

Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universitätsmedizin Rostock  
(Direktor: Prof. Dr. med. Wolfram Mittelmeier)

## Effektivität von stationärer und ambulanter Rehabilitation bei Patienten nach Knieendoprothesen-Implantation

---

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von

Nassim El-Aarid  
geb. am 31.10.1984 in Greifswald

Münster, Juli 2019

Dekan: Prof. Dr. med. univ. Emil Christian Reisinger

1. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. med. habil Philipp Bergschmidt, Klinikum Südstadt Rostock, Klinik für Unfallchirurgie und Handchirurgie, Südring 81, 18059 Rostock

2. Gutachter: Priv.-Doz. Dr. med. habil Richard Kasch, Universitätsmedizin Greifswald, Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, F.-Sauerbruch-Str., 17475 Greifswald

3. Gutachter: Prof. Dr. med Karin Kraft, Universitätsmedizin Rostock, Medizinische Fakultät, Professur für Naturheilkunde, Im Zentrum für Innere Medizin, Ernst Hedemann-Str.6, 18057 Rostock

*Kolloquium im Mai 2020*

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Arthrose .....	1
1.2 Das Kniegelenk.....	2
1.3 Kniegelenksendoprothetik.....	3
1.4 Rehabilitation .....	6
<b>2. Problemstellung und Zielsetzung.....</b>	<b>14</b>
2.1 Ambulante Rehabilitation nach Knie-TEP-Implantation - Die ungenutzte Ressource.....	14
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>16</b>
3.1 Studiendesign .....	16
3.2 Stichprobe.....	17
3.3 Gruppeneinteilung nach Art der Intervention.....	17
3.4 TEP-Implantation, Mobilisation und Schmerzmanagement in der Akutklinik .....	18
3.5 Untersuchungsmethodik .....	19
3.4 Statistische Analyse.....	25
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>26</b>
4.1 Primäres Outcome .....	29
4.2 Sekundäres Outcome .....	30
<b>5. Diskussion.....</b>	<b>35</b>
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>40</b>
<b>7. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>41</b>
<b>8. Anhang.....</b>	<b>50</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1. Anzahl der implantierten Knieendoprothese im zeitlichen Verlauf.....	2
Abb. 2. Arthrotisch verändertes Kniegelenk vor (links) und nach TEP-Implantation (rechts).....	4
Abb. 3. Implantat (Fa. Waldemar Link GmbH & Co. KG®, Modell Gemini® SL®) einer Knieendoprothese am Modell.....	5
Abb. 4. Verhältnis von stationärer zu ambulanter Rehabilitation.....	7
Abb. 5. Die häufigsten Rehabilitationshauptdiagnosen in Deutschland.....	8
Abb. 6. Flussdiagramm zum ESAR-Studiendesign; AHB (*postoperativ).....	17
Abb. 7. Optogait® Ganganalyse-System®.....	20
Abb. 8. Versuchsaufbau des Winkelreproduktionstests.....	23
Abb. 9. Consort Flussdiagramm Patienten ein- und - ausschluss.....	27
Abb. 10. Physisches Aktivitätsniveau gemessen an der Anzahl der Schritte. Dargestellt sind die Mittelwerte der Schrittzahl der beiden jeweiligen Gruppen als absolute Zahl.....	29
Abb. 11. Mittelwerte der benötigten Zeit im Stair-Climb-Test vor- und nach der AHB.....	30
Abb. 12. Physisches Aktivitätsniveau gemessen an der Anzahl der Sitz zu Stand Transition. Dargestellt sind die Mittelwerte der Sitz zu Stand Transition der beiden jeweiligen Gruppen als absolute Zahl.....	31
Abb. 13. Ergebnisse des Winkelreproduktionstest vor- und nach AHB, dargestellt als Mittelwerte des absoluten Fehlers in Winkelgrad für die jeweilige Gruppe und den jeweiligen Winkel.....	32

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1. Übersicht zu den evidenzbasierten Therapiemodulen mit dem Mindestanteil der zu therapierenden Patienten in den entsprechenden ETM sowie deren Frequenz und Dauer während der Rehabilitation <sup>62</sup> .....	9
Tab. 2. Anzahl und Inhalt der Therapieeinheiten während der dreiwöchigen Rehabilitationsphase von stationärer und ambulanter AHB. Alle Werte dargestellt als Mittelwert mit dazugehöriger Standardabweichung.....	18
Tab. 3. Patientencharakteristika (inkl. Begleiterkrankungen gekennzeichnet als ICD-10) von Interventions- und Kontrollgruppe. Dargestellt werden die Mittelwerte der jeweiligen Parameter mit ihren Standardabweichungen sowie dem dazugehörigen p-Wert.....	28
Tab. 4. Ergebnisse der OptoGait® Ganganalyse beider Gruppen im Posttest.....	33
Tab. 5. Ergebnisse weiterer klinisch-funktioneller Parameter im Pre- und Posttest beider Gruppen.....	34

## Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

°	Grad
%	Prozent
€	Euro
$\beta$	Standardisierter Regressionskoeffizient
$\chi^2$	Chi-Quadrat
$\mu\text{Gy}$	Mikrogray
$\eta_p^2$	partielles Etaquadrat (Effektstärke)
a	Jahr
Abb.	Abbildung
aEX	maximale aktive Knieextension
aFL	maximale aktive Knieflexion
AHB	Anschlussheilbehandlung
ALST	knochenfreie Magermasse (appendicular lean soft tissue)
AMI	Arthrogenic Muscle Inhibition
ANCOVA	Kovarianzanalyse
ADL	Activity of Daily Living
BAC	Basic Action Concepts
BMI	Body-Mass-Index
CPM	Continuous passive motion
$\text{CV}_{\text{Schrittlänge}}$	Standardabweichung/Mittelwertx100 (Schrittlängenvarianz)
DRG	Diagnoses Related Groups
DVfR	Deutsche Vereinigung für Rehabilitation
ETM	evidenzbasierte Therapiemodule
Ext	Extension
FBL	Funktionelle Bewegungslehre
Flex	Flexion
GBS	Gschwend, Schreier, Bähler
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
ICD-10	International Classification of Diseases (2016)
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health
95%-KI	95%-Konfidenzintervall
kg	Kilogramm
KTL	Klassifikation therapeutischer Leistungen
KE	Knieextension
KF	Knieflexion
LTM	Long-Term-Memory
m	Meter
MMS	Mini-Mental-State Examination
ROM	Range of Motion (Bewegungsausmaß eines Gelenk)
SCT	Stair Climb Test
SDA	Struktur-Dimensionale-Analyse

---

TEP	Totale Endoprothese
TUG	Timed Up and Go – Test
VAS	Visuelle-Analogskala-Schmerz
WHO	World health organisation

# 1. Einleitung

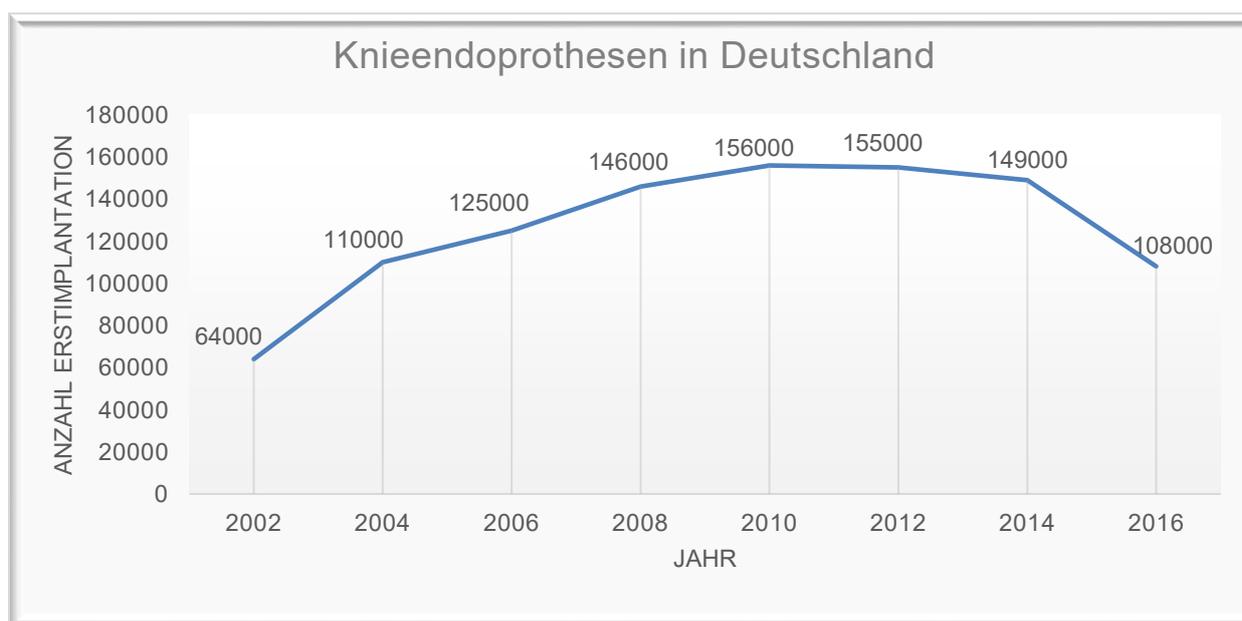
## 1.1 Arthrose

Die Arthrose ist die weltweit am häufigsten auftretende Gelenkerkrankung<sup>1,2</sup>. Sie ist pathogenetisch durch eine chronisch sukzessive Degeneration des Gelenkknorpels und der angrenzenden Strukturen mit schmerzhaftem Funktionsverlust sowie entzündlichen Begleitreaktionen gekennzeichnet<sup>3</sup>. Ätiologisch ist die Arthrose als eine Erkrankung von multifaktorieller Genese aufzufassen, welche häufig durch das Zusammenspiel lokaler als auch systemischer Faktoren entsteht<sup>3-5</sup>. Zusammenfassend ist die Arthrose als kumulatives Ergebnis biologischer und mechanischer Faktoren zu sehen, welche in ihrem Zusammenwirken zu einer Dysbalance von knorpelaufbauenden und -abbauenden Vorgängen führt<sup>6</sup>. Als nicht beeinflussbare Risikofaktoren gelten weibliches Geschlecht, hohes Alter, sowie eine genetische Veranlagung<sup>5,7</sup>. Zu den erworbenen Ursachen zählen Übergewicht, Verletzungen und Operationen, sowie Fehl- und Überbeanspruchung<sup>5</sup>. Hinzu kommen angeborene Form- und Funktionsstörungen, metabolische/endokrinologische Störungen und entzündliche Erkrankungen aus dem rheumatischen Formenkreis<sup>3</sup>. Somit wird die Arthrose je nach Ursache in eine primäre und sekundäre Form unterteilt. Die histopathologische Einteilung der Arthrose erfolgt auf Grundlage des morphologischen Aufbaus des hyalinen Gelenkknorpels aus vier Zonen. In diesem Zusammenhang hat die Osteoarthritis Research Society International ein Grading anhand der vertikalen Ausdehnung des Knorpelschadens und ein Staging mit der horizontalen Schadensausbreitung definiert<sup>8</sup>. Radiologisch kennzeichnet sich die Arthrose durch eine zunehmende Gelenkspaltverschmälerung, osteophytäre Anbauten, subchondrale Sklerosierungszonen und subchondrale Zysten. Das klinische Erscheinungsbild der Arthrose ist geprägt von zunehmendem Belastungs-, Ruhe- und Nachtschmerz, hinzu kommen Bewegungseinschränkung, zunehmende Deformitäten und Instabilitäten. Die arthrotisch veränderten Gelenke führen über den zunehmenden Funktionsverlust und die oft ausgeprägte Schmerzsymptomatik zu erheblichen Einbußen an Mobilität und Lebensqualität für die Betroffenen<sup>9,10</sup>. Daraus und aus ihrer enormen direkten als auch indirekten Kostenverursachung für das deutsche Gesundheitssystem (2008, 7,6 Milliarden € direkte Kosten) resultiert die große sozioökonomische Relevanz der Arthrose<sup>11</sup>. Der Anteil der älteren Bevölkerung und damit der Hauptrisikopopulation wird aufgrund des demografischen Wandels weiter zunehmen, daher muss aktuell von einer noch stärkeren zukünftigen volkswirtschaftlichen Belastung durch die Arthrose ausgegangen werden<sup>12</sup>.

Eine genaue und allgemein gültige Angabe zur Prävalenz und Inzidenz der Arthrose sowohl weltweit, als auch in Deutschland, kann aufgrund einer sehr heterogenen Studienlage nicht gemacht werden<sup>13</sup>. Dies begründet sich zum einen durch die mannigfaltigen Diagnosekriterien und zum anderen durch die häufige Diskrepanz von klinischem und radiologischem Befund. Weiterhin wird eine Vergleichbarkeit der Studien durch ein hohes Maß an Inkonsistenz weiter erschwert<sup>14</sup>. In Deutschland betrug ihre Prävalenz laut aktueller Untersuchungen (bei allen 18-79 Jährigen) ca. 20 %, Frauen sind dabei signifikant häufiger betroffen (22,3 %) als Männer (18,1 %)<sup>15</sup>. Der Prävalenzgipfel liegt bei den 70-79 Jährigen, von denen 50 % der Frauen und 33 % der Männer unter einer Arthrose leiden<sup>16</sup>. Dabei weisen mehr als die Hälfte aller

Arthrosepatienten (53 %) eine Gonarthrose auf<sup>15</sup>. Allein im Jahr 2012 wurde laut DRG-Statistik des Statistischen Bundesamt in 868459 Fällen eine Gonarthrose diagnostiziert<sup>17</sup>. Die Gonarthrose hatte damit einen Anteil von 1 % an allen Krankenhausfällen<sup>18</sup>.

Die Therapie der Arthrose gliedert sich in konservative Behandlungskonzepte, welche physikalische-, funktionelle-, medikamentöse- und diätische Maßnahmen beinhalten sowie operative gelenkerhaltende- und gelenkeretzende Interventionen<sup>3,19</sup>. Im Endstadium der Kniegelenksarthrose bleibt als einzig suffiziente Behandlungsmethode häufig nur die Implantation einer Kniegelenksendoprothese<sup>3,4,19-22</sup>. Mit 154792 Knie-TEP-Erstimplantationen zählte diese Technik 2012 zu den 20 häufigsten operativen Eingriffen in Deutschland<sup>17</sup>. Allein die Kosten für Knie-TEP-Erstimplantation beliefen sich 2009 auf ca. 1,0 bis 1,3 Milliarden Euro<sup>23</sup>. Damit liegt der Anteil bei etwa 17 % an den Gesamtkosten der Arthrosebehandlung in Deutschland. Die Kosten der notwendigen medizinischen Rehabilitation sind davon ausgenommen. Auf Grund des immer jünger werdenden Patientenlientels, der steigenden Lebenserwartung und der relativ begrenzten Haltbarkeit eines künstlichen Kniegelenks, neuere Studien bescheinigen eine Überlebenszeit von ungefähr 20 Jahren, wird auch der Anteil der Wechseloperation in der Kniegelenksendoprothetik zunehmen<sup>24</sup>. Zur Zeit beträgt die Rate an Wechseloperationen nach erfolgreicher Erstprothesenimplantation etwa 8 %<sup>25</sup>.



**Abb. 1.** Anzahl der implantierten Knieendoprothese im zeitlichen Verlauf.

## 1.2 Das Kniegelenk

Das Kniegelenk (Articulatio genus) ist das größte und zugleich am stärksten belastete Gelenk des Körpers. Seine biomechanische und anatomische Komplexität ermöglicht ein hohes Maß an Belastbarkeit und Bewegungsfreiheit bei gleichzeitiger Stabilität. Diese Eigenschaften stellen die Grundvoraussetzungen für einen stabilen Stand und Gang sowie zahlreiche andere Bewegungsformen dar. Daher ist das Kniegelenk im praktischen und symbolischen Sinne ein

Grundpfeiler der menschlichen Mobilität und Lebensqualität. Erkrankt es, hat dies weitreichende Folgen, nicht nur für das muskuloskeletale System. Biomechanisch handelt es sich bei dem Kniegelenk um ein Drehscharniergelenk aus zwei Gelenkkompartimenten, dem Femorotibialgelenk, bestehend aus den mit dem Tibiaplateau artikulierenden Femurkondylen sowie dem Femoropatellargelenk, als Artikulation zwischen Patella und der Trochlea. In der Frontalebene weist es eine natürliche Achsabweichung von bis zu  $6^\circ$  valgus auf. Die Gelenkpartner des Femorotibialgelenks sind in ihrer Form inkongruent zueinander, erst die beiden intraartikulär gelegenen Menisken, schaffen eine gewisse Kongruenz im Gelenk. Darüber hinaus haben sie eine wichtige Stabilisierungsfunktion und verhindern zusammen mit den extraartikulär gelegenen Kreuzbändern ein Abrutschen der Femurkondylen gegenüber dem Tibiaplateau beim sogenannten Rollgleiten, welches durch die Verlagerung des Drehzentrums der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau während der Flexions- und Extensionsbewegung entsteht. Zusätzlich wird das Kniegelenk neben den Menisken und Kreuzbändern auch durch die Kollateralbänder in der Frontalebene passiv stabilisiert. Die Patella dient als Sesambein und Bestandteil des Femoropatellargelenks der Quadriceps- und Patellarsehne als Hypomochlion, und sorgt somit für eine effiziente Kraftübertragung der Quadricepsmuskulatur auf den Unterschenkel. Das Bewegungsausmaß eines gesunden Kniegelenks beträgt für die Flexions-/Extensionsbewegung, gemessen nach der Neutral-Null-Methode,  $0^\circ$ - $5^\circ$ / $0^\circ$ / $120^\circ$ - $150^\circ$ <sup>26</sup>. In Beugstellung sind aufgrund der in dieser Position nicht vollständig gespannten Kollateral- und Kreuzbänder zudem auch Rotationsbewegung mit Innen-/Außenrotation von  $10^\circ$ / $0^\circ$ / $30^\circ$  aktiv möglich. Die aktive Stabilisierung erfolgt über die kniegelenksumgebende Muskulatur, welche sich im Wesentlichen aus dem ventral gelegenen M. quadriceps und dorsal aus der ischiocruralen Muskulatur, sowie dem M. triceps surae und M. popliteus zusammensetzt. Da bei der Implantation einer üblichen Kniegelenktotalendoprothese die Menisken zusammen mit dem vorderen Kreuzband, und somit einem Großteil der stabilitätsbildenden Strukturen entfernt werden, erklärt sich hieraus auch die Bedeutung von verbleibendem aktiven (Muskulatur) und passiven (Bandapparat) Stabilisatoren des Kniegelenks für seine Stabilität und Funktion. Daher ist die Kräftigung der kniegelenksumgebenden Muskulatur in Form der aktiven Bewegungstherapie ein obligatorischer Bestandteil jeglicher Therapiekonzepte der postoperativen Nachbehandlung von Knieendoprothesepatienten<sup>19,27</sup>.

