

# DISSERTATION

Vergleich des Einflusses von Femoralis- und Saphenusblockade auf die postoperative Muskelkraft und Schmerzintensität bei Patienten nach operativen Eingriffen an den unteren Extremitäten.

Comparison of the effect of femoralis blockade and saphenous blockade on postoperative muscle strength and pain intensity in patients undergoing lower extremity surgery.

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von  
Sebastian Martin Teller

Erstbetreuer: PD Dr. med. Birnbaum, Jürgen

Datum der Promotion: 30.06.2024

Inhaltsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis.....	4
Abkürzungsverzeichnis .....	5
Abstrakt .....	6
1 Einleitung.....	10
1.1 Einführung in die Thematik.....	10
1.2 Ätiologie und Epidemiologie der Gonarthrose.....	11
1.3 Endoprothetik .....	11
1.4 Nervale Versorgung des Kniegelenkes.....	13
1.5 Anästhesie und Akutschmerztherapie bei Kniegelenksendoprothetik .....	14
1.5.1 Allgemeinanästhesie.....	14
1.5.2 Regionalanästhesie .....	14
1.6 Postoperative Schmerztherapie.....	15
1.6.1 Periphere Analgetika .....	15
1.6.2 Lokale Infiltrationsanästhesie .....	15
1.6.3 Single-Shot-Verfahren .....	16
1.6.4 Katheterverfahren.....	16
1.6.5 Weiterentwicklungen von Verfahren der Schmerztherapie .....	16
1.7 Klinische Problematik der Akutschmerztherapie mit Katheterverfahren.....	17
1.8 Aufbau des Akutschmerzdienstes.....	18
1.9 Motorblock und Sturzgefahr.....	18
1.10 Das Netzwerk Regionalanästhesie.....	19
1.10.1 Struktur und Ziel des Netzwerks Regionalanästhesie .....	19
1.10.2 Datenerfassung, Dokumentation und Datenzugriff.....	19
1.11 Zielsetzungen und Hypothesen.....	20
2 Material und Methoden.....	21
2.1 Datenbearbeitung.....	21
2.1.1 Studiendesign .....	21
2.1.2 Zeitraum der Datenerfassung und Ethikantrag.....	21
2.1.3 Erfasste Parameter.....	21
2.1.3.1 Primärer Endpunkt.....	21
2.1.3.2 Sekundärer Endpunkt .....	22
2.1.3.3 Zusätzlich erfasster Parameter.....	22
2.1.4 Variablen und Prüfung auf Plausibilität .....	23

2.2	Ein- und Ausschlusskriterien.....	25
2.3	Gruppeneinteilung .....	25
2.4	Statistische Methoden.....	26
3	Ergebnisse.....	28
3.1	Flussdiagramm.....	28
3.2	Katheterverfahren ohne Ischiadikuskatheter .....	29
3.2.1	Allgemeine und demographische Parameter.....	29
3.2.2	Kraftgrad nach Janda.....	30
3.2.3	NRS - Schmerzintensität .....	32
3.2.4	Sensorische Blockade.....	34
3.3	Katheterverfahren mit Ischiadikuskatheter.....	35
3.3.1	Allgemeine und demographische Parameter.....	35
3.3.2	Kraftgrad nach Janda.....	36
3.3.3	NRS - Schmerzintensität .....	37
3.3.4	Sensorische Blockade.....	39
3.3.5	Vergleich der sensorischen Blockade ohne und mit Ischiadikuskatheter .....	40
4	Diskussion.....	41
4.1	Klinische Aspekte der Motorblockade nach Regionalanästhesien.....	41
4.2	Postoperative Schmerzintensität und Akutschmerztherapie.....	44
4.3	Netzwerk für Regionalanästhesie und Bias .....	46
4.4	Limitationen.....	48
	Zusammenfassung.....	50
	Literaturverzeichnis.....	51
	Eidesstattliche Versicherung .....	58
	Lebenslauf.....	59
	Danksagung.....	60
	Bescheinigung Statistik.....	61

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: WHO-Stufenschema I-III	15
Abbildung 2: Flussdiagramm der Datenauswahl	28

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfasste Parameter	23
Tabelle 2: Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite	30
Tabelle 3: Kraftgrad nach Janda zur zweiten Visite	31
Tabelle 4: NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur ersten Visite	32
Tabelle 5: NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur zweiten Visite	33
Tabelle 6: Sensorische Blockade zur ersten und zweiten Visite	34
Tabelle 7: Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite	36
Tabelle 8: NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur ersten Visite	37
Tabelle 9: NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur zweiten Visite	38
Tabelle 10: Sensorische Blockade zur ersten und zweiten Visite	39
Tabelle 11: Vergleich der sensorischen Blockade der Katheterverfahren ohne und mit Ischiadikuskatheter	40

## Abkürzungsverzeichnis

ASA	American Society of Anesthesiologists
ASD	Akutschmerzdienst
AURORA	Australian and New Zealand Registry of Regional Anaesthesia
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V
BMI	Body Mass Index
CADD	Computerized Ambulatory Drug Delivery
CCM	Charité Campus Mitte
COPRA	Computer Organized Patient Report Assistant
COX-2	Cyclooxygenase-2
DRG	Diagnosis Related Groups
ESRA	European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
iPACK	interspace between the Popliteal Artery and the Capsule of the posterior Knee
i.v.	intravenös
KG	Kraftgrad
LIA	Lokale Infiltrationsanästhesie
NRS	Numeric Rating Scale
NSAR	Nicht-steroidale Antirheumatika
PCA	Patient Controlled Analgesia
POD	Postoperativ Day
QM	Qualitätsmanagement
SOP	Standard Operating Procedure
STD	Standardabweichung
VAS	visuelle Analogskala
WHO	World Health Organisation

## Abstrakt

**Einleitung:** Der Femoralisblock ist ein weitverbreitetes Standardverfahren für die Nervenblockade bei Eingriffen an den unteren Extremitäten. Als mögliche Vorteile dieser Regionalanästhesie gelten der reduzierte Opioidverbrauch und die verkürzte Krankenhausverweildauer. Die motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris stellt jedoch einen potentiellen Nachteil dieser Nervenblockade dar. Der Saphenusblock entwickelte sich in den letzten Jahren zu einer Alternative zum Femoralisblock. Der N. saphenus innerviert als sensibler Endast des N. femoralis das Areal distal der Patella sowie die mediale Seite des Unterschenkels. Eine geringere motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris und eine frühere postoperative Mobilisation sind mögliche Vorteile der Saphenusblockade gegenüber einer Femoralisblockade.

**Methodik:** Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Analyse mit Daten aus dem Netzwerk für Regionalanästhesie in Deutschland. Ziel der Untersuchung ist der Vergleich von Femoraliskatheter versus Saphenuskatheter (jeweils mit und ohne Ischiadikuskatheter) bei Eingriffen an den unteren Extremitäten. Die Datenerhebung erfolgte bei der ersten und zweiten Visite am ersten postoperativen Tag. Analysiert wurde der Einfluss auf den gemessenen Kraftgrad nach Janda (Kraftgrad KG 0-5/5) in Bezug auf den Musculus quadriceps femoris (primärer Endpunkt). Der Muskelfunktionstest mit einem KG 0/5 zeigt keine erkennbare Muskelkontraktion. Ein KG 5/5 ist als normale Muskelkraft definiert. Die Schmerzintensität in Ruhe und bei Belastung wurde mittels NRS (0-10) als sekundärer Endpunkt analysiert. Für die ausgewerteten Daten wurde der Median mit 25 % - und 75 % - Perzentile angegeben.

**Ergebnisse:** Bei den Gruppen Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=4883) und Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=2024) waren die erhobenen Kraftgrade nach Janda im Vergleich zur Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=643) und Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=216) bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag geringer eingeschränkt. Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter mit einem Kraftgrad nach Janda 4,0 [2,0;5,0] versus Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter 2,0 [2,0;3,0], ( $p < 0,001$ ). Die Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter hatte einen Kraftgrad nach Janda von 4,0 [3,0;5,0] im Vergleich zur Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 3,5 [2,0;4,0], ( $p < 0,001$ ). Für die Schmerzintensität unter Belastung ergab sich bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag für die Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=4883) und die

Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=652) kein Unterschied ( $p = 0,009$ ; NRS-Median für Femoraliskatheter 3,0 [1,0;5,0] und Saphenuskatheter 3,0 [2,0;5,0] jeweils ohne Ischiadikuskatheter).

Ebenfalls fand sich für die Schmerzintensität in Ruhe und bei Belastung bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag für die Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=2024) und der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=221) kein Unterschied. In Ruhe betrug der NRS-Median bei der Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter 2,0 [0,0;3,0] und bei der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 2,0 [1,0;5,0], ( $p < 0,001$ ). Der NRS-Median bei Belastung ergab für Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter 3,0 [1,0;5,0] und für Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 3,0 [3,0;5,0], ( $p < 0,015$ ).

**Schlussfolgerung:** In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich, dass der Kraftgrad nach Janda zum Zeitpunkt der ersten Visite am ersten postoperativen Tag bei der Femoralisblockade geringer beeinträchtigt war im Vergleich zur Saphenusblockade. Beide Regionalverfahren Femoralisblockade und Saphenusblockade weisen eine ähnliche Schmerztherapie gemessen an der NRS zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag auf.

## Abstract

**Introduction:** Femoral nerve block is a widely used standard procedure for nerve block in lower extremity procedures. Potential benefits of this regional anesthesia include reduced opioid consumption and shortened hospital stay. However, motor impairment of the quadriceps femoris muscle is a potential disadvantage of this nerve block. The saphenous nerve block has emerged as an alternative to the femoral block in recent years. The saphenous nerve, as a sensitive end branch of the femoral nerve, innervates the area distal to the patella as well as the medial aspect of the lower leg. Less motor impairment of the quadriceps femoris muscle and earlier postoperative mobilization are possible advantages of a saphenous nerve block compared to a femoral nerve block.

**Methods:** The present study is a retrospective analysis with data from the network for regional anesthesia in Germany. The aim of the study is to compare continuous femoral nerve block versus continuous saphenous nerve block (each with and without continuous sciatic nerve block) in lower extremity procedures. Data was collected at the first and second visit on the first postoperative day. The influence on the measured degree of strength according to Janda (degree of strength KG 0-5/5) in relation to the quadriceps femoris muscle (primary endpoint) was analyzed. The muscle function test with a KG 0/5 shows no recognizable muscle contraction. A KG 5/5 is defined as normal muscle strength. Pain intensity at rest and during exertion was analyzed by means of NRS (0-10) as a secondary endpoint. For the analyzed data, the median was given as 25 % and 75 % percentiles.

**Results:** Patients with continuous femoral nerve block without continuous sciatic nerve block (n=4883) and with sciatic nerve block (n=2024) had statistically lower Janda force levels recorded compared to continuous saphenous nerve block without sciatic nerve block (n=643) and with continuous sciatic nerve block (n=216) at the first postoperative visit. Femoral nerve block with a Janda strength grade 4.0 [2.0;5.0] versus saphenous nerve block 2.0 [2.0;3.0],  $p < 0,001$ . For the continuous femoral nerve block plus continuous sciatic nerve block, the Janda force ratio was 4.0 [3.0;5.0] versus continuous saphenous nerve block with continuous sciatic nerve block 3.5 [2.0;4.0],  $p < 0,001$ . There was no difference in pain intensity at rest and on exertion at the first visit on the first postoperative day for femoral nerve block without sciatic nerve block (n=4883) compared to saphenous nerve block without sciatic nerve block (n=652) ( $p = 0.009$ ; NRS median 3.0 for the femoral nerve block [1.0;5.0] and saphenous nerve block [2.0;5.0] each without sciatic

nerve block. There was also no difference in pain intensity at rest and on exertion at the first visit on the first postoperative day for femoral nerve block with sciatic nerve block (n=2024) compared to saphenous nerve block with sciatic nerve block (n=221). At rest, the median NRS was 2.0 for the femoral nerve block with sciatic nerve block [0.0;3.0] and saphenous nerve block with sciatic nerve block [1.0;5.0],  $p < 0,001$ . The median NRS at stress was 3.0 (femoral nerve block plus sciatic nerve block [1.0;5.0] versus saphenous nerve block plus sciatic nerve block [3.0;5.0],  $p < 0,015$ ).

**Conclusions:** The present study showed that the degree of strength according to Janda at the time of the first visit on the first postoperative day was less impaired with femoral nerve block compared to saphenous nerve block. Both regional anesthesia, femoral nerve block and saphenous nerve block, show similar pain management as measured by the NRS at the first visit on the first operative day.

## 1 Einleitung

### 1.1 Einführung in die Thematik

Im Jahr 2020 erfolgten in Deutschland insgesamt über 400000 Operationen am Knie (u.a. Kniegelenkarthroskopien mit über 212000 Eingriffen und endoprothetische Gelenkersatzverfahren des Kniegelenkes mit über 173000 Eingriffen) (1). Die Operationen am Knie sind auf Grund ihrer Gewebe- und teils ausgeprägten Knochenschädigung mit unerwünschten Schmerzen im postoperativen Verlauf verbunden (2). Somit ist eine suffiziente Schmerztherapie nach einem Eingriff an den unteren Extremitäten obligat, um das Ergebnis für Patient\*innen mittels wichtiger Faktoren wie frühzeitige Mobilisation und Rehabilitation positiv zu beeinflussen. Heutzutage stehen zur postoperativen Behandlung verschiedene Möglichkeiten der Analgesie, wie unter anderem Lokalanästhesie, rückenmarksnahe Verfahren, Nervenblockaden oder intravenöse PCA-Pumpen zu Verfügung. Wegen einer Muskelschwäche des Musculus quadriceps femoris, einer somit verbundenen verzögerten Mobilisation und einem geringen, aber klinisch relevanten Sturzrisiko, findet in letzter Zeit ein Umdenken bezüglich des Regionalverfahrens statt. Der Saphenusblock stellt eine Alternative als Regionalanästhesie zur Blockade des Nervus femoralis dar (3). Anatomisch wird der Adduktorenkanal umgeben von dem Musculus sartorius, den mittleren Anteil des Musculus femoralis und der Muskelgruppe der Adduktoren. Ein sonographisch gesteuertes Regionalverfahren kann den Nervus saphenus im mittleren Drittel des Oberschenkels darstellen. Deshalb wird die Blockade des Nervus saphenus mit einer höheren Erfolgsrate und geringeren Komplikationen wie Gefäß- oder Nervenschädigung durchgeführt. Studien zum Saphenusblock konnten im Vergleich zur Femoralisblockade zeigen, dass die Wirkung des Regionalverfahrens hauptsächlich eine sensorische Blockade und eine abgeschwächte motorische Blockade verursacht. Daher ergibt sich bei einer suffizienten Analgesie und einer geringeren Beeinflussung des Musculus quadriceps femoris ein nicht erhöhtes Sturzrisiko (4–8), wobei die aktuelle Studienlage noch keine klare Empfehlung einer Saphenusblockade gegenüber anderen Verfahren ausweist und noch etliche Studien in Arbeit sind (9). Seit einigen Jahren führen viele Kliniken als weiteres Verfahren die lokale Infiltrationsanästhesie (LIA) im Knie durch (10). Zur Beurteilung der beiden Regionalverfahren Femoralis- und Saphenusblockade wurde eine retrospektive Analyse durchgeführt. Die vorliegende Datenanalyse soll untersuchen, ob sich die motorische Beeinträchtigung gemessen am Kraftgrad nach Janda auf den Musculus quadriceps femoris und die Schmerzintensität in Ruhe und bei Belastung mittels NRS zwischen Femoralis- und Saphenusblockade unterscheiden.

