 2001), für die Jahre 2002 und 2003 wiederum nicht ( $p=0,247$  bzw.  $p=1,0$ ). Die Tabelle 34 sowie die Abbildungen 18 und 19 verdeutlichen die Zahlen im Jahresvergleich.

Jahr		Blutgabe		Gesamt
		Nein	Ja	
<b>2000</b>	Vor-OP	Nein	9	125
		Ja	5	20
		Gesamt	<b>14</b>	<b>145</b>
<b>2001</b>	Vor-OP	Nein	11	257
		Ja	8	65
		Gesamt	<b>19</b>	<b>322</b>
<b>2002</b>	Vor-OP	Nein	50	177
		Ja	15	39
		Gesamt	<b>65</b>	<b>216</b>
<b>2003</b>	Vor-OP	Nein	143	191
		Ja	12	16
		Gesamt	<b>155</b>	<b>207</b>

Tabelle 34: Blutgabe in Abhängigkeit von Vor-Operationen im Jahresvergleich

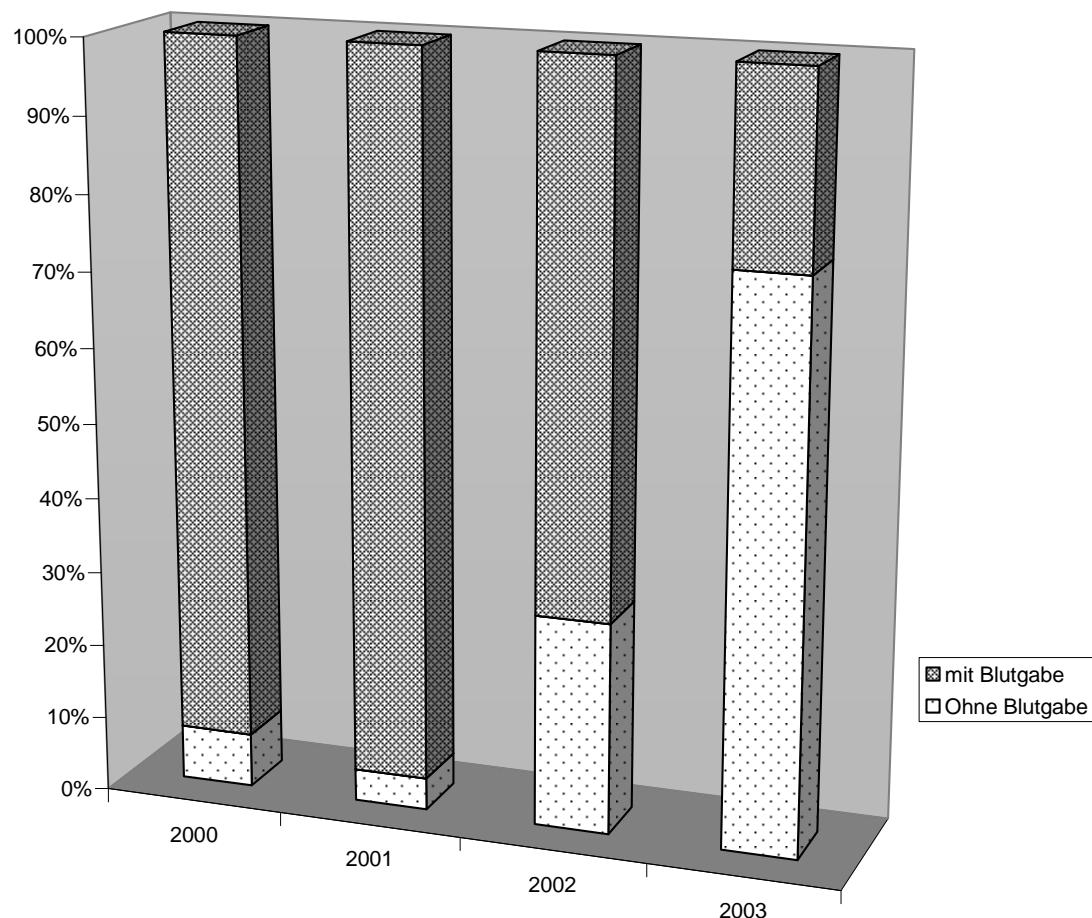


Abbildung 22: Blutgabe bei Patienten ohne Voroperation im Jahresvergleich

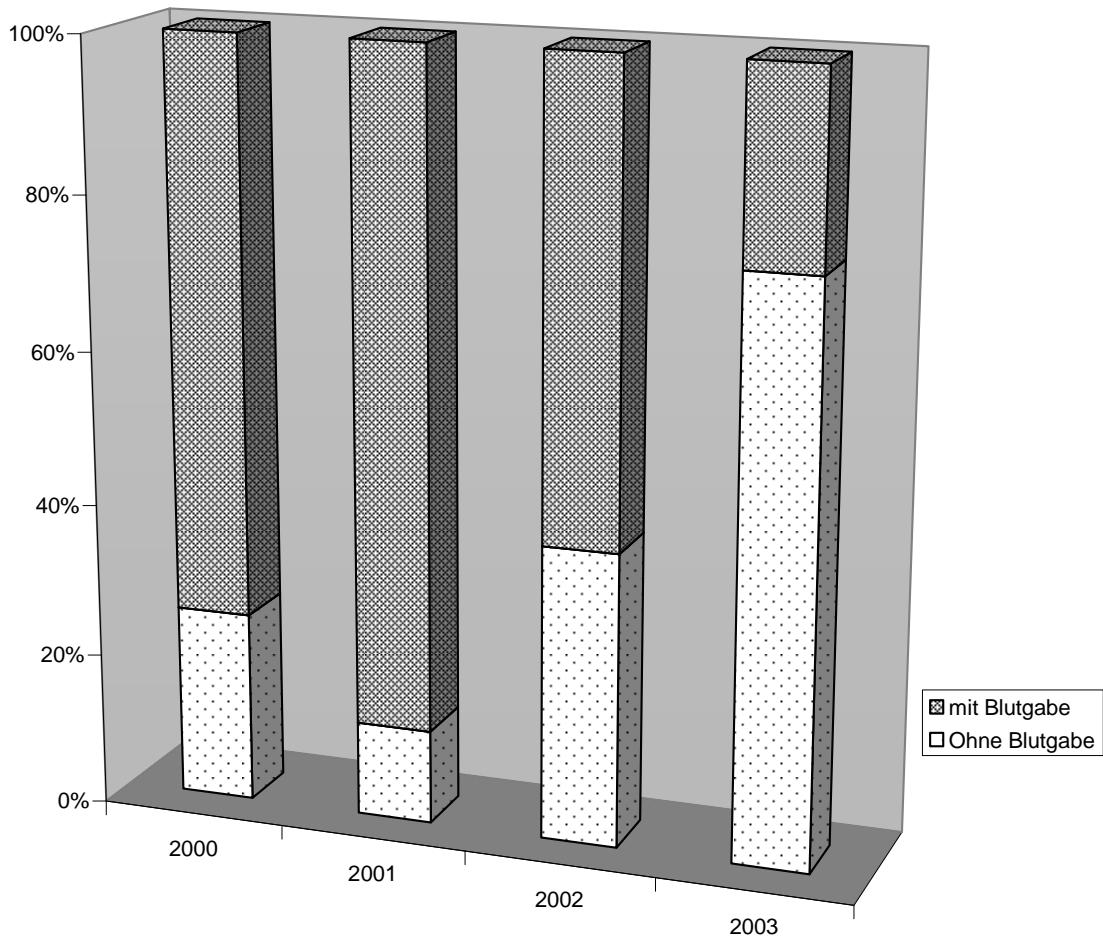


Abbildung 23: Blutgabe bei Patienten mit Voroperation im Jahresvergleich

### 3.4.9 Blutbedarf in Abhangigkeit von der Prothesenverankerung

Betrachtet man die 798 implantierten PFC-Endoprothesen, so hat die Prothesenverankerung keinen signifikanten Effekt auf die Gabe von Blut allgemein bzw. auf die Fremdblutgabe. Die Zahlen im Jahresvergleich zeigt Tabelle 35.

Jahr		Blutgabe		Gesamt
		Nein	Ja	
<b>2000</b>	vollzementiert	Nein	1	16
		Ja	12	103
		<b>Gesamt</b>	<b>13</b>	<b>118</b>
<b>2001</b>	vollzementiert	Nein	4	58
		Ja	7	204
		<b>Gesamt</b>	<b>11</b>	<b>258</b>
<b>2002</b>	vollzementiert	Nein	9	41
		Ja	46	104
		<b>Gesamt</b>	<b>55</b>	<b>136</b>
<b>2003</b>	vollzementiert	Nein	1	2
		Ja	154	51
		<b>Gesamt</b>	<b>155</b>	<b>52</b>

Tabelle 35: Abhängigkeit der Blutgabe von der Prothesenverankerung beim bicondylären Oberflächenersatz nach Jahr

### 3.4.10 Blutbedarf in Abhängigkeit vom Prothesentyp

Die Art der implantierten Endoprothese zeigt nur für das Jahr 2000 einen höchsts signifikanten Einfluss auf die Fremdblutgabe (890 Patienten, Fishers Exakter Test,  $p<0,001$ ). In den Folgejahren zeigt sich kein signifikanter Unterschied mehr. Die Fremdblutmengen ist im Gesamtzeitraum ebenfalls nicht signifikant unterschiedlich (98 Patienten, ANOVA mit robustem Welch-Test aufgrund kleiner Fallzahlen,  $p=0,311$ ). Tabelle 36 listet die Fallzahlen auf.

Die Blutgabe insgesamt, also einschließlich des Eigenblutes mittels Cellsaver oder Orth-Evac zeigt dagegen einen statistisch hochsignifikanten Unterschied bezüglich der verabreichten Blutmenge (636 Patienten, nur PFC, TC3 und Rotationsknie, ANOVA mit robustem Welch-Test,  $p=0,001$ ). Dies gilt auch, wenn man das Jahr 2003, in dem nur PFC-Prothesen implantiert wurden, nicht mit berücksichtigt (584 Patienten, ANOVA mit robustem Welch-Test,  $p=0,002$ ).

Jahr	Art der Knieprothese				Gesamt	
	Mono-schlitten	PFC	TC3	Rotations-knie		
<b>2000</b>	Fremdblut-gabe	Nein	111	2	2	115
		Ja	20	1	9	30
	<b>Gesamt</b>		<b>131</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>145</b>
<b>2001</b>	Fremdblut-gabe	Nein	2	233	19	275
		Ja	0	36	3	47
	<b>Gesamt</b>		<b>2</b>	<b>269</b>	<b>24</b>	<b>322</b>
<b>2002</b>	Fremdblut-gabe	Nein	1	180	16	200
		Ja	0	11	0	16
	<b>Gesamt</b>		<b>1</b>	<b>191</b>	<b>3</b>	<b>216</b>
<b>2003</b>	Fremdblut-gabe	Nein		202		202
		Ja		5		5
	<b>Gesamt</b>			<b>207</b>		<b>207</b>

Tabelle 36: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom Prothesentyp im Jahresvergleich

### 3.4.11 Blutbedarf und Navigation

Die Navigation hat einen verlängernden Einfluss auf die Operationszeit (s. oben). Die Daten wurden daher daraufhin ausgewertet, ob hieraus auch ein erhöhter perioperativer Blutbedarf resultierte. Untersucht wurden alle 163 navigationsgestützt implantierten PFC-Prothesen, unabhängig von Wechseloperation oder Primäroperation. Bezogen wurde die Menge des transfundierten Blutes auf die Gesamtzahl der implantierten PFC-Prothesen (667) im Navigationszeitraum ab 2001. Es zeigt sich bezüglich der Transfusionshäufigkeit kein signifikanter Unterschied im Jahresvergleich (667 Patienten, Fishers Exakter Test,  $p>0,05$ ). Tabelle 37 listet die Blutgaben auf.

Jahr	Navigation		Gesamt	
	Nein	Ja		
<b>2001</b>	Blutgabe Nein	8	3	11
		233	25	258
	<b>Gesamt</b>	<b>241</b>	<b>28</b>	<b>269</b>
<b>2002</b>	Blutgabe Nein	34	21	55
		84	52	136
	<b>Gesamt</b>	<b>118</b>	<b>73</b>	<b>191</b>
<b>2003</b>	Blutgabe Nein	105	50	155
		40	12	52
	<b>Gesamt</b>	<b>145</b>	<b>62</b>	<b>207</b>

Tabelle 37: Blutgabe in Abhängigkeit von der Navigation im Jahresvergleich

Auch für die Fremdblutgabe zeigt sich kein statistisch signifikanter Einfluss der Navigation im Jahresvergleich (667 Patienten, Fishers Exakter Test,  $p>0,05$ ). Tabelle 38 listet die Zahlen für die Fremdblutgabe auf.