### 1.3 Kniegelenksendoprothetik

Pionier des künstlichen Gelenkersatzes war Themistokles Gluck (1853–1942). Er entwickelte 1890 in Berlin die erste Endoprothese aus Elfenbein und legte somit den Grundstein für die Endoprothetik<sup>28</sup>. Im Jahre 1940 folgte die erste Implantation einer vitalliumlegierten Teilendoprothese für das Kniegelenk durch W. Campbell<sup>19</sup>. Erste erfolgreiche Serienimplantationen einer Kniegelenktotalendoprothese wurden mit der Waldius-Prothese als gekoppelte Scharnierendoprothese 1951 vorgenommen<sup>29</sup>. Eine biomechanische Optimierung des gekoppelten Gelenkersatzes ist durch die 1972 eingeführte GSB- und Blauth Prothese mit variablem Drehzentrum und verbessertem Rollgleiten realisiert worden<sup>30,31</sup>. Mit dem Konzept der Rotationsprothese durch die Endoklinik Hamburg konnten ab 1979 die klinischen und funktionellen Ergebnisse der gekoppelten Knieendoprothesen weiter verbessert werden<sup>30</sup>. Parallel dazu fand durch den erstmaligen Einsatz einer Oberflächenendoprothese als

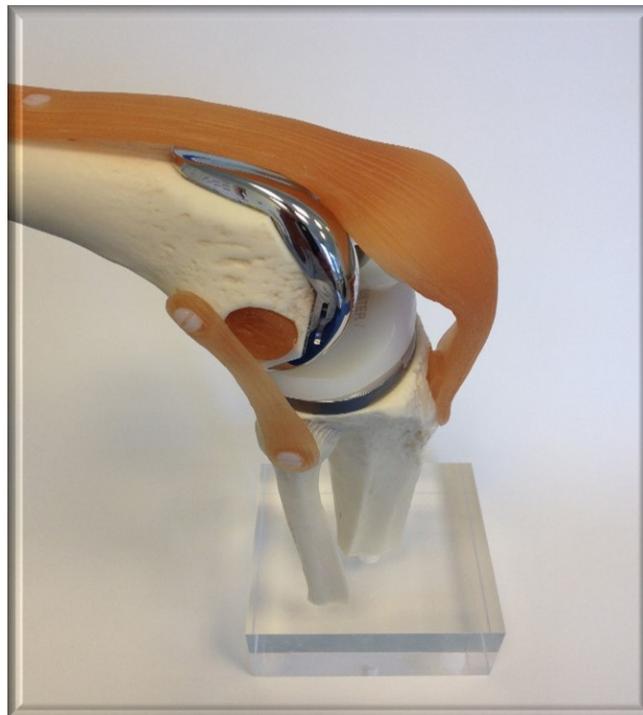
ungekoppeltem Gelenkersatz von distalem Femur(Metall) und proximaler Tibia (Polyethylen), durch Frank Gunston im Jahre 1971, die spezielle biomechanische Physiologie des Kniegelenks besondere Berücksichtigung<sup>32</sup>. Den Durchbruch bei den ungekoppelten Knieendoprothesen brachte die 1974 von John N. Insall konstruierte Total Condylar Prothese<sup>33</sup>. Insall gelang es unter Respektierung funktionell bedeutsamer Bandstrukturen in Kombination mit einer anatomiegetreuen, physiologisch gestalteten Prothese im Modular-Komponenten-Design (halbkreisförmiger Metallsatz der Femurkondylen und Metallsatz des Tibiaplateau mit Polyethyleninlay), die biomechanischen Eigenschaften des Gelenkersatzes und folglich auch die Funktionalität des Implantates zu verbessern<sup>33-35</sup>. Das Resultat seiner Bemühungen waren ein physiologischerer Bewegungsablauf, eine gesteigerte Patientenzufriedenheit sowie verbesserte Langzeitergebnisse seiner Implantate<sup>33-35</sup>.



**Abb. 2.** Röntgen eines arthrotisch veränderten Kniegelenks in 2 Ebenen vor (links) und nach Knie- TEP-Implantation (rechts).

Die Indikation zur Implantation eines künstlichen Kniegelenks wird aus einer Zusammenschau von klinischem und radiologischem Befund sowie dem subjektiven Schmerzleiden des Patienten gestellt<sup>3,4,19-22,36</sup>. Primäre Ziele dieser Therapiemethode sind Schmerzreduktion und die Wiederherstellung von Funktionalität, Mobilität und Lebensqualität<sup>37</sup>. Bei einer schweren Gonarthrose mit entsprechendem Beschwerdebild gilt die Implantation einer Knieprothese als die Behandlungsmethode mit der besten Kosten-Nutzen-Relation<sup>38</sup>. Es ist wissenschaftlich belegt, dass die Implantation einer Knieendoprothese bei korrekter Indikation die Lebensqualität nachhaltig positiv beeinflusst<sup>39</sup>. In Deutschland wird die Qualität der Indikationsstellung zur Implantation einer Knieendoprothese als außerordentlich gut bewertet, so wurde 2008 in 92,7% aller Fälle eine angemessene Indikation gestellt<sup>25</sup>. Dieses Ergebnis spiegelt sich sowohl in der

hohen Patientenzufriedenheit als auch dem guten funktionellen Outcome der Behandlungsmethode wider<sup>25,40–42</sup>. Je nach Indikationsstellung und individuellem Befund sind aktuell unterschiedliche Varianten der Knie-TEP im klinischen Alltag im Einsatz<sup>43</sup>. Am gebräuchlichsten ist die zementierte, achsfreie (ungekoppelte), sogenannte non-constrained Prothese mit bi- oder trikompartimentärem Oberflächenersatz, welche in ihren kinematischen Eigenschaften dem Bewegungsablauf in einem gesunden Knie sehr nahe kommt<sup>19,22</sup>. Sie besteht im Wesentlichen aus einer Kobalt-Chrom-Molybdän legierten, femoralen Komponente, einem Polyethyleninlay und einem metallischem tibialen Anteil als Inlaybasis. Fakultativ kann bei entsprechendem Befund neben der Denervation ein Patellarrückflächenersatz ebenfalls aus Polyethylen vorgenommen werden. Mit zunehmender Bandinstabilität und/oder Achsfehlstellung des Kniegelenks kommen auch semi-constrained Modelle (mit niedrigerem Freiheitsgrad und höherer Stabilität), sowie interkondylär und posterior stabilisierte Varianten zum Einsatz. Die Maximalvariante einer vollstabilisierten, constrained (gekoppelten) Totalendoprothese stellt die Scharnierprothese dar. Die gute Modularität der Implantate erhöht die individuelle Anpassungsmöglichkeit der Prothese an das Kniegelenk des Patienten, ist jedoch auch mit einem größeren technischen Anspruch an den Operateur verbunden. Trotz dieser sehr guten Versorgungsqualität der Kniegelenksendoprothetik in Deutschland sowie der hochentwickelten Materialien und Instrumentarien, bleibt die Implantation einer Knieendoprothese mit einem großen Weichteiltrauma als Folge des operativen Zugangsweges verbunden<sup>44</sup>.



**Abb. 3.** Implantat (Fa. Waldemar Link & Co. KG, Modell Gemini® SL®) einer Knieendoprothese am Modell.

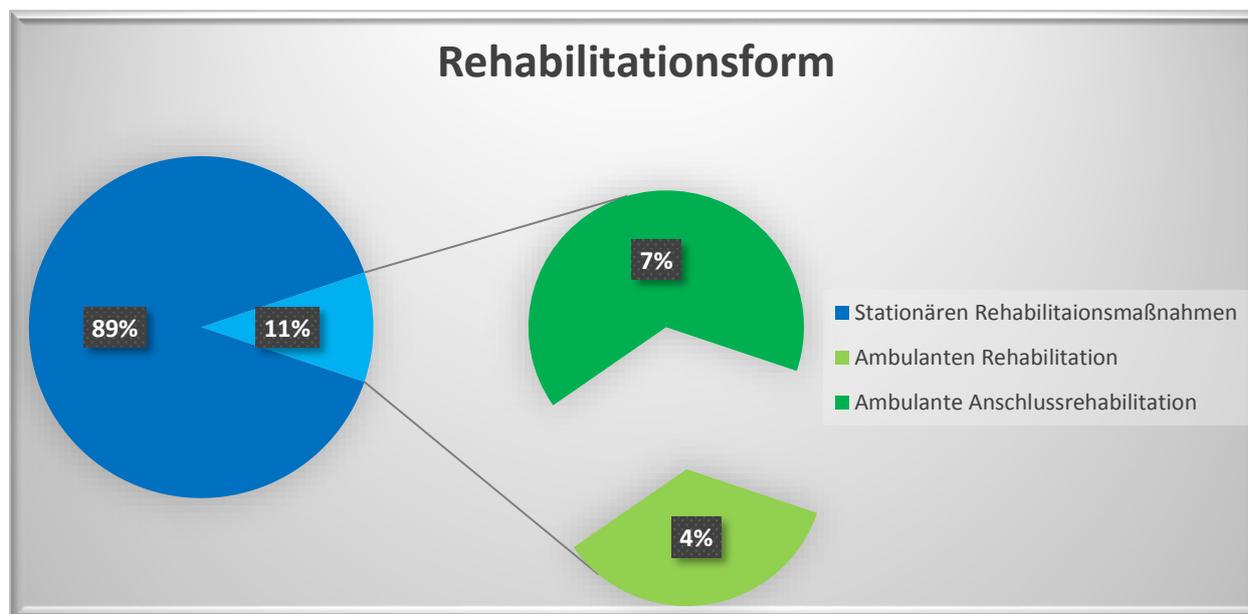
Die zumeist präoperativ bereits bestehenden funktionellen Defizite als Folge der schmerzhaften Reizzustände und der artikulären als auch periartikulären Weichteilkontrakturen sowie der iatrogene Vorgang der Operation selbst, stellen eine potentielle Gefährdung des primären

Therapieziels der Knieendoprothesenimplantation dar. Der Eingriff birgt neben den allgemeinen Operationsrisiken wie einem erhöhten Infektions- und Thromboserisiko sowie Wundheilungsstörungen aufgrund der schlechten Weichteildeckung des Kniegelenks auch die speziellen Gefahren der endoprothetischen Gelenkschirurgie. So kann es als Folge einer Implantatfehlpositionierung der femoralen- und tibialen Implantatkomponente im Sinne von Rotations-, Varus-/Valgusfehler oder eines vermehrten bzw. verminderten Slope zu Bandinstabilitäten, vermehrtem Polyethylenabrieb sowie Subluxationen und Implantatauslockerungen kommen<sup>19,45</sup>. Die Wahl eines zu kleinen femoralen Implantates kann zu einem sogenannten Notching-Defekt führen, welcher wiederum die Frakturgefahr und damit das Risiko einer Endoprothesenlockerung erhöhen kann<sup>46</sup>. Eine iatrogene Nervenläsion, vor allem des Nervus peroneus communis kann intra- und postoperativ auftreten und erhöht durch den Ausfall der Fußhebermuskulatur den Anspruch an eine erfolgreiche Rehabilitation. Die regelhafte Beeinträchtigung von ventraler Oberschenkelmuskulatur, des Streckapparates sowie der Kniegelenkskapsel und -bändern führt außerdem zu einer Störung der propriozeptiven Afferenzen, der Bewegungsfähigkeit des Kniegelenks mit Auswirkungen auf die Funktion<sup>47</sup>. Über eine Aktivierung der protopathischen Sensibilität kommt es zusätzlich zu starken postoperativen Schmerzen, welche den ohnehin schon schmerz- und funktionsbeeinträchtigten Arthrosepatienten zusätzlich belasten und immobilisieren. Somit führt dieser Eingriff über die nachgewiesenen Effekte der sogenannten AMI (arthrogenic muscle inhibition) zu einer persistierenden Beeinträchtigung von Muskelkraft und Mobilität<sup>48-51</sup>. Ein weiteres, häufig beobachtetes Phänomen ist ein Streckdefizit des operierten Kniegelenks, bedingt durch die operationsimmanente Kontraktur der dorsalen Gelenkkapsel, welche bei mangelhafter postoperativer Nachsorge auch in eine Arthrofibrose münden kann<sup>19,45</sup>. Um diesen Kreislauf von Immobilität, Muskelatrophie und Funktionsdefizit zu durchbrechen und langfristige Funktionseinschränkungen und chronische Schmerzzustände zu vermeiden sowie den Therapieerfolg zu sichern, ist eine frühe postoperative Rehabilitation und eine adäquate AHB notwendig und indiziert<sup>19,52-54</sup>. Obwohl die Studienlage zur Wirksamkeit der postoperativen Rehabilitation sehr spärlich ist, kann ein positiver Effekt vor allem in Bezug auf die Quadrizepsschwäche und den sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Kniegelenksfunktion und die allgemeine Mobilität angenommen werden<sup>27,55,56</sup>. Daher hat sich vor allem auch die Physiotherapie in Form der Bewegungs- und Sporttherapie als Teilaspekt der Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation als besonders wirksam in Bezug auf die Wiederherstellung der Kniegelenksfunktion erwiesen<sup>57</sup>. Die Ergebnisqualität der Kniegelenksendoprothetik ist somit zusätzlich abhängig von der Qualität der postoperativen Rehabilitation. Da die meisten Arthrosepatienten funktionell bereits präoperativ eingeschränkt sind, kommt ihr als postoperative Nachsorgemaßnahme ebenfalls eine besondere Bedeutung zu<sup>58</sup>.

## 1.4 Rehabilitation

In Deutschland dient die Rehabilitation im Allgemeinen der Partizipation und Wiedereingliederung von Menschen in Beruf und Sozialleben, nach Unfall und Operation sowie bei Behinderung<sup>59</sup>. Sie erfolgt auf der Grundlage der International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) und dem bio-psycho-sozialen Modell der Gesundheit<sup>60</sup>. Die

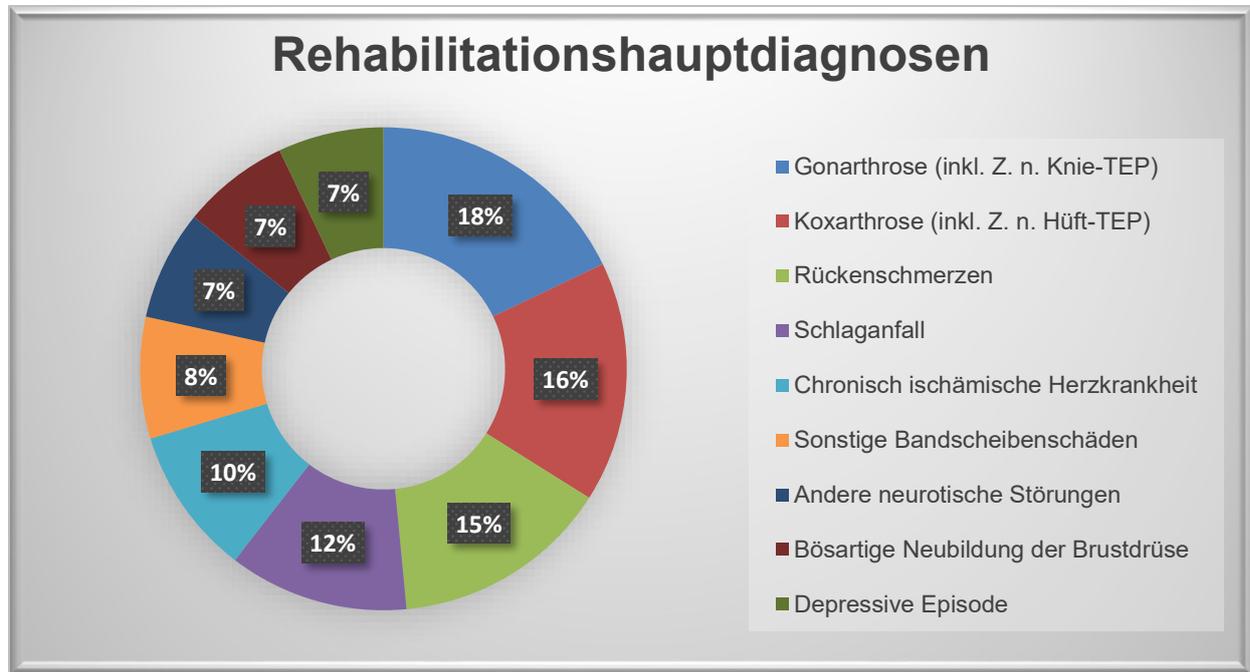
wesentlichen Aspekte zur Beurteilung der Gesundheit des Patienten nach diesem Modell sind hier die allgemeine Aktivität, Körperfunktion und -struktur, Teilhabe und Kontextfaktoren des Patienten. Diese vier Teilkomponenten stehen in Wechselwirkung zueinander und zum Gesundheitszustand des Patienten und erklären gleichermaßen seine Rehabilitationsbedürftigkeit als auch den ganzheitlichen Ansatz der medizinischen Rehabilitation<sup>61</sup>. Daher geht die medizinische Rehabilitation in ihrer Funktion über das reine Erkennen, Behandeln und Heilen einer Erkrankung hinaus und berücksichtigt zudem auch die Interaktion von Gesundheitsproblem und Kontextfaktoren des Patienten und nutzt diese zur Umsetzung der Rehabilitationsziele. Rehabilitationseinrichtungen gliedern sich konzeptionell in drei Teilbereiche, die Kur als Präventionsmaßnahme mit überwiegend passiven Behandlungsmaßnahmen im Hotelambiente, das Heilverfahren bei chronischen Krankheitsbildern und die AHB für Akutpatienten<sup>19</sup>. Die AHB ist bezüglich der Knieendoprothetik die vorherrschende Rehabilitationsmaßnahme. Eine AHB kann in vollstationärer, teilstationärer oder in ambulanter Form absolviert werden. Die Dauer einer AHB beträgt diagnoseabhängig drei bis sechs Wochen<sup>19</sup>. Kostenträger der AHB sind Krankenkassen, Berufsgenossenschaften, Unfallversicherung und die Deutsche Rentenversicherung. Die Ausgaben für alle Vorsorge- und Rehabilitationsmaßnahmen bezifferten sich 2013 auf mehr als 8,7 Milliarden €<sup>11,62</sup>. In Deutschland existieren derzeit etwa 1158 Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen in vornehmlich privater Trägerschaft mit einem Anteil von etwa 366 orthopädisch-/unfallchirurgischen Rehabilitationskliniken<sup>63</sup>. Die Anzahl der Rehabilitationsfälle aller Rehabilitationsmaßnahmen der GKV-Versicherten betrug im Jahr 2013 etwa 720000, davon stellten die ambulanten Rehabilitationsmaßnahmen mit 74300 Fällen, von denen lediglich 48400 als ambulante Anschlussrehabilitation durchgeführt wurden, nur einen Bruchteil dar (Abb. 4.)<sup>63,64</sup>.



**Abb. 4.** Verhältnis von stationärer zu ambulanter Rehabilitation<sup>63,64</sup>.

Die Gesamtkosten der Rehabilitationsmaßnahmen für Arthrosepatienten belaufen sich derzeit auf etwa 900 Millionen €<sup>11</sup>. Mit etwa 112 000 Patienten jährlich (2013) stellten die

Gonarthrosepatienten, welche sich zum überwiegenden Teil aus Knieendoprothesepatienten zusammensetzen, die größte Patienten- beziehungsweise Diagnosegruppe in den Rehabilitationseinrichtungen (Abb. 5.)<sup>64</sup>.