## 1.2 Ätiologie und Epidemiologie der Gonarthrose

Die Arthrose ist die weltweit am häufigsten vorkommende Gelenkerkrankung. Die Gonarthrose stellt im Erwachsenenalter die häufigste Erkrankung dar. Die Prävalenz liegt bei über 60-Jährigen je nach Studie zwischen 27-90 % (11,12). Die Pathogenese ist nach aktuellem wissenschaftlichen Stand ein multifaktoriell bedingter, progredienter Umbau der Gelenkstrukturen. Als wichtige Einflussfaktoren gelten Alter und Geschlecht, aber auch genetische Veranlagung und Stoffwechselerkrankungen. Mechanische Risikofaktoren, wie Verletzungen oder Überbelastungen des Kniegelenkes spielen ebenfalls eine Rolle bei der Entwicklung einer Arthrose. Klinisch relevant ist eine schmerzbedingte Funktionseinschränkung, die zum totalen Funktionsverlust des betroffenen Gelenks führen kann (12). Bleiben die konservativen und medikamentösen Maßnahmen ohne Erfolg, ist die operative Versorgung der Gonarthrose eine weitere therapeutische Option. Die Implantation einer Endoprothese am Kniegelenk (DRG 5-822) gehörte zu den 20 häufigsten Operationen an vollstationär behandelten Patient\*innen in deutschen Krankenhäusern 2020. Es wurden 173625 Kniegelenkprothesen im Jahr 2020 implantiert (1). Mit Hinblick auf eine prognostizierte Zunahme der Anzahl von Implantationen von primären Knie-Totalendoprothesen und Revisionseingriffen bis 2030 (13) ist der Stellenwert einer suffizienten peri- und postoperativen Analgesie bei Operationen von Kniegelenkendoprothesen von klinischer Bedeutung.

## 1.3 Endoprothetik

Die Indikation zu einem operativen Gelenkersatz sollte streng gestellt werden, da die Gelenkoberfläche bei einem solchen Eingriff unwiderruflich reseziert wird. Eine entsprechende Leitlinie wird zurzeit aktualisiert und überarbeitet (AWMF #187-004). Die defekten Gelenkareale werden entfernt und mit einem künstlichen Gelenkteil ersetzt. Je nach Literatur kann bei bis zu 80% der Patient\*innen eine Schmerzbefreiung und eine Verbesserung des Kniegelenkes erreicht werden. Bei 15-20 % der Operationen kommt es zu keiner Linderung der Schmerzen, Verbesserung des Bewegungsapparats oder Zufriedenheit der Patient\*innen(14). Das Ergebnis des endoprothetischen Gelenkersatzes korreliert unter anderem mit dem Schweregrad der Arthrose, Gelenkfunktion, Voroperationen des Kniegelenkes und Begleiterkrankungen der Patient\*innen.

In der Endoprothetik des Kniegelenkes können folgende Operationsmethoden unterschieden werden:

- unikondyläre Endoprothese
- patellofemorale Endoprothese
- ungekoppelte oder gekoppelte Totalendoprothese
- Arthrodesen

Der operative Zugang ist abhängig von den anatomischen Variabilitäten. Lokalisation und Schweregrad der Gonarthrose sowie Beinachse und Knochenqualität werden unter anderem als Kriterien herangezogen, welche Prothese verwendet wird (11). In Bezug auf die postoperative Schmerzintensität konnten keine Unterschiede der verschiedenen Operationsverfahren festgestellt werden (15).

#### 1.4 Nervale Versorgung des Kniegelenkes

Der Plexus lumbosacralis innerviert das Kniegelenk. Klinisch von Interesse für die nervale Versorgung ist der Plexus lumbalis (L1-L3) mit den Nn. cutaneus femoris lateralis, obturatorius und femoralis, sowie der Plexus sacralis (L5-S3) mit den Nn. ischiadicus und Nn. cutaneus posterior. Der rein sensible Nerv N. cutaneus femoris lateralis versorgt die Haut an der Außenseite des Oberschenkels. Der N. obturatorius innerviert die mediale Seite des Oberschenkels sowie das posteriore Kniegelenk mit dem Ramus posterior sensibilis. Die ventrale und mediale Seite des Oberschenkels und der Knieregion sowie die Innenseite des Unterschenkels werden vom N. femoralis versorgt. Dieser gibt den Ramus intrapatellaris, ein Ast des N. saphenus, und weitere Endäste ab, die mediale und anteriore Bereiche des Knieapparats sensibilis innervieren und in die Gelenkkapsel ziehen. Der N. cutaneus femoris posterior versorgt sensibilis die Haut auf der Rückseite des Oberschenkels und die Regio genu posterior. Die sensiblen Anteile des N. ischiadicus innervieren das Hautareal auf der dorsalen Seite des Unterschenkels, des Fußrückens und der Fußsohle. Mediale Anteile des Knöchels werden nicht vom N. ischiadicus innerviert. Die Membrana fibrosa und die Membrana synovialis bilden zweischichtig die Kniegelenkkapsel, wobei das Kniegelenk selbst freie Nervenendigungen als Nozizeptoren besitzt. Der N. saphenus innerviert als sensibler Endast des N. femoralis die Hautregion distal der Patella sowie die mediale Seite des Unterschenkels. Der N. obturatorius innerviert motorisch die Adduktorengruppe. Die Extensoren des Kniegelenkes innerviert der N. femoralis. Der N. ischiadicus versorgt motorisch die Abduktoren sowie die Flexoren am Kniegelenk (16). Somit stellt die komplexe Innervation des Kniegelenkes eine große Herausforderung an die Anästhesie bei Gelenkeingriffen am Knie dar.

## 1.5 Anästhesie und Akutschmerztherapie bei Kniegelenksendoprothetik

### 1.5.1 Allgemeinanästhesie

Eingriffe an den unteren Extremitäten können mittels Allgemeinanästhesie stattfinden. Je nach Komorbiditäten und Anamnese im anästhesiologischen Prämedikationsgespräch kommen balancierte oder totalintravenöse Anästhesieverfahren zum Einsatz. Neben den Unterschieden bei der Auswahl des Hypnotikums gibt es auch verschiedene Optionen für die Analgetika. Häufig verwendete Opioide für die Allgemeinanästhesie sind Fentanyl, Sufentanil oder Remifentanyl. Für die analgetische Wirkung der Opioide im postoperativen Verlauf ist ihre Halbwertszeit, wobei Remifentanyl mit ungefähr fünf Minuten die kürzeste und Sufentanil mit bis zu 45 Minuten die längste Halbwertszeit aufweisen, von großer Bedeutung. Somit erhalten Patient\*innen, die sich einer Kniegelenkendoprothetik unterziehen, meist eine zusätzliche Schmerztherapie. Hier stehen die lokale Infiltrationsanästhesie (LIA) oder die intravenöse patientenkontrollierte Analgesie mit Opioiden (i.v.-PCA) zu Verfügung.

### 1.5.2 Regionalanästhesie

Auf Grund der technischen Weiterentwicklung und besseren Verfügbarkeit von Ultraschallgeräten, ist die Regionalanästhesie im klinischen Alltag zu einem festen Bestandteil geworden. Ärzt\*innen können daher risikoarm mittels Ultraschall periphere Regionalanästhesien zur peri- und postoperativen, sowie chronischen Schmerztherapie durchführen (17). Die periphere Nervenblockade kann als einmalige Applikation (Single-Shot) oder kontinuierlich als Katheterverfahren erfolgen. Bei korrekter Anwendung ist eine effiziente Regionalanästhesie je nach Studie der Allgemeinanästhesie überlegen oder gleichwertig (18,19). Außerdem ermöglichen Regionalverfahren Patient\*innen eine bessere Mobilisation und verhindern wahrscheinlich eine Schmerzchronifizierung (20). Bei Regionalverfahren kann auf die systemische Applikation von Hypnotika oder Opioiden verzichtet werden. Somit lassen sich klassische Nebenwirkungen wie postoperative Übelkeit und Erbrechen vermeiden und gastrointestinale sowie kardiopulmonale Komplikationen im Vergleich zu Allgemeinanästhesien reduzieren (21). Der Single-Shot oder die Katheteranlage kann ultraschallgestützt mit neuroprotektiver Nervenstimulation erfolgen.

## 1.6 Postoperative Schmerztherapie

### 1.6.1 Periphere Analgetika

Bei Eingriffen an den unteren Extremitäten sollten Nicht-Opioid-Analgetika als Basismedikation verabreicht werden (22). Gemäß WHO-Stufenschema zur Schmerztherapie stehen nicht-steroidale Antirheumatika (NSRA), nichtsaure antipyretische Analgetika und selektive COX-2-Inhibitoren zur Auswahl:

		stark wirkende Opiode
	schwach wirkende Opiode	
Nicht-Opioid-Analgetika	Nicht-Opioid-Analgetika	Nicht-Opioid-Analgetika
+ Co-Analgetika	+ Co-Analgetika	+ Co-Analgetika

Abbildung 1: WHO-Stufenschema I – III

Falls das Regionalverfahren nicht möglich ist oder ineffektiv, bzw. Kontraindikationen vorliegen, ist die intravenöse patientengesteuerte Analgesie mit Opioiden eine weitere Option der Schmerztherapie. In den meisten Fällen kommen die Opiode Piritramid oder Morphin zum Einsatz. Die opioidinduzierten Nebenwirkungen wie unter anderem Übelkeit, Erbrechen, Obstipation oder Pruritus sind im Vergleich zur Regionalanästhesie von Nachteil.

### 1.6.2 Lokale Infiltrationsanästhesie

Unter einer LIA versteht man eine lokale Nervenblockade auf Grund einer Injektion eines Lokalanästhetikums. Dieses kann mit Vasokonstriktoren kombiniert werden, um die lokale Wirkung zu verlängern. Am Campus Mitte der Charité – Universitätsmedizin Berlin verwendet das Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie die LIA seit Jahren bei primären Kniegelenkersatzverfahren standardmäßig. Hierbei injizieren die Chirurg\*innen das Lokalanästhetikum, z.B. 100ml Ropivacain 2mg/ml, multilokulär, intrakapsulär und subkutan vor der Implantation der ausgewählten Endoprothese. Vergleiche mit anderen Regionalverfahren fanden noch keine Unterschiede in Bezug auf chronische postoperative Schmerzen (23).

### 1.6.3 Single-Shot-Verfahren

Beim Single-Shot-Verfahren und beim Katheterverfahren muss der Nerv zunächst mittels anatomischer Landmarken, Ultraschall und/oder Nervenstimulation lokalisiert werden. Beim Verfahren mit Ultraschall und protektiver Nervenstimulation wird das Lokalanästhetikum einmalig an die ausgewählte Stelle perineural injiziert. Auf Grund der Einmalapplikation ist die lokale Analgesie abhängig von der Halbwertszeit des verwendeten Lokalanästhetikums und somit zeitlich begrenzt.

### 1.6.4 Katheterverfahren

Für das Katheterverfahren kommen konventionelle Katheter oder Stimulationskatheter zum Einsatz. Der konventionelle Katheter wird unter Ultraschallkontrolle und Nervenstimulation über die Stimulationsnadel an den Zielort positioniert. Der Stimulationskatheter ermöglicht eine weitere Lagekontrolle des Katheters per Elektrostimulation. Bei beiden Katheterverfahren wird ein subkutaner Tunnel angelegt und der Katheter auf Hautniveau fixiert. An den Katheter kann eine CADD Pumpe (Computerized Ambulatory Drug Delivery Pumpe) angeschlossen werden, die ein Lokalanästhetikum kontinuierlich, als Bolusfunktion mit definierten Zeitintervallen oder als Kombination aus beiden appliziert. Die Katheter des Regionalverfahrens werden von einem Akutschmerzdienst betreut und zweimal täglich visitiert. Kontinuierliche Laufraten des Lokalanästhetikums und Bolusmenge sowie das Zeitintervall können je nach Schmerzintensität angepasst werden.

### 1.6.5 Weiterentwicklungen von Verfahren der Schmerztherapie

Eine aktuelle Veröffentlichung untersuchte die additive Gabe von Glukokortikoiden zu Nervenblockaden und LIA bei Kniegelenkersatzverfahren. Es konnte gezeigt werden, dass die Kombination aus peripherer Nervenblockade mittels Ropivacain und Dexamethason einen geringeren Opioidverbrauch im Vergleich zur LIA aufwies (24). Die Kombination aus Saphenusblock und iPACK (infiltration of the interspace between the Popliteal Artery and the Capsule of the posterior Knee) zeigte ebenfalls eine Reduzierung des postoperativen Opioidverbrauchs (25,26). Neben der Weiterentwicklung von Regionalverfahren in Bezug auf Lokalisation und Medikamentenapplikation stellt eine Pilotstudie die Kyroneurolyse als mögliche Schmerztherapie dar. Im Vergleich zu einer Saphenusblockade bei Kniegelenkersatzverfahren war

die postoperative Schmerzintensität sowie der Opioidverbrauch innerhalb der ersten 21 Tagen geringer (27).