Jahr		Navigation		Gesamt
		Nein	Ja	
2001	Fremdblutgabe	Nein	212	233
		Ja	29	36
	Gesamt		241	269
2002	Fremdblutgabe	Nein	110	180
		Ja	8	11
	Gesamt		118	191
2003	Fremdblutgabe	Nein	142	202
		Ja	3	5
	Gesamt		145	207

Tabelle 38: Fremdblutgabe in Abhängigkeit von der Navigation im Jahresvergleich

### 3.4.12 Hämoglobin-Konzentration vor Fremdbluttransfusion

Um festzustellen, ob sich im Laufe der Jahre das Transfusionsregime geändert hat, erfolgte die Auswertung der Fremdblutgaben auf der peripheren Station in Hinsicht auf die Hb-Konzentration vor der Transfusion von Fremdblutkonserven. Es wurde entweder der letzte routinemäßig erhobene Hb-Wert (üblicherweise der Wert vom 1. postoperativen Tag) oder ein direkt vor der Transfusion aktualisierter Wert untersucht. Insgesamt erhielten 48 Patienten auf der peripheren Station innerhalb der 1. postoperativen Woche Fremdblut. Von einem dieser Patienten ließen sich keine Laborwerte eruieren. Er wurde direkt postoperativ aufgrund einer Embolie der Arteria brachialis in die Gefäßchirurgie verlegt und embolektomiert. Im folgenden Vollheparinisierung, Rückverlegung am 2. postoperativen Tag. Am 3. postoperativen Tag erhielt der Patient zwei Erythrozytenkonzentrate aufgrund eines „niedrigen“ Hämoglobinwertes bei ausgeprägtem Hämarthros im operierten Kniegelenk mit Punktionsnotwendigkeit. Aufgrund der fehlenden Werte geht der Patient nicht in die Statistik ein, so dass 47 Patienten ausgewertet wurden.

Es zeigt sich ein Trend zu niedrigeren Transfusionszahlen und zu niedrigeren Hb-Werten vor Fremdbluttransfusion. Erhielten im Jahr 2000 noch 13 von 142 untersuchten Patienten (9,2%) Fremdblut auf Station, so fiel der Anteil auf 7,0% (2001), 4,8% (2002) und schließlich 1,0% im Jahr 2003 (2 von 197 Patienten). Parallel dazu zeigt sich ein Trend zu niedrigeren Hb-Werten in der Transfusionsgruppe von durchschnittlich 9,0 g/dl im Jahr 2000 auf 8,5 g/dl in 2001 und 8,1 g/dl in 2002. Für 2003 ergibt sich ein Durchschnitt von 8,6 g/dl, somit wieder mehr, jedoch kann dies an der geringen Zahl von 2 Fällen liegen. Die Reduzierung der Hämoglobin-Werte ist statistisch nicht signifikant (47 Patienten, ANOVA,  $p=0,216$ ), jedoch ist vor allem die Reduzierung der maximalen Hb-Werte, bei denen noch Fremdblut gegeben wurde auffällig (11,3 g/dl in 2000 auf 8,7 g/dl in 2003). Die nach Jahren aufgeschlüsselten Werte zeigt Tab. 39.

Hb-Werte vor Fremdbluttransfusion (LTr1Hb)	Anzahl (N)	Mittelwert (g/dl)	Median (g/dl)	Minimum (g/dl)	Maximum (g/dl)
<b>2000</b>	13	9	9,1	7,3	11,3
<b>2001</b>	22	8,5	8,4	7,3	10,9
<b>2002</b>	10	8,1	8	6,6	9
<b>2003</b>	2	8,6	8,6	8,5	8,7

Tabelle 39: Hämoglobin-Werte vor Transfusion von Fremd-EK im Jahresvergleich

Betrachtet man im Umkehrschluss die postoperativen Hb-Werte bei den Patienten, die im gesamten Aufenthalt kein Fremdblut erhielten, so zeigt sich ein signifikanter Trend zu insgesamt niedrigeren tolerierten Hb-Werten postoperativ (763 Patienten auswertbar, ANOVA,  $p=0,032$ ). Tabelle 40 zeigt die Werte.

Hb-Wert 1. postop. Tag (LStHb)	Anzahl (N)	Mittelwert (g/dl)	Minimum (g/dl)	Maximum (g/dl)
<b>2000</b>	112	11,378	8,5	13,7
<b>2001</b>	268	11,202	7,4	14,9
<b>2002</b>	191	11,176	7,8	14,6
<b>2003</b>	192	10,966	7,8	15,5

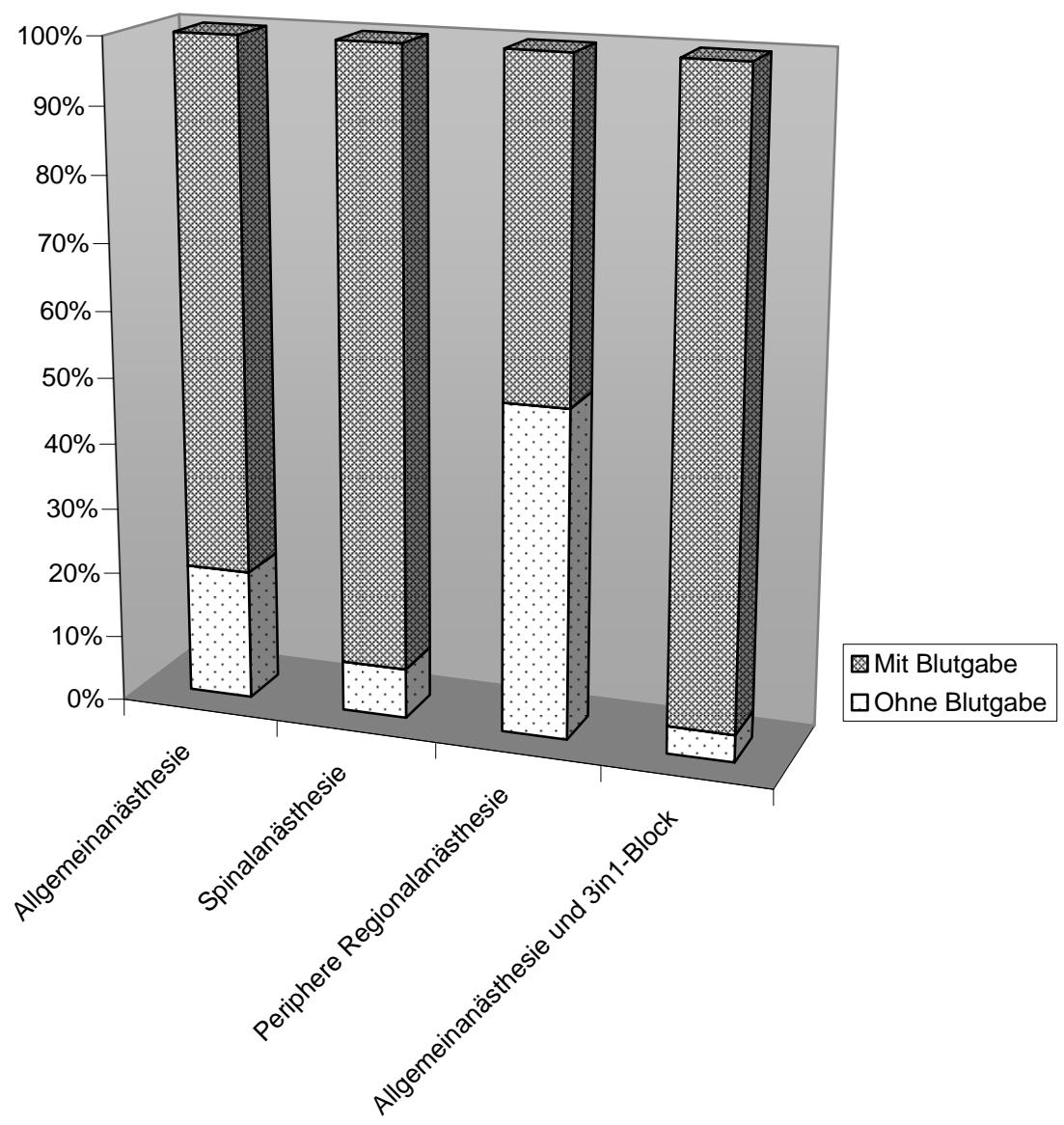
Tabelle 40: Hämoglobin-Werte 1. Tag postoperativ bei nicht Fremdblut-transfundierte Patienten im Jahresvergleich

### 3.4.13 Anästhesieform und Blutbedarf

Die durchgeführte Anästhesie ist einer der Parameter, die sich im Untersuchungszeitraum deutlich geändert haben. Zeitgleich sank auch der Blutbedarf sowohl an Eigen- als auch an Fremdblut. Nur 50,2% der Patienten mit einer peripheren Regionalanästhesie (208 von 414) benötigten eine Bluttransfusion, während die durchschnittliche Rate bei 71,6% lag. Das Maximum von 95,8% Transfusionsbedürftigkeit zeigte sich in der Gruppe der Patienten mit Kombination aus einer Allgemeinanästhesie und einem 3in1-Block (69 von 72 Patienten). Die Unterschiede in den Gruppen sind statistisch höchstsignifikant (881 Patienten, Chi-Quadrat-Test und Fishers Exakter Test,  $p<0,001$ ). Die Verhältnisse veranschaulichen Tab. 41 und Abb. 24.

	Blutgabe		Gesamt
	Nein	Ja	
Allgemeinanästhesie	13	53	66
Spinalanästhesie	25	304	329
Regionalanästhesie	206	208	414
Allgemeinanästhesie plus 3in1-Block	3	69	72
<b>Gesamt</b>	<b>247</b>	<b>634</b>	<b>881</b>

Tabelle 41: Blutgabe in Abhängigkeit von der Anästhesieform



**Abbildung 24: Blutgabe in Abhängigkeit vom Anästhesieverfahren**

## **4 Diskussion**

Bei der Betrachtung der Werte stellt sich zunächst die Frage, warum im Jahr 2010 Daten aus den Jahren 2000 bis 2003 untersucht wurden.

Hier kommen besondere Umstände in der Klinik zum Tragen. Am 01.06.2000 wechselte die Klinikleitung und mit ihr nahezu die gesamte Riege der Operateure. Mit dem gleichzeitigen organisatorischen Übergang in die Orthopädische Klinik für die Universität Regensburg erfolgte ein kompletter Neuanfang in der Klinikausrichtung. Auch wurden im Haus neue Knieimplantate eingeführt. Das perioperative Management und das anästhesiologische Vorgehen änderten sich im untersuchten Zeitraum, auch als Folge neuer Gesetze wie des Transfusionsgesetzes oder neuer Richtlinien vom Anfang des Jahrzehnts. Es wurden neue Anästhesieverfahren (Regionalanästhesie), Retransfusionssysteme (Cell Saver) und Transfusionsrichtlinien eingeführt. Daher ist kein Zeitpunkt in der jüngeren Geschichte der Abteilung besser geeignet, den Einfluss dieser Maßnahmen auf die Blutgabe im Allgemeinen und die Fremdblutgabe im Besonderen zu untersuchen. Ferner waren die postoperativen Verweildauern der Patienten in dieser Zeit noch deutlich länger, sie betrugen üblicherweise mindestens 14 Tage. Dies erlaubt eine sicherere Auswertung der Unterlagen bezüglich des Auftretens von Komplikationen im Zwei-Wochen-Zeitraum postoperativ. Heutige Verweildauern von 7-8 Tagen postoperativ ermöglichen diesen Überblick nicht mehr.

Aus dem gewählten Zeitpunkt der Datenerhebung resultiert auch ein weiterer Angriffspunkt dieser Untersuchung. Sie erfolgte konsequenterweise retrospektiv. Dies ist verbunden mit mehreren Nachteilen.

Erstens mussten alle gewünschten Daten anhand der vorhandenen Akten ermittelt werden. Jedoch fanden sich nicht in allen Fällen entsprechende Einträge in der Patientendokumentation. Da es sich bei den erhobenen Parametern allerdings um größtenteils wesentliche anamnestische und diagnostische Merkmale handelte (insbesondere Laborwerte und Narkose- sowie OP-relevante Vorerkrankungen) waren die gewünschten Daten zu einem hohen Anteil dokumentiert. Für die von Anfang an erhobenen bzw. erhebbaren Parameter trifft dies in der vorliegenden Arbeit immer mindestens auf 845 (Kombination von Blutsperre- und Operationsdauer) von insgesamt 890 Fällen zu, somit mindestens in 94,9%. Üblicherweise liegt der Anteil sogar noch höher. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass z. B. in der Kategorie der Arthroseursache oder der lokalen Voroperationen ein Fehlen von Einträgen zu einer falschen Klassifizierung geführt haben kann.

Zweitens erfolgten insbesondere in der zweiten Hälfte des untersuchten Zeitraums, wie oben gesagt, zahlreiche organisatorische und therapeutische Änderungen, die Einfluss auf den perioperativen Blutbedarf hatten. Auf orthopädischer Seite war dies neben einer Änderung der Transfusionsgrenzen und entsprechender Schulung der Mitarbeiter auch die Einführung der Kniestration, die mit einer Verlängerung der Operationszeit einherging. Auf anästhesiologischer Seite erfolgte ein radikaler Wechsel der Anästhesieverfahren hin zur Regionalanästhesie. Bekannt ist auch eine deutliche Intensivierung der perioperativen Schmerztherapie insbesondere im Aufwachraum. Hierzu wurden jedoch im Rahmen dieser Untersuchung keine Daten (wie z. B. die Schmerzstärke) erhoben. Aufgrund der Vielzahl der Maßnahmen ist der Einfluss

der einzelnen Maßnahme auf den perioperativen Blutbedarf nicht quantifizierbar. Dazu hätte es prospektiver Untersuchungen einzelner Maßnahmen erfordert, was im retrospektiven Studiendesign nicht durchführbar war.

In den Tabellen 1 bis 5 finden sich viele Parameter, die zwar erhoben, in der vorliegenden Arbeit aber nicht ausgewertet wurden. Dies betrifft vor allem die ermittelten Infusionsmengen und labormedizinischen Parameter. Im Gegensatz zur ursprünglichen Planung erschienen diese Parameter im Verlauf der Auswertung nicht geeignet, den beobachteten Effekt der Reduzierung von Fremd- und Eigenbluttransfusionen zu untersuchen. Hauptursache war die große Variabilität in den Daten. Dies ist wahrscheinlich insbesondere bei den Infusionen auf die jeweiligen Präferenzen einzelner Anästhesisten zurückzuführen, die die jeweilige Narkose individuell durchführten. So war zum Beispiel kein Schema bei der Gabe von kolloidalen oder kristallinen Infusionslösungen zu erkennen. Eine individualisierte Auswertung nach Operateur oder Anästhesist erfolgte nicht, da aus datenschutzrechtlichen Erwägungen heraus keine personalisierten Daten von Mitarbeitern erhoben wurden.