**Abb. 5.** Die häufigsten Rehabilitationshauptdiagnosen in Deutschland<sup>63,64</sup>.

Die Diskrepanz zwischen Anzahl der Knieendoprothesenimplantationen und der Anzahl entsprechender Rehabilitationsteilnehmer verdeutlicht, dass nur etwa 70 % aller Patienten nach Implantation einer Knieendoprothese eine Rehabilitation in Form einer AHB erhalten<sup>19,65</sup>. Die Ursachen hierfür sind vor allem in einer fehlenden Rehabilitationsfähigkeit zu finden. Entscheidend für die Beurteilung der Rehabilitationsfähigkeit sind die Wundverhältnisse bei Entlassung, die Selbstversorgungsfähigkeit, die Mobilität und die Motivation des Patienten. Ist die Rehabilitationsfähigkeit des Patienten nicht gegeben, besteht die Möglichkeit einer sogenannten Kurzzeitpflege, der Betreuung in einem Pflegeheim oder die Versorgung durch Angehörige. Eine Rehabilitationsbedürftigkeit ergibt sich postoperativ aufgrund der funktionellen Defizite bei nahezu jedem Patienten. Wurde die Rehabilitationsfähigkeit, -bedürftigkeit und somit auch die –prognose festgestellt sind die medizinischen Voraussetzungen für die Rehabilitation geschaffen. Die spezielle orthopädische Rehabilitation nach endoprothetischem Kniegelenksersatz verfolgt identische Ziele wie auch schon die präoperativen, konservativen Behandlungsmethoden. Ihre Prioritäten liegen in der Abwendung drohender oder bereits bestehender Beeinträchtigung der Teilhabe am Arbeits- und Sozialleben. Im Vordergrund stehen die weitestgehende Reduktion von Ruhe-, Bewegungs- und Belastungsschmerz, die Wiederherstellung und Verbesserung der Gelenksfunktionalität, die Verbesserung von Mobilität und körperlicher Belastbarkeit sowie der Erhalt von Eigenständigkeit und Berufsfähigkeit<sup>19</sup>. Darüber hinaus gilt es Copingstrategien zu entwickeln, welche dem Patienten zusätzliche Sicherheit im Umgang mit der neuen Lebenssituation geben sollen. Konkret erfolgt die Umsetzung dieser Ziele über die Erstellung eines Rehabilitationsplans, welcher medikamentöse- und passive physikalische Maßnahmen, wie auch aktive

Bewegungsprogramme und eventuelle psychologische und ergotherapeutische Mitbetreuung umfasst<sup>19,66</sup>. Schulungsprogramme sowie Sozialberatung sind zusätzlich im Rehabilitationsplan integriert. Begleitet werden diese Maßnahmen von einer entsprechenden Rehabilitationsdiagnostik und der Dokumentation von Rehabilitationsverlauf und – ergebnissen. Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen an die Leistung der medizinischen Rehabilitation durch den Gesetzgeber im § 26 des SGB IX wurde im Zuge zunehmender Maßnahmen zur Qualitätssicherung im Bereich der medizinischen Rehabilitation auch eine evidenzbasierte Leitlinie als Empfehlung für die spezielle Rehabilitation nach einem künstlichen Kniegelenkersatz, durch die Deutsche Rentenversicherung, einer der Hauptkostenträger der medizinischen Rehabilitation, herausgegeben<sup>66,67</sup>. Diese evidenzbasierten Therapiemodule orientieren sich unter anderem auch am bio-psycho-sozialen Modell der ICF. Das Behandlungsspektrum der therapeutischen Interventionen innerhalb der ETM wird über die KTL-Codes dargestellt. Die KTL der medizinischen Rehabilitation definieren klare quanti- und qualitative Leistungsanforderungen, diese sind jedoch vor allem als therapeutische Entscheidungshilfen zu sehen und sollten bei Bedarf dem individuellen Patientenprofil angepasst werden<sup>68</sup>. Der Geltungsbereich der Reha-Therapiestandards für Knie-TEP-Patienten umfasst sowohl die stationäre-, als auch die ambulante AHB. Die folgende Tabelle soll einen kurzen inhaltlichen Überblick über die ETM und somit auch über die allgemeinen Behandlungsstrategien in der Rehabilitation nach Knieendoprothese geben (Tab. 1.)<sup>66</sup>.

**Tab. 1.** Übersicht zu den evidenzbasierten Therapiemodulen mit dem Mindestanteil der zu therapierenden Patienten in den entsprechenden ETM sowie deren Frequenz und Dauer während der Rehabilitation<sup>66</sup>.

ETM	Bezeichnung	Mindestanteil	Frequenz/Dauer
01	Bewegungstherapie	90%	5x wö./8h
02	Alltagstraining	90%	1x pro Reha/1h
03	Physikalische Therapie	50%	6x pro Reha/4h
04	Patientenschulung TEP	80%	2x pro Reha/1,5h
05	Gesundheitsbildung	80%	1x pro Reha/1h
06	Ernährungsschulung	20%	1x pro Reha/1h
07	Psychologische Beratung und Therapie	10%	1x pro Reha/1h
08	Entspannungstraining	10%	4x pro Reha/3h
09	Sozial- und sozialrechtliche Beratung	30%	1x pro Reha/0,5h
10	Unterstützung der beruflichen Integration	20%	1x pro Reha/0,5h
11	Nachsorge und soziale Integration	50%	1x pro Reha/0,25h

Der zeitliche Rehabilitationsverlauf nach Knieendoprothesenimplantation gestaltet sich dreiphasig, mit einer frühen postoperative Phase vom 1. - 14. postoperativen Tag im Akutkrankenhaus, einer frühen Reha-Phase von der 2. – 6. postoperativen Woche in einer Reha-Klinik sowie einer späten Reha-Phase in der 6.-12. Woche durch den niedergelassenen Facharzt und einer ambulanten physiotherapeutischen Nachbehandlung<sup>19,69</sup>.

#### 1.4.1 Internationale Stellung und historische Entwicklung der Rehabilitation in Deutschland

Mit der Gründung der Deutschen Vereinigung für Krüppelfürsorge am 14. April 1909 im Oscar-Helene-Heim, aus der die heutige Deutsche Vereinigung für Rehabilitation (DVfR) hervorging, wurde der Grundstein für unser heutiges modernes Rehabilitationssystem gelegt<sup>70</sup>. Ihre Gründung verfolgte das Ziel, interdisziplinäre Bemühungen zur Körperbehindertenhilfe in einem Verband zu integrieren. Durch die epidemiologische Vorarbeit von Prof. Dr. Konrad Biesalski und Prof. Dr. Fritz Lange, welche 1906 erstmals die Zählung von körperbehinderten Kindern in Preußen veranlassten, wurde die Notwendigkeit einer organisierten Fürsorge für Menschen mit Behinderung deutlich<sup>70</sup>. In den darauffolgenden Jahren schlossen sich zahlreiche Fürsorgevereinigungen und Verbände der DVfR an und es entstand eine Interessengemeinschaft zur Körperbehindertenhilfe. Bis zum Beginn des ersten Weltkrieges fanden die ersten beiden Kongresse unter der Leitung der DVfR statt. Hier wurden bereits erste gemeinsame Handlungsgrundsätze und Ziele der Körperbehindertenhilfe definiert<sup>70</sup>. Die mit dem ersten Weltkrieg steigende Anzahl an Menschen mit körperlicher Behinderung brachte neue Herausforderungen und Impulse hinsichtlich ihrer Versorgung mit sich. Es wurden zu dieser Zeit etwa 3000 neue Betten in bis dahin bestehenden Einrichtungen zur Versorgung von Körperbehinderten geschaffen<sup>70</sup>. Der weitere Aufbau einer Kriegsbeschädigtenfürsorge durch die DVfR und die DGOT schufen eine neue Struktur, die Organisation und Konzeption der Rehabilitation auch für zivile Betroffene. Durch den Erlass des „Preußischen Gesetzes betreffend die öffentliche Krüppelfürsorge“ am 06.05.1920 übernahm der Staat erstmalig Verantwortung für Menschen mit körperlicher Behinderung und ebnete damit den Weg für eine verbesserte Planmäßigkeit der Rehabilitation<sup>59,70</sup>. Es folgten weitere Reichsgesetze zu öffentlich-rechtlichen Fürsorgeaufgaben. Während der Zeit der Weltwirtschaftskrise und des Nationalsozialismus musste das Rehabilitationssystem massive Einschränkungen hinnehmen, konnte sich seine Struktur und Autonomie jedoch weitgehend erhalten. Nach Ende des zweiten Weltkrieges wurde das Rehabilitationssystem durch den Beschluss des Körperbehindertengesetzes am 27.02.1957 weiter gestärkt und aufgewertet, so sind die Länder verpflichtet worden, die Fürsorge für körperlich behinderte Menschen einheitlich zu gestalten<sup>59,70</sup>. Mit der 1961 vollzogenen Integration dieses Gesetzes in das Bundessozialhilfegesetz wurden Kommunen und Länder letztendlich zu Trägern der Rehabilitationsleistungen. Durch die Bildung der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation entstand im Jahre 1969 eine Institution, welche allgemeingültige Richtlinien und Grundsätze zur medizinischen Rehabilitation definierte und zudem auch konkrete Rehabilitationskonzepte entwickelte<sup>59</sup>. Im Rehabilitationsangleichungsgesetz vom 20.06.1974 versuchte man durch eine rechtliche Vereinheitlichung die Leistungsunterschiede innerhalb der Rehabilitationsleistungen zu nivellieren und die Zuständigkeiten der einzelnen Leistungsträger neu zu ordnen. Bis zur heutigen juristischen und strukturellen Grundlage, dem Neunten Buch des Sozialgesetzes, waren allerdings noch zahlreiche Korrektur- und Nachbesserungsversuche notwendig. Vor allem die ambulante Rehabilitation erfuhr durch die Reform im Zuge des SGB IX eine Aufwertung<sup>71</sup>. Das Konzept der ambulanten orthopädischen Rehabilitation entwickelte sich in den frühen 1990er Jahren. Diese wohnortnahe, das soziale- und berufliche Umfeld erhaltende Therapiemethode, die eine schnelle Reintegration in das Arbeitsleben ermöglichte, war anfänglich vor allem für die gesetzliche Unfallversicherung und gewerbliche Unfallversicherungen, welche als erste Kostenträger in Erscheinung traten, interessant<sup>71</sup>. 1994

wurden dann auf Basis des SGB V durch Berufsgenossenschaften und VdAK mit entsprechenden Reha-Zentren Versorgungsverträge für das Modell der ambulanten medizinischen Rehabilitation geschlossen<sup>71</sup>. Mit der Einführung des Wachstums- und Beschäftigungsförderungsgesetzes von 1996 konnte sich die ambulante Rehabilitation in Form der teilstationären Reha mit den gesetzlichen Rentenversicherungen als Kostenträger endgültig in dem bis dahin stationär dominierten Rehabilitationssystem etablieren<sup>71</sup>. Im darauf folgenden Jahr wurden durch die BAR und die DVfR auf dem 32. DVfR-Kongress zusätzliche Konzepte und Anforderungen zur Weiterentwicklung der ambulanten wohnortnahen Rehabilitation diskutiert und entwickelt<sup>70</sup>.

#### 1.4.2 Spezielle Rehabilitationskonzepte nach Knieendoprothesenimplantation

Durch zahlreichen Qualitätssicherungsmaßnahmen von Gesetzgeber und Kostenträger sowie der Entwicklung von Leitlinien durch die entsprechenden Fachgesellschaften wurde die medizinische Rehabilitation von muskuloskelettalen Erkrankungen und im speziellen die von Knieendoprothesepatienten hinsichtlich Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität auf einem weitgehend hohen Niveau standardisiert<sup>67</sup>.

Die frühe postoperative Phase der Rehabilitation des Knieendoprothesepatienten beginnt mit dem ersten postoperativen Tag im Akutkrankenhaus. Noch am Operationstag wird das Operationsergebnis radiologisch in zwei Ebenen gesichert und somit ein achsgerechter Implantatsitz dokumentiert, ein Abschlussröntgen in zwei Ebenen erfolgt kurz vor Entlassung. Zusätzlich werden über eine Laborkontrolle alle drei bis vier Tage Entzündungsparameter und Blutverlust überwacht. Bei Bedarf kann eine Sonografie Aufschluss über ein postoperatives Hämatom oder eine tiefe Beinvenenthrombose geben. Die wichtigsten medikamentösen Maßnahmen umfassen eine perioperative Infektionsprophylaxe sowie eine bedarfsgerechte Analgesie und Thromboseprophylaxe. Die ersten physiotherapeutischen/physikalischen Interventionen erfolgen am Operationstag mit der postoperativen Lagerung und elastischen Wickelung des Beines in maximaler Extension in einer leicht erhöhten Schaumstoffschiene sowie leichten Anspannungsübungen des M. quadriceps und lokaler Kryotherapie. Ab dem ersten postoperativen Tag wird der Patient zusätzlich in den Sitz an die Bettkante mobilisiert und mit Pendelübungen des Beines und einer passiven Mobilisation in die Kniegelenksflexion durch den Therapeuten beübt. Nach Entfernung der Redon-Drainage erfolgt ab dem zweiten postoperativen Tag eine aktive, schmerzadaptierte, physiotherapeutische Bewegungstherapie mit Mobilisation in den Stand und einer ersten Gangschulung an zwei Unterarmgehstützen bzw. einem Rollator. Zusätzlich sollte dem Patienten als supportive Maßnahmen manuelle Techniken wie Querdehnung der hypertonen Muskulatur, Patellamobilisation und Lymphdrainage verordnet werden. Eine CPM-Schienenmobilisation wird zweimal täglich für 20-30 Minuten empfohlen. Auch ein ADL- und FBL-Training kann bereits ab dem zweiten postoperativen Tag in Kombination mit einer Gangschule ergänzt werden. Zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Akutkrankenhaus wird funktionell ein Bewegungsausmaß von mindestens 0°/5-10°/80-90° Ext/Flex im Kniegelenk angestrebt. Darüber hinaus sollte der Patient auf Flur- und Treppenebene mobil sein und sich größtenteils selbst versorgen können<sup>19,69</sup>. Ab dem ersten postoperativen Tag, aber spätestens nach Abschluss der

Wundheilung (nach Klammer- bzw. Nahtentfernung) kann eine Vollbelastung im 4-Punkte-Gang erfolgen.

Die frühe Rehabilitationsphase beginnt mit der Entlassung aus der Akutklinik und der Aufnahme in eine stationäre Rehaklinik bzw. ein ambulantes Rehabilitationszentrum. Der Patient erhält in jedem Fall eine ausführliche Eingangsdiagnostik zur Rehabilitationsplanung mit der Erfassung des klinischen Befundes. Die Untersuchung wird im Verlauf und bei Abschluss der Rehabilitationsphase erneut vorgenommen. Hierbei werden neben der medizinischen und psychosozialen Anamnese und der allgemeinen körperlichen Untersuchung auch das subjektive Beschwerdebild, die lokalen Wundverhältnisse, die Gelenkfunktionalität inklusive der Bandstabilität, die Mobilität und das Gangbild sowie die periphere Durchblutung und Sensibilität beurteilt. Laborkontrollen erfolgen wie auch schon in der Akutklinik routinemäßig zur Überwachung der Entzündungs- und Gerinnungsparameter. Eine EKG-Diagnostik erhalten alle Patienten über 60 Jahre. Nach der vierten bis sechsten postoperativen Woche erfolgt eine erneute Röntgenkontrolle. Der Patient erhält weiterhin eine Thromboseprophylaxe mindestens bis zum 28. postoperativen Tag<sup>72</sup>. Eine adäquate Schmerztherapie wird gemäß des WHO-Stufenschemas fortgeführt. Die physiotherapeutischen Maßnahmen in dieser Phase beinhalten vier- bis sechsmal wöchentlich krangengymnastische Einzeltherapie für 20-30 Minuten, CPM-Schienen-Anwendung mit anschließendem Übergang zum Ergometertraining ein- bis zweimal täglich für 15-30 Minuten, krankengymnastische Gruppentherapie für 30 Minuten täglich ab der dritten bis vierten postoperativen Woche, gerätgestützte Krankengymnastik bzw. medizinische Trainingstherapie ein- bis zweimal täglich für 15-20 Minuten ebenfalls ab der dritten bis vierten postoperativen Woche<sup>19,69</sup>. Die Balneotherapie kann bereits ab dem siebten postoperativen Tag erfolgen. Da nicht jede Akutklinik über ein Schwimmbad verfügt, beginnt sie in der Regel erst in der Rehabilitationsklinik oder dem Rehabilitationszentrum. Je nach Patient wird sie als Gruppen- oder Einzeltherapie drei- bis fünfmal pro Woche für 30 Minuten durchgeführt. An physikalischen Maßnahmen erhält der Patient weiterhin eine Kryotherapie zwei- bis viermal am Tag für 10-15 Minuten, Lymphdrainage drei- bis fünfmal pro Woche für 20-30 Minuten, Wickel, Packungen und Güsse bis zu einmal täglich<sup>19,69</sup>. Massagen und Ultraschall-/Elektrotherapie werden in Einzelfällen ergänzend verordnet. Bei persistierenden Problemen kann auch eine ärztliche Behandlung in Form von Akkupunktur, Infiltrationsbehandlung oder Chirotherapie notwendig sein. Flankierend erfolgen Ergotherapie und orthetische Versorgung der Patienten bei Bedarf. Die theoretischen Schulungen wie Endoprothesenschulung, Diätberatung, Reha- und Sozialberatung sowie Gesundheitsbildung und psychologische Beratung werden als Vorträge oder Referate in Seminarform in die Rehabilitation einbezogen. Die Behandlungsziele nach Beendigung der Frührehabilitation fünf bis sechs Wochen nach Kniegelenkersatz umfassen: eine weitgehend schmerzfreie Vollbelastung des operierten Beins, ein Bewegungsausmaß von 0°/0°-5°/110°-120° Ext./Flex, Verbesserung der Lebensqualität, Beherrschung der ADL und Fortbewegung auf Zimmerebene ohne Gehhilfen und psychosoziale Reintegration. Freies, sicheres Gehen ohne Hilfsmittel sollte nach acht bis zwölf Wochen postoperativ erreicht sein<sup>19,69</sup>. Eigenständiges Autofahren wird dem Patienten nach allgemeinem Expertenkonsensus ab der achten bis zwölften postoperativen Woche empfohlen<sup>19,69</sup>.

Die Entlassung des Patienten aus der stationären- bzw. ambulanten frühen Rehabilitation in der fünften bis siebenten postoperativen Woche markiert den Übergang in die späte Reha-Phase. Die weitere Behandlung des Patienten sowie die Koordination weiterführender Maßnahmen obliegt dem niedergelassenen Orthopäden/Unfallchirurgen. Die fortlaufende Verordnung einer physiotherapeutischen Behandlung inklusive einer gerätegestützten Krankengymnastik 1-3 mal wöchentlich wird für bis zu drei Monate postoperativ empfohlen<sup>19,69</sup>. Nach dieser Zeit sollte sich der Patient zur erneuten Befundkontrolle beim Operateur vorstellen. Im weiteren Verlauf wird ein jährlicher ärztlicher Kontrollbesuch und ein funktionelles Kraftausdauertraining für ein- bis dreimal wöchentlich empfohlen<sup>19</sup>. Während des gesamten Rehabilitationsverlauf sowie nach Abschluss der Rehabilitation ist bei verbleibenden funktionellen Defiziten auf eine suffiziente Hilfsmittelversorgung zu achten<sup>19,69</sup>.