### 1.7 Klinische Problematik der Akutschmerztherapie mit Katheterverfahren

Die Hauptproblematik der Akutschmerztherapie mit Katheterverfahren stellen die Infektionen und Nervenschädigungen dar. Potentielle Komplikationen für Nervenschädigungen bei der Durchführung eines Regionalverfahrens sind eine ungünstige Lagerung der Patient\*innen, Incompliance der Patient\*innen, eine unzureichende Aufklärung der Patient\*innen und eine mangelhafte Technik bei der Katheteranlage. Nervenverletzungen mit neurologischem Defizit nach peripheren Nervenblockaden werden in der Literatur je nach Untersuchungszeitraum zwischen 0,03-0,04 % bis zu 3 % angegeben (28,29). Die Nervenblockade peripherer Nerven mit Katheteranlage in tiefe Geweberäume erhöht das Risiko einer Infektion im Vergleich zu Single-Shot-Verfahren. Lokale Rötung, Überwärmung und Druckschmerz an der Kathetereinstichstelle, systemische Infektionszeichen oder ein neurologisches Defizit müssen als Warnsignale einer regionalanästhesieassoziierten Infektion weiter abgeklärt werden (30). Daten aus dem Netzwerk für Regionalanästhesie konnten eine Infektionsrate bei peripheren Katheteranlagen von bis zu 2,4 % nachweisen (31). Das Infektionsrisiko erhöht sich unter anderem bei Mehrfachpunktionen bei der Katheteranlage sowie an talgdrüsenreichen Hautarealen. Deshalb ist eine konsequente Umsetzung der Hygieneempfehlungen für die Regionalanästhesie unverzichtbar. Nach der Umsetzung der Hygieneempfehlungen bei Regionalverfahren 2006 konnte ein signifikanter Rückgang der Infektionsraten nachgewiesen werden (30,32). Darüber hinaus bestehen weitere mögliche Komplikationen und Nebenwirkungen bei der Anwendung einer Regionalanästhesie. Dazu zählen allergische Reaktion, Medikamentenintoxikationen, Materialschäden, Verletzungen von Gefäßen und Blutungen bei der Anlage oder Entfernung des Katheters.

## 1.8 Aufbau des Akutschmerzdienstes

Der Akutschmerzdienst der Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin der Charité – Universitätsmedizin Berlin am Campus Mitte (CCM) setzt sich aus einem Team von Pflegepersonal und Ärzt\*innen der Prämedikations- und Schmerzambulanz zusammen. Die Versorgung der Patient\*innen nach einer Regionalanästhesie erfolgt täglich insgesamt zweimal, während einer Früh- und Spätvisite. Am Wochenende werden die Patient\*innen von einem ärztlichen Dienst zweimal täglich visitiert. Die Visitendokumentation sollte die Inspektion der Kathetereinstichstelle, Beschwerden und Nebenwirkungen, schmerzbedingte Einschränkungen, mögliche analgetische Komedikation und die neurologischen sowie motorischen Einschränkungen beinhalten. Der Akutschmerzdienst hat somit als Ziel, die Schmerzintensität, auftretende Komplikationen und die Indikation zum weiteren Verbleib des Katheters in situ bei jeder Visite neu zu evaluieren.

## 1.9 Motorblock und Sturzgefahr

Von klinischer Relevanz ist die sensorische und motorische Blockade auf Grund eines kontinuierlichen Regionalverfahrens. Sensibilitätsstörungen können zu unbemerkten Druckstellen bei Patient\*innen führen. Periphere Nervenblockaden maskieren unter Umständen postoperative oder neurologische Komplikationen. Für die vorliegende retrospektive Studie ist die motorische Blockade mit einem möglich erhöhten Sturzrisiko von besonderem Interesse. Bei der Femoralisblockade ist die Beugung im Hüftgelenk und die Streckung im Kniegelenk eingeschränkt. Zusätzlich können Blockaden des N. cutaneus femoris lateralis, N. genitofemoralis und N. obturatorius auftreten. Der N. femoralis innerviert einen Großteil des Kniegelenkes, jedoch kann es bei Nervenblockaden nur des N. femoralis zu anhaltenden Schmerzen im Kniebereich kommen. Wird der N. ischiadicus zusätzlich blockiert, können die Beugung des Kniegelenkes und alle Muskeln des Unterschenkels sowie des Fußes beeinträchtigt werden. Eine gewünschte suffiziente Analgesie der Regionalanästhesie erlaubt eine frühzeitige Mobilisation der Patient\*innen, andererseits kann die Kraftgradminderung des Musculus quadriceps femoris zu einer eingeschränkten Mobilisation mit einem Sturzrisiko führen. Untersuchungen konnten das klinisch relevante Risiko eines Sturzes bei postoperativer Mobilisierung aufzeigen (33,34). Die postoperative Schmerztherapie sollte im interdisziplinären Konsens besprochen und geplant werden. Somit kann eine effiziente Regionalanästhesie Nebenwirkungen und Komplikationen reduzieren, jedoch gleichzeitig zur Frühmobilisation und Zufriedenheit der Patient\*innen beitragen (35).

## 1.10 Das Netzwerk Regionalanästhesie

### 1.10.1 Struktur und Ziel des Netzwerks Regionalanästhesie

Das „Netzwerk zur Sicherheit in der Regionalanästhesie & Akutschmerztherapie“ ist ein multizentrisches Projekt und verfolgt das Ziel, die Sicherheit und Qualität bei der Anwendung von Regionalanästhesieverfahren und Akutschmerztherapien zu erhöhen. Im besonderen Fokus steht die Identifikation von Risikofaktoren ebenso wie die Verifizierung protektiver Einflüsse (36). In einem zentralen Register werden die Daten aus der Routinedokumentation der 20 teilnehmenden medizinischen Zentren vollständig anonymisiert zusammengeführt.

### 1.10.2 Datenerfassung, Dokumentation und Datenzugriff

Im Rahmen eines regionalanästhesiologischen Verfahrens werden zur Auswertung folgende Daten für das Netzwerk für Regionalanästhesie erhoben:

- Daten des Anlageprotokolls Akutschmerzdienst
- Visitendaten des Akutschmerzdienstes

Diese Standards der Dokumentation entwickelte der wissenschaftliche Arbeitskreis der DGAI in einem mehrstufigen Delphi-Prozess. Auf Grund dieser werden die Daten der teilnehmenden Kliniken des Netzwerks für Regionalanästhesie mittels eines Anlage- und Visitenprotokolls standardisiert erhoben und an das Netzwerk für Regionalanästhesie übermittelt. Die Erfassung von Gesundheitsdaten erfolgt im anästhesiologischen Gespräch präoperativ in der Prämedikationsambulanz. Daten, die auf Grund der Regionalanästhesie zu erheben sind, werden im Anlageprotokoll des Akutschmerzdienstes dokumentiert. Anästhesist\*innen füllen im Protokoll Angaben zu Nervenblockade und Ablauf der Katheteranlage aus. Die Daten sollen einerseits für wissenschaftliche Zwecke aufgearbeitet werden, andererseits der Qualitätssicherung in den einzelnen Kliniken dienen (anonymes Benchmark). Die Teilnahme steht allen medizinischen Zentren, die Verfahren der Regionalanästhesie und Akutschmerztherapie anwenden und dokumentieren, offen. Das Benchmarktool ermöglicht einen registerweiten Vergleich einzelner, mittels Filter definierbarer Kategorien. Zugriff auf die Datenbank haben nur autorisierte Personen aus den teilnehmenden Zentren. Ein personalisierter Zugang ist nur mittels Hypertext Transfer Protocol Secure (HTTPS) und einem individuellen Passwort möglich (<https://www.net-ra.eu/>). Es können nur anonymisierte Daten aus der Datenbank übertragen werden.

### 1.11 Zielsetzungen und Hypothesen

Im klinischen Alltag spielen für die Anästhesie und Akutschmerztherapie die Regionalverfahren eine immer wichtigere Rolle. Wegen der Fortschritte bei der Anwendung von Ultraschall und Nervenstimulation, Einhaltung von Hygieneempfehlungen und der Etablierung eines Akutschmerzdienstes konnten die Nebenwirkungen und Komplikationen bei Katheterverfahren, wie bereits beschrieben, reduziert werden. Es konnte gezeigt werden, dass ein perioperatives Anästhesieverfahren mittels Regionalanästhesie im Vergleich zu einer Allgemeinanästhesie, die Notwendigkeit von postoperativen Nervenblockaden sowie die postoperative Schmerzintensität reduzieren (37). Bei Kniegelenkeingriffen ist eine suffiziente Analgesie und eine geringe motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris von klinischer Bedeutung. Um dieses Ziel zu erreichen wurde in den vergangenen Jahren die Saphenusblockade als Alternative zur Femoralisblockade diskutiert. Die Regionalanästhesie mittels einer Saphenusblockade soll ausschließlich eine sensorische und eine abgeschwächte motorische Blockade zur Folge haben. Die vorliegende retrospektive Analyse soll untersuchen, ob sich die motorischen Beeinträchtigungen zwischen Femoralis- und Saphenusblockade unterscheiden. Dafür wurden eine Gruppe mit Femoralis- oder Saphenuskatheter sowie eine zweite Gruppe mit Ischiadikusatheter plus Femoralis- oder Saphenuskatheter verglichen. Ein Regionalanästhesieverfahren mit einer geringeren motorischen Beeinträchtigung bei einer gleichen analgetischen Wirkung könnte von medizinischem Nutzen sein, weil dadurch eine bessere Risikostratifizierung möglich wäre und eine Anwendung des risikoärmeren Regionalverfahrens im Vergleich zur Allgemeinanästhesie, z.B. reduziertes Sturzrisiko bei geringerer Motorblockade. Diesbezüglich sollen folgende Endpunkte zwischen Femoralis- und Saphenusblockade untersucht werden:

#### **Primärer Endpunkt:**

Motorische Beeinträchtigung nach Operationen an den unteren Extremitäten gemessen anhand des Kraftgrades nach Janda im Musculus quadriceps femoris zum Zeitpunkt der postoperativen Visiten (je zwei Visiten pro Tag ab dem ersten postoperativen Tag).

#### **Sekundärer Endpunkt:**

Postoperative Schmerzintensität gemessen mittels Numeric Rating Scale (NRS) in Ruhe und Bewegung zum Zeitpunkt der postoperativen Visiten (je zwei Visiten pro Tag ab dem ersten postoperativen Tag).

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Datenbearbeitung

#### 2.1.1 Studiendesign

Die vorliegende Arbeit ist eine retrospektive Observationsstudie. Die Analyse basiert auf dem Register des Netzwerks für Regionalanästhesie. Die Daten der Patient\*innen wurden anonymisiert im Register gespeichert. Die ausgewerteten Daten bezogen sich auf Regionalverfahren mit Femoralis-, Saphenus- und Ischiadikuskatheter.

#### 2.1.2 Zeitraum der Datenerfassung und Ethikantrag

Die Daten wurden im Zeitraum von zehn Kalenderjahren vom 30.11.2007 bis zum 24.05.2016 im Netzwerk für Regionalanästhesie erfasst. Die Datenanalyse wurde von der Ethikkommission der Charité am 26.08.2021 genehmigt (Antragsnummer: EA1/230/21).

#### 2.1.3 Erfasste Parameter

Die Parameter wurden in der Regel bei der ersten und zweiten Visite am ersten postoperativen Tag (1. POD) erhoben und vom Akutschmerzdienst dokumentiert.

##### 2.1.3.1 Primärer Endpunkt

Für die Analyse wurden folgende Daten bezüglich des primären Endpunkts im Akutschmerzdienst ausgewertet:

#### **Kraftgrad nach Janda**

Die Kraftgrade (KG) nach Janda sind ein Messverfahren zur Bestimmung der Muskelkraft mit Hilfe eines Muskelfunktionstests. Kraftgrade nach Janda (38):

- KG 5 normale Muskelkraft
- KG 4 Bewegung gegen leichten bis mittelgroßen Widerstand
- KG 3 Bewegung gegen die Schwerkraft möglich
- KG 2 Bewegung unter Aufhebung der Schwerkraft möglich
- KG 1 keine Bewegung mit sichtbarer Muskelkontraktion
- KG 0 keine erkennbare Muskelkontraktion

Die klinische Untersuchung des N. femoralis erfolgte mittels Anteversion des betroffenen Beins in Rückenlage. Dorsalextension und Gegenspiel Plantarflexion waren die Prüfung des N. saphenus.

#### 2.1.3.2 Sekundärer Endpunkt

##### **NRS (Numeric Rating Scale) - Schmerzintensität**

Der NRS-Wert wurde im Rahmen der Visiten ermittelt. Dabei handelt sich um eine Schmerzskala mit der Patient\*innen subjektiv ihren empfundenen Schmerz angeben. Die Schmerzintensität muss einer Skala von 0 bis 10 zugeordnet werden. Der „stärkste vorstellbare Schmerz“ wird mit der 10 verbalisiert, „kein Schmerz“ mit der 0. Zusätzlich wurden die Schmerzen in Ruhe und unter Belastung erfragt.

#### 2.1.3.3 Zusätzlich erfasster Parameter

##### **Sensorische Blockade**

Die Patient\*innen wurden zu Hypästhesie und Parästhesie befragt. Ein „Ja“ oder ein „Nein“ der Patient\*innen ergab Aufschluss, ob eine sensorische Störung des blockierten Nervs vorlag.

#### 2.1.4 Variablen und Prüfung auf Plausibilität

Die Datensätze wurden am 19.08.2016 in einer Excel-Datei aus dem Register des Netzwerks für Regionalanästhesie extrahiert. Zunächst beinhaltete ein Datensatz noch 348 Variablen. Für die weitere Auswertung der 26858 Datensätze wurden die Variablen, die für die retrospektive Untersuchung relevant waren, ausgewählt (siehe Tabelle 1). Die ausgewählten Parameter wurden in Bezug auf das Projektziel auf ihre Plausibilität geprüft:

Tabelle 1:

Erfasste Parameter

PATIDM5	NRS_RUHE_1
LOKALISATION_1	NRS_RUHE_2
LOKALISATION_2	NRS_BELASTUNG_1
KATHETER_1	NRS_BELASTUNG_2
KATHETER_2	GEBURTSJAHR
NEURO_MOT_1	ANLAGEDATUM
NEURO_MOT_2	GROESSE
NEURO_SENS_1	GEWICHT
NEURO_SENS_2	

Extrahierte Parameter mit Eigennamen aus dem Netzwerk für Regionalanästhesie.