Bei den erhobenen Laborwerten zeigte sich eine Variabilität bezüglich der Zeitpunkte der Blutentnahme und der dann jeweils angefertigten Laborwerte. Die Vergleichbarkeit der Daten wurde dadurch erheblich erschwert, so dass auf eine Auflistung der Parameter in der vorliegenden Arbeit verzichtet wurde.

Die Implantation eines bicondylären Oberflächenersatzes stellte in dem untersuchten Zeitraum die Operationsmethode der Wahl in der Primärendoprothetik dar (798 von 842 Fällen). Modular erweiterbare Oberflächenersatzprothesen und achsgeführte Knieprothesen wurden vorwiegend im Revisionsbereich eingesetzt.

Auffällig ist die geringe Zahl von unicondylären Schlittenprothesen. Im gesamten Untersuchungszeitraum wurden lediglich 3 Schlitten implantiert, das entspricht 0,4% der Anzahl der bicondylären Oberflächenersatzprothesen. Zwar verzeichnet auch die Literatur rückläufige Implantationszahlen dieses Prothesentyps, jedoch liegt der durchschnittliche Anteil in Deutschland immer noch bei 15% der Totalprothesen [85]. Dies hätte im Untersuchungszeitraum bei insgesamt 786 primär implantierten Oberflächenersatzprothesen eine Zahl von rund 118 unicondylären Schlitten erwarten lassen. Die Ursache dieser geringen Implantationszahl ist aus den erhobenen Daten nicht zu eruieren.

Deutlich zu lang ist die Operationsdauer für die Implantation des unicondylären Schlittens. Sie betrug mit einem Durchschnittswert von 90 Minuten (77, 105 und 88 Minuten) mehr als die durchschnittliche Zeit für die Implantation einer PFC- oder TC3-Prothese. Üblicherweise wird die Implantation eines unicondylären Schlittens als schonender und schneller angesehen als die Implantation einer bicondylären Prothese. Zwar ist aus der Gesamtheit von 3 Operationen sicherlich keine belastbare Aussage zu treffen, dennoch bestätigt der Trend die Vermutung, dass mit fehlender Routine die Dauer der Operation und evtl. auch die Häufigkeit der postoperativen Risiken zunehmen.

Entgegen der Literaturangaben zeigte sich kein erhöhter Blutbedarf bei Wechseloperationen oder komplizierten Operationen, ausgedrückt über den erhobenen Parameter der Voroperation (71,6% Blutgabe bei nicht voroperierten Patienten, 71,4% bei voroperierten Patienten). Jedoch kam bei einem deutlich größeren Anteil der Wechseloperationen im Vergleich zu den Primäroperationen kein Blutsammelsystem zum Einsatz, so dass der Blutbedarf bei

Wechseloperationen letztlich über Fremdblut gedeckt werden musste (22,9% Fremdblutgabe gegenüber 10,3%, signifikant). Der Grund für den geringen Einsatz eines Blutsammelsystems bleibt unklar. Vermutet werden kann bei Wechseloperationen ein erhöhtes Risiko von septischen Komplikationen als Grund für die Wechseloperation. Eine autologe Retransfusion würde dann das Risiko einer systemischen Keimeinschwemmung mit sich bringen. Eine entsprechende Dokumentation der Gründe für den häufigeren Verzicht der Retransfusionssysteme fand sich in den Unterlagen jedoch nicht.

Das Geschlecht, ein in der Literatur genannter Risikofaktor für eine Blutgabe, war lediglich im ersten Jahr des Untersuchungszeitraums ein Faktor zugunsten vermehrter Blutgabe bei Frauen (93,0% Frauen mit Blutgabe vs. 80,0% Männern in 2000, P<0,05). Im Rahmen insgesamt deutlich rückläufiger Transfusionsraten vor allem im Jahr 2003 wurde dieses Verhältnis umgekehrt (23,5% Frauen mit Blutgabe, 29,6% Männer in 2003, nicht signifikant). Auch bezüglich dieses Parameters zeigt sich also in dieser Untersuchung kein einheitliches Bild. Insgesamt ist aufgrund des lediglich einen signifikanten Wertes für das Jahr 2000 davon auszugehen, dass der Faktor Geschlecht im Untersuchungszeitraum keine Rolle spielte.

Die Navigation hat einen spürbaren Einfluss auf die Verlängerung der Operationszeit. Zwar betrug der Zeitzuwachs der Operationsdauer auch in der Lernkurve im Jahr 2001 nur 15 Minuten, das bedeutete jedoch eine Verlängerung um 20,3%. Dieser Wert war dann jedoch rückläufig auf 19,7% bzw. 18,1% in den Folgejahren 2002 und 2003.

Ein erhöhter Blutbedarf ging mit der Navigation nicht einher. Im Vergleich mit der größeren Gruppe der nicht navigierten Patienten zeigte sich in zwei von drei Jahren ein kleinerer Anteil an Patienten mit einer Blutgabe. So betrug der Anteil transfundierter Patienten im Jahr 2003 19,4% der navigierten Fälle, bei den nicht navigierten Fällen waren es 27,6%. Lediglich die Menge des transfundierten Blutes war im Jahr der Einführung der Navigation erhöht. Da die Operationsdauer in dieser Studie keinen Einfluss auf den Blutbedarf oder die transfundierte Menge hat, besteht die Vermutung, dass der erhöhte Blutmengenbedarf aus einer vermehrten intraoperativen Exposition resultiert, um die Markierungssterne für die Navigation zu setzen. In den Folgejahren war dieser Effekt nicht mehr sichtbar, z. B. aufgrund einer zunehmenden Routine oder angepasster Befestigungsmethoden für die Navigationssterne.

Bei der Betrachtung des Risikofaktors der antikoagulativ wirkenden Medikamente ging die Einnahme von NSAR nicht in die Betrachtung mit ein. Es kann aber zuverlässig davon ausgegangen werden, dass bei der weit überwiegenden Mehrzahl der Patienten, die ja am Vortag der Operation stationär aufgenommen wurden, keine Einnahme von NSAR innerhalb von 24 Stunden vor der Operation stattfand. Ein darüber hinausgehender Effekt der NSAR auf die Blutgerinnung ist nicht bekannt [171].

Die niedrigeren Quickwerte bei Patienten mit einer Marcumar-Medikation in der Vorgeschichte im Vergleich zu den übrigen Patienten (80% vs. 105%) sind auffällig. Es kann aber aus den Daten nicht geschlossen werden, wann die entsprechenden Laborwerte erhoben wurden. Es gingen jeweils nur die letzten bekannten präoperativen Laborwerte in die Auswertung mit ein. Da nach einem Absetzen von Marcumar durch Neubildung von Gerinnungsfaktoren mit einem stetigen Anstieg des Quick-Wertes gerechnet werden kann, ist bei Patienten, die

kurz unter der OP-Grenze von ca. 70% (INR <1,2) stehen, mit einem Anstieg innerhalb weniger Stunden zu rechnen [172]. Ob eine zusätzliche Gabe von Vitamin K erfolgte, um diesen Prozess noch kurzfristig zu beschleunigen, ist aus den vorliegenden Daten nicht zu eruieren. Auch betrafen die zu geringen Quickwerte lediglich 6 Patienten, davon waren 4 nah an der Grenze (2x 67%, 2x 68%) und zwei deutlicher darunter (58 und 61%). Bei beiden Patienten kam es zu keiner Blutungskomplikation, beide erhielten keine Transfusion von Fremd- oder Eigenblut.

Die geringe Anzahl der Patienten, die ohne pneumatische Oberschenkelblutsperre operiert wurden, erlaubt keine aussagekräftige Stellungnahme über den Einfluss der Blutsperre auf den perioperativen Blutverlust.

Warum die Blutsperre bei einigen Operationen nur sehr kurz war bzw. ob bei langen Blutsperrezeiten über 120 Minuten hinaus eine zwischenzeitliche Reperfusion des Beines erfolgte, konnte aus den Daten nicht geklärt werden. Bei den kurzen Zeiten steht zu vermuten, dass es zu einem mechanischen Problem mit der Blutsperre kam, so dass diese versagte oder eine nur unzureichende arterielle Kompression mit nachfolgender venöser Stauung erzeugte. Die Blutsperre könnte auch nur für die Phase der Komponentenzementierung genutzt worden sein, um ein Eindringen von Blut in das Knochen-Zement-Interface zu verhindern. Auch besteht zumindest die prinzipielle Möglichkeit, dass die Blutsperre von Patienten in peripherer Regionalanästhesie nicht toleriert wurde, da z. B. der proximale Anteil des Oberschenkels nicht ausreichend betäubt werden konnte.

Der postulierte Einfluss der postoperativen Schmerzstärke auf den perioperativen Blutverlust [120] konnte in dieser Arbeit nicht untersucht werden. Eine reproduzierbare dokumentierte Erfassung postoperativer Schmerzen z. B. mittels einer Visuellen Analogskala fand im untersuchten Zeitraum nicht statt. Aus dem gleichen Grund ist auch der Einfluss der peripheren Schmerzkatheter auf das Outcome der Patienten nicht beurteilbar. Jedoch ist der verstärkte Einsatz regionaler Anästhesieverfahren mit einem deutlichen Rückgang der Bluttransfusionen vergesellschaftet. Dass mit den regionalen Verfahren auch eine über die eigentliche Operation hinausgehende Schmerzlinderung einhergeht, ist anzunehmen. In den gleichen Zeitraum der Anästhesieumstellung fällt auch eine hochsignifikante Minderung des Blutverlustes über die Redondrainagen (s. unten).

Ein erhobener Parameter war der durch die Anästhesie geschätzte intraoperative Blutverlust. Es zeigte sich jedoch im Verlauf der Auswertung, dass diese Schätzung nicht von allen Anästhesisten durchgeführt wurde. Auch zeigt die Literatur, dass Schätzungen dieser Art sehr unzuverlässig sind [173]. Zur Abschätzung des gesamten Blutverlustes konnte daher nur die Menge der über die Redondrainagen verlorenen Flüssigkeit genutzt werden. Auch dieser Parameter ist sicher nicht geeignet, den Blutverlust sicher zu quantifizieren. Einerseits findet sich in den Drainagen nicht nur reines Blut sondern auch Wundsekret und ggf. noch Spülflüssigkeit von der Operation. Andererseits können mechanische Faktoren wie Dislokation oder Abknicken der Drainageschläuche zu einer verminderten Menge drainierter Flüssigkeit führen. Aus der retrospektiven Aktendurchsicht konnte nicht hinreichend sicher ermittelt werden, ob Drainagen z. B. wegen starker Förderleistung zwischenzeitlich belüftet oder abgeklemmt wurden, um den Blutverlust zu reduzieren [174]. Ferner ist bekannt, dass nicht alles Blut und sonstige Flüssigkeit aus dem Knie „abgesaugt“ wird, sondern ein nicht unerheblicher Teil in die umgebenden Weichteile läuft bzw. im Knie verbleibt

[153]. Betrachtet man alle Faktoren zusammen, insbesondere den nicht ermittelten intraoperativen Blutverlust, so ist es sicher nicht gerechtfertigt, den über die Drainagen gemessenen Flüssigkeitsverlust als „den perioperativen Blutverlust“ zu deklarieren. Als Maß für die Blutungsaktivität der Wunde könnte dieser Parameter jedoch unter Umständen genutzt werden, auch um festzustellen, ob er sich als Beurteilungskriterium für die Indikationsstellung zur Blut(re)transfusion eignet. Hier zeigte sich ein uneinheitliches Bild. Es findet sich zwar zu Beginn des Beobachtungszeitraumes eine Korrelation zwischen „Blutverlust“ und Menge des gegebenen Blutes bei deutlicher Schwankungsbreite der gemessenen Transfusionsmengen um die erwarteten Werte. Dieser Zusammenhang ist jedoch insbesondere im Jahr 2003 nicht mehr gegeben. Offensichtlich hat hier ein Wechsel in der Indikationsstellung zur Transfusion stattgefunden. Der „Blutverlust“ spielt zunehmend keine Rolle mehr sondern andere Transfusionstrigger werden für die Menge des transfundierten Blutes wichtiger. Dies entspricht den Transfusionsleitlinien, die den Kreislaufzustand des Patienten als wesentlichen Transfusionstrigger ansehen. Der Parameter „Blutverlust über die Redondrainage“ kann also keine Hinweise auf eine Transfusionsbedürftigkeit bzw. die Menge des gegebenen Blutes liefern.