#### 1.4.3 Besonderheiten der ambulanten AHB bei Knie-TEP- Patienten

Im klinischen Alltag der endoprothetischen Versorgung wird angestrebt, die Patienten nach Abschluss der Akutbehandlung direkt in eine Rehabilitationsklinik zu verlegen. Obwohl die ambulanten orthopädischen Rehabilitationszentren hinsichtlich ihrer Struktur- und Prozessqualität sowie den Grundsätzen ihrer Behandlung (Komplexität, Interdisziplinarität, Individualität) den stationären Rehabilitationskliniken mindestens ebenbürtig, teilweise sogar überlegen sind, bleiben sie als AHB bei endoprothetischer Versorgung immer noch die Ausnahme<sup>61,64,73-75</sup>. So finden nach Schätzungen der AOK Baden-Württemberg nur etwa 10% der Knie-TEP-Patienten den Weg in die ambulante AHB<sup>27</sup>. Der wesentliche Unterschied von ambulanter und stationärer AHB findet sich in dem Patiententransfer der ambulanten Leistungsnehmer vor Therapiebeginn und nach Therapieende zwischen Häuslichkeit und Therapieeinrichtung. So sind auch die Abläufe und Versorgungsprogramme der einzelnen Rehakliniken und -zentren untereinander auf Grund der zahlreichen Qualitätssicherungsprogramme und Reha-Leitlinien der Rentenversicherer und der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation weitgehend standardisiert und unterscheiden sich nur noch marginal<sup>61,66,67</sup>. Eine genaue Dokumentation und Vergleichbarkeit der Therapieleistungen von ambulanter und stationärer Rehabilitation wird vor allem auch durch die bereits erwähnten KTL und ETM möglich. Wissenschaftlich konnte das allgemein hohe Qualitätsniveau der ambulanten Rehabilitation konkret für den Bereich der muskuloskeletalen Erkrankungen bereits bestätigt werden<sup>76,77</sup>. Auch hinsichtlich der Patientenzufriedenheit sind beide Leistungsformen vergleichbar<sup>74</sup>. Deutliche Differenzen von ambulanter und stationärer Rehabilitation zeigen sich vor allem im Bereich der Therapieleistungen, wobei besonders die Bewegungs-, Sport- und Physiotherapie in der ambulanten Reha eine höhere Einsatzdichte aufweist<sup>74,75</sup>. Ein weiteres allgemeines Unterscheidungsmerkmal beider Leistungsformen sind die Charakteristika ihres Patientenlientels. Die Rehabilitanden der ambulanten Reha sind im Durchschnitt jünger und weisen eine geringere psychische Komorbidität auf<sup>74</sup>. Der Anteil der ambulanten orthopädischen Rehabilitation an allen orthopädischen Rehabilitationen liegt bei ungefähr 15% und scheint in den letzten Jahren kontinuierlich zu steigen<sup>74</sup>. Der Anteil der ambulanten orthopädischen Rehabilitation an allen ambulanten Rehabilitationen liegt hingegen bei 61%<sup>75</sup>. Die Diskrepanz beider Zahlen verdeutlicht gleichermaßen Wachstumspotential und die Bedeutung der ambulanten Rehabilitation für den orthopädischen Versorgungsbereich.

Die ambulante Rehabilitation der immer jünger werdenden Knie-TEP-Patienten ist durch deren stark wachsende Zahl, infolge des demographischen Wandels und der steigenden Anzahl von Knieendoprothesenimplantationen, und der sich daraus ergebenden vermehrten Beanspruchung des Gesundheitswesens, zunehmend zu einer wichtigen Ressource im Bereich der Rehabilitation bei muskuloskeletalen Erkrankungen geworden. Vor allem jüngere, noch berufstätige Patienten profitieren von diesem Rehabilitationsmodell, da hier gegenüber der stationären AHB eine schnelle, individuelle und flexible Wiedereingliederung in den Alltag möglich ist<sup>74</sup>. Dies gelingt durch eine frühe Reintegration in das Wohnumfeld, die Nutzung integrationsfördernder sozialer Netzwerke, eine stärkere Aktivierung des Selbsthilfepotentials, eine erleichterte Kontaktaufnahme zum Arbeitsumfeld und eine stufenweise Wiedereingliederung in den Arbeitsprozess<sup>61</sup>. Für die Nutzung dieser genannten Kontextfaktoren hat die ambulante AHB gegenüber der stationären Rehabilitation eine herausragende Bedeutung<sup>78</sup>. Die Kontextfaktoren können als sogenannte Förderfaktoren einen positiven Einfluss auf den Rehabilitationsverlauf haben<sup>79</sup>. Bei der klassischen wohnortfernen, stationären AHB können einige dieser positiven Kontextfaktoren nicht genutzt werden. Letztendlich bleibt die ambulante orthopädische Rehabilitation besonders in urbanen Gebieten für jüngere noch berufstätige Patienten eine sinnvolle Alternative zur stationären orthopädischen Rehabilitation<sup>74</sup>. Vor allem auch aus sozioökonomischen Gesichtspunkten ist die ambulante Rehabilitation eine Rehabilitationsform mit noch weitgehend ungenutztem Potential<sup>80</sup>.

## **2. Problemstellung und Zielsetzung**

### **2.1 Ambulante Rehabilitation nach Knie-TEP-Implantation - Die ungenutzte Ressource**

Da die medizinischen Rehabilitationswissenschaften als eigener Forschungszweig noch verhältnismäßig jung sind, ist die Verfügbarkeit wissenschaftlicher Arbeiten zu diesem Thema relativ übersichtlich. Bezüglich der Ergebnisqualität einer medizinischen Rehabilitation nach Knie-TEP-Versorgung finden sich bis auf wenige Ausnahmen für die stationäre und ambulante Reha lediglich getrennte Wirksamkeitsuntersuchungen. Die Übersichtsarbeiten zur etablierten stationären Rehabilitation zeigen gute bis sehr gute Resultate nach stationärer AHB im Zustand nach Implantation einer Knieendoprothese<sup>81-83</sup>. Auch neuere Untersuchungen im ambulanten Rehabilitationssektor belegen signifikant positive Ergebnisse im Rehabilitationsverlauf<sup>84,85</sup>. Vergleichsstudien hinsichtlich der Effektivität beider rehabilitativer Leistungsformen nach Knie-TEP-Implantation existieren lediglich in Form einer auf subjektiven Kriterien beruhenden randomisierten Vergleichsarbeit, deuten jedoch eine Überlegenheit der ambulanten Reha bei Knie-TEP-Patienten an<sup>86</sup>. Im internationalen Vergleich stellt die stationäre Rehabilitationsform nach Knie-TEP-Implantation allerdings eine absolute Besonderheit dar. In den U.S.A, in den gemessen an den relativen Zahlen in etwa ähnlich vielen Patienten eine Knieendoprothese implantiert wird wie in Deutschland, erhalten die Patienten nach einem stationären Aufenthalt von drei bis vier Tagen lediglich eine ambulante orthopädische Rehabilitation. Einige

Untersuchungen haben sogar die Notwendigkeit einer ambulanten Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation in Frage gestellt und zeigen vergleichbare Ergebnisse nach einem einfachen Hausübungsprogramm<sup>87,88</sup>.

Die Forderung ambulanter vor stationärer Rehabilitation seitens GKV und Gesetzgeber gilt als Rehabilitationsgrundsatz auch für die orthopädische Rehabilitation. Trotz der bereits erläuterten guten Versorgungsqualität der ambulanten orthopädischen Rehabilitation ist die allgemeine Akzeptanz hauptsächlich bei Patienten, aber auch bei Ärzten und Sozialarbeitern für diese Leistungsform, insbesondere nach endoprothetischem Kniegelenkersatz, noch immer sehr niedrig. So liegt der Anteil der ambulanten Rehabilitationskosten an allen Rehabilitationskosten von GKV und Rentenversicherung zwischen sechs und acht Prozent<sup>80</sup>. Aufgrund stetig steigender Ausgaben im Gesundheitswesen und bereits belegter qualitativer Konformität von ambulanter und stationärer Rehabilitation erhöht sich angesichts mehrerer Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit beider Leistungsformen der Legitimationsdruck auf den Indikationsbereich der stationären AHB nach Knie-TEP-Implantation<sup>74–76,89–91</sup>. Das Einsparungspotential speziell für den Indikationsbereich der Rehabilitation nach Knie-TEP-Implantation ist auf Grundlage der bereits genannten Zahlen enorm. Eine zur stationären Reha vergleichbare Struktur- und Prozessqualität der einzelnen ambulanten orthopädischen Reha-Zentren ist bereits mehrfach bestätigt worden<sup>92,93</sup>. Vergleichende Untersuchungen zur Ergebnisqualität von stationärer und ambulanter Reha sind bisher vor allem für den allgemeinen Indikationsbereich muskuloskeletale Erkrankungen durchgeführt worden<sup>92,93</sup>. Als argumentative Grundlage für einen Paradigmenwechsel in der Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation ist die Ergebnisqualität von ambulanter und stationärer Reha bisher nicht bekannt<sup>91</sup>. Auf Grundlage dieser Fragestellung entstand die klinische Studie zur Untersuchung der *Effektivität von stationärer und ambulanter Rehabilitation bei Patienten nach Knieendoprothesen-Implantation*. Als Nullhypothese der vorliegenden Arbeit wird daher festgelegt, dass die ambulante Rehabilitation der stationären Rehabilitation nach Knie-TEP-Implantation bezüglich ihrer Wirksamkeit nicht unterlegen ist.

Das Ziel dieser Studie war es, vor dem Hintergrund des bereits o.g. demographischen Wandels mit einem konsekutiv steigendem Aufkommen an Arthrosepatienten und dem damit verbundenem wachsenden Rehabilitationsbedarf sowie folglich erhöhtem Kostendruck innerhalb des deutschen Gesundheitssystems, eine wirksame Rehabilitationsalternative zur stationären AHB nach Knie-TEP-Implantation aufzuzeigen. Es wurden folgende Alternativhypothesen aufgestellt:

- 1) Die stationäre AHB ist der ambulanten AHB bei Knie-TEP-Patienten hinsichtlich der allgemeinen körperlichen Aktivität während und nach der Rehabilitation überlegen.
- 2) Die stationäre AHB ist der ambulanten AHB bei Knie-TEP-Patienten hinsichtlich der Fähigkeit zur Treppenbewältigung überlegen.
- 3) Die propriozeptiven Fähigkeiten der Knie-TEP-Patienten sind nach stationärer AHB besser als nach ambulanter AHB.

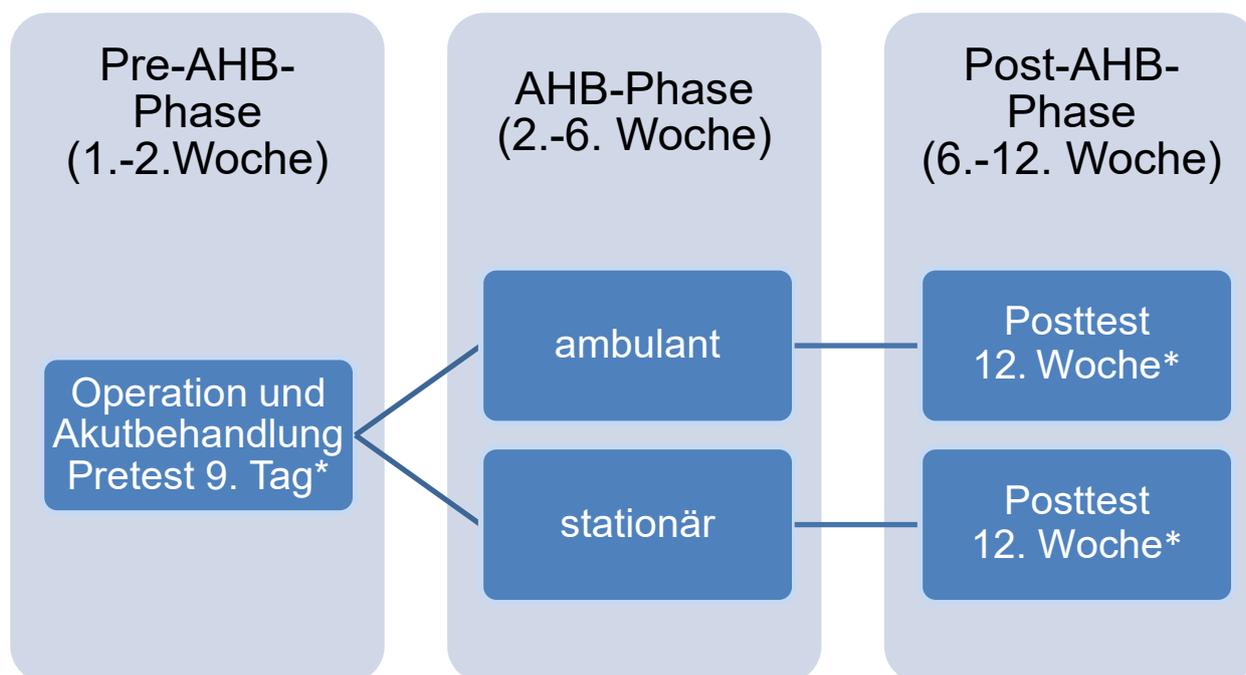
- 4) Patienten mit Knie-TEP verfügen nach stationärer AHB über ein größeres ROM als nach ambulanter AHB.
- 5) Gang und Gangfähigkeit ( $CV_{\text{Schrittlänge}}$ ) von Patienten mit Knie-TEP ist nach stationärer AHB besser als nach ambulanter AHB.
- 6) Patienten mit Knie-TEP haben nach stationärer Reha weniger Schmerzen im operierten Knie als nach ambulanter Reha.

Alle bisherigen wissenschaftlichen Untersuchungen zur Ergebnisqualität der Rehabilitation erfolgten auf Basis subjektiver Fragebögen zur Lebensqualität, Schmerz und Funktionalität sowie einfacher klinischer Untersuchungen. Deshalb sind die objektivierbaren, komplexen biomechanischen Assessments ein methodisches Alleinstellungsmerkmal der vorliegenden Studie.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1 Studiendesign**

In der vorliegenden Kohorten-Studie handelt es um eine aktiv-kontrollierte, quasi-experimentelle, klinische Interventionsstudie im Parallelgruppen-Design. Eine Randomisierung war auf Grund der Art der Intervention nicht möglich, da die Wahl der Rehabilitationsform nach Knieendoprothesenimplantation keiner konkreten medizinischen Indikation unterliegt und dem Patienten in Deutschland von Seiten der Krankenversicherer freisteht. Untersucher, wie auch Patienten waren nicht verblindet. Die Studie wurde von der Ethikkommission Rostock und Berlin zustimmend bewertet (A 2014-0027). Die zwei Untersuchungsgruppen gliederten sich in Patienten mit ambulanter Rehabilitation, sowie stationärer Rehabilitation. Für die Untersuchungen ergaben sich jeweils zwei Messzeitpunkte. Der Pretest erfolgte vor der Rehabilitationsmaßnahme am neunten postoperativen Tag. Der Posttest schloss sich drei Monate nach Beendigung der Rehabilitation an. Als primäre Ergebnisgröße fungierte das physische Aktivitätsniveau.



**Abb. 6.** Flussdiagramm zum ESAR-Studiendesign; AHB (\*postoperativ).

### 3.2 Stichprobe

Haupteinschlusskriterium in die Studie war die Indikation zur Knieendoprothesenimplantation und der konsekutive Einsatz eines ungekoppelten bikondylären Oberflächenersatzes. Das Patientenkollektiv setzte sich aus 50- bis 80 jährigen Gonarthrosepatienten im Zustand nach primärer Implantation einer Knieendoprothese zusammen. Ausschlusskriterien stellten schwere chronische und progrediente Begleiterkrankungen, ein BMI größer 40, eine aktive oder vermutete Infektion, eine hochgradige Coxarthrose, eine akute Wirbelsäulenerkrankung, ein neurosensorisches- oder neuromotorisches Defizit, der Ersatz eines weiteren Gelenks der operierten-, bzw. der Gegenseite innerhalb des letzten Jahres, sowie maligne Erkrankungen des Patienten. Es ergab sich eine Gesamtstichprobenzahl von 42 Patienten. Die Studie ist multizentrisch aufgebaut und alle Patienten wurden in der orthopädischen Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Rostock, der Klinik für Orthopädie, Unfallchirurgie und Handchirurgie des Klinikum Südstadt Rostock sowie der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des HELIOS Klinikums Emil von Behring GmbH Berlin rekrutiert. Eine Studienaufnahme erfolgte nach Prüfung der kognitiven Funktion durch den Untersucher und nach schriftlicher Einverständniserklärung durch den Patienten.

### 3.3 Gruppeneinteilung nach Art der Intervention

Die Patienten wurden nach der operativen- und postoperativen Versorgung in der jeweiligen Akutklinik je nach Patientenwunsch, unter Mitarbeit eines Sozialdienstes, einer der beiden Rehabilitationsformen zugeordnet. Eine Randomisierung erfolgte nicht, da die Wahl der Rehabilitationsform dem Patienten freisteht. Bei einer deutlichen Präferenz der stationären AHB sowie mangelhafter Evidenz wäre eine Zwangs-Randomisierung aus ethischen

Gesichtspunkten somit nicht vertretbar gewesen. Die Patienten der aktiven Kontrollgruppe erhielten eine stationäre AHB über einen Zeitraum von drei Wochen in einer entsprechenden Rehabilitationsklinik. Die Interventionsgruppe nahm an einer ambulanten AHB teil, welche über einen identischen Zeitraum in einem wohnortnahen Rehabilitationszentrum durchgeführt wurde. Die Zeit vor und nach entsprechender Intervention verbrachten die Patienten der ambulanten Gruppe in der häuslichen Umgebung. Inhalt, Anzahl und auch Gesamtumfang der einzelnen Therapieformen sind in Tabelle 2 für die jeweilige Rehabilitationsform aufgeführt.

**Tab. 2.** Anzahl und Inhalt der Therapieeinheiten während der dreiwöchigen Rehabilitationsphase von stationärer und ambulanter AHB. Alle Werte dargestellt als Mittelwert mit dazugehöriger Standardabweichung.

Therapieeinheit	Ambulante Gruppe (n=16)	Stationäre Gruppe (n=26)
KG-Einzelbehandlung	8.3 (1.3)	10.0 (0.0)
Gruppentherapie	8.8 (0.4)	9.0 (0.0)
Gangschule	8.3 (1.3)	7.0 (0.0)
Bewegungsbad	8.5 (0.9)	6.0 (0.0)
Fahrradergometer	9.8 (4.0)	7.0 (0.0)
Passive Motorschiene	14.0 (1.8)	7.0 (0.0)
Medizinische Trainingstherapie	9.0 (0.0)	6.0 (0.0)
Manuelle Lymphdrainage	8.5 (0.0)	13.0 (0.0)
Patientenschulung	3.5 (0.9)	5.0 (0.0)
Physikalische Therapie	4.8 (1.3)	13.0 (0.0)
Gesamtanzahl der Interventionen	83.3	83.0

Anmerkung: KG, Krankengymnastik

### 3.4 TEP-Implantation, Mobilisation und Schmerzmanagement in der Akutklinik

Alle Patienten erhielten einen ungekoppelten (non-constrained), bikondylären Oberflächenersatz mit zementierter femoraler und tibialer Prothesenkomponente sowie einem Polyethyleninlay. In den drei Rekrutierungszentren wurden baugleiche Prothesentypen von je zwei unterschiedlichen Herstellern mit identischen biomechanischen Eigenschaften verwendet (Klinik 1: GEMINI® SL®, Fa. Waldemar Link GmbH & Co. KG, Hamburg, Deutschland; Klinik 2 und 3: e.motion®, Fa. Braun Melsungen AG, Melsungen, Deutschland). Die Implantation der Prothesen erfolgte bei allen Studienteilnehmern über einen standardisierten chirurgischen Zugangsweg (anteromedial, parapatellar) nach Payr. Das postoperative Schmerzmanagement erfolgte für alle Probanden nach dem WHO-Stufenschema und bei Bedarf ergänzend mit einem Femoralisblock, 3 in 1 Block oder Periduralkatheter. Die postoperative Mobilisation wurde an zwei Unterarmgehstützen ab dem ersten postoperativen Tag unter Vollbelastung und physiotherapeutischer Anleitung durchgeführt. In der Akutklinik erhielten die Patienten täglich eine 25- minütige physiotherapeutische Übungsbehandlung als auch eine 30-minütige Einheit in

einer CPM-Schiene. Eine Thromboseprophylaxe erfolgte mit niedermolekularem Heparin und Thrombosestrümpfen.