PATIDM5 / Patient\*innen-ID:

Patient\*innen-IDs mit identischem Datensatz wurden nicht mit ausgewertet. Dagegen wurden Patient\*innen-IDs, die an unterschiedlichen Daten ein Regionalverfahren erhielten oder vom Akutschmerzdienst visitiert wurden, eingeschlossen.

LOKALISATION\_1 und LOKALISATION\_2 / Lokalisation des Regionalverfahrens:

Es wurden beide Variablen untersucht, wobei die Lokalisationen unterschiedliche Merkmale aufweisen mussten: „peripher N. saphenus“, „peripher N. ischiadicus“, „peripher femoral“ oder „nein“, bzw. „leere Zeile“.

KATHETER\_1 und KATHETER\_2/ Art des Regionalverfahrens:

Die Auswahl „Katheter“, „Single-Shot“ oder „leere Zeile“ wurden auf ihre Plausibilität geprüft. Somit wurden keine Datensätze verwendet, die für eine Lokalisation „nein“ oder „leere Zeile“ ein Katheterverfahren, bzw. Single-Shot dokumentierten. Das Gleiche galt in umgekehrter Konstellation.

NEURO\_MOT\_1/\_2 und NEURO\_SENS\_1/\_2:

Motorische und sensorische Beeinträchtigung bei der ersten und zweiten Visite am 1. POD:

Auf Grund des Zielparameters „motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris“ mussten mindestens eine oder zwei Untersuchungen am ersten Visitendatum vorliegen.

NRS\_RUHE\_1/\_2 und NRS\_BELASTUNG\_1/\_2:

Der sekundäre Endpunkt wurde mittels postoperativer Schmerzintensität (NRS in Ruhe und Bewegung bei der ersten und zweiten Visite am 1. POD) analysiert.

„GEBURTSJAHR“ und „ANLAGEDATUM“:

Das Alter wurde aus den Parametern „GEBURTSJAHR“ und „ANLAGEDATUM“ berechnet. Enthielt der Datensatz keine Angabe „GEBURTSJAHR“ wurde kein Alter ermittelt, die Daten bezüglich des Projektziels nicht ausgewertet. Patient\*innen ab dem 18. Lebensjahr wurden eingeschlossen.

„GROESSE“ und „GEWICHT“:

Der Body Mass Index hängt von den Variablen „GROESSE“ und „GEWICHT“ ab und wird aus dem Quotienten aus Körpergewicht und Körpergröße zum Quadrat ( $\text{kg/m}^2$ ) berechnet.

## 2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Für die weitere Analyse der Datensätze ergaben sich folgende Einschlusskriterien:

- erwachsene Patient\*innen unabhängig vom Geschlecht
- Saphenusblockade mittels Katheterverfahren
- Femoralisblockade mittels Katheterverfahren
- Ischiadikusblockade in Kombination mit einer Saphenus- oder Femoralisblockade, jeweils mittels Katheterverfahren
- dokumentierte postoperative Visiten (mindestens eine Visite) zur Beurteilung der motorischen Beeinträchtigung und zum Monitoring der Schmerzintensität

In die Auswertung der Studie wurden Datensätze nicht berücksichtigt, die

- keine eindeutige Zuordnung eines Regionalverfahrens und/oder
- keine dokumentierten oder nicht vollständig dokumentierten postoperativen Visiten beinhalteten.

## 2.3 Gruppeneinteilung

Die Anzahl der Datensätze ergab sich nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien, sowie der Plausibilitätsprüfung. Für die Kohortenstudie wurden die Daten je nach Lokalisation des Regionalverfahrens in zwei Gruppen geteilt:

1. Gruppe:

Femoraliskatheter vs. Saphenuskatheter.

2. Gruppe:

Femoraliskatheter mit Ischiadikusblockade vs. Saphenuskatheter mit Ischiadikusblockade.

## 2.4 Statistische Methoden

Für die Erhebung des primären Endpunktes wurde auf Grund der mehrfachen Visitenzeitpunkte im Verlauf über alle dokumentierten postoperativen Visiten ab Tag 1 nach der Operation der minimale Kraftgrad nach Janda pro Patient ermittelt. Nach Klassifikation werden sodann Patient\*innen als motorisch beeinträchtigt definiert, bei denen ein minimaler Kraftgrad von Janda 0-3/5 aufgetreten ist. Patient\*innen mit Kraftgrad nach Janda 4-5/5 werden dagegen als motorisch nicht beeinträchtigt definiert. Insgesamt ergibt sich hier eine binäre Zielgröße für den primären Endpunkt.

Ausgehend von Ergebnissen von Vorstudien, den Erfahrungen aus dem eigenen Haus Charité Campus Mitte (10), sowie auch der jüngsten Literatur (39) wurde eine Fallzahlanalyse berechnet. In der Annahme einer motorischen Beeinträchtigung von 50 % beim Femoralisblock wurde als klinisch minimalster, relevanter Unterschied eine Reduktion der motorischen Beeinträchtigung um wenigstens 10 % auf < 40 % der Patient\*innen definiert. Dabei ist eine genaue Angabe der motorischen Beeinträchtigung bei der Saphenusblockade in der Literatur gegenwärtig nicht präzise berichtet. Bei kategorialen Daten erfolgte die Beschreibung mit Häufigkeiten und Prozentangaben. Bei metrischen und ordinalen Daten wurde je nach Datenverteilung - nach entsprechender grafischer Analyse - entweder mittels Mittelwert und Standardabweichung (STD) oder der Median mit 25 % - und 75 % - Perzentile angegeben, eine Testung auf statistische Signifikanz erfolgte dann mittels T-Test oder Mann-Whitney-U-Tests. Bei nominalen und kategorialen Daten erfolgte eine Analyse mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests. Alle statistischen Berechnungen erfolgten mit der Statistik-Software R (Version 4.2.1). Die hier geplante, retrospektive und explorative Untersuchung erreicht für den primären Endpunkt mittels nichtparametrischen statistischen Test, dem Mann-Whitney-U-Test, mit einer Fallzahl von mehr als 400 Patient\*innen pro Studiengruppe und einer Fehlerwahrscheinlichkeit von  $\alpha = 5\%$  eine Power (1-beta) von  $> 80\%$ . Für den sekundären Endpunkt, der postoperativen Schmerzintensität (NRS in Ruhe und bei Belastung) wurde ebenfalls eine explorative Analyse vorgesehen.

Als potentielle Confounder für diese Fragestellung sollte das dokumentierte Geschlecht und Alter der Patient\*innen sowie der BMI untersucht werden (40). Dabei ist eine multivariate logistische Regressionsanalyse erfolgt (abhängige Variable: motorische Beeinträchtigung; unabhängige Variable: Regionalanästhesieverfahren als Femoralis- oder Saphenuskatheter mit oder ohne Ischiadikus Katheter, Geschlecht, BMI-Klasse, Alter). Bei fehlenden Werten in der Datenbank wurde die Datenanalyse nur mit den vorhandenen Werten durchgeführt. Da dieses Studiendesign

nicht-konfirmatorisch ausgelegt ist, wird auf Maßnahmen wie last-observation-carry-forward oder Multiple Imputation verzichtet.

Alle Tests wurden zweiseitig mit einem festgelegten Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$  durchgeführt. Es erfolgte keine Adjustierung für multiples Testen, die Analysen haben rein explorativen Charakter und erlauben keine konfirmatorische Verallgemeinerung.

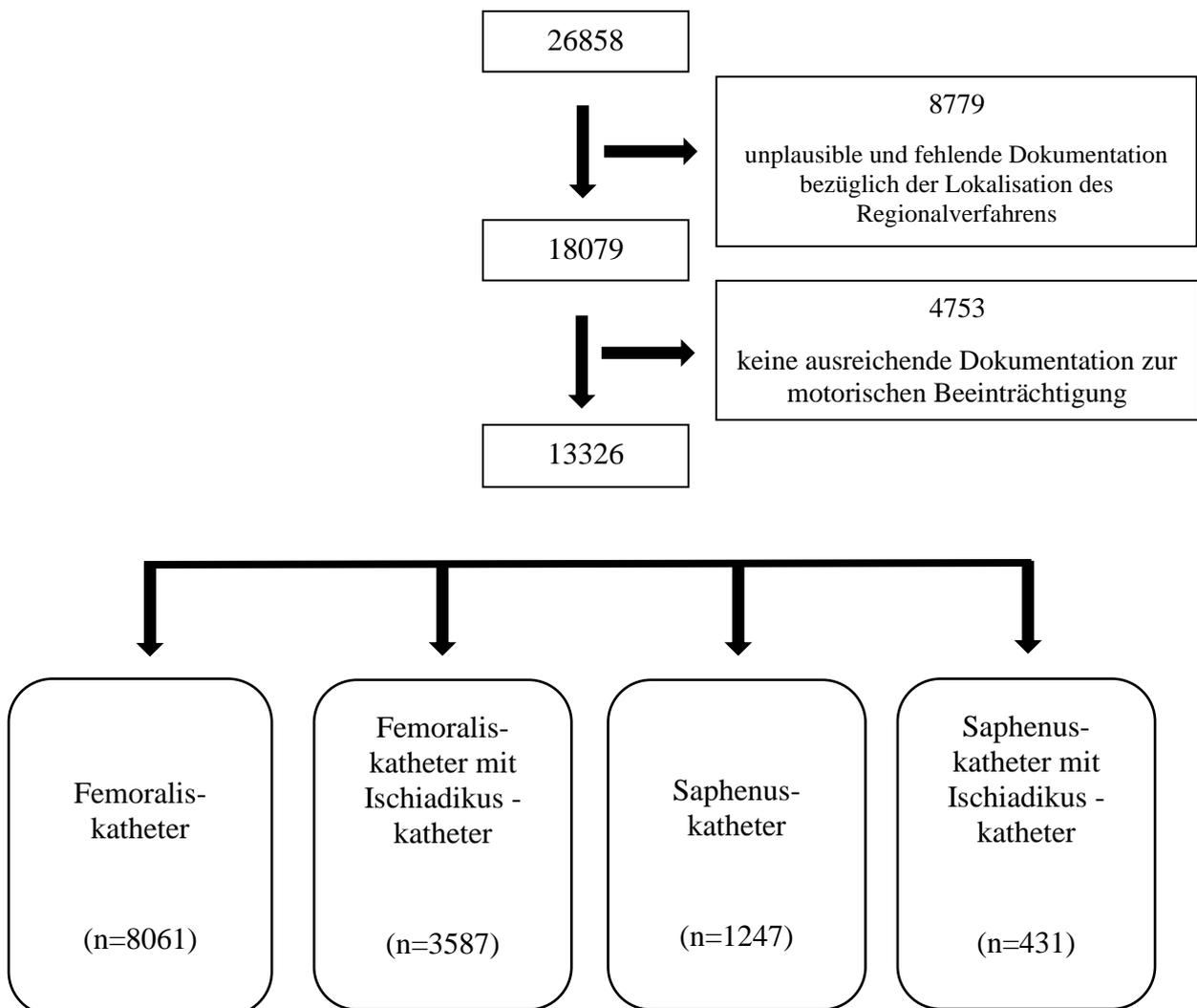
### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Flussdiagramm

Nach der Selektion des Datensatzes verblieb eine Kohorte mit 13326 Datensätzen, die entweder einen Femoraliskatheter oder einen Saphenuskatheter erhalten hatten und teils mit einem Ischiadikus-katheter kombiniert wurden. Wie das Flussdiagramm aufzeigt, wurde diese in vier verschiedene Populationen unterteilt. Unterschieden wurde zwischen Patient\*innen mit Femoraliskatheter und Saphenuskatheter jeweils mit oder ohne Ischiadikus-katheter.

Abbildung 2:

Flussdiagramm der Datenauswahl



### 3.2 Katheterverfahren ohne Ischiadikuskatheter

Bei den Katheterverfahren erhielten Patient\*innen einen Femoraliskatheter (n=8061) oder einen Saphenuskatheter (n=1247) bei Eingriffen an den unteren Extremitäten. Es erfolgten keine zusätzlichen Nervenblockaden.

#### 3.2.1 Allgemeine und demographische Parameter

In der Kohorte mit einem Femoraliskatheter als Regionalverfahren betrug das mittlere Alter der Patient\*innen 54 Jahre (STD von  $\pm 21$  Jahren). Patient\*innen mit einem Saphenuskatheter waren im Mittel 67 Jahre (STD von  $\pm 11$  Jahren). Vergleicht man die beiden Gruppen hinsichtlich des Alters der Patient\*innen besteht ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen (statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0,001$ ).

Der BMI-Wert betrug bei Patient\*innen mit Femoraliskatheter im Mittel 28,5 (STD von  $\pm 5,9$ ). Für die Population mit Saphenuskatheter ergab sich ein BMI-Mittelwert von 30,9 (STD von  $\pm 6,7$ ). Patient\*innen mit Femoralis- oder Saphenuskatheter unterschieden sich bezüglich der Größe und des Gewichts (statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,002$ ).

Die Population mit Femoraliskatheter teilte sich auf in 52,6% Frauen (n=4244) und 47,3% Männer (n=3813). Bei n=4 Fällen wurde keine Angabe zum Geschlecht (Frau oder Mann) dokumentiert. Patient\*innen mit einem Saphenuskatheter waren zu 57,6 % weiblich (n=718) und zu 42,4 % männlich (n=529). Die Geschlechterverteilung war in Bezug auf die Gruppen Femoralis- oder Saphenuskatheter verschieden (statistisches Verfahren Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,001$ ).

### 3.2.2 Kraftgrad nach Janda

Der Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag betrug in der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter 4,0 [2,0;5,0] versus 2,0 [2,0;3,0] in der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter.

Zur ersten postoperativen Visite waren bei der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter 54 % der Patient\*innen motorisch nicht beeinträchtigt (Kraftgrad 4 oder 5 von 5 nach Janda).