Auffällig ist die deutliche Reduktion der über die Redondrainagen verlorenen Blutmenge im letzten Jahr der Untersuchung. Es zeigt sich ein höchstsignifikanter Rückgang auf 486 ml gegenüber dem vierjährigen Mittel von 853 ml. Da an der Operationstechnik und den intraoperativen blutsparenden Maßnahmen im Untersuchungszeitraum keine wesentlichen Änderungen vorgenommen wurden, muss dieser deutliche Rückgang auf andere Faktoren zurückgeführt werden. Denkbar wäre ein unterschiedliches Sogverhalten der im Jahr 2003 genutzten Drainageflaschen im Vergleich zu den in den Vorjahren routinemäßig angeschlossenen Orth-Evac-Systemen. Ein derartiger Einfluss wird in der Literatur beschrieben [155], konnte aber im Rahmen dieser Arbeit aufgrund fehlender Angaben zur Sogstärke der einzelnen Systeme nicht überprüft werden. Eine mögliche andere Ursache könnte die verstärkte Anwendung der Regionalanästhesie und peripherer Schmerzkatheter im Jahr 2003 im Vergleich zu den Vorjahren sein (s. oben). In der Literatur wird ein geringerer perioperativer Blutverlust durch diese Verfahren angenommen, u. a. wegen postoperativ niedrigerer Blutdruckwerte im Vergleich zu einer Allgemeinanästhesie aufgrund einer besseren postoperativen Analgesie. Ob weitere Maßnahmen zur Blutungsverminderung verstärkt im Jahr 2003 eingesetzt wurden, lässt sich retrospektiv aufgrund fehlender Dokumentation nicht klären. Zu nennen wären hier z.B. ein vorübergehendes Belüften der Drainageflaschen oder Abklemmen der Drainageschläuche bei stärkerer Blutung sowie die vorübergehende Stufenlagerung. Unter Umständen kann die Differenz der erfassten Drainagemengen auch lediglich durch ein geändertes Dokumentationsverhalten aufgrund des Wechsels von Orth-Evac auf Drainageflaschen hervorgerufen worden sein. Letztlich lässt sich daher die Minderung des Blutverlustes in diesem retrospektiven Studiendesign nicht sicher einer einzelnen Maßnahme zuordnen. Lediglich ein Zusammenhang mit den genannten peri- und postoperativen Maßnahmen kann angenommen werden.

Die Messung der transfundierten Blutmenge erfolgte nur innerhalb der ersten postoperativen Woche. Ein Blutbedarf nach dieser Zeit ergibt sich eher nicht als direkte Operationsfolge sondern aus anderen Gründen wie z. B. einer gastrointestinalen Blutung. Auch ist die Phase der ersten Mobilisierung

abgeschlossen, die unter Umständen über eine Kreislaufdysregulation (Transfusionstrigger) zu einer Transfusion führt. Patienten, die aufgrund einer operationsbedingten Blutung revidiert werden mussten, werden in der Arbeit separat gezählt und brauchten daher nicht über den späteren Blutbedarf ermittelt werden.

Unter den Patienten mit einer Regionalanästhesie fanden sich deutlich weniger Transfusionen von Eigen- oder Fremdblut als bei den anderen Anästhesieformen. Eine Selektion von besonders „gesunden“ Patienten in dieser Gruppe, die den deutlichen Minderbedarf erklären könnte, fand sich nicht. Einerseits war das Durchschnittsalter der Patienten in dieser Gruppe am höchsten (69,46 Jahre bei einem gesamten Altersdurchschnitt von 68,85 Jahren). Andererseits zeigte sich bei insgesamt 870 diesbezüglich auswertbaren Patienten auch bei der durchschnittlichen Anzahl der erfassten Vorerkrankungen (Hypertonie, Herzinfarkt, KHK, AVK, Apoplex, Diabetes mellitus) in der Gruppe der Patienten mit Regionalanästhesie ein hoher Wert (1,13 Vorerkrankungen/Patient, im Durchschnitt 1,08 Vorerkrankungen/Patient). In der Literatur auffällige Parameter für einen erhöhten perioperativen Blutbedarf wie Alter und Zahl der Vorerkrankungen waren also in diesem Fall nicht ausschlaggebend. Allerdings fällt der Anstieg der Regionalanästhesien zeitlich eng mit anderen Maßnahmen wie z. B. der Nutzung der MAT und einem offensichtlich strengerem Transfusionsregime zusammen. Ob daher die Regionalanästhesie allein oder hauptsächlich für diesen Blut sparenden Effekt verantwortlich war, lässt sich retrospektiv nicht sicher beurteilen. Hierzu wäre eine prospektive randomisierte kontrollierte Studie über das Anästhesieverfahren notwendig gewesen.

Trotz einer Retransfusionsrate von 86,9% im Jahr 2000 war in 17,2% aller Fälle eine zusätzliche Fremdblutgabe notwendig. Die Retransfusion über das Orth-Evac-System konnte also in vielen Fällen die zusätzliche Fremdblutgabe nicht verhindern. Ob der Grund in einer mangelnden Effizienz der retransfundierten Erythrozyten oder in zu großzügigen Transfusionstriggern zu sehen ist, lässt sich aus den Daten nicht herauslesen. Aufgrund der guten berichteten Ergebnisse der Autotransfusionssysteme in der Literatur erscheint aber die zweite Erklärung wahrscheinlicher.

Die Rate von Patienten, die sowohl Eigen- als auch Fremdblut benötigten, wurde im Untersuchungszeitraum jedoch kontinuierlich gesenkt. Im Jahr 2003 erhielten nur noch 0,5% der Patienten eine solche kombinierte Blutgabe. Es konnten also nicht nur die Retransfusionen von Eigenblut vermindert, sondern diese auch deutlich effektiver gestaltet werden, so dass der zusätzliche Fremdblutbedarf deutlich sank. Er betrug nur noch 2,9% der ursprünglichen Rate und liegt deutlich unter berichteten Fremdblutgaberaten nach Eigenblutspende [125]. Dieser Rückgang fällt noch deutlicher aus als der Rückgang der Fremdblutgabe insgesamt. Dieser sank nur um ca. 90%. Die Diskrepanz erklärt sich aus der Tatsache, dass über die Jahre ein Anteil der Patienten Fremdblut ohne vorherige Eigenblutretransfusion erhielt. Der Anteil dieser Patienten ist im Untersuchungszeitraum relativ konstant und schwankt zwischen 3,7% und 1,2%.

Betrachtet man die gering schwankenden isolierten Fremdblutgaben in Relation zu den stark rückläufigen autologen Retransfusionen, so ist eine mögliche Erklärung, dass zu Beginn des Untersuchungszeitraums die autologe Retransfusion über das Orth-Evac-System zu großzügig erfolgte. Während die Transfusionskriterien bei Fremdblutgabe offensichtlich strenger gehandhabt wurden, scheinen die

Retransfusionen sich nicht in diesem Masse an den Transfusionskriterien orientiert zu haben.

Ein möglicher Grund für die großzügige Retransfusion mit dem Orth-Evac-System könnte in dessen geringer Kostenintensität begründet liegen. Während für ein MAT-System wie den Cell Saver die Retransfusion einen nicht unerheblichen Zeit- und Geldaufwand für die Erythrozytenwaschung in der Zentrifuge bedeutet, braucht beim Autotransfusionssystem nur ein Dreiwegehahn geöffnet werden, was die Hemmschwelle zur Retransfusion unter Umständen erniedrigen könnte. So beträgt die Rate der Retransfusionen beim Orth-Evac-System 87,1% und beim MAT-System nur 26,6%. In diesem Fall unterstützen höherer Aufwand und höhere Kosten also bei der Einhaltung der Transfusionstrigger. Ein statistisch sicherer Beweis ließ sich jedoch anhand der Daten nicht führen, insbesondere da keine ausreichende parallele Verwendung der beiden Systeme stattfand. Vielmehr löste das MAT-System das autologe Retransfusionssystem fast nahtlos ab. In den 6 Fällen, in denen Orth-Evac im Jahr 2003 zum Einsatz kam, fand eine Retransfusion zudem auch nur in 2 Fällen (33,3%) statt. Hier kamen also auch die strengeren Transfusionskriterien zum Einsatz.

Auch die Patienten, die sowohl autologes als auch allogenem Fremdblut erhielten, profitierten von der Eigenblutgabe. Die Menge des durchschnittlich transfundierten Fremdblutes war in dieser Gruppe geringer als in der Gruppe, die kein Eigenblut erhalten hatte (626 ml gegenüber 676 ml). Dieser Effekt war bei den Wechseloperationen noch ausgeprägter (605 ml gegenüber 792 ml). Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass die Anzahl der Wechseloperationen deutlich kleiner war und diese Berechnung nur anhand der 11 Patienten erfolgen konnte, die bei Wechseloperationen überhaupt Blut erhalten hatten. Es konnte also durch die zusätzliche Eigenblutgabe eine Verminderung des Fremdblutbedarfs erreicht werden.

Ob über eine Eigenblutspende in Verbindung mit der autologen Retransfusion eine weitere Erniedrigung der Fremdblutquote zu erzielen gewesen wäre, kann mangels Eigenblutspende im untersuchten Patientenkollektiv nicht geklärt werden. Wenn man jedoch von den berichteten negativen Effekten der Eigenblutspende wie erniedrigtem präoperativem Hb-Wert ausgeht, erscheint ein zusätzlicher Einspareffekt eher unwahrscheinlich.

Die Nutzung autologer Retransfusionssysteme wie z. B. dem Orth-Evac wird in der Richtlinie des Paul-Ehrlich-Institutes nicht empfohlen [142]. Als Grund wird die mögliche Aktivierung von Zytokinen und Gerinnungsfaktoren sowie die Einschwemmung sonstiger biologischer Substanzen wie z. B. Endotoxinen genannt, die im Gegensatz dazu durch das vorherige Waschen bei der MAT aus dem Retransfundat entfernt werden. Mögliche Folgen können z. B. Zittern (sog. Shivering), Fieber, Tachykardie und allgemeines Unwohlsein bis zur Kreislaufdepression sein [143]. Die Literatur dazu ist widersprüchlich. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Ereignisse im Zusammenhang mit Cellsaver- oder Orth-Evac-Retransfusionen untersucht. In den allermeisten Fällen war der Grund, warum eine Retransfusion gesammelten Blutes nicht erfolgte, nicht klar herauszuarbeiten. Jedoch wurde in 3 Fällen ein Abbruch der Orth-Evac-Retransfusion aufgrund eines Shiverings dokumentiert. Eine dieser Operationen war in Spinalanästhesie erfolgt, zwei in Regionalanästhesie. Ein Zittern aufgrund der Anästhesie, wie man es vermehrt bei Allgemeinanästhesien bemerkt, scheint daher als Grund unwahrscheinlich zu sein, so dass das beobachtete Phänomen tatsächlich am wahrscheinlichsten auf das Retransfundat zurückzuführen sein

dürfte. Alle 3 Komplikationen waren nach Unterbrechung der Retransfusion selbstlimitierend. Im Zusammenhang mit dem in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraums genutzten Cellsaver-MAT-System wurden keine derartigen Vorkommnisse dokumentiert. Die Gabe von ungewaschenem gefilterten autologen Blut scheint daher tatsächlich im Vergleich zu gewaschenem Blut eine systemische Reaktion des Körpers auf im Retransfundat enthaltene Stoffe zu begünstigen.

Die lokale Komplikationsrate am Kniegelenk beträgt 6,18% (55 von 890 Fällen). Zu großen Teilen sind hier lokale Wundkomplikationen verantwortlich aber auch tiefe Infekte (5 Fälle, 0,56%) und periphere Nervenschäden im Peronaeus-Versorgungsgebiet (14 Fälle, 1,58%). Aufgrund der anatomischen Nähe des Nervus peronaeus besteht grundsätzlich die Gefahr der Nervenläsion, insbesondere bei Kniegelenken in kontrakter Valgusfehlstellung, die lateral mobilisiert werden müssen [175]. Der Wert liegt jedoch über den in der Literatur berichteten 0,9 – 1,3% [113], wenn auch unter den von der Qualitätssicherung als Obergrenze geforderten 2% [176]. Alle dokumentierten Nervenschäden traten in den Jahren 2001 und 2002 auf. Hinweise auf ein vermehrtes anästhesiologisches Risiko (lokale Schmerzkatheter, Regionalanästhesieverfahren) fanden sich nicht gehäuft, von einer intraoperativen Schädigung muss daher ausgegangen werden. Der Grund hierfür bleibt jedoch unklar, ein vermehrtes Auftreten bei Wechseloperationen war nicht erkennbar. Die präoperative Fehlstellung des Kniegelenkes, vor allem bezüglich einer evtl. Valguskontraktur, wurde im Rahmen der Untersuchung nicht erfasst.

Die Rate tiefer Infektionen liegt mit 0,56% im Rahmen der von der Qualitätssicherung berichteten 0,4% (Obergrenze 2%) und im unteren Bereich der aus der Literatur ersichtlichen Angaben von 0,5 bis 12% [113].

Die allgemeine Komplikationsrate mittelschwerer bis schwerer Art beträgt 3,15% (28 von 890 Fällen). Eine Verlegung der betroffenen Patienten aus der Abteilung heraus war nur in 2,1% notwendig. Todesfälle traten nicht auf.

Durch die Verminderung der Transfusionsrate ergab sich keine Steigerung der perioperativen Rate an Kreislaufinsuffizienzen oder Myokardinfarkten. Symptome dieser Art traten im Jahr 2003, dem Jahr mit der niedrigsten Rate an autologer und allogener Bluttransfusion, mit 2 Ereignissen am seltensten auf. Die niedrigeren tolerierten Hämoglobinwerte vor (Re-)Transfusion scheinen somit kein Risikofaktor für allgemeine Kreislaufsymptome zu sein. Vielmehr ist die angestrebte Normovolämie oder sogar der Verzicht auf eine Bluttransfusion offenbar ein Schutz vor solchen Komplikationen. Eine genaue Differenzierung der Ursachen war aus dem vorhandenen Datenmaterial jedoch nicht zu ermitteln.

Zu den allgemeinen Risiken der Operation zählt die Thrombose. Thromboserisiken werden in der Literatur von Land zu Land sehr unterschiedlich beurteilt, die aktuellen Zahlen der Qualitätssicherung geben 0,7% an [176]. Mit 3 Fällen (0,34%) traten im Untersuchungszeitraum somit unterdurchschnittlich viele Thrombosen und Embolien auf.