### 3.5 Untersuchungsmethodik

#### Timed Up and Go-Test

Bei dem TUG handelt es sich um einen klinischen Test zur Beurteilung des Körpergleichgewichts und der Mobilität, und dem damit verbundenem Sturzrisiko<sup>94</sup>. Hierzu wurde der Proband auf einem Stuhl mit Armlehnen gesetzt (Sitzhöhe: 48 cm; Armhöhe 68 cm). In einer geraden Linie vor dem Stuhl wurde in drei Meter Entfernung ein Punkt auf dem Boden markiert. Die Aufgabe bestand für den Studienteilnehmer darin aufzustehen, zum markierten Punkt zu gehen, sich zu drehen, zurückzugehen und sich anschließend wieder zu setzen. Dieser Vorgang wurde zweimal durchgeführt und mit einer handelsüblichen Stoppuhr (Kienzle, Hamburg, Deutschland) dokumentiert. Die beste Zeit aus beiden Versuchen wurde für die Datenanalyse herangezogen. Gehstützen waren als Hilfsmittel erlaubt. Der Test zeigt neben einer hohen Reliabilität sowie Validität auch eine gute Sensitivität und Spezifität als Prädiktor für ein erhöhtes Sturzrisiko. Demnach sind Patienten mit einer Zeit im TUG von über 14 Sekunden besonders sturzgefährdet<sup>95</sup>. Der TUG ist eine einfach zu erhebende Messgröße zur Verlaufsbeurteilung der Funktionalität des Kniegelenks, und dem damit verbundenen Rehabilitationserfolg.

#### Ganganalyse

Die Ganganalyse erfolgte mit Hilfe des OptoGait® (Microgate, Bolzano, Italy). Das OptoGait® ist ein videogestütztes Messsystem zur quanti- und qualitativen Ganganalyse. Der Gang des Patienten wurde mit Hilfe einer sendenden und einer empfangenden parallel ausgerichteten Balkenleiste, sowie den darin enthaltenen Leuchtdioden räumlich und zeitlich dargestellt<sup>96,97</sup>. Durch die große Anzahl an Leuchtdioden pro Meter gelingt eine hohe Diskrimination des Gangbildes<sup>96</sup>. Der Proband durchlief hierzu eine sechs Meter lange Gangstrecke mit je zwei Familiarisierungs- und fünf Testdurchläufen. Die Patienten gingen jeweils 2 m vor und nach der Messstrecke. Die Gangintervalle wurden ohne Pausen absolviert. Der Abstand zwischen den beiden Balkenleisten betrug 1 m. Die Probanden wurden angehalten eigenes, geschlossenes Schuhwerk zu tragen, welches eine Absatzhöhe von 3 cm nicht überschreiten sollte. Die Bedeutung des Gangs als primäre Größe des klinischen Outcomes ergibt sich aus einer positiven Korrelation eines inhomogenen Gangbildes, objektivierbar durch eine gemessene Gangvariabilität (CV), und dem Sturzrisiko des Patienten<sup>98,99</sup>. Bedeutende Messgrößen des Gangs sind die Schrittlänge, -geschwindigkeit und Schritt-zu-Schritt-Variabilität (Variationskoeffizient:  $CV = \text{Standardabweichung} / \text{Mittelwert} \times 100$ ). Weiterhin analysiert wurden die Schwungphase und die Ein- und Zweibein- Standphase. Dargestellt wurde der Mittelwert der jeweilige Messgröße aus allen fünf Versuchsdurchläufen. Die Daten wurden

größenadaptiert sowohl mit Hilfe der OptoGait-Software (Version 1.8.0.0., Microgate, Bolzano, Italy) als auch Excel 2007 (Microsoft Inc., Seattle, WA, USA) ausgewertet. Eine hohe Validität und Reliabilität dieser Messmethode konnte für orthopädische Patienten bereits bewiesen werden<sup>96,97</sup>.



**Abb. 7.** Optogait® Ganganalyse-System©

### Stair Climb Test

Der Stair Climb Test dient zur direkten Überprüfung der Treppensteigfähigkeit des Patienten. Darüber hinaus gibt er Auskunft über die Kraft- und Gleichgewichtsfähigkeit der Beine und gilt als goldener Standard zur allgemeinen Bestimmung der Beinfunktionalität, daher stellt er auch einen indirekten Indikator der Kniegelenksfunktion dar<sup>100,101</sup>. Hierzu wurde der Patient unter Zeitnahme aufgefordert so schnell und so sicher wie möglich eine fest definierte Anzahl an Treppenstufen (Anzahl Treppenstufen: 8; Stufenhöhe: 17,5 cm) mit Geländerführung herauf- und ohne Pause wieder herabzusteigen. Eine Gehstütze als Hilfsmittel war gestattet. Die Zeit wurde mittels einer handelsüblichen Digitalstopuhr (Kienzle, Hamburg, Deutschland) bestimmt. Für die Datenanalyse wurde der beste von zwei Versuchsdurchläufen berücksichtigt.

### Struktur-Dimensionale-Analyse Motorik (LTM-Repräsentation)

Die SDA-Motorik stellt eine suffiziente Methode zur Erfassung der kognitiven Bewegungsrepräsentation dar<sup>102-104</sup>. Sie kann zur mentalen Darstellung fehlerhafter Bewegungsmuster genutzt werden<sup>102-104</sup>. Grundlage dieser Methode ist die Annahme, dass zu jedem Bewegungsablauf bestimmte mentale Handlungskonzepte in Form der sogenannten

Basic Action Concepts existieren. Diese Basic Action Concepts bilden somit die kognitive Basis für komplexere motorische Bewegungsabläufe<sup>105</sup>. Es fand sich weiterhin ein direkter Zusammenhang zwischen den einzelnen Phasen eines komplexeren Bewegungsablaufs und den Basic Action Concepts<sup>106</sup>. Der Gangzyklus wird in diesem Zusammenhang als ein solch komplexer Bewegungsablauf aufgefasst. Die einzelnen Phasen des Gangzyklus wurden dem Patienten nun mit Hilfe eines Computerprogramms in nicht chronologischer Reihenfolge paarweise als einzelne Knotenpunkte innerhalb des Gangzyklus visuell auf einem 19 Zoll-Monitor dargestellt. Die Aufgabe bestand darin, in mehreren Durchgängen einen Referenzknotenpunkt des Gangzyklus mit mehreren unsystematisch aufeinander folgenden Knotenpunkten auf individuell präferierte Ähnlichkeitskriterien in Abhängigkeit zum Gangzyklus zu vergleichen. Hierzu ordnete der Patient in mehreren Durchgängen die auf dem Bildschirm präsentierten Zyklusphasen im Vergleich zur Referenzzyklusphase mit Hilfe der Computertastatur als ähnlich oder unähnlich zu. Dem Patienten wurde vor der Analyse eine Grafik des kompletten Gangzyklus vorgelegt, welche ihm nach kurzer Zeit wieder entzogen wurde. Durch diese Clusterung kann man mit Hilfe des Split-Verfahrens die einzelnen Knotenpunkte in einen Zusammenhang bringen. Mit dieser euklidischen Abstands-Skalierung wird durch das Computerprogramm aus der Summenmatrix eine Distanzmatrix errechnet, welche durch eine anschließende Clusteranalyse die grafische Darstellung in einem Dendrogramm ermöglicht. Eine zusätzliche Invarianzanalyse ermöglicht eine statistische Auswertung der Daten und macht diese so vergleichbar. Dadurch können Rückschlüsse von der mentalen Bewegungsrepräsentation des Gangbildes auf das unmittelbare Gangbild des Probanden gezogen werden und eventuelle Auffälligkeiten und Zusammenhänge im funktionellen Outcome besser interpretiert werden.

## **Bewegungsausmaß**

Die Dokumentation des Bewegungsausmaßes eines Gelenks stellt in Form des standardisierten ROM ein obligatorisches Mittel zur objektiven Beurteilung der Gelenkbeweglichkeit und dessen Funktionalität dar. Das Bewegungsausmaß dient weiterhin der Verlaufsbeobachtung des postoperativen Ergebnisses sowie der Therapieplanung bei der anschließenden Rehabilitation<sup>107</sup>. Das Ausmaß der Kniegelenksbeweglichkeit ist zudem nicht nur ein wichtiger Qualitätsparameter bei dem klinischen Outcome nach TEP- Implantation, sondern stellt auch ein direktes Korrelat zur allgemeinen Patientenzufriedenheit, Lebensqualität und den ADL dar<sup>108,109</sup>. Zur umfassenden Protokollierung des Bewegungsumfangs im Kniegelenk sind nur die Flexion und Extension von klinischer Bedeutung. Es wurde die Kniegelenksflexion/-extension nach der Neutral-Null-Methode gemessen, deren Werte in Winkelgrad angegeben sind. Die Kniegelenksflexion/-extension wurde jeweils aktiv und passiv bestimmt, hierzu verwendete man ein elektronisches Goniometer mit Digitalanzeige (2 in 1 Electronic Digital Protractor Goniometer Angle Finder, IAMGE®, USA). Alle Patienten wurden in Rückenlage untersucht. Feste Bezugspunkte der beiden Goniometerschenkel waren der Trochanter major im Verlauf des Femur, sowie der Malleolus lateralis und das Fibulaköpfchen im Verlauf des Unterschenkels. Als Drehachse zur Messung wurde der mittlere Kniegelenkspalt festgelegt. Gemessen wurde aus einer für das Kniegelenk fest definierten Nullstellung heraus in der

Sagittalebene. Die Zuverlässigkeit der Methode sinkt mit steigender Anzahl der Untersucher, gute Ergebnisse in der klinischen Reliabilität und Validität zeigten sich in mehreren Studien bei einem Untersucher<sup>110</sup>. Die Standardabweichung für diese Messmethode liegt zwischen 5° und 10°<sup>111</sup>.

### **Kniegelenksumfang**

Die Kniegelenksschwellung und ihre Ermittlung durch eine Umfangsmessung ist ein einfach und genau zu erhebender Parameter des klinischen Outcome und der Kniegelenksfunktion nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese<sup>109,112</sup>. Die Umfangsbestimmung des Kniegelenks wurde mit einem Maßband (hoechstmass®, Sulzbach, Germany) bei maximaler Kniegelenksexension des in Rückenlage liegenden Patienten vorgenommen. Der Bezugspunkt zur Messung befand sich 1 cm proximal der Patellabasis.

### **Visuelle-Analogskala-Schmerz**

Die Visuelle Analogskala dient im Allgemeinen als Mittel zur Bestimmung subjektiver Empfindungen. In der vorliegenden Arbeit wurde sie zur quantitativen, subjektiven Ermittlung der Schmerzintensität eingesetzt. Die in der Studie verwendete Skala stellt eine Kombination aus stufenlos verstellbarer, visueller Analogskala auf Patientenseite und numerischer Skala auf Untersucherseite, welche jedem vom Patienten angegebenen Punkt einen Zahlenwert zugeordnet war, dar. Der Patient sollte in entspannter Rückenlage den Punkt auf der Skala einstellen der seinem aktuellen Schmerzempfinden entsprach. Die Schmerzintensität wurde während des Pre- und Posttest jeweils zweimal bestimmt, dies ist in Verbindung mit der hier verwendeten Messmethode besonders sinnvoll, da die Visuelle Analog Skala nicht nur ein valides, reliables und objektivierbares Messinstrument für Schmerzen darstellt, sondern darüber hinaus auch äußerst sensitiv eine Änderung der Schmerzintensität erfasst<sup>113</sup>. Dies gilt auch im Zusammenhang mit der Schmerzbeurteilung nach Knie-TEP Implantation<sup>114</sup>.

### **Körperliche Aktivität**

Zur Bestimmung der allgemeinen, körperlichen Probandenaktivität wurde das activPal™-System (PAL Technologies Ltd., Glasgow, UK) eingesetzt<sup>115,116</sup>. Das System diente zur Quantifizierung der physischen, posturalen Aktivität über einen Zeitraum von sieben Tagen und zeigte in Vergleichsstudien eine nur geringe Messungenauigkeit<sup>117,118</sup>. Der Messzeitraum lag dabei jeweils innerhalb des Rehabilitationsbeginns sowie drei Monate postoperativ. Dazu wurde dem Probanden ein Aktivitätssensor (35x 63x 7 mm; 20g) auf den ventralen Oberschenkel des nicht operierten Beines geklebt (Fixomull® stretch, BSN medical, Hamburg, Germany) und mit Ausnahme von Aktivitäten im Wasser ununterbrochen getragen. Gemessen und differenziert wurden die Patiententätigkeiten im Liegen, Stehen und Gehen, sowie das Aufstehen und Hinsetzen. Die gesammelten Daten wurden anschließend mit der activPal™-Software

(Version 7.1.18) ausgewertet und ermöglichten so die detaillierte Darstellung der Bewegungsmuster des Patienten.

### **Propriozeption (Winkelreproduktionstest)**

Die Propriozeption des Kniegelenks wird durch seine degenerative Erkrankung und die daraus resultierende Implantation einer Kniegelenktotalendoprothese negativ beeinflusst und korreliert darüber hinaus mit einem abnorm veränderten Gangbild<sup>119</sup>. Somit stellt die Kniegelenkspropriozeption eine weitere, wichtige und reliable Größe zur Verifikation des Rehabilitationsergebnis nach einem Kniegelenksersatz dar<sup>120</sup>. Zur Quantifizierung eines propriozeptiven Funktionsverlust des Kniegelenks wurde ein Winkelreproduktionstest eingesetzt<sup>121</sup>. Die Messung der propriozeptiven Fähigkeiten des operierten Kniegelenks erfolgte in Rückenlage in einer eigens dafür entwickelten Beinbewegungsschiene. Mit Hilfe eines Elektrogoniometers (SG 150, Biometrics Ltd, Newport, United Kingdom) und dem dazugehörigen Transmittersystem (Telemetry 2400T G2 achtkanal EMG-Telemtriesystem, Noraxon Inc., Scottsdale, Arizona, USA) konnte die Änderung des Gelenkwinkels in Abhängigkeit von der Zeit grafisch dargestellt werden. Die Ausgangsposition des Kniegelenks in der Schiene wurde über eine Flexion von 70° als Startposition definiert, das Hüftgelenk befand sich in einer fixierten Position von 30°. Das Bein wurde so in der Schiene gelagert, dass die Drehachse von Schiene und Kniegelenk parallel zueinander standen. Fixationspunkte der beiden Goniometerschenkel waren der laterale Tibiakopf sowie das Aluminiumgehäuse der Bewegungsschiene parallel zur Femurachse. Dem Patienten wurden nun, ausgehend von dieser Startposition und unter Entzug der optischen Kontrolle, im randomisierten Wechsel zwei Zielwinkel im Kniegelenk (30° und 50°) in jeweils fünf Durchgängen mit einem Familiarisierungsversuch passiv eingestellt und 15 Sekunden gehalten. Unmittelbar nach Rückkehr in die Startposition wurde der Proband aufgefordert nach dem jeweiligen Durchgang den passiven Zielwinkel aktiv, ohne Fremdeinwirkung so genau wie möglich zu reproduzieren und diesen für 5 Sekunden zu halten. Die Pausenzeit zwischen den Intervallen betrug 15 Sekunden. Ausgewertet wurde der mittlere absolute Fehler zwischen dem passivem Zielwinkel und aktiv reproduziertem Winkel.



**Abb. 8.** Versuchsaufbau des Winkelreproduktionstests.

Durch den **Mini-Mental State Examination** konnte die kognitive Tauglichkeit des Patienten für die klinische Untersuchung schnell und unkompliziert ermittelt werden<sup>122</sup>. Dieser Test wird in Interviewform durchgeführt. Die Testkriterien zur Beurteilung des kognitiven Funktionszustands umfassten; zeitliche und räumliche Orientierung, Erinnerungs- und Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit, Rechnen, Sprachverständnis und Sprache, sowie Lesen, Schreiben und Zeichnen<sup>122</sup>. Die Testkriterien sind auf 30 Merkmale aufgeteilt, für die es je einen Punkt gibt. Am Ende erfolgt die grobe Orientierung der intellektuellen Funktion anhand der Gesamtpunktzahl. Eine Teilnahmevoraussetzung war das Erreichen von mindestens 25 der 30 möglichen Punkte.

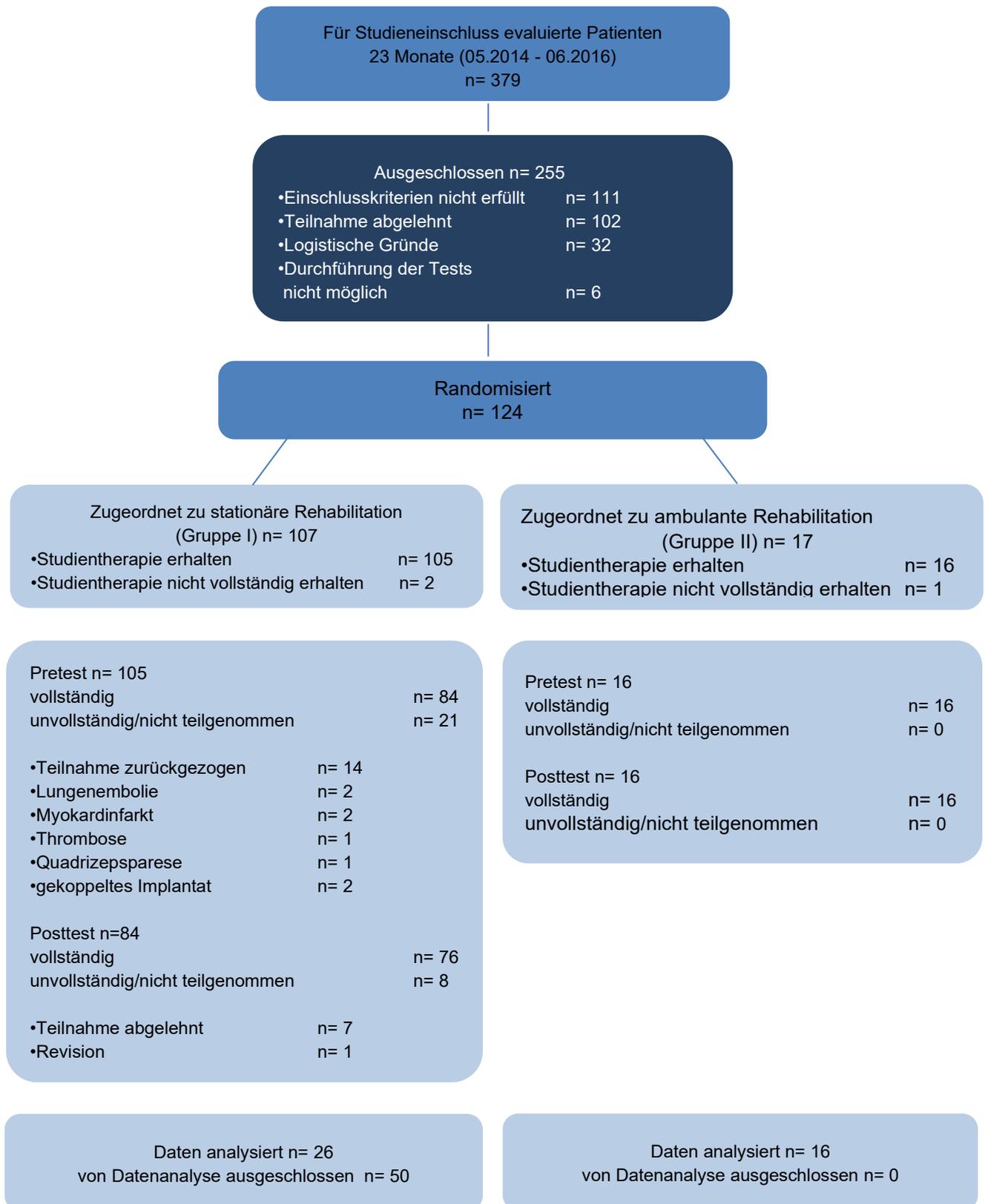
Alle Untersuchungen, ausgenommen der Ganganalyse, sowie dem Stair Climb Test, wurden in einer störungsarmen Atmosphäre in einem separaten Untersuchungsraum durchgeführt.