In der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter waren 22,4 % motorisch nicht beeinträchtigt ( $p < 0,001$  vs. Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter; Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 2:

Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite

Kraftgrad nach Janda	Femoraliskatheter n (%)	Saphenuskatheter n (%)
0/5	173 (3,5)	47 (7,3)
1/5	361 (7,4)	64 (10)
2/5	784 (16,1)	216 (33,6)
3/5	925 (18,9)	172 (26,7)
4/5	959 (19,6)	81 (12,6)
5/5	1681 (34,4)	63 (9,8)
gesamt	4883 (100)	643 (100)

Erste Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen  $< 0,001$  (n=5526).

Der Kraftgrad nach Janda ergab zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag in der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter 4,0 [3,0;5,0] sowie 4,0 [3,0;5,0] in der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter.

Auf Grund der geringen Anzahl von Patient\*innen in der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=14) ist in Bezug auf die motorische Beeinträchtigung im Vergleich zur Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=757) keine klinisch valide Auswertung möglich (p = 0,118).

Tabelle 3:

Kraftgrad nach Janda zur zweiten Visite

Kraftgrad nach Janda	Femoraliskatheter n (%)	Saphenuskatheter n (%)
0/5	10 (1,3)	0 (0)
1/5	44 (5,8)	0 (0)
2/5	124 (16,4)	0 (0)
3/5	136 (18)	6 (42,9)
4/5	154 (20,3)	1 (7,1)
5/5	289 (38,2)	7 (50)
gesamt	757 (100)	14 (100)

Zweite Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,118 (n=771).

### 3.2.3 NRS - Schmerzintensität

Der NRS-Wert unter Belastung zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag betrug bei der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter sowie bei der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter 3/10 (Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter [1/10;5/10] und Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter [2/10;5/10],  $p = 0,009$ ).

Für die NRS-Werte in Ruhe bei der ersten postoperativen Visite ergab sich kein statistischer Unterschied ( $p = 0,459$ , statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 4:

NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur ersten Visite

	Femoralis- katheter (n=4883)	Saphenus- katheter (n=652)
NRS_RUHE Visite 1 / 1. POD	1,0 [0,0;3,0]	1,0 [0,0;3,0]
NRS_BELASTUNG Visite 1 / 1. POD	3,0 [1,0;5,0]	3,0 [2,0;5,0]

NRS in Ruhe bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen den Gruppen = 0,459 (n=4986).

NRS unter Belastung bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,009 (n=4177).

In Bezug auf den NRS-Wert in Ruhe sowie bei Belastung zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag ergaben sich auf Grund der geringen Anzahl an Patient\*innen in der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikus-katheter (n=19) im Vergleich zur Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikus-katheter (n=757) keine klinisch validen Ergebnisse (NRS-Wert in Ruhe mit  $p = 0,673$  und bei Belastung mit einem  $p = 0,451$ , statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 5:

NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur zweiten Visite

	Femoralis- katheter (n=757)	Saphenus- katheter (n=19)
NRS_RUHE Visite 2	2,0 [0,0;3,0]	2,0 [0,0;3,0]
NRS_BELASTUNG Visite 2	4,0 [2,0;5,0]	4,0 [3,0;5,0]

NRS in Ruhe zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen den Gruppen = 0,673 (n=605).

NRS unter Belastung zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,451 (n=416).

### 3.2.4 Sensorische Blockade

Bei der ersten postoperativen Visite traten bei knapp 17 % der Patient\*innen mit einem Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=3597) Hyp- und Parästhesien auf.

Patient\*innen der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=595) wiesen bei der ersten Visite zu 13 % Hyp- und Parästhesien auf.

Der Vergleich der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter mit der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter ergab bezüglich Hyp- und Parästhesien bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag einen klinisch validen Unterschied ( $p = 0,043$ , statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 6:

Sensorische Blockade zur ersten und zweiten Visite

	Femoralis- katheter	Saphenus- katheter
NEURO_SENS Hyp-/Parästhesie Visite 1	16,6 % (n=3597)	13,3 % (n=595)
NEURO_SENS Hyp-/Parästhesie Visite 2	11,6 % (n=274)	15,4 % (n=13)

Hyp-/Parästhesien zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,043 (n=4192).

Hyp-/Parästhesien zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag ergaben auf Grund der geringen Fallzahl an Patient\*innen der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter (n=13) keine klinisch validen Ergebnisse; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,677 (n=287).

### 3.3 Katheterverfahren mit Ischiadikuskatheter

Patient\*innen erhielten bei einem operativen Eingriff an den unteren Extremitäten als Regionalverfahren einen Ischiadikuskatheter sowie einen Femoralis- (n=3587) oder einen Saphenuskatheter (n=431).

#### 3.3.1 Allgemeine und demographische Parameter

Patient\*innen, die einen Femoralis- und Ischiadikuskatheter erhielten, waren im Mittel 65 Jahre (STD von  $\pm 14$  Jahren). In der Gruppe Saphenus- mit Ischiadikuskatheter betrug das mittlere Alter 68 Jahre (STD von  $\pm 12$  Jahren). Statistisch ausgewertet ergab sich ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen (statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,006$ ).

Der BMI-Wert der Femoralis- mit Ischiadikuskatheter-Gruppe lag bei 29,7 (Median mit einer STD von  $\pm 6,1$ ). Patient\*innen mit Saphenus- und Ischiadikuskatheter wiesen einen mittleren BMI-Wert von 32,1 auf (STD  $\pm 5,8$ ). Die BMI-Werte der Gruppen im Vergleich ergaben keinen Unterschied (statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test,  $p = 0,086$ ).

Insgesamt 3587 Patient\*innen erhielten ein Regionalverfahren mit Femoralis- und Ischiadikuskatheter, wobei der Anteil Frauen bei 61,9 % (n=2222) und 38,1 % bei Männern (n=1365) lag. Die Gruppe Saphenus- mit Ischiadikuskatheter verteilte sich auf 60,8 % Frauen (n=262) und 39 % Männer (n=168). In n=1 der Fälle wurde kein zu wählendes Geschlecht angegeben. Es ergab sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen (statistisches Verfahren Chi-Quadrat-Test,  $p = 0,721$ ).

### 3.3.2 Kraftgrad nach Janda

Der Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag betrug in der Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter 4,0 [2,0;5,0] versus 2,0 [1,0;3,0] in der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter.

Zur ersten Visite waren bei der Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter 45 % der Patient\*innen motorisch nicht beeinträchtigt (Kraftgrad 4 oder 5 nach Janda).

Bei der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter waren 15 % motorisch nicht beeinträchtigt ( $p < 0,001$  vs. Femoraliskatheter; statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 7:

Kraftgrad nach Janda zur ersten Visite:

Kraftgrad nach Janda	Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter n (%)	Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter n (%)
0/5	124 (6,1)	22 (10,2)
1/5	106 (5,3)	38 (17,6)
2/5	419 (20,7)	81 (37,5)
3/5	451 (22,3)	43 (19,9)
4/5	300 (14,8)	17 (7,9)
5/5	624 (30,8)	15 (6,9)
gesamt	2024 (100)	216 (100)

Erste Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen  $< 0,001$  (n=2240).

### 3.3.3 NRS - Schmerzintensität

Die NRS-Werte in Ruhe zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag betragen bei der Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter sowie bei Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 2/10 (Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter [0/10;3/10] und Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter [1/10;4/10],  $p < 0,001$ ). Bei der ersten postoperativen Visite ergaben die NRS-Werten bei Belastung für die Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter und die Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter einen Median von 3/10 (Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter [1/10;5/10] sowie Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter [3/10;5/10],  $p = 0,015$ ).

Somit ergab sich für die Schmerzintensität in Ruhe und bei Belastung bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag für die beide Katheterverfahren mit Ischiadikuskatheter ein statistischer Unterschied ( $p$ -Wert in Ruhe  $< 0,001$  und bei Belastung  $= 0,015$ , statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 8:

NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur ersten Visite

	Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=2024)	Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=221)
NRS_RUHE Visite 1 / 1. POD	2,0 [0,0;3,0]	2,0 [1,0;4,0]
NRS_BELASTUNG Visite 1 / 1. POD	3,0 [1,0;5,0]	3,0 [3,0;5,0]

NRS in Ruhe bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag;  $p$ -Wert overall zwischen den Gruppen  $< 0,001$  (n=2153).

NRS unter Belastung bei der ersten postoperativen Visite;  $p$ -Wert overall zwischen beiden Gruppen  $= 0,015$  (n=1651).

In Ruhe betragen die NRS-Werte zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag bei der Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter 3/10 sowie bei der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 1/10 (Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter [1/10;4,5/10] und Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter [0/10;2,3/10],  $p = 0,061$ ).

Bei der zweiten Visite am ersten postoperativen Tag ergaben die NRS-Werten bei Belastung für die Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter einen Median von 5/10 [1/10;5/10] versus Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter 3/10 [3/10;5/10],  $p = 0,118$ .

Wegen der geringen Fallzahl an Patient\*innen der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter ( $n=8$ ) im Vergleich zur Gruppe Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter ( $n=432$ ) ergab sich keine klinisch valide Aussage für die zweite Visite am ersten postoperativen Tag für die untersuchten Gruppen in Bezug auf die NRS-Werte in Ruhe und unter Belastung (statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 9:

NRS-Werte in Ruhe und bei Belastung zur zweiten Visite

	Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter ( $n=432$ )	Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter ( $n=8$ )
NRS_RUHE Visite 2	3,0 [1,0;4,5]	1,0 [0,0;2,3]
NRS_BELASTUNG Visite 2	5,0 [3,0;6,0]	3,00 [3,0;3,5]

NRS in Ruhe bei der zweiten Visite am ersten postoperativen Tag;  $p$ -Wert overall zwischen den Gruppen = 0,061 ( $n=399$ ).

NRS unter Belastung bei der zweiten postoperativen Visite;  $p$ -Wert overall zwischen beiden Gruppen = 0,118 ( $n=249$ ).

### 3.3.4 Sensorische Blockade

Bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag traten bei über 38 % der Patient\*innen mit Femoraliskatheter und Ischiadikuskatheter (n=1335) Hyp- und Parästhesien auf.

Patient\*innen mit Saphenuskatheter und Ischiadikuskatheter (n=201) wiesen bei der ersten Visite zu 13 % Hyp- und Parästhesien auf.

Nach Eingriffen an der unteren Extremität mit einer Regionalanästhesie aus Ischiadikuskatheter und Femoralis- oder Saphenuskatheter zeigte sich für die erste Visite am ersten postoperativen Tag ein statistischer Unterschied bei Hyp- und Parästhesien ( $p < 0,001$ , statistisches Verfahren Mann-Whitney-U-Test).

Tabelle 10:

Sensorische Blockade zur ersten und zweiten Visite

	Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter	Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter
NEURO_SENS Hyp-/Parästhesie Visite 1	38,7 % (n=1335)	12,4 % (n=201)
NEURO_SENS Hyp-/Parästhesie Visite 2	70,8 % (n=72)	100 % (n=2)

Hyp-/Parästhesien zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen  $< 0,001$  (n=1536).

Hyp-/Parästhesien zur zweiten Visite am ersten postoperativen Tag sind auf Grund der zu geringen Anzahl von Patient\*innen der Gruppe Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=2) nicht klinisch valide auszuwerten; p-Wert overall zwischen beiden Gruppen = 1,000 (n=74).

### 3.3.5 Vergleich der sensorischen Blockade ohne und mit Ischiadikuskatheter

Im Vergleich zwischen der Gruppe Femoraliskatheter ohne Ischiadikuskatheter und mit Ischiadikuskatheter hatten mehr Patient\*innen eine sensorische Blockade bei der ersten postoperativen Visite mit Ischiadikuskatheter (16,6 % ohne Ischiadikuskatheter,  $p < 0,043$ , vs. 38,7 % mit Ischiadikuskatheter,  $p < 0,001$ ).

Bei der Gruppe Saphenuskatheter ohne Ischiadikuskatheter oder mit Ischiadikuskatheter traten bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag bei ungefähr gleich vielen Patient\*innen Hyp- und Parästhesien auf (13,3 % ohne Ischiadikuskatheter,  $p < 0,043$ , vs. 12,4 % mit Ischiadikuskatheter,  $p < 0,001$ ).

Tabelle 11:

Vergleich der sensorischen Blockade der Katheterverfahren ohne und mit Ischiadikuskatheter

	Femoralis- katheter (n=4883)	Femoraliskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=2024)	Saphenus- katheter (n=652)	Saphenuskatheter mit Ischiadikuskatheter (n=221)
NEURO_SENS Hyp-/Parästhesie Visite 1	16,6 %	38,7 %	13,3 %	12,4 %

Hyp-/Parästhesien zur ersten Visite am ersten postoperativen Tag.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit untersucht als primären Endpunkt die motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris bei einer Femoralis- oder Saphenusblockade mit und ohne Ischiadikusblockade. Die Daten wurden retrospektiv aus der Datenbank Netzwerk für Regionalanästhesie ausgewertet. Bei der Datenbank handelt es sich um eine multizentrische Datenerhebung. Für die Datenverarbeitung wurden, wie schon beschrieben, einzelne Parameter definiert und erläutert. Zu den Variablen zählen die Messung des Kraftgrades nach Janda, die Schmerzintensität gemessen mittels der Numeric Rating Scale und die sensorischen Beeinträchtigungen. Um ein Bias zu vermeiden, blieben nicht vollständige Datensätze unberücksichtigt. Die Bereinigung der Daten reduzierte die Kohortengröße von 28858 Datensätzen um 15532. Datensätze, die nicht mit in die Auswertung eingingen, waren nicht plausibel oder nicht vollständig dokumentiert (siehe Abbildung 2, Flussdiagramm der Datenauswahl). Somit umfasste die retrospektive Kohortenanalyse nach der Selektion 13326 Patient\*innen.

### 4.1 Klinische Aspekte der Motorblockade nach Regionalanästhesien

Aktuelle Studien setzen sich ebenfalls mit der Fragestellung auseinander, ob eine Saphenusblockade im Vergleich zur Femoralisblockade eine weniger ausgeprägte motorische Beeinträchtigung verursacht. Von klinischem Interesse ist hier besonders die frühe Mobilisation und das geringere Sturzrisiko bei ähnlicher analgetischer Wirkung der Regionalverfahren (6,41,42). Dies könnte von medizinischen Nutzen sein sowie die Zufriedenheit der Patient\*innen steigern. Patient\*innen mit Saphenusblockade könnten frühzeitiger mobilisiert werden um postoperative Komplikationen, wie z.B. tiefe Beinvenenthrombosen, zu minimieren und das bei ähnlicher analgetischer Wirkung wie bei einer Femoralisblockade (43).