## **5 Schlussfolgerung**

Insgesamt lässt sich die Knieendoprothetik somit als sicheres Verfahren einordnen. Das Risiko der Fremdblutgabe konnte im Laufe des Untersuchungszeitraumes durch Anpassung der anästhesiologischen Maßnahmen und ein rigideres Transfusionsregime auf 2,4% gesenkt werden.

Die autologe Retransfusion von perioperativ gesammeltem Blut kann bei korrekter Anwendung bei einem Großteil der Knie-TEP-Implantationen einen Schutz vor Fremdblutgabe bieten. Im letzten Jahr des Untersuchungszeitraums benötigten nur 0,5% aller Patienten zusätzlich zum Eigenblut noch Fremdblut. Und auch bei diesen Patienten wird die Menge des benötigten Fremdblutes erniedrigt im Vergleich zu den Patienten, die kein eigenes Blut sondern nur Fremdblut erhielten.

Die restriktivere Indikationsstellung zur Fremdblutgabe hatte keinen negativen Einfluss auf die Rate kurzfristig auftretender postoperativer Komplikationen.

## 6 Zusammenfassung

Die Gonarthrose ist eine Erkrankung mit großer gesundheitsökonomischer Bedeutung. Aufgrund der demographischen Entwicklung ist zudem mit einem deutlichen Anstieg der Prävalenz in der deutschen Bevölkerung zu rechnen. Konservative und gelenkerhaltende operative Verfahren können bisher den Fortgang der Erkrankung allenfalls verzögern, in fortgeschrittenen Arthroestadien bieten sie keine ausreichende Beschwerdelinderung. Die Therapie der Wahl stellt daher in diesen Fällen die Implantation eines Gelenkersatzes dar. Aufgrund der Entwicklungen der letzten Jahre zeichnet sich dabei ein deutlicher Trend hin zur Implantation eines bicondylären Oberflächenersatzes ab.

Anhand einer retrospektiven Aktendurchsicht von 890 Fällen aus den Jahren 2000 bis 2003 aus der Orthopädischen Klinik für die Universität Regensburg konnten folgende Feststellungen getroffen werden:

- Implantat der Wahl in der Primärendoprothetik stellt die bicondyläre zementierte Oberflächenersatzprothese dar.
- Modulare Prothesen und achsgeführte Kniegelenke haben ihre Berechtigung bei Wechseloperationen. Im Primärbereich stellt ihre Implantation eine seltene Versorgungsmöglichkeit bei rheumatisch oder traumatisch destruierten Kniegelenken dar. Andere Indikationen stellen Raritäten dar.
- Die Versorgung der Patella mit einem Rückflächenersatz ist üblicherweise nicht notwendig.
- Trotz routinemäßig durchgeföhrter blutsparender Maßnahmen in Form eines intraoperativen Oberschenkeltourniquets, autologer Blutretransfusion, Lagerungstechnischer und physikalischer Maßnahmen erhielten 20,7 Prozent der Patienten anfangs eine Fremdblutgabe. Durch unterschiedliche Maßnahmen wie z. B. die Einföhrung der Regionalanästhesie konnte im Untersuchungszeitraum eine deutliche Reduktion des Blutbedarfs erzielt werden. Der Fremdblutbedarf reduzierte sich drastisch von 20,7% auf 2,4% der operierten Patienten.
- Viele der in der Literatur genannten Risikofaktoren für einen erhöhten Blutbedarf wie weibliches Geschlecht, umfangreiche Operation, verlängerte Operationszeit oder auch eine verlängerte Blutsperrezeit und Adipositas zeigten in dieser Untersuchung keinen wesentlichen oder durchgehenden Einfluss.
- Der wichtigste Parameter zur Vermeidung einer Blutgabe war das Operationsjahr. Im untersuchten Zeitraum sank die Rate der Eigenblut- und Fremdbluttransfusionen deutlich. Fremdblutgaben konnten vom Jahr 2000 bis 2003 um fast 90% gesenkt werden. Hauptsächlicher Grund scheint ein rigideres Transfusionsmanagement zu sein.
- Die Reduktion der Bluttransfusionen gelang ohne einen Anstieg der perioperativen Komplikationsrate.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Statistisches Bundesamt, „Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000 (M15-M19 Arthrose)“. 2008.
- [2] Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland, „Häufigste Diagnosen in Praxen von Orthopädinnen und Orthopäden in % der Behandlungsfälle“. 2008.
- [3] Statistisches Bundesamt, „Die 50 häufigsten Operationen der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2008“. 2008.
- [4] S. Kurtz, K. Ong, E. Lau, F. Mowat, und M. Halpern, „Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 89, Nr. 4, S. 780-785, Apr. 2007.
- [5] F. H. Netter, *Farbatlanten der Medizin - Band 7: Bewegungsapparat I*, 1st Aufl., Bd. 7, 9 Bd. Stuttgart: Thieme, 1992.
- [6] J. Krämer und J. Grifka, *Orthopädie Unfallchirurgie*, 8th Aufl. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [7] M. C. Hochberg, „Prognosis of osteoarthritis.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 685-688, Sep. 1996.
- [8] R. D. Altman u. a., „Radiographic assessment of progression in osteoarthritis“, *Arthritis & Rheumatism*, Bd. 30, Nr. 11, S. 1214-1225, 1987.
- [9] M. Blagojevic, C. Jinks, A. Jeffery, und K. P. Jordan, „Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis“, *Osteoarthritis and Cartilage*, Bd. 18, Nr. 1, S. 24-33, Jan. 2010.
- [10] K. P. Günther, W. Puhl, H. Brenner, und T. Stürmer, „Klinische Epidemiologie von Hüft- und Kniegelenkarthrosen: Eine Übersicht über Ergebnisse der Ulmer Osteoarrose-Studie“, *Zeitschrift für Rheumatologie*, Bd. 61, Nr. 3, S. 244-249, Juni. 2002.
- [11] M. A. Cimmino und M. Parodi, „Risk Factors for Osteoarthritis“, *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, Bd. 34, Nr. 6, Supplement 2, S. 29-34, Okt. 2004.
- [12] A. J. Silman und J. Newman, „Obstetric and gynaecological factors in susceptibility to peripheral joint osteoarthritis.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 671-673, Sep. 1996.
- [13] M. C. Nevitt und D. T. Felson, „Sex hormones and the risk of osteoarthritis in women: epidemiological evidence.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 673-676, Sep. 1996.
- [14] Z. Mustafa u. a., „Linkage analysis of candidate genes as susceptibility loci for osteoarthritis--suggestive linkage of COL9A1 to female hip osteoarthritis“, *Rheumatology*, Bd. 39, Nr. 3, S. 299-306, März. 2000.
- [15] F. M. Cicuttini und T. D. Spector, „Genetics of osteoarthritis.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 665-667, Sep. 1996.
- [16] M. A. Cimmino und M. Cutolo, „Plasma glucose concentration in symptomatic osteoarthritis: a clinical and epidemiological survey“, *Clinical and Experimental Rheumatology*, Bd. 8, Nr. 3, S. 251-257, Juni. 1990.
- [17] T. Stürmer, H. Brenner, R. Brenner, und K. P. Günther, „Non-insulin dependent diabetes mellitus (NIDDM) and patterns of osteoarthritis: The Ulm osteoarthritis study“, *Scandinavian Journal of Rheumatology*, Bd. 30, Nr. 3, S. 169-171, 2001.
- [18] T. Stürmer u. a., „Serum cholesterol and osteoarthritis. The baseline examination of the Ulm Osteoarthritis Study“, *The Journal of Rheumatology*, Bd. 25, Nr. 9, S. 1827-1832, Sep. 1998.
- [19] C. Cooper u. a., „Individual risk factors for symptomatic osteoarthritis of the knee“, *Osteoarthritis and Cartilage*, Bd. 1, Nr. 1, S. 16-17, Jan. 1993.

- [20] D. T. Felson, „Does excess weight cause osteoarthritis and, if so, why?“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 668-670, Sep. 1996.
- [21] A. M. Wendelboe u. a., „Relationships between body mass indices and surgical replacements of knee and hip joints“, *American Journal of Preventive Medicine*, Bd. 25, Nr. 4, S. 290-295, Nov. 2003.
- [22] A. K. Amin, J. D. Sales, und I. J. Brenkel, „Obesity and total knee and hip replacement“, *Current Orthopaedics*, Bd. 20, Nr. 3, S. 216-221, Juni. 2006.
- [23] G. N. Gillespie und A. J. Porteous, „Obesity and knee arthroplasty“, *The Knee*, Bd. 14, Nr. 2, S. 81-86, März. 2007.
- [24] D. T. Felson, J. J. Anderson, A. Naimark, A. M. Walker, und R. F. Meenan, „Obesity and knee osteoarthritis. The Framingham Study“, *Annals of Internal Medicine*, Bd. 109, Nr. 1, S. 18-24, Juli. 1988.
- [25] D. T. Felson u. a., „Risk factors for incident radiographic knee osteoarthritis in the elderly. The framingham study“, *Arthritis & Rheumatism*, Bd. 40, Nr. 4, S. 728-733, 1997.
- [26] E. Vingård, „Osteoarthritis of the knee and physical load from occupation.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 677-679, Sep. 1996.
- [27] H. Sandmark, C. Hogstedt, und E. Vingård, „Primary osteoarthritis of the knee in men and women as a result of lifelong physical load from work“, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Bd. 26, Nr. 1, S. 20-25, Feb. 2000.
- [28] P. Manninen, M. Heliövaara, H. Riihimäki, und O. Suomalainen, „Physical workload and the risk of severe knee osteoarthritis“, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, Bd. 28, Nr. 1, S. 25-32, 2002.
- [29] J. S. A. G. Schouten, R. A. de Bie, und G. Swaen, „An update on the relationship between occupational factors and osteoarthritis of the hip and knee“, *Current Opinion in Rheumatology March 2002*, Bd. 14, Nr. 2, S. 89-92, 2002.
- [30] O. Gonschorek und V. Bührn, „BK-Gonarthrose: Wissenschaftliche Bewertung und gutachterliche Problematik“, *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, Bd. 144, Nr. 3, S. 244-245, 2006.
- [31] É. Vignon u. a., „Osteoarthritis of the knee and hip and activity: a systematic international review and synthesis (OASIS)“, *Joint Bone Spine*, Bd. 73, Nr. 4, S. 442-455, Juli. 2006.
- [32] S. Amin u. a., „Occupation-related squatting, kneeling, and heavy lifting and the knee joint: a magnetic resonance imaging-based study in men“, *The Journal of Rheumatology*, Bd. 35, Nr. 8, S. 1645-1649, Aug. 2008.
- [33] R. Fehse, „BK 2112 Gonarthrose“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 12, Nr. 1, S. 38-41, Apr. 2010.
- [34] J. J. Anderson und D. T. Felson, „Factors associated with osteoarthritis of the knee in the first national Health and Nutrition Examination Survey (HANES I). Evidence for an association with overweight, race, and physical demands of work“, *American Journal of Epidemiology*, Bd. 128, Nr. 1, S. 179-189, Juli. 1988.
- [35] N. E. Lane, „Physical activity at leisure and risk of osteoarthritis.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 682-684, Sep. 1996.
- [36] H. Roos, T. Adalberth, L. Dahlberg, und L. S. Lohmander, „Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age“, *Osteoarthritis and Cartilage*, Bd. 3, Nr. 4, S. 261-267, Dez. 1995.
- [37] A. C. Gelber, M. C. Hochberg, L. A. Mead, N.-Y. Wang, F. M. Wigley, und M. J. Klag, „Joint Injury in Young Adults and Risk for Subsequent Knee and Hip Osteoarthritis“, *Annals of Internal Medicine*, Bd. 133, Nr. 5, S. 321-328, 2000.
- [38] J. S. Lawrence, J. M. Bremner, und F. Bier, „Osteo-arthrosis. Prevalence in the population and relationship between symptoms and x-ray changes.“, *Annals of the*