### 3.4 Statistische Analyse

Die primäre Datenauswertung dieser Studie wurde mittels der Per-Protocol-Analyse durchgeführt. Unter der Annahme eines großen Effekts (Cohens  $f = 0,40$ ) mit einer zweiseitigen Signifikanz von 0,050 und einer Power von 0,80 wären insgesamt 52 Patienten (26 Patienten in jeder Gruppe) erforderlich gewesen. Die Resultate wurden auf Überlegenheit geprüft. Quantifizierbare Ergebnisse wurden durch Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum beschrieben. Für die qualitativen Charakteristika der Ergebnisse wurden absolute und relative prozentuale Häufigkeiten ermittelt. Die Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte auf Grund der relativ geringen Stichprobengröße mit Hilfe des Shapiro-Wilk W-Tests<sup>123</sup>. Signifikante Gruppenunterschiede wurden mit Hilfe des Exakten Tests nach Fisher, ungepaarten t-Test, Pearson Chi-Quadrat Test und Mann-Whitney-U-Test vorgenommen. Gruppenunterschiede hinsichtlich Baseline, Alter, Gewicht, und Geschlecht wurden durch eine Kovarianzanalyse bestimmt<sup>124</sup>. Diese Kovarianzanalyse (ANCOVA) erfolgte mit Hilfe des Post-hoc-Test. Die Varianzhomogenität wurde durch den Levene-Test, welcher sich durch seine hohe statistische Aussagekraft auszeichnet, überprüft<sup>125</sup>. Eine Heteroskedastizität oder nicht normalverteilte Daten wurden logarithmisch transformiert. Zielwerte der ANCOVA waren:  $P$ ,  $F$  und  $\eta_p^2$ . Die Ergebnisse der ANCOVA wurden als Mittelwert mit Standardabweichung sowie Mittelwertdifferenz mit einem 95%-Konfidenzintervall dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha \leq 0,050$  festgelegt. Die Bewertung der Ergebnisse bezüglich der Arbeitshypothese erfolgten auf Grundlage der Signifikanz der Ergebnisse, der Effektstärke und seiner Präzision (Konfidenzniveau von 95,0%)<sup>126</sup>. Eine genaue Beurteilung der Effektstärke wurde anhand der Cohensklassifikation vorgenommen mit einem starken Effekt bei  $\eta_p^2 \geq 0.26$ , einem mittleren Effekt bei  $\eta_p^2 = 0.13$  und einem kleinen Effekt bei  $\eta_p^2 \leq 0.02$ <sup>127</sup>. Die statistische Auswertung wurde mit SPSS (Version 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) und G\*Power (Version 3.1.4.) durchgeführt und erfolgte in Kooperation mit dem Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung der Universitätsmedizin Rostock (Prof. Dr. Kundt).

## 4. Ergebnisse

Es wurden insgesamt 42 Probanden, davon 16 Patienten nach Knieendoprothesenimplantation bei primärer Gonarthrose und postoperativ ambulanter AHB sowie 26 Patienten nach Knieendoprothesenimplantation bei primärer Gonarthrose und postoperativ stationärer AHB in die Studie eingeschlossen und mit einem vollständigen Datensatz analysiert. Eine detaillierte Übersicht zu allen evaluierten Patienten mit den entsprechenden Ausschlusskriterien findet sich in Abb.9. Der Rekrutierungszeitraum erstreckte sich von Mai 2014 bis Juni 2016. Bezüglich klinischer- und demographischer Patientencharakteristika ergab die statistische Auswertung bis auf die Verteilung der operierten Seite keinerlei signifikante Unterschiede (Tabelle 3). Hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl an Interventionen ergab eine Analyse trotz erheblicher Unterschiede beider ambulanter Rehabilitationszentren keine relevanten Gruppenunterschiede (Tabelle 2). Vorbestehende Gruppenunterschiede bezüglich der behandelnden Akutklinik sowie der Anzahl an Interventionen in der jeweiligen Akutklinik wurden als Kovariaten in der ANCOVA berücksichtigt und angepasst.



**Abb. 9.** Consort Flussdiagramm Patienten Ein- und Ausschluss.

**Tab. 3.** Patientencharakteristika (inkl. Begleiterkrankungen gekennzeichnet über ICD-10) von Interventions- und Kontrollgruppe. Dargestellt werden die Mittelwerte der jeweiligen Parameter mit ihren Standardabweichungen sowie dem dazugehörigen p-Wert.

Parameter	Ambulante Gruppe (n=16)	Stationäre Gruppe (n=26)	p-Wert
Alter (Jahre) $\pm$ 1	68.8 (7.7)	71.9 (7.4)	0.218
Gewicht (kg) $\pm$ 2	91.4 (15.7)	87.5 (12.5)	0.380
Größe (m) $\pm$ 2	1.71 (0.08)	1.70 (0.08)	0.831
BMI (kg/qm) $\pm$ 2	31.4 (5.3)	30.2 (3.6)	0.441
Geschlecht (männlich) §1	8.0 (50.0%)	11 (42.3%)	0.753
operierte Bein (rechtes Bein) §1	3.0 (18.8%)	13.0 (50.0%)	0.056†
MMS $\pm$ 1	29.0 (1.3)	28.7 (1.4)	0.503
Aufenthaltsdauer Akutklinik (d) $\pm$ 1	10.3 (1.9)	10.5 (1.7)	0.495
Pretest (d) $\pm$ 1	8.9 (0.3)	9.1 (0.4)	0.150
Posttest (d) $\pm$ 1	93.2 (6.7)	92.9 (8.2)	0.541
Begleiterkrankungen nach ICD-10-Codes §1			
A00-A99	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	-
B00-B99	0.0 (0.0%)	1.0 (3.8%)	1.000
C00-D48	3.0 (18.8%)	6.0 (23.1%)	1.000
D50-D90	0.0 (0.0%)	2.0 (7.7%)	0.517
E00-E90	6.0 (37.5%)	10.0 (38.5%)	1.000
F00-F99	3.0 (18.8%)	1.0 (3.8%)	0.146
G00-G99	3.0 (18.8%)	3.0 (11.5%)	0.658
H00-H59	0.0 (0.0%)	1.0 (3.8%)	1.000
H59-H99	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	-
I00-I99	13.0 (81.3%)	23.0 (88.5%)	0.658
J00-J99	2.0 (12.5%)	5.0 (19.2%)	0.690
K00-K93	3.0 (18.8%)	3.0 (11.5%)	0.658
M00-M99	9.0 (56.3%)	15.0 (57.7%)	1.000
N00-N99	1.0 (6.3%)	1.0 (3.8%)	1.000
R00-R99	0.0 (0.0%)	1.0 (3.8%)	1.000
Z00-Z99	1.0 (6.3%)	2.0 (7.7%)	1.000
Anzahl an Operationen je Chirurg §2			0.014*
Chirurg 1	0.0 (0.0%)	8.0 (30.8%)	
Chirurg 2	2.0 (12.5%)	3.0 (11.5%)	
Chirurg 3	0.0 (0.0%)	5.0 (19.2%)	
Chirurg 4	10.0 (62.5%)	6.0 (23.1%)	
Chirurg 5	4.0 (25.0%)	4.0 (15.4%)	
Anzahl der Operationen je Krankenhaus §2			0.003**
Krankenhaus 1	2.0 (12.5%)	17.0 (65.4%)	
Krankenhaus 2	10.0 (62.5%)	5.0 (19.2%)	
Krankenhaus 3	4.0 (25.0%)	4.0 (15.4%)	

\* kennzeichnet einen signifikanten Gruppenunterschied (\*  $P \leq 0,050$ ; \*\*  $P \leq 0,010$ ).

† kennzeichnet eine statistische Tendenz zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ( $P \leq 0,100$ ).

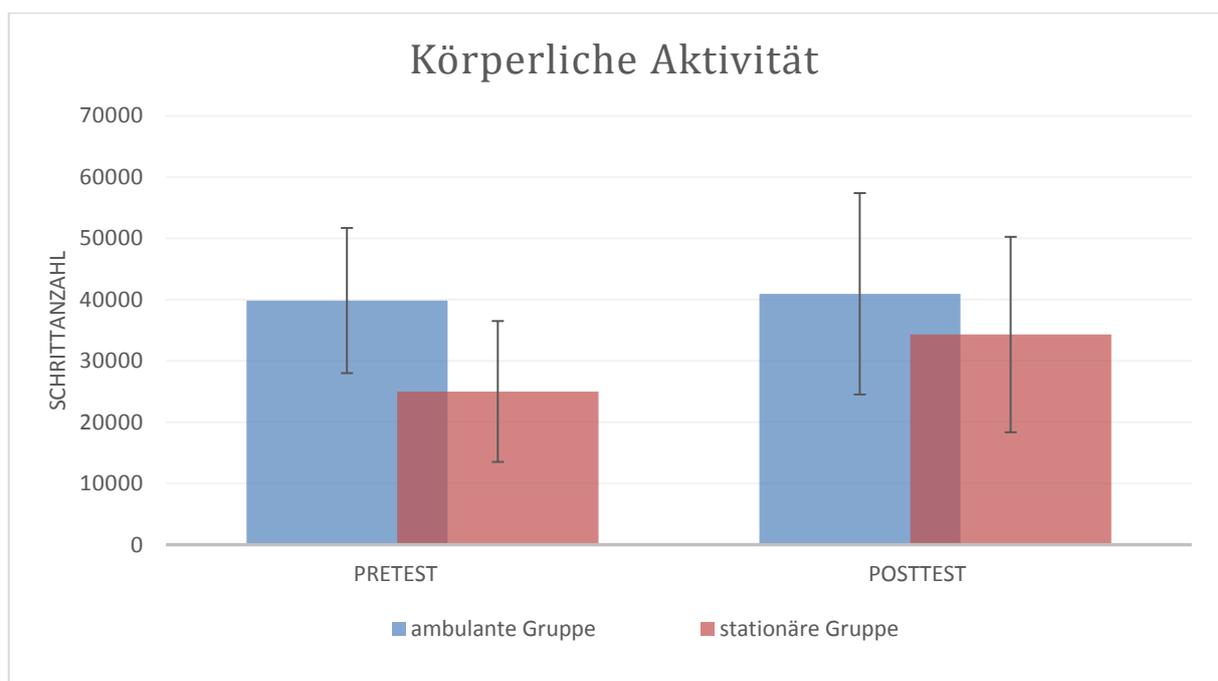
‡ Werte dargestellt als Mittelwerte (Standardabweichung): ‡1 Mann-Whitney-U-Test; ‡2 ungepaarter Student-t-Test.

§ Werte werden als Zahl (%) angegeben: §1 Fisher's exact test; §2 Pearson Chi-Quadrat-Test.

## 4.1 Primäres Outcome

### Körperliche Aktivität (Schrittzahl)

Die als Äquivalent zur körperlichen Aktivität gemessene Schrittzahl zeigte eine signifikant ( $F= 17.857$ ;  $p<0.001$ ) höhere Schrittzahl der ambulanten Patientengruppe gegenüber der stationären Patientengruppe während der ersten sieben Tage der Rehabilitation mit einer Mittelwertdifferenz von 14840 Schritten bei einem 95%- Konfidenzintervall von -22835 bis -6844 Schritten. Eine Effektstärke von  $\eta_p^2= 0.338$  (Power= 0.994) verdeutlicht die praktische Relevanz dieses Wertes. Im Posttest konnte dieses Ergebnis trotz einer weiterhin höheren mittleren Schrittzahldifferenz (Mittelwertdifferenz von -6655 bei einem 95%-Konfidenzintervall von -17747 bis 4436) nicht reproduziert werden ( $F= 1.484$ ;  $p=0.231$ ;  $\eta_p^2 = 0.041$ ; Power= 0.256).

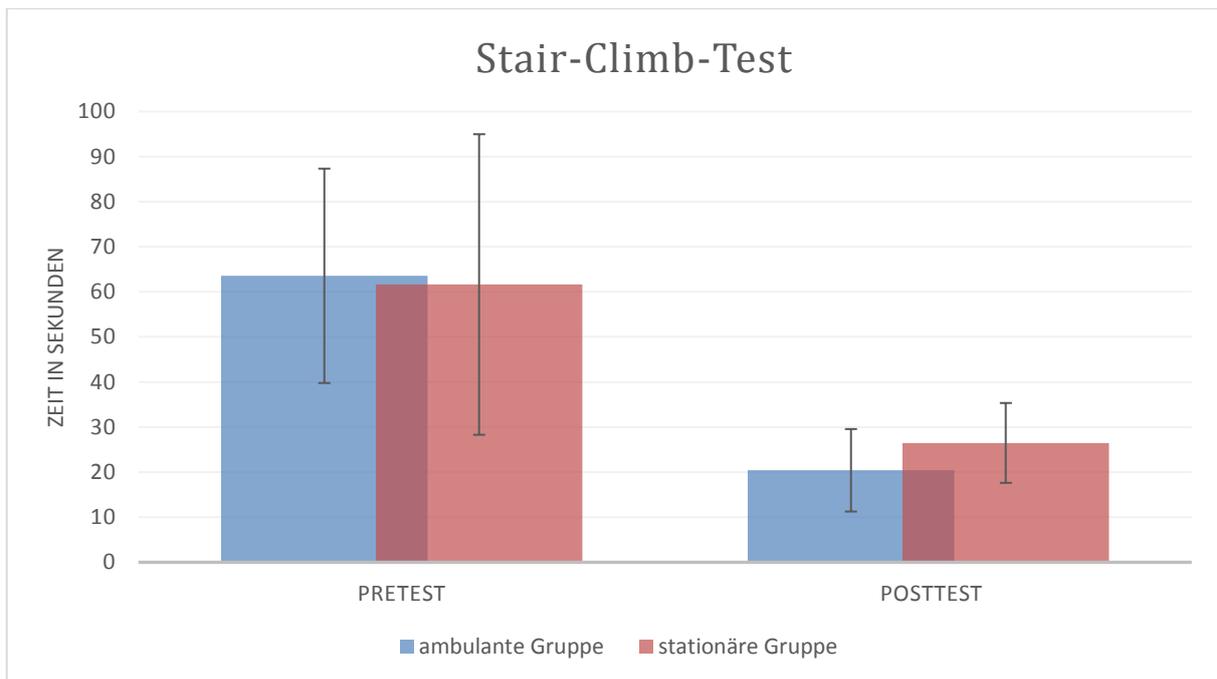


**Abb. 10.** Physisches Aktivitätsniveau gemessen an der Anzahl der Schritte. Dargestellt sind die Mittelwerte sowie die jeweilige Standardabweichung der Schrittzahl der beiden jeweiligen Gruppen als absolute Zahl.

## 4.2 Sekundäres Outcome

### Stair Climb Test

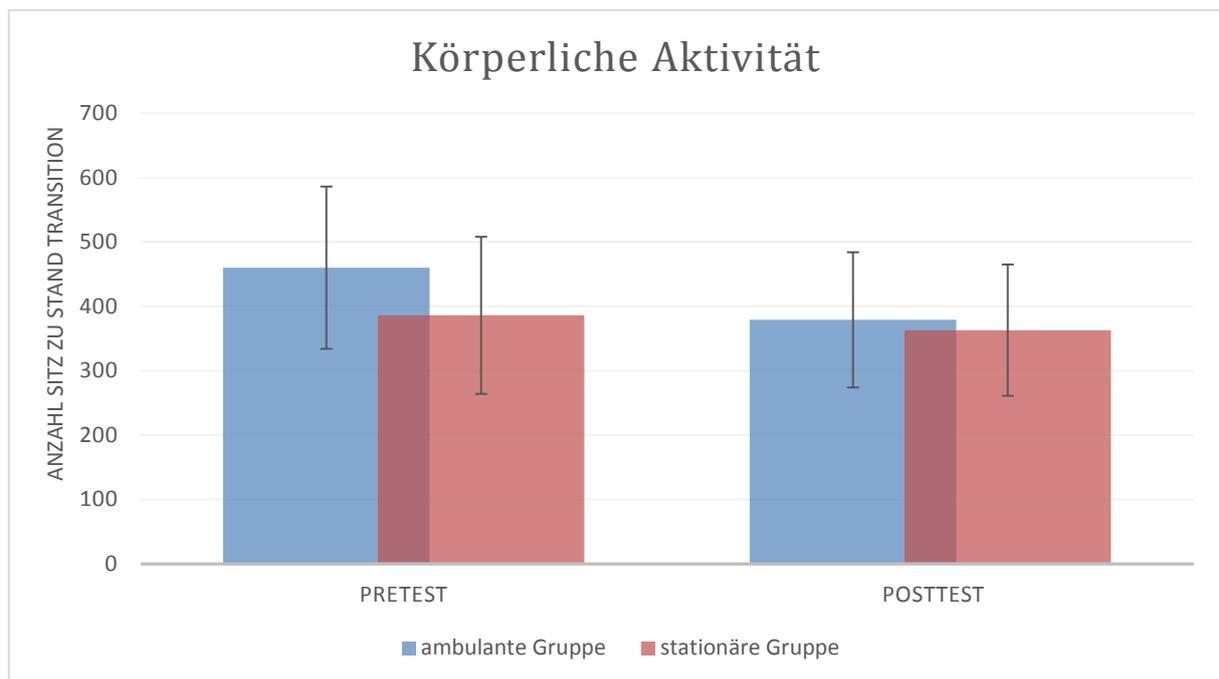
Die Patientengruppe der ambulanten AHB benötigte im Posttest gegenüber den Patienten der stationären AHB signifikant ( $F= 9.474$ ;  $p<0.004$ ) weniger Zeit zur Bewältigung der vorgegebenen Anzahl an Treppenstufen bei einer Effektstärke von  $\eta_p^2= 0.218$  (Power= 0.914). Die Mittelwertdifferenz betrug hierbei 6.07 Sekunden (95%-KI: -0.13 bis 12.27 Sekunden). Im Pretest bestanden keine signifikanten Gruppenunterschiede.