Die vorliegende retrospektive Analyse ergab bei den Regionalverfahren mit Femoraliskatheter eine weniger ausgeprägte motorische Einschränkung bei der ersten Visite am ersten postoperativen Tag im Vergleich zum Saphenuskatheter. Keine motorische Beeinträchtigung hatten 54 % der Patient\*innen mit einem KG 4-5/5 mit Femoraliskatheter. Demgegenüber hatten 22,4 % der Patient\*innen mit einem Saphenuskatheter einen KG 4-5/5 ( $p < 0,001$ ). Auch die Ergebnisse der Kombination aus Ischiadikus Katheter mit Femoralis- oder Saphenuskatheter zeigten die gleichen Unterschiede für die Kraftgrade nach Janda für die erste postoperative Visite (54,6 % der Patient\*innen mit Femoralis- und Ischiadikus Katheter und 14,8 % mit Saphenus- mit

Ischiadikus Katheter hatten keine motorische Beeinträchtigung,  $p < 0,001$ ). Diese Ergebnisse zeigen, dass die Patient\*innen der Gruppe Femoraliskatheter im Vergleich zur Gruppe Saphenuskatheter motorisch weniger beeinträchtigt sind. Jedoch spiegeln Resultate aktueller Veröffentlichungen die Ergebnisse der vorliegenden Studie nicht wider (44,45). Die systematische Übersichtsarbeit von 33 Studien von Hasabo et al. aus dem Jahr 2022 vergleicht eine Femoralisblockade mit einer Saphenusblockade nach Kniegelenksersatzeingriffen in Bezug auf die Mobilisation und Schmerzintensität. Es wurden insgesamt die Daten von 5006 Patient\*innen untersucht, davon 2539 mit Femoralisblockade und 2467 mit Saphenusblockade. Die Fallzahlen der meisten bisher publizierten Studien lagen bei 30 bis 100 Femoralis- oder Saphenusblockaden. Lediglich eine Studie wertete Fallzahlen von um die 800 Patient\*innen mit Femoralis- oder Saphenusblockade aus. Somit stellt die hohe Fallzahl der vorliegenden Untersuchung durchaus eine bemerkenswerte Besonderheit dar. In die systematische Übersichtsarbeit von Hasabo et al. wurden Femoralis- und Saphenusblockaden mit Katheterverfahren oder Single-Shot-Verfahren eingeschlossen. Der Kraftgrad des Musculus quadriceps femoris wurde 6-8 Stunden postoperativ, sowie am ersten und zweiten postoperativen Tag erhoben. Einige mitausgewertete Studien der Übersichtsarbeit verglichen die Zeiten bei Mobilisation, die Patient\*innen zum Aufstehen benötigten, und der Gehstrecke im Hinblick auf die Muskelkraft. Die Ergebnisse zeigten, dass bei einer Saphenusblockade im Vergleich zur Femoralisblockade die Muskelkraft des Musculus quadriceps femoris besser erhalten ist. Eine verbesserte Frühmobilisation bei Patient\*innen mit einer Saphenusblockade konnte beobachtet werden. Ebenfalls ergab die Übersichtsarbeit, dass die durchschnittliche Krankenhausverweildauer bei Patient\*innen mit einer Femoralisblockade länger war als bei Patient\*innen mit einer Saphenusblockade. Die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Datenanalyse in Bezug auf den primären Endpunkt sollte man daher kritisch betrachten. Ob eine Minderung des Kraftgrads nach Janda auch mit einer motorischen Beeinträchtigung einhergeht, ist nicht sicher. So könnte als Beispiel schmerzbedingt eine geringere Kraftanstrengung vorliegen, jedoch keine motorische Beeinträchtigung des Musculus quadriceps femoris. Für einen aussagekräftigen Vergleich der Regionalverfahren Femoralis- und Saphenusblockade müsste ein standardisiertes Vorgehen bei der Saphenusblockade etabliert werden. Zur Anwendung der Saphenusblockade kommen verschiedene Lokalisationen in Betracht wie unter anderem im Bereich des Trigonum femorale oder am Übergang vom mittleren bis distalen Drittel des Oberschenkels. Diese unterschiedlichen Lokalisationen der Saphenusblockade konnten in dieser retrospektiven Datenanalyse in Bezug auf die Kraftgradminderung nach Janda nicht nachvollzogen und nicht differenziert ausgewertet werden.

Der Saphenusblock als mögliche Alternative zum Femoralisblock kann eine frühzeitige Mobilisation der Patient\*innen bei ähnlicher analgetischer Wirkung erlauben (42,46,47). Das potentiell geringere Sturzrisiko ist ebenfalls von klinischem Interesse und somit Gegenstand von Analysen (41,44). Die randomisierte kontrollierte Studie von Siddiqui et al. vergleicht die Femoralisblockade und Saphenusblockade im Hinblick auf Mobilisation und Schmerzintensität. Um den Einfluss der Regionalanästhesie auf den Musculus quadriceps femoris zu beurteilen, wurden bei 50 Patient\*innen mit unilateraler Endoprothetik eine Femoralisblockade oder eine Saphenusblockade, standardisiert die Nervenblockade nur an einer Lokalisation (iPACK), durchgeführt. Die Zeiten, die Patient\*innen zum Aufstehen bei Mobilisation und für eine vorgegebene Wegstrecke benötigten, wurden untersucht. Im postoperativen Verlauf konnte gezeigt werden, dass Patient\*innen mit Saphenusblockade vs. Femoralisblockade eine verkürzte Aufstehzeit hatten sowie die Gehstrecken von 3 Metern und 10 Metern schneller zurücklegten. Darüber hinaus ergab der sekundäre Endpunkt im Untersuchungszeitraum von 24 Stunden postoperativ, dass eine frühzeitigere Mobilisation bei ähnlicher suffizienter Schmerztherapie möglich war. Aktuelle Ergebnisse von Fujita et al. zeigen für die Saphenusblockade bei Frühmobilisation ein nicht erhöhtes Sturzrisiko, bzw. ein geringeres Risiko von beinahe Sturzgeschehen. In die retrospektive Analyse wurden nur Patient\*innen mit einem primären Kniegelenkersatzeingriff erfasst. Gruppen mit Femoraliskatheter und Gruppen mit Saphenuskatheter wurden in einem Zeitraum von bis zu drei Tagen verglichen. In Bezug auf Sturzereignisse kam es in beiden Gruppen für den Untersuchungszeitraum zu keinen Ereignissen. Jedoch waren beobachtete beinahe Sturzereignisse in der Gruppe mit Femoraliskatheter erhöht (39 % vs. 11 % Gruppe mit Saphenuskatheter). Die Fallzahl der retrospektiven Studie von 73 Patient\*innen sowie die beinahe Sturzereignisse als subjektive Beobachtung von Einknicken oder Beugung des Kniegelenkes bedarf weiterer standardisierter Untersuchungen. So kann beim Aufstehen ein Einknicken des Knies zum Beispiel auf einer orthostatischen Dysregulation beruhen.

Ob die Saphenusblockade ein alternatives Regionalverfahren zur Femoralisblockade darstellt, muss von weiteren Studien analysiert werden, deren Ergebnisse für eine zukünftige Bewertung notwendig sind (9).

## 4.2 Postoperative Schmerzintensität und Akutschmerztherapie

Die Eingriffe an den unteren Extremitäten, speziell die Kniegelenkendoprothetik, sind im peri- und postoperativen Verlauf schmerzhafteste Prozeduren. Es konnte in verschiedenen Studien in den vergangenen Jahren gezeigt werden, dass Regionalverfahren bei Eingriffen am Knie zu geringeren postoperativen Schmerzen und zu einem reduzierten Opioidverbrauch führen (48–50). Die Akutschmerztherapie mittels Regionalanästhesie als Single-Shot- oder Katheterverfahren, aber auch andere Schmerzregime wie in der Einleitung erläutert, sind ein wichtiger Bestandteil der postoperativen Analgesie. Die in dieser Arbeit untersuchten Katheterverfahren mit Femoralis- oder Saphenusblockade ergaben eine suffiziente Schmerztherapie bei der ersten Visite am ersten POD. Die NRS-Mittelwerte bei Belastung betragen bei der Femoralisblockade sowie Saphenusblockade NRS 3/10 (25-75 % Quartile: 1/10 - 5/10 bei der Femoralisblockade und 2/10 - 5/10 bei der Saphenusblockade) und wiesen keine Unterschiede auf ( $p = 0,009$ ). Die Ergebnisse der Schmerzintensität bei der ersten POD Visite für das Regionalverfahren Ischiadikus Katheter mit Femoralis- oder Saphenus Katheter waren ebenfalls nicht unterschiedlich. Der NRS-Median bei beiden Katheterverfahren war 2/10 (25-75 % Quartile: 0/10 - 3/10 bei der Femoralisblockade und 1/10 - 4/10 bei der Saphenusblockade) mit einem  $p$ -Wert  $< 0,001$ . Für die erste postoperative Visite nach Eingriffen an den unteren Extremitäten kann bei den vorliegenden Resultaten angenommen werden, dass die Regionalverfahren Femoralis- oder Saphenusblockade eine ähnliche analgetische suffiziente Wirkung haben. Die systemischen Übersichtsarbeiten von Hasabo et al. oder Jiang et al. werteten die Schmerzintensität für den postoperativen Verlauf nach Kniegelenkersatzeingriffen ohne Revisionseingriffen aus (44,45). Die Schmerzintensität wurde mittels NRS oder VAS (visuelle Analogskala; 0-10) erhoben. Das Zeitintervall lag je nach Studiendesign zwischen 6-8 Stunden bis 24 Stunden postoperativ oder zwischen 24 Stunden bis 72 Stunden nach der Operation. Analog zu der vorliegenden Arbeit wurde die Schmerzintensität postoperativ zu verschiedenen Zeitpunkten in Ruhe und bei Belastung ausgewertet. Einige Studien zum Beispiel definierten die Belastung als Beugung im Kniegelenk um  $45^\circ$  und ermittelten auf diese standardisierte Untersuchung die Schmerzintensität. Trotz etlicher Ergebnisse von randomisierten Kontrolluntersuchungen, diese weisen meist eine Fallzahl kleiner 100 Patient\*innen auf, oder systemischen Übersichtsarbeiten kommen viele Arbeiten zum Schluss, dass weitere prospektive Kontrolluntersuchungen mit einer unter anderem deutlich größeren Anzahl von Patient\*innen notwendig sind, um die analgetische Wirkung von einer Femoralis- und Saphenusblockade zu vergleichen (45,46).

Bezüglich der Lokalisation der Saphenusblockade kommt Lee et al. nach einer Untersuchung zum Schluss, dass die drei verschiedenen Lokalisationen der Saphenusblockade für die Schmerztherapie gleichwertig sind (51). Es wurden das Trigonum femorale, der proximale und der distale Anteil als Lokalisation der Saphenusblockade bei Kniegelenkersatzeingriffen verglichen. Die randomisierte Kontrollstudie erhob die Schmerzintensität in Ruhe und bei Belastung mittels NRS für drei postoperative Visiten (erster und zweiter postoperativer Tag). Wie bereits bei der Diskussion bezüglich der Kraftgradminderung nach Janda und den nicht standardisierten Lokalisationen der Saphenusblockade beschrieben, scheint für die postoperative Schmerzintensität die genaue Lokalisation einer Saphenusblockade nicht von klinischer Relevanz zu sein.

Hinsichtlich der Entwicklung eines chronischen Schmerzes nach Operationen mit Kniegelenkersatz fanden randomisierte kontrollierte Untersuchungen keinen Unterschied bei den unterschiedlichen Regionalanästhesien. Jedoch ist in Bezug auf die epidemiologische Problematik bei der Entstehung eines chronischen Schmerzes eine suffiziente Analgesie sowie eine längere postoperative Beobachtung der Patient\*innen von klinischem Interesse (52). Eine aktuelle Veröffentlichung der Arbeitsgruppe PROSPECT (PROcedure-SPEcific postoperative pain management) der European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy (ESRA) empfiehlt bei Kniegelenkersatzeingriffen zur Schmerztherapie neben einem Regionalverfahren (53), wie in dieser Arbeit untersucht, die zusätzliche Anwendung einer LIA. Periphere Analgetika, eine Kombination aus Paracetamol, NSAR und selektiven COX-2-Inhibitoren, sind ebenfalls Bestandteil einer suffizienten Schmerztherapie. PROSPECT der ESRA hat als Ziel das Klinikpersonal, insbesondere die Fachgebiete Chirurgie und Anästhesie, auf Grundlage evidenzbasierter Studien und Expertenmeinungen in der postoperativen Schmerztherapie zu unterstützen.