- Rheumatic Diseases*, Bd. 25, Nr. 1, S. 1-24, Jan. 1966.
- [39] J. H. Kellgren und J. S. Lawrence, „Radiological Assessment of Osteo-Arthritis“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 16, Nr. 4, S. 494–502, Dez. 1957.
  - [40] „Wissenschaftliche Begründung zur Berufskrankheit Nummer 2112“. 01-Okt-2005.
  - [41] J. Zacher und A. Gursche, „Diagnostik der Arthrose“, *Der Orthopäde*, Bd. 30, Nr. 11, S. 841-847, Nov. 2001.
  - [42] R. Altman u. a., „Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis: Classification of osteoarthritis of the knee“, *Arthritis & Rheumatism*, Bd. 29, Nr. 8, S. 1039-1049, 1986.
  - [43] R. D. Altman, „Criteria for the Classification of Osteoarthritis of the Knee and Hip“, *Scandinavian Journal of Rheumatology*, Bd. 16, Nr. 65, S. 31-39, 1987.
  - [44] N. Bellamy, W. W. Buchanan, C. H. Goldsmith, J. Campbell, und L. W. Stitt, „Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee“, *The Journal of Rheumatology*, Bd. 15, Nr. 12, S. 1833-1840, Dez. 1988.
  - [45] M. G. Lequesne, C. Mery, M. Samson, und P. Gerard, „Indexes of Severity for Osteoarthritis of the Hip and Knee: Validation–Value in Comparison with Other Assessment Tests“, *Scandinavian Journal of Rheumatology*, Bd. 16, Nr. 65, S. 85-89, 1987.
  - [46] L. T. Jacobson, „Definitions of osteoarthritis in the knee and hand.“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 55, Nr. 9, S. 656-658, Sep. 1996.
  - [47] W. Zhang u. a., „EULAR evidence-based recommendations for the diagnosis of knee osteoarthritis“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 69, Nr. 3, S. 483-489, 2009.
  - [48] „AWMF-Leitlinie Koxarthrose“. 2009.
  - [49] K. M. Jordan u. a., „EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT)“, *Annals of the Rheumatic Diseases*, Bd. 62, Nr. 12, S. 1145-1155, Dez. 2003.
  - [50] H. Bork, S. Middeldorf, und F.-J. Ludwig, „Gesundheitserziehung und Gesundheitstraining bei Arthrose“, *Zeitschrift für Rheumatologie*, Bd. 64, Nr. 7, S. 441-447, Okt. 2005.
  - [51] B. Kladny und W. F. Beyer, „Nichtmedikamentöse konservative Therapie der Arthrose“, *Der Orthopäde*, Bd. 30, Nr. 11, S. 848-855, Nov. 2001.
  - [52] D. T. Felson, Y. Zhang, J. M. Anthony, A. Naimark, und J. J. Anderson, „Weight loss reduces the risk for symptomatic knee osteoarthritis in women. The Framingham Study“, *Annals of Internal Medicine*, Bd. 116, Nr. 7, S. 535-539, Apr. 1992.
  - [53] J. Grifka, *Die Knieschule: Selbsthilfe bei Kniebeschwerden*, 8th Aufl. rororo, 2002.
  - [54] M. Fransen und S. McConnell, „Exercise for osteoarthritis of the knee“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 4, 2008.
  - [55] E. M. Bartels, H. Lund, K. B. Hagen, H. Dagfinrud, R. Christensen, und B. Danneskiold-Samsøe, „Aquatic exercise for the treatment of knee and hip osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 4, 2007.
  - [56] L. Brosseau, L. MacLeay, V. Robinson, G. Wells, und P. Tugwell, „Intensity of exercise for the treatment of osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2, 2003.
  - [57] M. F. Pisters u. a., „Long-term effectiveness of exercise therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee: a systematic review“, *Arthritis and Rheumatism*,

- Bd. 57, Nr. 7, S. 1245-1253, Okt. 2007.
- [58] B. Kladny, „Physikalische Therapie der Arthrose“, *Zeitschrift für Rheumatologie*, Bd. 64, Nr. 7, S. 448-455, Okt. 2005.
- [59] A. W. Rutjes, E. Nüesch, R. Sterchi, und P. Jüni, „Therapeutic ultrasound for osteoarthritis of the knee or hip“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1, 2010.
- [60] A. W. Rutjes u. a., „Transcutaneous electrostimulation for osteoarthritis of the knee“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 4, 2009.
- [61] B. R. Rubin, „Management of Osteoarthritic Knee Pain“, *J Am Osteopath Assoc*, Bd. 105, Nr. 4, S. S23-28, Sep. 2005.
- [62] T. Brabant und D. Stichtenoth, „Medikamentöse Arthrosetherapie im Alter“, *Zeitschrift für Rheumatologie*, Bd. 64, Nr. 7, S. 467-472, Okt. 2005.
- [63] H. Reinecke und H. Sorgatz, „S-3-Leitlinie LONTS“, *Der Schmerz*, Bd. 23, Nr. 5, S. 440-447, Okt. 2009.
- [64] M. Noble u. a., „Long-term opioid management for chronic noncancer pain“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1, 2010.
- [65] A. B. Imhoff, *Knie (Fortbildung Orthopädie - Traumatologie Bd. 3)*, 1st Aufl., Bd. 3. Steinkopff-Verlag Darmstadt, 2000.
- [66] T. E. Towheed u. a., „Glucosamine therapy for treating osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2, 2005.
- [67] S. Reiter, „Evidenzbasierte Bewertung der symptomatischen Therapie von Glucosamin“, *Zeitschrift für Rheumatologie*, Bd. 64, Nr. 7, S. 456-466, Okt. 2005.
- [68] S. G. Petersen u. a., „Glucosamine but not ibuprofen alters cartilage turnover in osteoarthritis patients in response to physical training“, *Osteoarthritis and Cartilage*, Bd. 18, Nr. 1, S. 34-40, Jan. 2010.
- [69] N. Bellamy, J. Campbell, V. Welch, T. Gee, R. Bourne, und G. Wells, „Viscosupplementation for the treatment of osteoarthritis of the knee“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2, 2006.
- [70] J. Richmond u. a., „American Academy of Orthopaedic Surgeons Clinical Practice Guideline on The Treatment of Osteoarthritis (OA) of the Knee“, *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Bd. 92, Nr. 4, S. 990-993, 2010.
- [71] N. Bellamy, J. Campbell, V. Robinson, T. Gee, R. Bourne, und G. Wells, „Intraarticular corticosteroid for treatment of osteoarthritis of the knee“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 2, 2006.
- [72] T. Tiling und T. Tjardes, „Der beratende Arzt zwischen Therapiefreiheit und Evidenzzwang“, *Trauma und Berufskrankheit*, Bd. 9, Nr. 0, S. S370-S379, Dez. 2007.
- [73] H. G. Endres, N. Victor, M. Haake, S. Witte, K. Streitberger, und M. Zenz, „Akupunktur bei chronischen Knie- und Rückenschmerzen“, *Dtsch Arztebl*, Bd. 104, Nr. 3, S. A-123, Jan. 2007.
- [74] E. Manheimer u. a., „Acupuncture for peripheral joint osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1, 2010.
- [75] C. V. Little, T. Parsons, und S. Logan, „Herbal therapy for treating osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1, 2001.
- [76] S. Anders, J. Schaumburger, und J. Grifka, „Intraartikuläre operative Maßnahmen bei Arthrose“, *Der Orthopäde*, Bd. 30, Nr. 11, S. 866-880, Nov. 2001.
- [77] J. A. Buckwalter und H. J. Mankin, „Instructional Course Lectures, The American Academy of Orthopaedic Surgeons - Articular Cartilage. Part II: Degeneration and Osteoarthritis, Repair, Regeneration, and Transplantation“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 79, Nr. 4, S. 612-32, Apr. 1997.
- [78] A. Getgood, T. P. S. Bhullar, und N. Rushton, „Current concepts in articular

- cartilage repair“, *Orthopaedics and Trauma*, Bd. 23, Nr. 3, S. 189-200, Juni. 2009.
- [79] W. Laupattarakasem, M. Laopaiboon, P. Laupattarakasem, und C. Sumananont, „Arthroscopic debridement for knee osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 1, 2008.
- [80] S. Reichenbach, A. W. Rutjes, E. Nüesch, S. Trelle, und P. Jüni, „Joint lavage for osteoarthritis of the knee“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Bd. 5, 2010.
- [81] R. W. Chang, J. Falconer, S. D. Stulberg, W. J. Arnold, L. M. Manheim, und A. R. Dyer, „A randomized, controlled trial of arthroscopic surgery versus closed-needle joint lavage for patients with osteoarthritis of the knee“, *Arthritis & Rheumatism*, Bd. 36, Nr. 3, S. 289-296, 1993.
- [82] B. Rolauffs, W. Aicher, B. Ochs, C. Bahrs, D. Albrecht, und K. Weise, „Regenerative Medizin zur Behandlung von Knorpelschäden“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 4, Nr. 5, S. 339-354, 2009.
- [83] C. J. Wirth und M. Jäger, *Praxis der Orthopädie, Bd.2, Operative Orthopädie*, 3rd Aufl., Bd. 2, 2 Bd. Thieme, Stuttgart, 2001.
- [84] R. W. Brouwer, T. M. Raaij van, S. M. A. Bierma-Zeinstra, A. P. Verhagen, T. S. C. Jakma, und J. A. N. Verhaar, „Osteotomy for treating knee osteoarthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 3, 2007.
- [85] H. Bäthis, M. Tingart, L. Perlick, C. Lüring, S. Anders, und J. Grifka, „Stellenwert von Endoprothetik und Umstellungsosteotomie bei Gonarthrose - Ergebnisse einer Umfrage an Unfallchirurgischen und Orthopädischen Kliniken“, *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, Bd. 143, Nr. 1, S. 19-24, 2005.
- [86] F. Koeck u. a., „Leg axis correction with ConforMIS iForma™ (interpositional device) in unicompartmental arthritis of the knee“, *International Orthopaedics*, Bd. 33, Nr. 4, S. 955-960, 2009.
- [87] D. Wessinghage, „Themistocles Gluck“, *Z Orthop Ihre Grenzgeb*, Bd. 129, Nr. 5, S. 383-388, 1991.
- [88] H. E. Koch, M. D. Schofer, S. Fuchs-Winkelmann, und S. Lakemeier, „Verwendung von Fremdmaterialien in der Endoprothetik“, *Der Orthopäde*, Bd. 39, Nr. 1, S. 75-79, Jan. 2010.
- [89] F.-W. Hagena, „Geschichte der Rheumaorthopädie“, in *Rheumaorthopädie*, 2005, S. 3-11.
- [90] F. Kerschbaumer und R. Bauer, „Problematik und Ergebnisse der Alloarthroplastik des Kniegelenkes“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 86, Nr. 1, S. 15-27, Jan. 1976.
- [91] S. Kirschner und J. Lützner, „Primäre Endoprothetik am Kniegelenk“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Nr. 3, S. 177-194, 2008.
- [92] S. Eichinger, R. Forst, und M. Kindervater, „Indikationen und Alternativen der endoprothetischen Versorgung beim jüngeren Patienten“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 4, S. 311-324, Apr. 2007.
- [93] R. Kreusch-Brinker, „Komplette Oberflächenersatz-TEP des Knies Differenzierte Indikation“, *Der Orthopäde*, Bd. 29, Nr. 0, S. S19-S24, Juni. 2000.
- [94] D. Kohn und S. Rupp, „Alloarthroplastik des Kniegelenkes“, *Der Orthopäde*, Bd. 28, Nr. 11, S. 975-995, Nov. 1999.
- [95] R.-P. Meyer und A. Gächter, *Kniechirurgie in der Praxis*, 1st Aufl. Springer, Berlin, 2002.
- [96] H. B. Groeneveld und D. Schöllner, „Die Patellarückflächenprothese — eine Ergänzung zur Kniegelenktotalalloarthroplastik“, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, Bd. 76, Nr. 3, S. 205-211, 1973.
- [97] D. Kohn, O. Steimer, und R. Seil, „Die Anteromedialisierung der Tuberossitas

- tibiae“, *Der Orthopäde*, Bd. 33, Nr. 2, S. 218-223, Feb. 2004.
- [98] R. Thull, „Werkstoffe von Implantaten im Bewegungsapparat“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 4, Nr. 1, S. 35-48, 2009.
- [99] „Total Joint Surgery“, in *Orthopedic Principles — A Resident’s Guide*, 2005, S. 425-535.
- [100] G. Wood, D. Naudie, S. MacDonald, R. McCalden, und R. Bourne, „Results of Press-fit Stems in Revision Knee Arthroplasties“, *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, Bd. 467, Nr. 3, S. 810-817, März. 2009.
- [101] Arzneimittelkommision der Deutschen Ärzteschaft, „UAW – Aus Fehlern lernen“ Kardiopulmonale Zwischenfälle bei der Verwendung von Knochenzement“, *Deutsches Ärzteblatt*, Bd. 105, Nr. 50, S. A2721-A2722, Dez. 2008.
- [102] P. Thomas, A. Schuh, B. Summer, F. Mazoochian, und M. Thomsen, „Knochenzementallergie“, *Der Orthopäde*, Bd. 35, Nr. 9, S. 956-960, 2006.
- [103] R. Thull, „Oberflächenmodifikationen zur Verbesserung von Biokompatibilität und mechanischen Eigenschaften von orthopädischen Implantaten“, *Der Orthopäde*, Bd. 32, Nr. 1, S. 51-59, Jan. 2003.
- [104] O. Vicent, M. Hübner, S. Kirschner, und T. Koch, „Stellenwert von Regional- und Allgemeinanästhesie in der Orthopädie“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 6, S. 529-536, Juni. 2007.
- [105] U. Ettrich, J. Seifert, R. Scharnagel, und K. P. Günther, „Multimodales und interdisziplinäres postoperatives Schmerztherapiekonzept“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 6, S. 544-551, Juni. 2007.
- [106] G. S. Roysam und M. J. Oakley, „Subvastus approach for total knee arthroplasty: A prospective, randomized, and observer-blinded trial“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 16, Nr. 4, S. 454-457, Juni. 2001.
- [107] P. Kirschner, „CPM—Continuous Passive Motion: Behandlung verletzter und operierter Kniegelenke mit Mitteln der passiven Bewegung“, *Der Unfallchirurg*, Bd. 107, Nr. 4, S. 328-340, Apr. 2004.
- [108] L. A. Harvey, L. Brosseau, und R. D. Herbert, „Continuous passive motion following total knee arthroplasty in people with arthritis“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Bd. 3, 2010.
- [109] K. Marciel u. a., „NIH Consensus Statement on Total Knee Replacement December 8-10, 2003“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 86, Nr. 6, S. 1328-1335, Juni. 2004.
- [110] M. B. Hamel, M. Toth, A. Legedza, und M. P. Rosen, „Joint Replacement Surgery in Elderly Patients With Severe Osteoarthritis of the Hip or Knee: Decision Making, Postoperative Recovery, and Clinical Outcomes“, *Arch Intern Med*, Bd. 168, Nr. 13, S. 1430-1440, Juli. 2008.
- [111] A. J. A. Santini und V. Raut, „Ten-year survival analysis of the PFC total knee arthroplasty—a surgeon’s first 99 replacements“, *International Orthopaedics*, Bd. 32, Nr. 4, S. 459-465, 2007.
- [112] L. Lidgren, O. Robertsson, und A. W-Dahl, „Annual Report 2009 - The Swedish Knee Arthroplasty Register“. Wallin & Dalholm AB, Lund, 2009.
- [113] A. Cheung, S. K. Goh, A. Tang, und T. B. Keng, „Complications of total knee arthroplasty“, *Current Orthopaedics*, Bd. 22, Nr. 4, S. 274-283, Aug. 2008.
- [114] P. V. Giannoudis, H. Dinopoulos, B. Chalidis, und G. M. Hall, „Surgical stress response“, *Injury*, Bd. 37, Nr. 5, S. S3-S9, Dez. 2006.
- [115] O. Habler, J. Meier, A. Pape, H. Kertscho, und B. Zwißler, „Perioperative Anämietoleranz“, *Der Orthopäde*, Bd. 36, Nr. 8, S. 763-778, 2007.
- [116] M. Wenzl, S. Siebenlist, und U. Stöckle, „Aktuelles zur Prophylaxe venöser Thromboembolien in der Orthopädie und Unfallchirurgie“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 4, Nr. 6, S. 355-366, 2009.