**Abb. 11.** Mittelwerte mit der jeweiligen Standardabweichung der benötigten Zeit im Stair-Climb-Test vor und nach der AHB.

### Körperliche Aktivität (Sitz zu Stand Transition)

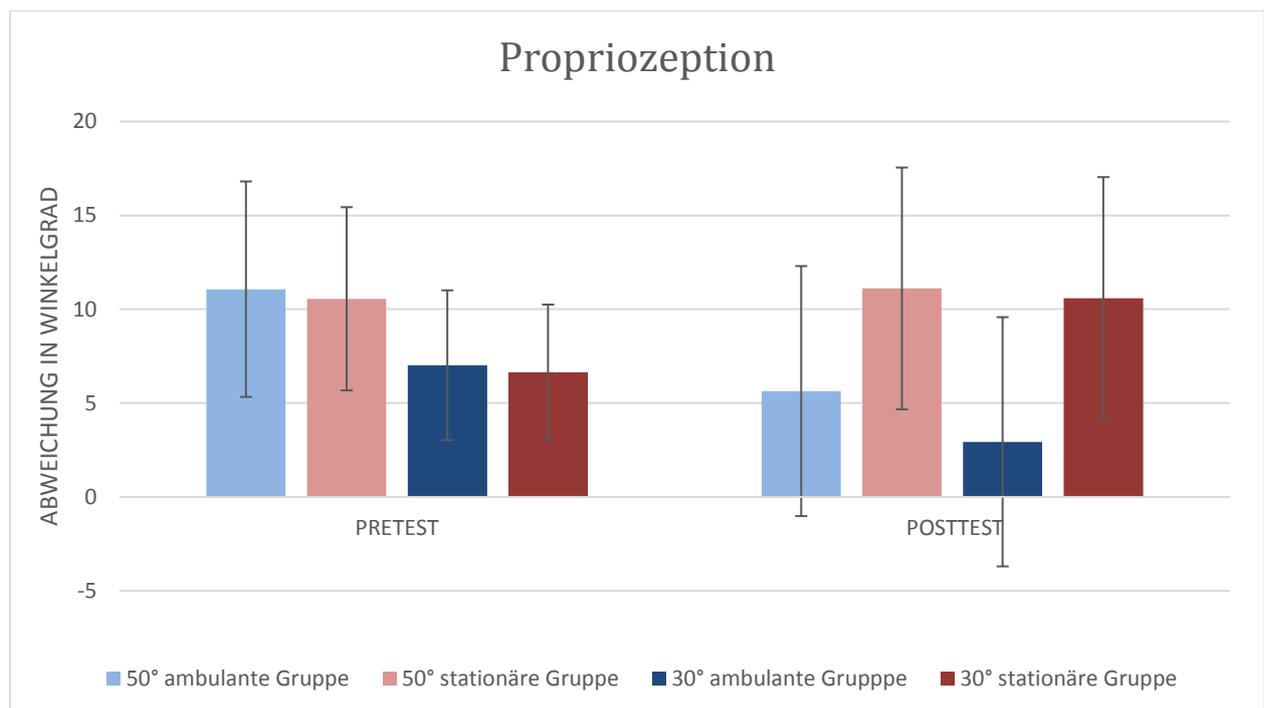
Hinsichtlich der Sitz zu Stand Transition zeigten sich wie schon bei der Schrittzahl ein erhöhtes Aktivitätsniveau auf Seiten der ambulanten Probandengruppe. So konnte für die erste Woche der AHB eine signifikant höherer Sitz zu Stand Transition nachgewiesen werden ( $F=3.117$ ;  $p=0.086$ ). Die Mittelwertdifferenz betrug  $-74$  mit einem 95%-KI von  $-158$  bis  $11$ , bei einem  $\eta_p^2 = 0.082$  und einer Power=  $0.470$ . Im Posttest fanden sich keine signifikanten Gruppenunterschiede mehr.



**Abb. 12.** Physisches Aktivitätsniveau gemessen an der Anzahl der Sitz zu Stand Transition. Dargestellt sind die Mittelwerte und die jeweilige Standardabweichung der Sitz zu Stand Transition der beiden jeweiligen Gruppen als absolute Zahl.

### Propriozeption (Winkelreproduktionstest)

Im Posttest konnte für die ambulante Patientengruppe ein signifikant niedrigerer absoluter Fehler bei 30° ( $F= 19.627$ ;  $p < 0.001$ ) und 50° ( $F= 7.455$ ;  $p= 0.010$ ) nachgewiesen werden. Die Effektstärke lag hier bei  $\eta_p^2=0.366$  (Power = 0.998) für 30° und bei  $\eta_p^2 = 0.180$  (Power= 0.839) für 50°. Die mittlere Differenz des absoluten Fehlers in Winkelgrad lag bei 5.48° (95%-KI: 0.96°-10.0°) bei 50° sowie 7.65° (95%-KI: 3.16°-12.14°) bei 30°. Im Pretest bestanden keine signifikanten Gruppenunterschiede.



**Abb. 13.** Ergebnisse des Winkelreproduktionstests vor- und nach AHB, dargestellt als Mittelwerte des absoluten Fehlers in Winkelgrad mit dazugehörigen Standardabweichungen für die jeweilige Gruppe und die jeweiligen Winkel.

Für alle übrigen Parameter konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede vor oder nach der AHB festgestellt werden (siehe Tab.4 und Tab.5).

**Tab. 4.** Ergebnisse der OptoGait® Ganganalyse beider Gruppen im Posttest.

Gangparameter	Ambulante Gruppe	Stationäre Gruppe	Mittelwertdifferenz (95%-KI)	P	F	$\eta^2$	Power
	n=16	n=26					
Total number of steps analysed (n)*	36.92 (5.75)	36.25 (6.07)	0.67 (-3.10 to 4.44)	0.720	-	-	-
Gait speed/height**	0.69 (0.10)	0.69 (0.10)	0.01 (-0.06 to 0.08)	0.787	0.074	0.002	0.060
Stride length/height**	75.50 (7.99)	74.04 (8.23)	1.46 (-4.09 to 7.01)	0.598	0.284	0.008	0.087
CV <sub>Stride length</sub> (%)**	3.42 (1.78)	2.77 (1.84)	0.66 (-0.58 to 1.90)	0.602	0.277	0.008	0.087
Stance time (%GC)**	64.40 (1.70)	64.29 (1.75)	0.11 (-1.07 to 1.29)	0.851	0.036	0.001	0.055
Swing time (%GC)**	35.65 (1.73)	35.78 (1.79)	-0.13 (-1.34 to 1.07)	0.826	0.049	0.001	0.055
Single support time (%GC)**	35.79 (1.69)	35.73 (1.74)	0.05 (-1.12 to 1.23)	0.927	0.008	< 0.001	< 0.055
Total double support time (%GC)**	28.59 (3.31)	28.59 (3.41)	< 0.01 (-2.31 to 2.31)	0.998	< 0.001	< 0.001	< 0.055

\*ungepaarter t-Test

\*\*ANCOVA

Tab. 5. Ergebnisse weiterer klinisch-funktioneller Parameter im Pre- und Posttest beider Gruppen.

klinisch-funktionelle Parameter	Pretest		Posttest		Mittelwertdifferenz (95%-KI)	P	F	$\eta^2$	Power
	Ambulant (n=16)	Stationär (n=26)	Ambulant (n=16)	Stationär (n=26)					
Knieschmerz (VAS) <sup>§1</sup>	3.52(1.81)	2.73(1.90)	0.73(1.33)	0.98(1.29)	-0.25 (-0.65 bis 1.15)	0.210	1.634	0.046	0.283
Knieumfang (cm) <sup>§1</sup>	48.03(4.94)	47.13(3.10)	44.68(1.80)	44.96(1.74)	-0.28 (-0.94 bis 1.50)	0.536	0.385	0.011	0.101
Bewegungsumfang in (°)									
Aktive KF	85.08(8.66)	87.44(9.54)	112.80(12.77)	110.61(12.37)	2.19(-10.84 bis 6.46)	0.611	0.264	0.008	0.087
Passive KF	90.46(6.50)	92.66(10.41)	117.03(13.64)	114.57(13.21)	2.46(-11.70 bis 6.78)	0.592	0.292	0.009	0.092
Aktive KE	9.49(5.27)	6.64(5.52)	4.26(2.80)	5.59(2.71)	-1.33 (-0.57 bis 3.22)	0.164	2.022	0.056	0.336
Passive KE	7.20(4.29)	5.12(4.72)	2.88(2.96)	4.49(2.87)	-1.61 (-0.39 bis 3.62)	0.111	2.673	0.073	0.424
Timed up and go test (s) <sup>§1</sup>	22.21(13.18)	18.42 (9.37)	8.73 (3.33)	9.78 (3.23)	1.05 (-1.20 bis 3.30)	0.489	0.490	0.014	0.117
LTM Repräsentation									
Lambda <sup>§2</sup>	0.61(0.15)	0.71(0.20)	0.60(0.19)	0.67(0.18)	-0.07 (-0.07 bis 0.21)	0.364	0.851	0.028	0.188

§1 Daten sind nicht normal verteilt und statistische Werte (P, F und  $\eta^2$ ) wurden aus den logarithmisch transformierten (Lg10) Daten berechnet.

§2 Daten sind nicht normal verteilt und statistische Werte (P, F und  $\eta^2$ ) wurden aus den umgekehrt transformierten Daten berechnet.

## 5. Diskussion

Ziel der vorliegenden Vergleichsstudie war es, die Effektivität und Effizienz von ambulanter- und stationärer Rehabilitation für den Indikationsbereich Gonarthrose mit Zustand nach Implantation einer Knie-TEP anhand klinisch-funktioneller, sensomotorischer Fähigkeiten zu untersuchen. Dabei wurde auf Grundlage der bestehenden Literatur und Studienlage davon ausgegangen, dass die ambulante Rehabilitation bei vergleichbarer Prozess- und Strukturqualität sowie geringeren Kosten, der stationären Rehabilitation nach Knieendoprothesenimplantation hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nicht unterlegen ist<sup>73–75,80,85,90,91</sup>.

Die ursprüngliche Hypothese einer nicht Unterlegenheit der ambulanten AHB gegenüber der stationären AHB konnte auf Grund statistischer Modalitäten nicht beibehalten werden, sodass hinsichtlich klinisch-funktioneller Parameter die Überlegenheit der stationären AHB im Vergleich zur ambulanten AHB angenommen wurde.

Die ausgewerteten Daten ergaben auf Grundlage der erhobenen Schrittzahl sowie der Sitz zu Stand Transition Hinweise auf eine deutlich höhere körperliche Aktivität der ambulanten Patientengruppe innerhalb der ersten sieben Tage der AHB (Abb. 10). Im Posttest konnte jedoch kein signifikanter Gruppenunterschied bezüglich der allgemeinen körperlichen Aktivität mehr nachgewiesen werden, es blieb lediglich die Tendenz zur höheren körperlichen Aktivität auf der Seite der ambulanten Patientengruppe in Form einer nicht signifikanten Mittelwertdifferenz bestehen (Abb. 10). Ein längerer Nachbeobachtungszeitraum wäre wahrscheinlich notwendig gewesen, um die Gruppenunterschiede hier deutlicher herauszustellen. So konnten Brandes et al. in einer Vergleichsarbeit zur Untersuchung der körperlichen Aktivität bei Knie-TEP-Patienten vor und nach Knieendoprothesenimplantation zeigen, dass vor allem 6- und 12 Monate nach dem Eingriff die größten Veränderungen im Sinne einer zunehmenden körperlichen Aktivität stattfanden und die Patienten erst zwölf Monate postoperativ ein signifikant höheres Aktivitätsniveau erreichten als präoperativ<sup>128</sup>. Leider konnte aus logistischen- und finanziellen Gründen eine präoperative Aktivitätsmessung sowie ein längerer Nachbeobachtungszeitraum in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt werden, was die Einordnung und Bewertung der Ergebnisse erschwert. Das von uns zur Bestimmung der körperlichen Aktivität verwendete technische Messverfahren in Form der Akzelerometrie gilt allgemein als Standard zur Bestimmung der körperlichen Aktivität<sup>129</sup>. Insbesondere das von uns genutzte System ist in der Literatur als valides und reliables Messinstrument mit einer nur geringen Messgenauigkeit beschrieben worden<sup>115–117</sup>. Fehlmessungen entstanden vor allem durch das fehlerhafte Wiederanlegen der Sensoren durch die Patienten nach einer Wasseranwendung, was in allen Fällen ausschließlich die stationäre Patientengruppe betraf, sodass dies auf Grund der ausreichenden Patientenanzahl in dieser Gruppe statistisch kompensiert werden konnte. Da die beschriebene höhere körperliche Aktivität weder durch Unterschiede in der Patientenstruktur der beiden Gruppen noch durch die Anzahl der therapeutischen Interventionen zu erklären ist (Tab. 2 und Tab. 3) besteht hier ein Indiz für eine stärkere Selbstaktivierung während der frühen Phase der ambulanten Rehabilitation, vermutlich bedingt durch die frühe Integration in das häusliche Umfeld und die mit ihr verbundene Notwendigkeit zur Selbstversorgung. Keiner der ambulanten Patienten erlitt während dieser

Phase einen Sturz, eine Protheseninfektion oder verletzte sich anderweitig. Ferner zeigte sich im Posttest des SCT eine signifikante Überlegenheit der ambulanten Patientengruppe gegenüber der stationären Patientengruppe (Abb. 11), welche laut Mizner et al. auch ein Indikator für eine bessere Kraft des M. quadriceps femoris darstellt<sup>130</sup>. Die drei Monate nach ambulanter AHB gezeigte bessere Fähigkeit zur Treppenbewältigung stellt somit nicht nur ein Korrelat zur besseren Beinkraft der Patienten dar, sondern demonstriert laut Bean et al. auch ein allgemein höheres Mobilitätsniveau<sup>131</sup>. Der SCT wurde ursprünglich zur Evaluation von Kraft und Balance der unteren Extremität von Arthrosepatienten konzipiert und gilt als probates und häufig verwendetes Mittel zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit<sup>132</sup>. Weiterhin konnte im Posttest mit Hilfe des Winkelreproduktionstests gezeigt werden, dass die propriozeptiven Fähigkeiten der ambulanten Patientengruppe denen der stationären Patientengruppe überlegen waren (Abb. 13). Diese Überlegenheit der ambulanten Patientengruppe im propriozeptiven Bereich steht als einzelner klinischer Funktionsparameter sowohl für eine gute Ergebnisqualität der ambulanten AHB als auch für eine gute funktionelle Kniegelenksstabilität<sup>47,133–135</sup>. Auf Grund der Kausalität von Muskelkraft und Propriozeption im Sinne einer positiven Korrelation sind die Ergebnisse des SCT und des Winkelreproduktionstest als besonders konsistent und evident zu bewerten<sup>136</sup>. Für alle übrigen klinisch-funktionellen Leistungsparameter (Ganganalyse, TUG, ROM, Knieschmerz, Gelenkschwellung und SDA-Motorik) konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt werden, sodass auch hier vor einem abschließenden Urteil über die Effizienz von ambulanter- und stationärer AHB hinsichtlich der klinischen Ergebnisse, ein zu kurzer Nachbeobachtungszeitraum für die vorliegende Arbeit berücksichtigt werden muss. Mizner et al. konnten zeigen, dass für einige der betreffenden Parameter wie TUG, ROM und Knieschmerz ein, wie auch schon für die körperliche Aktivität, ebenfalls wesentlich längerer Nachbeobachtungszeitraum erforderlich war um Leistungsveränderungen bei TKA-Patienten adäquat zu erfassen<sup>137</sup>. Somit offenbart sich schon nach Darstellung und Erläuterung der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit eine ihrer größten Schwächen.

Auch andere Vergleichsstudien zu dem Thema hatten Nachbeobachtungszeiträume von mindestens sechs Monaten und mehr sowie oft erst nach dieser Zeit signifikante Ergebnisse<sup>128,137–141</sup>. Da die allgemeine Akzeptanz und das Vertrauen in die ambulante Rehabilitation sowohl von ärztlicher-, als auch von Patientenseite sehr gering ausfielen und die Rehabilitationsform von Seiten der Krankenversicherer frei wählbar ist, wurde eine Randomisierung gegen den individuellen Patientenwillen nicht vorgenommen. Die Patienten entschieden sich freiwillig für eine der beiden Rehabilitationsformen, eine mögliche Verzerrung durch diese Präferenz konnte bereits durch eine ähnlich konstituierte Studie widerlegt werden<sup>140</sup>. Beeinträchtigungen der Strukturgleichheit bezüglich der Patientencharakteristika entstanden dadurch nicht (Tab. 3). Da hinsichtlich der Patientencharakteristika keine signifikanten Gruppenunterschiede bestanden, ist nicht von einer Ergebnisverzerrung durch Komorbiditäten oder Altersunterschieden auszugehen. Der möglichen Verzerrung durch Einflussgrößen wie unterschiedlicher Implantattyp, unterschiedlicher Chirurg sowie unterschiedliche Anzahl an rehabilitativen Interventionen wurde über eine statistische Berücksichtigung dieser Einflussgrößen als Kovariablen in der ANCOVA begegnet<sup>142</sup>. Die ursprünglich geplante Stichprobengröße konnte auf Grund der geringen Bereitschaft der

Patienten zur ambulanten AHB trotz Überschreitung der geplanten Projektdauer nicht erreicht werden. Diese geringe Kohortengröße macht somit auch bei teilweise hochsignifikanten Ergebnissen eine Übertragbarkeit dieser auf eine Grundgesamtheit schwierig. Zudem ist auf Grund dieser geringen Stichprobengröße und der durch sie verursachten geringen Teststärke auch das Risiko für einen Fehler 2. Art hoch, vor allem für tendenziell signifikante Gruppenunterschiede. Das ursprüngliche Studiendesign einer Nicht-Unterlegenheitsstudie konnte bezüglich der statistischen Methodik der Arbeit nicht beibehalten werden. Die notwendige Festlegung einer Nicht-Unterlegenheits-Spanne war auf Grund der mangelhaften Studienlage nicht möglich. Die Durchführung der Studie im drei-armigen Parallelgruppendesign mit einer Patientengruppe welche keine Reha erhält war aus ethischen Gesichtspunkten nicht realisierbar<sup>143,144</sup>. Bedingt durch die regelhafte und somit vorherrschende stationäre AHB nach endoprothetischem Gelenkersatz in Deutschland und ihrer Einzigartigkeit im internationalen Vergleich, ist die Diskussion und Bewertung der vorliegenden Ergebnisse mit Vergleichsstudien problematisch und nur eingeschränkt möglich.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigen sich im Hinblick auf die einzige deutsche Vergleichsstudie von ambulanter und stationärer AHB nach Knie-TEP Implantation im Rahmen einer Kosteneffektivitätsanalyse<sup>138</sup>. So konnten Sauer et al. in ihrer prospektiven, randomisierten Vergleichsstudie mit insgesamt 76 Patienten zeigen, dass Knie-TEP-Patienten ein Jahr nach ambulanter AHB über ein signifikant besseres ROM im operierten Bein verfügten, auch der Oxford- und Knie Society Score der ambulanten Rehagruppe lagen signifikant über dem der stationären Rehagruppe<sup>138</sup>. Bemerkenswert ist auch hier wieder, dass das ROM als einziger klinisch-funktioneller Parameter in der genannten Studie bei drei Messzeitpunkten (6-, 12- und 52 Wochen) erst nach einem Jahr signifikante Gruppenunterschiede zeigte<sup>138</sup>. Erneut ein Indiz dafür, dass insbesondere für die klinisch-funktionellen Parameter Nachbeobachtungszeiträume von mindestens 12 Monaten notwendig und sinnvoll zu sein scheinen. Für den Indikationsbereich Coxarthrose konnten Krummenauer et al. in ihrer retrospektiven Kosteneffektivitätsanalyse an 28 Hüft-TEP-Patienten bis auf marginal geringere Kosten der ambulanten AHB keinen klinischen Vorteil einer der beiden Rehabilitationsformen finden<sup>145</sup>. Vorhergehende Studien zur isolierten Untersuchung der Wirksamkeit beider Rehabilitationsformen zeigten ungeachtet der Kosten vergleichbare Ergebnisse, sind jedoch aufgrund der bereits erwähnten mangelhaften Studienlage nicht eindeutig bewertbar<sup>85,146</sup>. Die einzige Studie im deutschsprachigen Ausland konnte an 200 Hüft- und Knie-TEP-Patienten ebenfalls keine Überlegenheit einer der beiden Rehabilitationsformen finden<sup>147</sup>. Die schweizer Studie konnte weiterhin demonstrieren, dass die höhere Therapiefrequenz und der größere Therapieumfang der stationären AHB nicht in ein besseres klinisches Ergebnis mündete<sup>147</sup>. Sie legt nahe, dass eine ambulante Rehabilitation sogar dann noch vergleichbare Ergebnisse gegenüber einer stationären AHB liefert, wenn Therapiefrequenz und Therapieumfang geringer sind. In der vorliegenden Arbeit war die Therapiefrequenz der ambulanten AHB, bei nahezu identischem Therapieumfang, etwas geringer als in der stationären AHB (Tab. 2). Auch die Ergebnisse einiger internationaler Vergleichsstudien stützen die vorliegenden Ergebnisse und demonstrieren gleichfalls die Ebenbürtigkeit der ambulanten AHB gegenüber der stationären AHB nach Implantation einer Kniegelenksendoprothese<sup>140,141,145,147</sup>. Da die stationäre AHB für den genannten Indikationsbereich international eher die Ausnahme darstellt und die ambulante