#### 4.3 Netzwerk für Regionalanästhesie und Bias

Das Management der Datenqualität von Registern und Kohortenstudien ist essentiell für die medizinische Forschung. Eine Leitlinie zum adaptiven Management von Daten in Registern und Kohortenstudien zeigt die Vorgehensweisen, wie z.B. Qualitätsindikatoren und Qualitätsscores, sowie Anwendungsempfehlungen für Register oder Kohorten auf (54). Andererseits ist die Datenqualität auch entscheidend abhängig von der Akzeptanz der Patient\*innen und der teilnehmenden Zentren. Ohne diese Akzeptanz ist eine Datenqualität in Bezug auf Vollständigkeit, Vollständigkeit und Datenvalidität nicht zu erreichen. Daher ist für die Datenqualität nicht die Erfüllung einzelner Qualitätsindikatoren zielführend, sondern die Interaktion verschiedener Indikatoren (55). Mit der Verzerrung der Datensätze bei überregionalen multizentrischen Datenbanken setzte sich eine Untersuchung aus dem Jahr 2016 mit der Datenerfassung des Netzwerks für Regionalanästhesie auseinander. Im Rahmen einer Promotion konnte gezeigt werden, dass die Datenerhebung, die Dokumentation und die Datenübertragung ins Netzwerk für Regionalanästhesie die wissenschaftliche Auswertung beeinträchtigen können (56). Die Ergebnisse der Studie ergaben, dass es bei der Übertragung ins Netzwerk für Regionalanästhesie von Parametern einen zum Teil enormen Datenverlust der erhobenen Daten gibt. In Bezug auf die vorliegende retrospektive Untersuchung sind die Variablen wie Lokalisation, Kraftgrad, NRS, Katheter oder Single-Shot sowie die Applikation von Lokalanästhetikum und Initialdosis von enormer Relevanz. Ein Datenverlust des Parameters Lokalisation von bis zu 40% nach der Übertragung ins Netzwerk für Regionalanästhesie kann die Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung stark verzerren (56). Die Dokumentation der Schmerzintensität und der Kraftgradmessung wies ebenfalls eine Verzerrung auf. Einerseits wurden NRS-Werte sehr subjektiv erhoben und teilweise von den Kolleg\*innen des Akutschmerzdienstes nach unten korrigiert. Andererseits fiel auf, dass weniger NRS-Werte ins Netzwerk für Regionalanästhesie übertragen wurden als NRS-Werte bei den Visiten dokumentiert wurden. Als einziger Parameter war die Dokumentation bezüglich der Mobilisation valide für wissenschaftliche Auswertungen. Die zitierte Promotion verweist auf die klinische Bedeutung überregionaler Netzwerke weltweit, wie z.B. AURORA, regelmäßige Qualitätskontrollen sowie die Verbesserung und Vereinfachung der Datenerfassung und deren Übertragung ins Netzwerk für Regionalanästhesie. Registerdaten ermöglichen mit validen Parametern wissenschaftliche Untersuchungen. So konnte das Netzwerk für Regionalanästhesie etliche Publikationen hervorbringen, die sich mit verschiedenen Fragestellungen klinischer Relevanz auseinandersetzten. Als Beispiel ergab eine retrospektive Datenanalyse des Netzwerks für Regionalanästhesie, dass eine prophylaktische Einmalgabe eines Antibiotikums bei Regionalverfahren mit einer niedrigeren Infektionsrate von peripheren und

epiduralen Kathetern assoziiert ist (57). Die Datenanalyse überregionaler Netzwerke könnte in Zukunft bei Zusammenschlüssen von mehreren dieser Netzwerke weiter an Bedeutung gewinnen, um auch die hier durchgeführte retrospektive Untersuchung bezüglich Femoralis- oder Saphenusblockade besser beantworten zu können.

#### 4.4 Limitationen

In diesem Kapitel sollen die Limitationen der vorliegenden Untersuchung erläutert werden. Die anonymisierten Daten aus dem Netzwerk für Regionalanästhesie wurden retrospektiv ausgewertet. Deshalb können keine Rückschlüsse auf die genaue Lokalisation und Art des Eingriffs an den unteren Extremitäten getroffen werden. Bei Operationen mit einer Regionalanästhesie und einer oder zweier Blockaden von Nerven des Plexus lumbosacralis kann ein Eingriff am Knie vermutet werden, aber nicht bewiesen werden. Daher bezieht sich die Arbeit allgemein auf Eingriffe an den unteren Extremitäten. Es kann keine Aussage über die Confounder Operationsdauer und Art der Operation, wie z.B. primäre Kniegelenkendoprothetik, Zweitoperation bei Prothesenlockerung oder periprothetische Infektionen, getroffen werden, was entsprechende Auswirkungen auf die postoperative Schmerzintensität und Schmerztherapie hat.

Von Interesse für eine wissenschaftliche Auswertung wäre auch, nach welchen SOPs (Standard Operating Procedures) die Regionalverfahren in den einzelnen teilnehmenden Zentren durchgeführt wurden. Ob die Regionalanästhesie mit Hilfe eines Ultraschalls und/oder einer neuroprotektiven Nervenstimulation erfolgte, kann im Netzwerk Regionalanästhesie angegeben werden. Aber es gibt keine Möglichkeit auf die klinische Erfahrung der Anwender\*innen bei der Durchführung des Regionalverfahrens Rückschlüsse zu ziehen. Auch die verwendeten Lokalanästhetika können dokumentiert werden. Jedoch in welcher Menge und Dosierung diese appliziert wurden oder ob diese mit Dexamethason kombiniert wurden, kann Einfluss auf die Beurteilung von motorischer Beeinträchtigung und Schmerzintensität bei den ersten postoperativen Visiten des Akutschmerzdienstes haben (58).

Für eine Datenanalyse wäre ebenfalls wichtig, nach welchen SOPs die Operationen an den unteren Extremitäten durchgeführt werden. So kann für die vorliegende retrospektive Analyse limitierend sein, dass es keine Angaben zur Verwendung von intraoperativen Blutsperren gibt. Eine mögliche Neurapraxie auf Grund einer Blutsperre, je nach angelegtem Druck und Dauer, kann die postoperative Wirkung von Nervenblockaden und somit die klinischen Untersuchungen erheblich beeinflussen.

Bei der Beurteilung der Kraftgradminderung nach Janda ist das Prozedere der Untersuchung klar definiert. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass eine Vielzahl der Mitarbeiter\*innen des Akutschmerzteams nicht versiert sind in den orthopädischen Untersuchungstechniken. Die Dokumentation der Schmerzintensität besteht teils eine große Diskrepanz auf Grund der unterschiedlichen Untersucher\*innen (56). Eine weitere Limitation stellt das Ende der Visiten mit

dem Entfernen des Regionalkatheters dar. Ein längerer Beobachtungszeitraum und somit eine Einschätzung der Entwicklung der Schmerzintensität bei Eingriffen an der unteren Extremität wäre für die Datenbank und deren Analysen von Interesse.

Die Daten wurden in einem Zeitraum von zehn Kalenderjahren gesammelt. Neben der Weiterentwicklung der Regionalanästhesie, änderten sich auch Schmerzregime in Bezug auf Regionalverfahren oder Lokalanästhetika. Diese Veränderungen können die Ergebnisse der Studie beeinflussen. Die Resultate der retrospektiven Analyse konnten Unterschiede zwischen Femoralis- und Saphenusblockade aufzeigen. Gerade die Ergebnisse der motorischen Beeinträchtigung sind abweichend von aktuellen Vergleichsstudien, die ähnlichen analgetischen Effekte sind jedoch mit anderen retrospektiven (41) oder randomisierten Untersuchungen (59) gleich. Auch systematische Übersichtsarbeiten bestätigen die ähnliche Schmerzintensität für Femoralis- und Saphenusblockade im postoperativen Verlauf nach Kniegelenkersatzeingriffen (44,45). Bei der vorliegenden Studie waren Patient\*innen in einer der beiden Gruppen zusätzlich mit einer kontinuierlichen Ischiadikusblockade versorgt worden. Hier muss die beeinträchtigte Beugung auf Grund der Ischiadikusblockade bei der klinischen Untersuchung des Kraftgrades nach Janda berücksichtigt werden. Wobei die Populationen mit und ohne Ischiadikusblockade die gleichen Ergebnisse bei der Untersuchung des Kraftgrades nach Janda bezüglich Femoralis- und Saphenusblockade erbrachten.

Die Studie untersucht eine große Fallzahl, weshalb Signifikanzen wegen der Kohortengröße sich selbst beeinflussen. P-Werte können bei einer Erhöhung der Fallzahlen verstärkt signifikant werden, wobei bei kleinen Fallzahlen keine Signifikanz erreicht wird. Alle p-Werte haben rein explorativen Charakter und erlauben keine konfirmatorische Verallgemeinerung.

## Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive Kohortenanalyse mit Daten aus dem Netzwerk für Regionalanästhesie in Deutschland konnte Unterschiede zwischen einer Femoralis- und Saphenusblockade in Bezug auf motorische Beeinträchtigung und postoperative Schmerzintensität feststellen. Bei der ersten postoperativen Visite war der Kraftgrad nach Janda bei einer Femoralisblockade im Vergleich zur Saphenusblockade geringer beeinträchtigt. Diese Unterschiede waren auch in der Kombination aus Ischiadikuskatheter mit Femoralis- oder Saphenuskatheter zu messen. Die Ergebnisse dieser Arbeit bezüglich der Kraftgradminderung sind jedoch im Kontext zur aktuellen Literatur kritisch zu betrachten. Für die postoperative Schmerztherapie waren Femoralis- und Saphenusblockade ähnlich suffizient. Wie bereits in den Abschnitten Diskussion und Limitationen erläutert, sind weitere multizentrische prospektive Studien mit klar definierten Standards notwendig um die Femoralis- und Saphenusblockade zu untersuchen und gegebenenfalls neue SOPs im klinischen Alltag zu etablieren.

## Literaturverzeichnis

1. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2020. 2020;72.
2. Xie X, Pei F, Huang Z, Tan Z, Yang Z, Kang P. Does patellar denervation reduce post-operative anterior knee pain after total knee arthroplasty? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1. Juni 2015;23(6):1808–15.
3. Kopp SL, Børglum J, Buvanendran A, Horlocker TT, Ilfeld BM, Memtsoudis SG, Neal JM, Rawal N, Wegener JT. Anesthesia and Analgesia Practice Pathway Options for Total Knee Arthroplasty: An Evidence-Based Review by the American and European Societies of Regional Anesthesia and Pain Medicine. *Reg Anesth Pain Med.* 2017;42(6):683–97.
4. Jaeger P, Nielsen ZJK, Henningsen MH, Hilsted KL, Mathiesen O, Dahl JB. Adductor canal block versus femoral nerve block and quadriceps strength: a randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study in healthy volunteers. *Anesthesiology.* Februar 2013;118(2):409–15.
5. Zhao XQ, Jiang N, Yuan FF, Wang L, Yu B. The comparison of adductor canal block with femoral nerve block following total knee arthroplasty: a systematic review with meta-analysis. *J Anesth.* Oktober 2016;30(5):745–54.
6. Gao F, Ma J, Sun W, Guo W, Li Z, Wang W. Adductor Canal Block versus Femoral Nerve Block for Analgesia after Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clin J Pain.* 2017 Apr;33(4):356-368.
7. Smith JH, Belk JW, Kraeutler MJ, Houck DA, Scillia AJ, McCarty EC. Adductor Canal Versus Femoral Nerve Block after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review of Level I Randomized Controlled Trials Comparing Early Postoperative Pain, Opioid Requirements, and Quadriceps Strength. *Arthroscopy.* 2020 Jul;36(7):1973-1980.
8. Fujita Y, Mera H, Watanabe T, Furutani K, Kondo HO, Wakai T, Kawashima H, Ogose A. Significantly earlier ambulation and reduced risk of near-falls with continuous infusion nerve blocks: a retrospective pilot study of adductor canal block compared to femoral nerve block in total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022 Aug 12;23(1):768.

9. Schnabel A, Reichl SU, Weibel S, Zahn PK, Kranke P, Pogatzki-Zahn E, Meyer-Frießem CH. Adductor canal blocks for postoperative pain treatment in adults undergoing knee surgery. Cochrane Anaesthesia Group, Herausgeber. Cochrane Database Syst Rev 2019 Oct 6;2019(10):CD012262.
10. Kastelik J, Fuchs M, Krämer M, Trauzeddel RF, Ertmer M, von Roth P, Perka C, Kirschbaum SM, Tafelski S, Treskatsch S. Local infiltration anaesthesia versus sciatic nerve and adductor canal block for fast-track knee arthroplasty: A randomised controlled clinical trial. Eur J Anaesthesiol. April 2019;36(4):255–63.
11. Stöve DJ, Steinmeyer J, Flechtenmacher DJ, Lützner J. S2k-Leitlinie Gonarthrose, Federführende Fachgesellschaft DGOOC, AWMF Registernummer: 033-004. 2018;Seite 78.
12. Hannan MT, Felson DT, Pincus T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. J Rheumatol. Juni 2000;27(6):1513–7.
13. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030: J Bone Jt Surg. April 2007;89(4):780–5.
14. Stöve DJ, Steinmeyer J, Flechtenmacher DJ, Lützner J. S2k-Leitlinie Gonarthrose, 6.2 Gelenkersetzende Therapie, Federführende Fachgesellschaft DGOOC, AWMF Registernummer: 033-004. 2018;Seite 54.
15. Weinhardt C, Barisic M, Bergmann EG, Heller KD. Early results of subvastus versus medial parapatellar approach in primary total knee arthroplasty. Arch Orthop Trauma Surg 2004 Jul;124(6):401-3.
16. Moll, K-J & Moll, M. Kurzlehrbuch Anatomie. 17. Auflage. München Jena: Urban & Fischer; 2002. Seiten 260-269.
17. Jeon YH. Easier and Safer Regional Anesthesia and Peripheral Nerve Block under Ultrasound Guidance. Korean J Pain. 31. Januar 2016;29(1):1–2.
18. Memtsoudis SG, Sun X, Chiu YL, Stundner O, Liu SS, Banerjee S, Mazumdar M, Sharrock NE. Perioperative Comparative Effectiveness of Anesthetic Technique in Orthopedic Patients. Anesthesiology. 1. Mai 2013;118(5):1046–58.

19. Capdevila X, Barthelet Y, Biboulet P, Ryckwaert Y, Rubenovitch J, d'Athis F. Effects of Perioperative Analgesic Technique on the Surgical Outcome and Duration of Rehabilitation after Major Knee Surgery. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol*. 1. Juli 1999;91(1):8–15.
20. Weinstein EJ, Levene JL, Cohen MS, Andreae DA, Chao JY, Johnson M, Hall CB, Andreae MH. Local anaesthetics and regional anaesthesia versus conventional analgesia for preventing persistent postoperative pain in adults and children. *Cochrane Anaesthesia, Critical and Emergency Care Group, Herausgeber. Cochrane Database Syst Rev* 2018 Jun 20;6(6):CD007105.
21. Pogatzki-Zahn E, Zahn P. Postoperative Akutschmerztherapie - Neue Möglichkeiten der systemischen Analgesie. *AINS - Anästhesiol · Intensivmed · Notfallmedizin · Schmerzther*. Januar 2007;42(1):22–31.
22. Pogatzki-Zahn, E & Jerosch J. S3 Leitlinie Behandlung akuter perioperativer und posttraumatischer Schmerzen [Internet]. AWMF online; 2022 [zitiert 20. August 2022]. Verfügbar unter: Seite 197
23. McDonald DA, Deakin AH, Ellis BM, Robb Y, Howe TE, Kinninmonth AW, Scott NB. The technique of delivery of peri-operative analgesia does not affect the rehabilitation or outcomes following total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016 Sep;98-B(9):1189-96.
24. Schittek GA, Reinbacher P, Rief M, Gebauer D, Leithner A, Vielgut I, Labmayr V, Simonis H, Köstenberger M, Bornemann-Cimenti H, Sandner-Kiesling A, Sadoghi P. Combined femoral and popliteal nerve block is superior to local periarticular infiltration anaesthesia for postoperative pain control after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022 Dec;30(12):4046-4053.
25. Et T, Korkusuz M, Basaran B, Yarimoğlu R, Toprak H, Bilge A, Kumru N, Dedeli İ. Comparison of iPACK and periarticular block with adductor block alone after total knee arthroplasty: a randomized clinical trial. *J Anesth*. April 2022;36(2):276–86.
26. Abdullah MA, Elyazed MMA, Mostafa SF. The Interspace Between Popliteal Artery and Posterior Capsule of the Knee (IPACK) Block in Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Trial. *Pain Physician*. 2022;8.
27. Swisher MW, Ball ST, Gonzales FB, Cidambi KR, Trescot AM, Ilfeld BM. A Randomized Controlled Pilot Study Using Ultrasound-Guided Percutaneous Cryoneurolysis of

the Infrapatellar Branch of the Saphenous Nerve for Analgesia Following Total Knee Arthroplasty. *Pain Ther.* 2022 Dec;11(4):1299-1307.