- [117] „S3-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thromboembolie (VTE)“. 08-Mai-2010.
- [118] Y.-H. Kim, J.-H. Yoo, und J.-S. Kim, „Factors Leading to Decreased Rates of Deep Vein Thrombosis and Pulmonary Embolism After Total Knee Arthroplasty“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 22, Nr. 7, S. 974-980, Okt. 2007.
- [119] M. Zimmermann und M. Rittmeister, „Postoperative Schmerztherapie in der Orthopädie“, *Der Orthopäde*, Bd. 32, Nr. 12, S. 1110-1119, Dez. 2003.
- [120] J. Guay, „Postoperative Pain Significantly Influences Postoperative Blood Loss in Patients Undergoing Total Knee Replacement“, *Pain Medicine*, Bd. 7, Nr. 6, S. 476-482, 2006.
- [121] H. B. J. Fischer u. a., „A procedure-specific systematic review and consensus recommendations for postoperative analgesia following total knee arthroplasty“, *Anaesthesia*, Bd. 63, Nr. 10, S. 1105-1123, 2008.
- [122] V. Bullmann, T. P. Weber, B. Kienle, und T. L. Schulte, „Stellenwert der physikalischen Therapie und Physiotherapie in der postoperativen Schmerztherapie“, *Der Orthopäde*, Bd. 37, Nr. 10, S. 997-999, Okt. 2008.
- [123] A. Beck, K. Salem, G. Krischak, L. Kinzl, M. Bischoff, und A. Schmelz, „Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) in der perioperativen Phase in Traumatologie und Orthopädie“, *Operative Orthopädie und Traumatologie*, Bd. 17, Nr. 6, S. 569-578, Nov. 2005.
- [124] O. Habler, J. Meier, A. Pape, und B. Zwißler, „Indikation zur Bluttransfusion bei orthopädischen Eingriffen“, *Der Orthopäde*, Bd. 33, Nr. 7, S. 774-783, Juli. 2004.
- [125] B. E. BIERBAUM, J. J. CALLAGHAN, J. O. GALANTE, H. E. RUBASH, R. E. TOOMS, und R. B. WELCH, „An Analysis of Blood Management in Patients Having a Total Hip or Knee Arthroplasty“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 81, Nr. 1, S. 2-10, Jan. 1999.
- [126] B. L. Erstad, „What is the evidence for using hemostatic agents in surgery?“, *European Spine Journal*, Bd. 13, Nr. 0, S. S28-S33, Okt. 2004.
- [127] N. Prasad, V. Padmanabhan, und A. Mullaji, „Blood loss in total knee arthroplasty: an analysis of risk factors“, *International Orthopaedics*, Bd. 31, Nr. 1, S. 39-44, Feb. 2007.
- [128] O. Henseler, M. Heiden, B. Haschberger, J. Hesse, und R. Seitz, „Bericht zur Meldung nach § 21 TFG für das Jahr 2007“, *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, Bd. 52, Nr. 7, S. 715-731, 2009.
- [129] A. Shander, A. Hofmann, S. Ozawa, O. M. Theusinger, H. Gombotz, und D. R. Spahn, „Activity-based costs of blood transfusions in surgical patients at four hospitals“, *Transfusion*, Bd. 50, Nr. 4, S. 753-765, 2010.
- [130] „Serious Hazards of Transfusion (SHOT)“. [Online]. Available: <http://www.shotuk.org/home/>. [Accessed: 23-Mai-2010].
- [131] B. Fölsch und U. Cassens, „Risiken und Nebenwirkungen von Bluttransfusionen“, *Der Orthopäde*, Bd. 38, Nr. 9, S. 828-834, 2009.
- [132] Y. Fujii u. a., „Consecutive national surveys of ABO-incompatible blood transfusion in Japan“, *Vox Sanguinis*, Bd. 97, Nr. 3, S. 240-246, 2009.
- [133] „Leitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten“. 2003.
- [134] M. K. Hourfar u. a., „Experience of German Red Cross blood donor services with nucleic acid testing: results of screening more than 30 million blood donations for human immunodeficiency virus-1, hepatitis C virus, and hepatitis B virus“, *Transfusion*, Bd. 48, Nr. 8, S. 1558-1566, 2008.
- [135] K. R. Nilsson, S. M. Berenholtz, E. Garrett-Mayer, T. Dorman, M. J. Klag, und P. J. Pronovost, „Association Between Venous Thromboembolism and Perioperative Allogeneic Transfusion“, *Arch Surg*, Bd. 142, Nr. 2, S. 126-132, Feb. 2007.
- [136] E. W. G. Weber, R. Slappendel, M. H. Prins, D. B. van der Schaaf, M. E. Durieux,

- und D. Strumper, „Perioperative Blood Transfusions and Delayed Wound Healing After Hip Replacement Surgery: Effects on Duration of Hospitalization. [Miscellaneous Article]“, *Anesthesia & Analgesia* May 2005, Bd. 100, Nr. 5, S. 1416-1421, 2005.
- [137] P. Hobisch-Hagen, „Klinische Relevanz der Immunmodulation nach Bluttransfusion - bei nicht-onkologischen Patienten“, *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, Bd. 37, Nr. 11, S. 684-686, 2002.
- [138] *Gesetz zur Regelung des Transfusionswesens - TFG*. 1998.
- [139] *Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln - AMG*. 1976.
- [140] *Gesetz über Medizinprodukte (Medizinproduktegesetz - MPG)*. 1994.
- [141] *Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen - IfSG*. 2000.
- [142] „Richtlinie zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von Blutprodukten (Hämotherapie)“. 19-Sep-2005.
- [143] K. Kleinert, O. Theusinger, J. Nuernberg, und C. Werner, „Alternative Procedures for Reducing Allogeneic Blood Transfusion in Elective Orthopedic Surgery“, *HSS Journal*, Jan. 2010.
- [144] P. S. Ko, M. K. Tio, Y. K. Tang, W. L. Tsang, und J. J. Lam, „Sealing the intramedullary femoral canal with autologous bone plug in total knee arthroplasty“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 18, Nr. 1, S. 6-9, Jan. 2003.
- [145] G. J. Wang u. a., „Use of Fibrin Sealant to Reduce Bloody Drainage and Hemoglobin Loss After Total Knee Arthroplasty : A Brief Note on a Randomized Prospective Trial“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 83, Nr. 10, S. 1503-1505, Okt. 2001.
- [146] P. A. M. Everts u. a., „Platelet gel and fibrin sealant reduce allogeneic blood transfusions in total knee arthroplasty“, *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, Bd. 50, Nr. 5, S. 593-599, 2006.
- [147] T. O. Smith und C. B. Hing, „Is a tourniquet beneficial in total knee replacement surgery? A meta-analysis and systematic review“, *The Knee*, Bd. 17, Nr. 2, S. 141-147, März. 2010.
- [148] N. C. Tejwani, I. Imberman, P. Achan, K. A. Egol, und T. McLaurin, „Tourniquet cuff pressure: The gulf between science and practice“, *The Journal of Trauma*, Bd. 61, Nr. 6, S. 1415-1418, Dez. 2006.
- [149] K. R. B. S. Rama, S. Apsangi, S. Poovali, und A. Jetti, „Timing of Tourniquet Release in Knee Arthroplasty. Meta-Analysis of Randomized, Controlled Trials“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 89, Nr. 4, S. 699-705, Apr. 2007.
- [150] D. Hernández-Castaños, V. Ponce, und F. Gil, „Release of ischaemia prior to wound closure in total knee arthroplasty: a better method?“, *International Orthopaedics*, Bd. 32, Nr. 5, S. 635-638, Okt. 2008.
- [151] P. R. Padala, E. Rouholamin, und R. L. Mehta, „The role of drains and tourniquets in primary total knee replacement: a comparative study of TKR performed with drains and tourniquet versus no drains and adrenaline and saline infiltration“, *The Journal of Knee Surgery*, Bd. 17, Nr. 1, S. 24-27, Jan. 2004.
- [152] M. J. Parker, V. Livingstone, R. Clifton, und A. McKee, „Closed suction surgical wound drainage after orthopaedic surgery“, *Cochrane Database of Systematic Reviews (Online)*, Nr. 3, 2007.
- [153] D. Omonbude, M. A. El Masry, P. J. O'Connor, A. J. Grainger, V. L. Allgar, und S. J. Calder, „Measurement of joint effusion and haematoma formation by ultrasound in assessing the effectiveness of drains after total knee replacement: A PROSPECTIVE RANDOMISED STUDY“, *J Bone Joint Surg Br*, Bd. 92-B, Nr. 1, S. 51-55, Jan. 2010.
- [154] M. J. Parker, C. P. Roberts, und D. Hay, „Closed Suction Drainage for Hip and

- Knee Arthroplasty. A Meta-Analysis“, *J Bone Joint Surg Am*, Bd. 86, Nr. 6, S. 1146-1152, Juni. 2004.
- [155] K. W. Cheung und K. H. Chiu, „Effect of drain pressure in total knee arthroplasty“, *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, Bd. 14, Nr. 2, S. 163-6, Aug. 2006.
- [156] Gibbons u. a., „Cryotherapy compared with Robert Jones bandage after total knee replacement: A prospective randomized trial“, *International Orthopaedics*, Bd. 25, Nr. 4, S. 250-252, 2001.
- [157] A. S. LEVY und E. MARMAR, „The Role of Cold Compression Dressings in the Postoperative Treatment of Total Knee Arthroplasty“, *Clinical Orthopaedics & Related Research December 1993*, S. 174-178, 1993.
- [158] O. A. Nercessian, O. F. C. Ugwonali, und S. Park, „Peroneal Nerve Palsy After Total Knee Arthroplasty“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 20, Nr. 8, S. 1068-1073, Dez. 2005.
- [159] M. Timlin, P. Moroney, D. Collins, D. Toomey, und J. O’Byrne, „The 90/90 pillow reduces blood loss after knee arthroplasty: A prospective randomized case control study“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 18, Nr. 6, S. 765-768, Sep. 2003.
- [160] M. Zenios, P. Wykes, D. S. Johnson, A. D. Clayton, und P. Kay, „The use of knee splints after total knee replacements“, *The Knee*, Bd. 9, Nr. 3, S. 225-228, Sep. 2002.
- [161] S. M. Ong und G. J. S. C. Taylor, „Can knee position save blood following total knee replacement?“, *The Knee*, Bd. 10, Nr. 1, S. 81-5, März. 2003.
- [162] T. Ma, R. J. K. Khan, R. Carey Smith, B. Nivbrant, und D. J. Wood, „Effect of flexion/extension splintage post total knee arthroplasty on blood loss and range of motion -- a randomised controlled trial“, *The Knee*, Bd. 15, Nr. 1, S. 15-19, Jan. 2008.
- [163] P.-G. Chassot, A. Delabays, und D. R. Spahn, „Perioperative antiplatelet therapy: the case for continuing therapy in patients at risk of myocardial infarction“, *Br. J. Anaesth.*, Bd. 99, Nr. 3, S. 316-328, Sep. 2007.
- [164] C. M. Samama, „Aprotinin and major orthopedic surgery“, *European Spine Journal*, Bd. 13, Nr. 0, S. S56-S61, Okt. 2004.
- [165] L. T. Goodnough, T. G. Monk, und M. E. Brecher, „Autologous Blood Procurement in the Surgical Setting: Lessons Learned in the Last 10 years“, *Vox Sanguinis*, Bd. 71, Nr. 3, S. 133-141, 1996.
- [166] K. Rüberg, „Medizinische und ökonomische Effizienz der Eigenblutspende vor Endoprothesenimplantation des Hüft- oder Kniegelenkes“, Bochum, 2004.
- [167] Earnshaw und P. Earnshaw, „Blood conservation in orthopaedic surgery: the role of epoetin alfa“, *International Orthopaedics*, Bd. 25, Nr. 5, S. 273-278, Okt. 2001.
- [168] E. Crosby, „Perioperative Use of Erythropoietin“, *Journal of Therapeutics September*, Bd. 9, Nr. 5, S. 371-376, 2002.
- [169] C. P. Stowell, S. C. Jones, C. B. Enny, W. Langholff, und G. Leitz, „An Open-Label, Randomized, Parallel-Group Study of Perioperative Epoetin Alfa Versus Standard of Care for Blood Conservation in Major Elective Spinal Surgery: Safety Analysis. [Miscellaneous Article]“, *Spine November 1, 2009*, Bd. 34, Nr. 23, S. 2479-2485, 2009.
- [170] C. Duller, *Einführung in die Statistik mit EXCEL und SPSS*. Physica-Verlag HD, 2006.
- [171] K. Wagner, E. Kochs, V. Krautheim, und L. Gerdesmeyer, „Perioperative Schmerztherapie in der Kniegelenkendoprothetik“, *Der Orthopäde*, Bd. 35, Nr. 2, S. 153-161, Feb. 2006.
- [172] D. Eschmann, T. Hasenberg, C.-E. Dempfle, M. Scheele, M. Weigeldt, und U. Obertacke, „Perioperatives Management“, *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, Bd. 4, Nr. 3, S. 193-208, 2009.

- [173] A. Meiser, O. Casagranda, G. Skipka, und H. Laubenthal, „Quantifizierung von Blutverlusten: Wie genau ist visuelles Schätzen und wovon hängt die Genauigkeit ab?“, *Der Anaesthetist*, Bd. 50, Nr. 1, S. 13-20, Jan. 2001.
- [174] N. Tsumara, S. Yoshiya, T. Chin, R. Shiba, K. Kohso, und M. Doita, „A prospective comparison of clamping the drain or post-operative salvage of blood in reducing blood loss after total knee arthroplasty“, *J Bone Joint Surg Br*, Bd. 88-B, Nr. 1, S. 49-53, Jan. 2006.
- [175] M. Bruzzone, A. Ranawat, F. Castoldi, F. Dettoni, P. Rossi, und R. Rossi, „The Risk of Direct Peroneal Nerve Injury Using the Ranawat ‘Inside-Out’ Lateral Release Technique in Valgus Total Knee Arthroplasty“, *The Journal of Arthroplasty*, Bd. 25, Nr. 1, S. 161-165, Jan. 2010.
- [176] Bundesgeschäftsstelle Qualitätssicherung, „BQS-Bundesauswertung 2008 Knie-Totalendoprothesen-Erstimplantation“. 2009.

## **8 Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Kniegelenk und Bandapparat, Ansicht von ventral in 90° Beugung ohne Patella (Quelle: Lanz/Wachsmuth, „Praktische Anatomie, Vierter Teil: Bein und Statik“, Springer Verlag 1972/2004, S. 247) .....	8
Abbildung 2: Gefäßversorgung des Kniegelenkes (Rete articulare genus) (Quelle: Lanz/Wachsmuth, „Praktische Anatomie, Vierter Teil: Bein und Statik“, Springer Verlag 1972/2004, S. 291) .....	9
Abbildung 3: Gekoppelte Knieendoprothese, Starrachsgelenk ("Rigid Hinge"), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 130.....	17
Abbildung 4: Gekoppelte Knieendoprothese, Rotationsgelenk ("Rotating Hinge"), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 130.....	17
Abbildung 5: Ungekoppelte semiconstrained Knieendoprothese mit Ersatz der HKB-Funktion (posterior stabilized), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131.....	18
Abbildung 6: Ungekoppelte nonconstrained Knieendoprothese, Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131 .....	18
Abbildung 7: Unicondyläre Teilprothese („Monoschlitten“), Quelle: Imhoff, „Fortbildung Orthopädie: die ASG-Kurse der DGOT Bd. 3. Knie“, Steinkopff Verlag 2000, S. 131 .....	19
Abbildung 8: Bicondyläre Oberflächenersatzprothese P.F.C. Sigma®, metallische Tibiakomponente mit fixem PE-Inlay, nonconstrained, Ansicht von vorne .....	45
Abbildung 9: Röntgenbild einer achsgeführten Knieendoprothese Typ „Rotationsknie Endo-Modell“ von vorne und seitlich.....	46
Abbildung 10: Altersverteilung der Patientenpopulation nach Geschlecht .....	48
Abbildung 11: Verteilung des Body Mass Index (BMI) .....	49
Abbildung 12: Arthroseursachen .....	50
Abbildung 13: Verteilung der Prothesentypen in Abhängigkeit von Primär- oder Wechseloperation.....	52
Abbildung 14: Entwicklung der Anästhesiearten im Untersuchungszeitraum.....	55
Abbildung 15: Verteilung der Blutsperredauer.....	56
Abbildung 16: Anteil der Blutsammelsysteme im Untersuchungszeitraum.....	57
Abbildung 17: Entwicklung von Eigen- und Fremdbluttransfusionen im Untersuchungszeitraum .....	62
Abbildung 18: Histogramm der Verteilung des präop. Hb-Wertes .....	64
Abbildung 19: Korrelation zwischen präop. Hb-Wert und insgesamt transfundierter Blutmenge .....	66
Abbildung 20: Korrelation zwischen Blutverlust über die Redondrainagen und transfundierter Blutmenge im Jahr 2000 .....	68

Abbildung 21: Korrelation zwischen Blutverlust über die Redondrainagen und transfundierter Blutmenge 2003 .....	69
Abbildung 22: Blutgabe bei Patienten ohne Voroperation im Jahresvergleich .....	73
Abbildung 23: Blutgabe bei Patienten mit Voroperation im Jahresvergleich .....	74
Abbildung 24: Blutgabe in Abhängigkeit vom Anästhesieverfahren .....	79

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erhobene Parameter (Patientendaten) .....	38
Tabelle 2: Erhobene Parameter (Operations- und Therapiedaten) .....	39
Tabelle 3: Erhobene Daten (Infusions- und Transfusionsmengen) .....	40
Tabelle 4: Erhobene Daten (Laborwerte) .....	41
Tabelle 5: Erhobene Daten (Komplikationen).....	41
Tabelle 6: Anzahl der Operationen nach Jahr .....	47
Tabelle 7: Vorerkrankungen und Risikofaktoren.....	49
Tabelle 8: Arthroseursachen bei Primäroperationen .....	50
Tabelle 9: Verteilung der Prothesentypen bei Primäroperationen .....	51
Tabelle 10: Verteilung der Prothesentypen bei Wechseloperationen .....	51
Tabelle 11: Mittlere Operationszeit bei Primär- und Wechseloperationen in Abhängigkeit vom Prothesentyp.....	53
Tabelle 12: Anzahl der navigierten Endoprothesen.....	53
Tabelle 13: Anästhesieverfahren im Gesamtüberblick .....	54
Tabelle 14: Kreislaufkomplikationen im Jahresvergleich .....	58
Tabelle 15: Entwicklung der Fremdblutgabe im Jahresvergleich.....	60
Tabelle 16: Entwicklung der Retransfusionsrate im Jahresvergleich.....	60
Tabelle 17: Entwicklung der kombinierten Eigen- und Fremdblutgabe im Jahresvergleich .....	61
Tabelle 18: Entwicklung der Blutgabe im Jahresvergleich .....	61
Tabelle 19: Menge des transfundierten Blutes .....	63
Tabelle 20: Anzahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrate (EK).....	63
Tabelle 21: Menge des transfundierten Blutes im Jahresvergleich .....	63
Tabelle 22: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom präop. Hb-Wert (Gesamtauswertung).....	64
Tabelle 23: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom präop. Hb-Wert (nach Jahren) .	65
Tabelle 24: Korrelation zwischen präoperativer Hämoglobinkonzentration (Hb-Wert) und transfundierter Blutmenge (autolog, allogen, gesamt) .....	66
Tabelle 25: Postoperativer Blutverlust über die Redondrainagen.....	67

Tabelle 26: Postoperativer Blutverlust über die Redondrainagen im Jahresvergleich .....	67
Tabelle 27: Korrelation zwischen Blutverlust über Redondrainagen und Gesamtmenge des transfundierten Blutes im Jahresvergleich.....	68
Tabelle 28: Retransfusionszahlen in Abhängigkeit vom Blutsammelsystem .....	69
Tabelle 29: Blutsammelsysteme und Retransfusion im Jahresvergleich.....	70
Tabelle 30: Blutgabe in Abhängigkeit vom Geschlecht nach Jahr.....	70
Tabelle 31: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom BMI im Jahresvergleich .....	71
Tabelle 32: Fremdblutgabe in Abhängigkeit von Primär- oder Wechsel-Operation .....	72
Tabelle 33: Einsatz von Blutsammelsystemen in Abhängigkeit von Primär- oder Wechsel-Operation.....	72
Tabelle 34: Blutgabe in Abhängigkeit von Vor-Operationen im Jahresvergleich ..	73
Tabelle 35: Abhängigkeit der Blutgabe von der Prothesenverankerung beim bicondylären Oberflächenersatz nach Jahr .....	75
Tabelle 36: Fremdblutgabe in Abhängigkeit vom Prothesentyp im Jahresvergleich .....	76
Tabelle 37: Blutgabe in Abhängigkeit von der Navigation im Jahresvergleich .....	76
Tabelle 38: Fremdblutgabe in Abhängigkeit von der Navigation im Jahresvergleich .....	77
Tabelle 39: Hämoglobin-Werte vor Transfusion von Fremd-EK im Jahresvergleich .....	78
Tabelle 40: Hämoglobin-Werte 1. Tag postoperativ bei nicht Fremdblut-transfundierten Patienten im Jahresvergleich.....	78
Tabelle 41: Blutgabe in Abhängigkeit von der Anästhesieform .....	78

## **10 Abkürzungsverzeichnis**

ACR =	American College of Rheumatology
ACT =	Autologe Chondrocytentransplantation
AHH =	Akute hypervolämische Hämodilution
AIDS =	Acquired Immune Deficiency Syndrome
AMG =	Arzneimittelgesetz
ANH =	Akute normovolämische Hämodilution
ANOVA =	Analysis of Variances (Varianzanalyse)
ASS =	Acetylsalicylsäure
AWMF =	Arbeitsgemeinschaft wissenschaftlicher medizinischer Fachgesellschaften
BMI =	Body Mass Index in kg/m <sup>2</sup>
bzw. =	beziehungsweise
CPM =	Continuous passive motion
CRPS =	Complex Regional Pain Syndrome
DRG =	Diagnose related groups
EBM =	Evidence based medicine
EK =	Erythrozytenkonzentrat
g/dl =	Gramm pro Deziliter
Hb =	Hämoglobin
HIV =	Humanes Immunodefizienz Virus
HKB =	Hinteres Kreuzband
Hkt =	Hämatokrit
HZV =	Herzzeitvolumen
IfSG =	Infektionsschutzgesetz
LE =	Lungenembolie
Lig. =	Ligament
Ligg. =	Ligamente
M. =	Musculus
MAT =	Maschinelle Autotransfusion
MPG =	Medizinproduktegesetz
MRT =	Magnetresonanztomographie
NSAR =	Nichtsteroidale Antirheumatika
OATS =	Osteochondral Autologous Transplantation System
OPS-301=	Operationen – und Prozedurenschlüssel nach §301 SGB V
PE =	Polyethylen
ROM =	Range of Motion
s. =	siehe
sog. =	sogenannt
SYSADOA =	symptomatic slow acting drugs for OA
TENS =	Transcutane elektrische Nervenstimulation
TEP =	Totalendoprothese

TEP = Totalendoprothese

TFG = Transfusionsgesetz

TRALI = Transfusionsassoziierte akute Lungeninsuffizienz

TVT = Tiefe Beinvenenthrombose

UHMWPE = Ultra high molecular weight Polyethylene

usw. = und so weiter

WHO = World Health Organization

WOMAC = "Western Ontario Mac Master Arthritis Center" Arthrose Index

z.B. = zum Beispiel

## **11 Danksagung**

Ich danke Herrn Professor Dr. med. Grifka für die Anregung zu dieser Arbeit sowie die vorübergehende Freistellung von den Routineaufgaben, um die umfangreiche Datenerhebung durchführen zu können. Ferner bedanke ich mich bei ihm für die Betreuung der Promotion.

Herrn Oberarzt PD Dr. med. M. Handel danke ich für fachliche Anregungen und insbesondere die Hinweise auf interessante Literaturstellen, die sich als Basis der weiteren Literatursuche bewährten.

Bei Frau Gabriele Butwillus aus dem Schreibbüro und Herrn Manfred Pöppl aus dem Archiv möchte ich mich für das Heraussuchen der zahlreichen von mir angeforderten Akten aus dem Archiv bedanken.

## **12 Lebenslauf**

### Persönliche Daten

Familienname: Boluki  
Vorname: Daniel  
Anschrift: Hebbergring 52  
93077 Bad Abbach

Geboren am/in: 21.07.1970 in Dortmund/Nordrhein-Westfalen

Familienstand: verheiratet, 3 Kinder

### Schulische Ausbildung

1976 - 1980 Overberger Grundschule in Bergkamen  
1980 - 1989 Ernst-Barlach-Gymnasium in Unna, Abgang mit Abitur (Gesamtnote: 1,0)  
1989 - 1995 Studium der Humanmedizin an der Ruhr-Universität Bochum, Abgang mit Staatsexamen

### Berufliche Ausbildung

01.05.1996 - 31.10.1997 Arzt im Praktikum in der Orthopädischen Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum am St. Josef Hospital Bochum (Direktor: Prof. Dr. med. J. Krämer)  
01.11.1997 – 13.11.1997 Wehrdienst  
01.02.1998 – 30.06.1999 Assistenzarzt in der Chirurgischen Klinik am Ev. Krankenhaus in Schwerte (Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Witten-Herdecke, Direktor: Prof. Dr. med. R. Labitzke), zunächst als Arzt im Zivildienst, ab 19.02.99 als Vollassistent  
01.07.1999 – 30.04.2000 Assistenzarzt in der Orthopädischen Klinik der Ruhr-Universität Bochum am St. Josef Hospital  
seit 01.05.2000 Assistenzarzt in der Orthopädischen Klinik der Universität Regensburg im Asklepios Klinikum Bad Abbach (Direktor: Prof. Dr. med. J. Grifka)  
12.01.2009 Facharzt für Orthopädie  
seit 01.07.2009 Funktionsoberarzt für den Bereich Wirbelsäulen-chirurgie und Schmerztherapie