28. Auroy Y, Benhamou D, Bargues L, Ecoffey C, Falissard B, Mercier F, Bouaziz H, Samii K. Major Complications of Regional Anesthesia in France. *Anesthesiology.* 1. November 2002;97(5):1274–80.
29. Brull R, McCartney CJL, Chan VWS, El-Beheiry H. Neurological Complications After Regional Anesthesia: Contemporary Estimates of Risk. *Anesth Analg.* April 2007;104(4):965–74.
30. Volk T, Kubulus C. Leitlinien in der Praxis: Hygiene-empfehlungen für die Regionalanästhesie. *Anästhesiol Intensiv Notfallmed Schmerzther* 2020 55. :486–92; DOI: 10.1055/a-1009–3515.
31. Volk T, Engelhardt L, Spies C, Steinfeldt T, Gruenewald D, Kutter B, Heller A, Werner C, Heid F, Bürkle H, Gastmeier P, Wernecke KD, Koch T, Vicent O, Geiger P, Wulf H. Infektionsinzidenz von Katheterverfahren zur Regionalanästhesie: Erste Ergebnisse aus dem Netzwerk von DGAI und BDA. *Anaesthesist.* November 2009;58(11):1107–12.
32. Reisig F, Neuburger M, Zausig YA, Graf BM, Büttner J. Erfolgreiche Infektionskontrolle bei Regionalanästhesieverfahren: Verlaufsbeobachtung nach Einführung der DGAI-Hygieneempfehlungen. *Anaesthesist.* Februar 2013;62(2):105–12.
33. Cappelleri G, Ghisi D, Fanelli A, Albertin A, Somalvico F, Aldegheri G. Does continuous sciatic nerve block improve postoperative analgesia and early rehabilitation after total knee arthroplasty? A prospective, randomized, double-blinded study. *Reg Anesth Pain Med.* 2011 Sep-Oct;36(5):489-92.
34. Pelt CE, Anderson AW, Anderson MB, Van Dine C, Peters CL. Postoperative Falls After Total Knee Arthroplasty in Patients With a Femoral Nerve Catheter: Can We Reduce the Incidence? *J Arthroplasty.* Juni 2014;29(6):1154–7.
35. Giesa M, Jage J, Meurer A. Postoperative Schmerztherapie in der Orthopädie und Unfallchirurgie. *Orthop.* Februar 2006;35(2):211–22.
36. Volk T, Engelhardt L, Spies C, Steinfeldt T, Kutter B, Heller A, Werner C, Heid F, Bürkle H, Koch T, Vicent O, Geiger P, Kessler P, Wulf H. Das Netzwerk Regionalanästhesie des

wissenschaftlichen Arbeitskreises Regionalanästhesie der DGAI und des BDA. AINS - Anästhesiol · Intensivmed · Notfallmedizin · Schmerzther. November 2009;44(11/12):778–80.

37. Chan VWS, Perlas A, McCartney CJL, Brull R, Xu D. Ultrasound guidance improves success rate of axillary brachial plexus block. *Can J Anesth.* 2007;7.
38. Smolenski UC. Muskelfunktionstest – Testung der Kraft. In: Janda Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik. Elsevier; 2016 [zitiert 15. Februar 2023]. S. 55–254. Verfügbar unter: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9783437464317000044>
39. Yee EJ, Gapinski ZA, Ziemba-Davis M, Nielson M, Meneghini RM. Quadriceps Weakness After Single-Shot Adductor Canal Block: A Multivariate Analysis of 1,083 Primary Total Knee Arthroplasties. *J Bone Jt Surg.* 6. Januar 2021;103(1):30–6.
40. Hauner H, Moss A, Berg A, Bischoff SC, Colombo-Benkmann M, Ellrott T, Heintze C, Kanthak U, Kunze D, Stefan N, Teufel M, Wabitsch M, Wirth A. Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“: der Deutschen Adipositas-Gesellschaft e.V.; der Deutschen Diabetes Gesellschaft; der Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V.; der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin e.V. Version 2.0 (April 2014); AWMF-Register Nr. 050-001. *Adipositas - Ursachen Folgeerkrankungen Ther.* 2014;08(04):179–221.
41. Fujita Y, Mera H, Watanabe T, Furutani K, Kondo HO, Wakai T, Kawashima H, Ogose A. Significantly earlier ambulation and reduced risk of near-falls with continuous infusion nerve blocks: a retrospective pilot study of adductor canal block compared to femoral nerve block in total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 12. August 2022;23(1):768.
42. Siddiqui R, Bansal S, Puri A, Sinha M. A Comparative Study of Ultrasound-Guided Continuous Adductor Canal Block With Ultrasound-Guided Continuous Femoral Nerve Block in Unilateral Total Knee Arthroplasty for Limb Mobilization and Analgesic Efficacy. *Cureus.* 2022 Mar 6;14(3):e22904.
43. Lei YT, Xie JW, Huang Q, Huang W, Pei FX. Benefits of early ambulation within 24 h after total knee arthroplasty: a multicenter retrospective cohort study in China. *Mil Med Res.* Dezember 2021;8(1):17.
44. Hasabo EA, Assar A, Mahmoud MM, Abdalrahman HA, Ibrahim EA, Hasanin MA, Emam AK, AbdelQadir YH, AbdelAzim AA, Ali AS. Adductor canal block versus femoral nerve block for pain control after total knee arthroplasty. 2022;11.

45. Jiang X, Wang QQ, Wu CA, Tian W. Analgesic Efficacy of Adductor Canal Block in Total Knee Arthroplasty: A Meta-analysis and Systematic Review. *Orthop Surg*. August 2016;8(3):294–300.
46. Jæger P, Koscielniak-Nielsen ZJ, Schrøder HM, Mathiesen O, Henningsen MH, Lund J, Jenstrup MT, Dahl JB. Adductor canal block for postoperative pain treatment after revision knee arthroplasty: a blinded, randomized, placebo-controlled study. *PloS One*. 2014;9(11).
47. Rhatomy S, Rasyid FA, Romulo MA, Lumban-Gaol I, Budhiparama NC. Adductor canal block in outpatient clinic for pain control after knee arthroplasty: A randomized controlled, clinical trial. *J Orthop Surg*. 2022 May-Aug;30(2):10225536221122246.
48. Seet E, Leong W, Yeo A. Effectiveness of 3-in-1 Continuous Femoral Block of Differing Concentrations Compared to Patient Controlled Intravenous Morphine for Post Total Knee Arthroplasty Analgesia and Knee Rehabilitation. 2006;34(1):25-30.
49. Salinas FV, Liu SS, Mulroy MF. The Effect of Single-Injection Femoral Nerve Block Versus Continuous Femoral Nerve Block After Total Knee Arthroplasty on Hospital Length of Stay and Long-Term Functional Recovery Within an Established Clinical Pathway. *Anesth Analg*. April 2006;102(4):1234–9.
50. Watson MW, Mitra D, McLintock TC, Grant SA. Continuous Versus Single-Injection Lumbar Plexus Blocks: Comparison of the Effects on Morphine Use and Early Recovery After Total Knee Arthroplasty. *Reg Anesth Amp Pain Med*. 1. November 2005;30(6):541.
51. Lee B, Park SJ, Park KK, Kim HJ, Lee YS, Choi YS. Optimal location for continuous catheter analgesia among the femoral triangle, proximal, or distal adductor canal after total knee arthroplasty: a randomized double-blind controlled trial. *Reg Anesth Pain Med*. Juni 2022;47(6):353–8.
52. Geil D, Thomas C, Zimmer A, Meißner W: Chronified pain following operative procedures—the place of locoregional and systemic local anesthetics. *Dtsch Arztebl Int* 2019; 116: 261–6.
53. Lavand’homme PM, Kehlet H, Rawal N, Joshi GP, on behalf of the PROSPECT Working Group of the European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy (ESRA). Pain management after total knee arthroplasty: PROCEDURE SPECIFIC Postoperative Pain Management recommendations. *Eur J Anaesthesiol*. September 2022;39(9):743–57.

54. Nasseh D, Nonnemacher M, Stausberg J. Datenqualität in der medizinischen Forschung: Leitlinie zum adaptiven Management von Datenqualität in Kohortenstudien und Registern. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG; 2020.
55. Müller D, Augustin M, Banik N, Baumann W, Bestehorn K, Kieschke J, Lefering R, Maier B, Mathis S, Rustenbach SJ, Sauerland S, Semler SC, Stausberg J, Sturm H, Unger C, Neugebauer EA. Memorandum Register für die Versorgungsforschung \*. Gesundheitswesen. 25. November 2010;72(11):839–839.
56. Jahreiß LM. Evaluation der Datenerfassung der kontinuierlich erhobenen Daten zur Regionalanästhesie und Schmerztherapie bei primären Kniegelenksendoprothesen. Dissertation; 2016.
57. Bomberg H, Krotten D, Kubulus C, Wagenpfeil S, Kessler P, Steinfeldt T, Standl T, Gottschalk A, Stork J, Meissner W, Birnbaum J, Koch T, Sessler DI, Volk T, Raddatz A. Single-dose Antibiotic Prophylaxis in Regional Anesthesia. Anesthesiology. 1. September 2016;125(3):505–15.
58. Sharma B, Rupal S, Swami A, Lata S. Effect of addition of dexmedetomidine to ropivacaine 0.2% for femoral nerve block in patients undergoing unilateral total knee replacement: A randomised double-blind study. Indian J Anaesth. 2016;60(6):403.
59. Lynch J, Okoroaha K, Lizzio V, Yu C. Lynch JR, Okoroaha KR, Lizzio V, Yu CC, Jildeh TR, Moutzouros V. Adductor Canal Block Versus Femoral Nerve Block for Pain Control After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Trial. The American Journal of Sports Medicine. 2019;(47(2)):355–63.

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Sebastian Martin Teller, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Vergleich des Einflusses von Femoralis- und Saphenusblockade auf die postoperative Muskelkraft und Schmerzintensität bei Patienten nach operativen Eingriffen an den unteren Extremitäten. / Comparison of the effect of femoralis blockade and saphenous blockade on postoperative muscle strength and pain intensity in patients undergoing lower extremity surgery.“

selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; [www.icmje.org](http://www.icmje.org)) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

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

---

Datum

---

Unterschrift

## Lebenslauf

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

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlichst bei meinem Betreuer Herrn PD Dr. med. Jürgen Birnbaum bedanken. Von der Idee bis zur Fertigstellung ist einige Zeit vergangen. Deshalb, lieber Jürgen, vielen Dank für Deine Unterstützung und Dein Vertrauen.

Bei Herrn Prof. Dr. Dr. Felix Balzer und seinem Team möchte ich mich ebenfalls für die langjährige Betreuung, insbesondere für die Datenauswertung und den statistischen Teil, bedanken.

Auch danke ich meiner Frau, meiner Familie und meinen Freunden von ganzem Herzen.



CharitéCentrum für Anästhesiologie, OP-Management und Intensivmedizin

Charité - Universitätsmedizin Berlin | D - 13344 Berlin

Universitätsklinik für Anästhesiologie  
mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin  
CCM / CVK

Klinikdirektorin  
Univ.- Prof. Dr. med. Claudia Spies

Campus Virchow-Klinikum  
Augustenburger Platz 1  
13353 Berlin  
Tel: +49 30 450 551-001/002/022  
Fax: +49 30 450 551909  
[anaesthesie-virchow-klinikum@charite.de](mailto:anaesthesie-virchow-klinikum@charite.de)



Zur Vorlage  
Promotionsbüro  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

Campus Charité Mitte  
Charitéplatz 1  
10117 Berlin  
Tel. +49 30 450 531012/52  
Fax: +49 30 450 531911  
[anaesth@charite.de](mailto:anaesth@charite.de)  
<http://www.charite.de/char/anaesth/>

Berlin, den 13. September 2022

**Bescheinigung nach § 8 Abs. 2a PO 2017**

Sehr geehrter Herr Teller,

hiermit bestätige ich Ihnen zum Zwecke der Vorlage beim Promotionsbüro der Charité die erfolgte Beratung zu Ihrem Promotionsprojekt. Die Durchführung und Beschreibung der statistischen Methoden der mir vorgelegten Schrift ist in Art und Umfang für die Erarbeitung ausreichend. Im Beratungsgespräch vom 13.9.2022 wurden die Datenbasis der Arbeit nicht mit begutachtet. Ergänzend erfolgte eine Beratung zu weiterführenden Möglichkeiten der statistischen Auswertung wie Regressionsanalysen sowie dem explorativen Charakter von observationalen Studien.

Ich wünsche Ihnen für die Zukunft alles Gute.



\*\*\*  
Priv.-Doz. Dr. med. Sascha Talejski  
akkreditierter Statistiker der Promotionskommission  
Universitätsklinik für Anästhesiologie m. S. operative Intensivmedizin  
Campus Virchow-Klinikum und Campus Charité Mitte  
Charité-Universitätsmedizin Berlin  
Charitéplatz 1  
10117 Berlin  
<http://anaesthesieintensivmedizin.charite.de/>