AHB nach endoprothetischem Gelenkersatz international den Standard repräsentiert, wurden die meisten Vergleichsstudien zu diesem Thema zwischen ambulanter AHB und einem heimbasierten Hausübungsprogramm durchgeführt<sup>87,141</sup>. In diesem Kontext verglich eine randomisierte, prospektive australische Studie mit je 80 Patienten eine zehntägige stationäre AHB mit anschließendem achtwöchigen heimbasierten Hausübungsprogramm mit einem alleinigen neunwöchigen heimbasierten Hausübungsprogramm. Dabei konnte auch hier kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der klinischen Ergebnisse beider Rehabilitationsregime gefunden werden<sup>140</sup>. Einige Autoren gehen sogar noch weiter und stellen die Notwendigkeit einer ambulanten AHB gänzlich in Frage<sup>87</sup>. Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, dass beide Rehabilitationsformen, sowohl die ambulante AHB, als auch die stationäre AHB zu signifikanten Verbesserungen der gemessenen klinisch-funktionellen Parameter bei den Patienten führten. Bei einigen der untersuchten Parametern waren die Patienten nach ambulanter Reha denen der stationären Reha sogar signifikant überlegen. Unter Berücksichtigung der genannten internationalen Studien kann man in Zusammenschau der vorliegenden Studienergebnisse nach deren Interpretation also nicht von einer Überlegenheit der stationären AHB gegenüber der ambulanten AHB ausgehen, sondern muss diese viel mehr als ein Argument hin zur verstärkten Nutzung dieser Rehabilitationsform für den genannten Indikationsbereich sehen. Vor allem weil der Anteil der jüngeren Senioren (60 bis unter 70 Jahren) am Patientenkollektiv auf Grund des demografischen Wandels weiter steigen wird und diese mehrheitlich die Grundvoraussetzungen für die Durchführung einer ambulanten Rehabilitation wie Mobilität und Selbstversorgungsfähigkeit erfüllen<sup>148</sup>. Da auch die Zahl der noch berufstätigen Knie-TEP-Patienten stetig steigt und aktuell so hoch ist wie nie zuvor und deren Präferenz für die ambulante Rehabilitation nachweislich vorhanden ist, sollte die Infrastruktur dieser Rehabilitationsform auch vor dem Hintergrund der besseren Kosteneffizienz weiter ausgebaut werden<sup>92,145,147,149,150</sup>. Dies wurde zuletzt auch von der DRV erkannt und findet Berücksichtigung in dem neuen Rehabilitationskonzept der medizinisch-beruflich orientierten Rehabilitation, welches bislang jedoch noch nicht in einem ambulanten Rehazentrum angeboten wird<sup>151</sup>. Auf Grund der Nähe zum Arbeitsplatz wäre die ambulante Rehabilitation jedoch ideal für das Konzept der medizinisch-beruflich orientierten Rehabilitation und eine weitere Option diese Rehabilitationsform weiter auszubauen. Trotzdem bleibt die stationäre AHB vor allem für alleinstehende, multimorbide Patienten und Erkrankte mit einem Wohnort fernab der Ballungszentren oder größerer Städte alternativlos. Auch die Erreichbarkeit beziehungsweise die Verfügbarkeit der ambulanten Rehabilitationseinrichtungen spielt bei der Bewertung dieser Rehabilitationsform gegenüber der stationären AHB eine zentrale Rolle. Die flächendeckende Versorgung mit stationären-, als auch ambulanten Rehabilitationseinrichtungen ist in Deutschland mehr als ausreichend auf einem hohen Niveau, weist jedoch überregional nicht unerhebliche Unterschiede auf<sup>152,153</sup>. Die Versorgung mit stationären Rehabilitationseinrichtungen liegt je nach Bundesland in Deutschland zwischen 1 : 26000 – 128000 (stationäre AHB-Einrichtung : je Einwohner) mit der höchsten Versorgungsdichte in Mecklenburg-Vorpommern 1: 26000 und der niedrigsten Versorgungsdichte für Nordrhein-Westfalen mit einem Verhältnis von 1: 128000 (stationäre AHB-Einrichtung : je Einwohner). Im ambulanten Bereich liegt das relative Versorgungsangebot bei einem Verhältnis zwischen 1 : 64000-102000 (ambulante AHB : Einwohnerzahl je Bundesland) mit der besten Versorgung in Mecklenburg-Vorpommern mit einem ambulanten Rehazentrum auf 64000 Einwohner,

demgegenüber steht Rheinland-Pfalz mit einem Verhältnis von 1 : 102000 (ambulante AHB : Einwohnerzahl je Bundesland)<sup>152,153</sup>. Allgemeine Empfehlungen sehen für eine ambulante AHB eine An- und Abfahrtszeit von nicht mehr als 40 Minuten vor<sup>154</sup>. Selbst in einer Großstadt mit ausreichender Anzahl an ambulanten Rehasentren waren die An- und Abfahrtszeiten zur ambulanten AHB-Einrichtung auf Grund der Verkehrslage teilweise länger als die Therapieeinheiten an sich.

Es bleibt die logistische Bewältigung und Koordination der ambulanten Rehabilitation als eine der größten zukünftigen Herausforderungen bei der Umsetzung dieser Rehabilitationsform. Abschließend ist zu konstatieren, dass die ambulante AHB nach Knieendoprothesenimplantation unter Berücksichtigung der entsprechenden Rahmenbedingungen eine wirksame und ökonomische Alternative zur stationären AHB darstellt.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

Die immensen volkswirtschaftlichen Kosten der Arthrose sowie ihrer Folgezustände müssen vor dem Hintergrund des demographischen Wandels ein Umdenken und Neubewerten hinsichtlich der Nutzung der medizinischen Ressourcen zur Folge haben. Die Rehabilitation nach endoprothetischem Kniegelenksersatz bei Gonarthrose ist ein medizinisch wie auch ökonomisch gleichermaßen bedeutsamer Bestandteil der Behandlung. Im Kontext der vorliegenden Arbeit konnte am Beispiel der Gonarthrose gezeigt werden, dass die ambulante Anschlussheilbehandlung nach endoprothetischer Versorgung des Kniegelenks eine effiziente Alternative zur stationären Rehabilitation darstellt. Anhand einiger Untersuchungsergebnisse fanden sich sogar Indizien für eine Überlegenheit der ambulanten AHB gegenüber der stationären AHB nach endoprothetischem Kniegelenksersatz. Gleichzeitig konnte für keinen der untersuchten klinisch-funktionellen Parameter ein Nachteil bei der ambulanten Rehabilitation nach einem künstlichen Kniegelenksersatz festgestellt werden. Unter Berücksichtigung von Infrastruktur, Logistik und Komorbiditäten ist die ambulante Rehabilitation vor allem für jüngere, noch berufstätige Patienten, auch durch die Nutzung rehabilitationsfördernder Kontextfaktoren wie dem häuslichen Umfeld, die bessere Alternative zur stationären Rehabilitation. Angesichts der bereits erwähnten stetig steigenden Kosten im Gesundheitswesen und dem damit verbundenem steigenden Kostendruck sollte die Rehabilitationsforschung auf der Suche nach Alternativen zur stationären AHB auch auf andere Indikationsbereiche ausgeweitet werden<sup>89</sup>. Um das Dogma einer stationären AHB nach endoprothetischen Kniegelenksersatz in Deutschland zu brechen und diese relativ junge Rehabilitationsform weiter zu etablieren bedarf es weiterer wissenschaftlicher Evidenz. Studien mit längeren Nachbeobachtungszeiträumen und größeren Patientenzahlen sind notwendig. Der ambulanten Rehabilitation wird zukünftig aus ökonomischen Gründen und aufgrund des demographischen Wandels eine immer größere Bedeutung zukommen, dieser sollte letztendlich auch wissenschaftlich Rechnung getragen werden.

## 7. Literaturverzeichnis

1. World Health Organization. The burden of musculoskeletal conditions at the start of the new millennium. *World Health Organ. Tech. Rep. Ser.* **919**, 1–218 (2003).
2. Woolf, A. D. & Pfleger, B. Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull. World Health Organ.* **81**, 646–56 (2003).
3. Hackenbroch, M. Arthrosen: Basiswissen zu Klinik, Diagnostik und Therapie; 44 Tabellen. (2002).
4. Heidari, B. Knee osteoarthritis diagnosis, treatment and associated factors of progression: part II. *Casp. J. Intern. Med.* **2**, 249–55 (2011).
5. Zhang, Y. & Jordan, J. M. Epidemiology of osteoarthritis. *Clin. Geriatr. Med.* **26**, 355–69 (2010).
6. Brandt, K. D., Dieppe, P. & Radin, E. L. Etiopathogenesis of osteoarthritis. *Rheum. Dis. Clin. North Am.* **34**, 531–59 (2008).
7. Blagojevic, M., Jinks, C., Jeffery, A. & Jordan, K. P. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage* **18**, 24–33 (2010).
8. Pritzker, K. P. H. *et al.* Osteoarthritis cartilage histopathology: grading and staging. *Osteoarthritis Cartilage* **14**, 13–29 (2006).
9. Woolf, A. D., Erwin, J. & March, L. The need to address the burden of musculoskeletal conditions. *Best Pract. Res. Clin. Rheumatol.* **26**, 183–224 (2012).
10. Guccione, A. A. *et al.* The effects of specific medical conditions on the functional limitations of elders in the Framingham Study. *Am. J. Public Health* **84**, 351–8 (1994).
11. Destatis (Hrsg.). Statistisches Bundesamt (Hrsg.) Krankheitskosten 2002-2008. *Fachserie* **12**, 36–41 (2010).
12. Bundesministerium für Familie, S. F. und J. Daten zum demografischen Wandel in Deutschland. *Bevölkerungsentwicklung und -struktur, Geburten, Leb. und Pfl.* 1–14 (2015).
13. Pereira, D. *et al.* The effect of osteoarthritis definition on prevalence and incidence estimates: a systematic review. *Osteoarthritis Cartilage* **19**, 1270–85 (2011).
14. Hannan, M. T., Felson, D. T. & Pincus, T. Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J. Rheumatol.* **27**, 1513–7 (2000).
15. Fuchs, J., Rabenberg, M. & Scheidt-Nave, C. Prävalenz Ausgewählter Muskuloskelettaler Erkrankungen. *Bundesgesundheitsblatt. Gesundheitsforschung. Gesundheitsschutz* **56**, 678–686 (2013).
16. Robert Koch-Institut (Hrsg.). Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes - Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie 'Gesundheit in Deutschland aktuell 2010'. 116–118 (2012).
17. Destatis. Statistisches Bundesamt Gesundheit, Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik. **49**, (2014).
18. Bitzer, E. *et al.* Barmer GEK Report Krankenhaus 2010: Trends in der Endoprothetik des Hüft- und Kniegelenks 2010. 1–279 (2010).
19. Heisel, J. & Jerosch, J. *Rehabilitation nach Hüft- und Knieendoprothese: mit 67 Tabellen.* (Deutscher Ärzteverlag, 2007).

20. Mancuso, C. A., Ranawat, C. S., Esdaile, J. M., Johanson, N. A. & Charlson, M. E. Indications for total hip and total knee arthroplasties. Results of orthopaedic surveys. *J. Arthroplasty* **11**, 34–46 (1996).
21. Jordan, K. M. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann. Rheum. Dis.* **62**, 1145–1155 (2003).
22. Jerosch, J. & Fuchs, S. Knieendoprothetik – eine Standortbestimmung. (1997).
23. Lützner, J. *et al.* Wann ist der Ersatz angebracht? *Dtsch. Arztebl. Int.* **113**, 927–933 (2016).
24. Callaghan, J. J., Beckert, M. W., Hennessy, D. W., Goetz, D. D. & Kelley, S. S. Durability of a cruciate-retaining TKA with modular tibial trays at 20 years. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **471**, 109–17 (2013).
25. Boy, O., Hahn, S. & Kociemba, E. Knie-Totalendoprothesen-Erstimplantation. *BQS Qual.* **2006**, 102–9 (2006).
26. Roaas, A. & Andersson, G. B. J. Normal Range of Motion of the Hip, Knee and Ankle Joints in Male Subjects, 30–40 Years of Age. *Acta Orthop. Scand.* **53**, 205–208 (1982).
27. Maier-Börries, O. & Jäckel, W. H. Rehabilitation nach Implantation künstlicher Hüft- und Kniegelenke TT - Rehabilitation after Hip and Knee Arthroplasty. *Rehabilitation (Stuttg).* **52**, 202–212 (2013).
28. Zipple, J. & Meyer-Ralfs, M. [Themistocles Gluck (1853-1942), pioneer in endoprosthesis]. *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* **113**, 134–9 (1975).
29. *Spätergebnisse in der Orthopädie.* (Springer Berlin Heidelberg, 1986). doi:10.1007/978-3-642-71028-5
30. Jerosch, J. & Heisel, J. *Knieendoprothetik. Knieendoprothetik* (2013). doi:10.1007/978-3-662-08122-8
31. Hassenpflug, J. & Jaeger, R. 196. Langzeitergebnisse der Knieprothese nach Blauth. *Langenbecks Arch. Chir.* **355**, 559–559 (1981).
32. Memişoğlu, K., Müezzinoğlu, U. S. & Kesemenli, C. C. Revision of the Gunston polycentric knee arthroplasty with total knee arthroplasty. *Acta Orthop. Traumatol. Turc.* **44**, 410–2 (2010).
33. Scuderi, G. R., Scott, W. N. & Tchejyan, G. H. The Insall legacy in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 3–14 (2001).
34. Jaffar-Bandjee, Z., Lecuire, F., Basso, M. & Rebouillat, J. [Long-term results of Insall's total condylar knee prosthesis (10-to-13-year follow-up)]. *Acta Orthop. Belg.* **61**, 14–28 (1995).
35. Patel, D. V, Aichroth, P. M. & Wand, J. S. Posteriorly stabilised (Insall-Burstein) total condylar knee arthroplasty. A follow-up study of 157 knees. *Int. Orthop.* **15**, 211–8 (1991).
36. Terjesen, T. & Gunderson, R. B. Radiographic evaluation of osteoarthritis of the hip: an inter-observer study of 61 hips treated for late-detected developmental hip dislocation. *Acta Orthop.* **83**, 185–9 (2012).
37. Brady, O. H., Masri, B. A., Garbuz, D. S. & Duncan, C. P. Rheumatology: 10. Joint replacement of the hip and knee - When to refer and what to expect. *CMAJ* (2000). doi:10.1002/lary.20064
38. Lützner, J., Kasten, P., Günther, K.-P. & Kirschner, S. Surgical options for patients with

- osteoarthritis of the knee. *Nat. Rev. Rheumatol.* **5**, 309–16 (2009).
39. Shan, L., Shan, B., Suzuki, A., Nouh, F. & Saxena, A. Intermediate and long-term quality of life after total knee replacement: A systematic review and meta-analysis. *J. Bone Jt. Surg. - Am. Vol.* (2015).
  40. Bourne, R. B., Chesworth, B. M., Davis, A. M., Mahomed, N. N. & Charron, K. D. J. Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty: Who is Satisfied and Who is Not? *Clin. Orthop. Relat. Res.* **468**, 57–63 (2010).
  41. Bullens, P. H. J., van Loon, C. J. M., de Waal Malefijt, M. C., Laan, R. F. J. M. & Veth, R. P. H. Patient satisfaction after total knee arthroplasty. *J. Arthroplasty* **16**, 740–747 (2001).
  42. NIH Consensus Statement on total knee replacement. *NIH Consens. State. Sci. Statements* **20**, 1–34
  43. Karadsheh, M. TKA Prosthesis Design - Recon - Orthobullets.com.
  44. Karadsheh, M. TKA Approaches - Recon - Orthobullets.com.
  45. S. Kirschner, J. L. Primäre Endoprothetik am Kniegelenk. *Klin. und Poliklin. für Orthopädie, Univ. Carl Gustav Carus, Tech. Univ. Dresden* **75**, 177–194 (2008).
  46. Zalzal, P., Backstein, D., Gross, A. E. & Papini, M. Notching of the anterior femoral cortex during total knee arthroplasty characteristics that increase local stresses. *J. Arthroplasty* **21**, 737–43 (2006).
  47. Barrett, D. S., Cobb, A. G. & Bentley, G. Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. *J. Bone Joint Surg. Br.* **73**, 53–56 (1991).
  48. Hopkins, J. T. & Ingersoll, C. D. Arthrogenic muscle inhibition: A limiting factor in joint rehabilitation. *J. Sport Rehabil.* **9**, 135–159 (2000).
  49. Stevens, J. E., Mizner, R. L. & Snyder-Mackler, L. Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *J. Orthop. Res.* **21**, 775–9 (2003).
  50. Dennis, D. A., Komistek, R. D., Stiehl, J. B., Walker, S. A. & Dennis, K. N. Range of motion after total knee arthroplasty The effect of implant design and weight-bearing conditions. *J. Arthroplasty* **13**, 748–752 (1998).
  51. Walsh, M., Woodhouse, L. J., Thomas, S. G. & Finch, E. Physical Impairments and Functional Limitations: A Comparison of Individuals 1 Year After Total Knee Arthroplasty With Control Subjects. *Phys. Ther.* **78**, 248–258 (1998).
  52. Lamb, S. E. & Frost, H. Recovery of mobility after knee arthroplasty. *J. Arthroplasty* **18**, 575–582 (2003).
  53. Artz, N. *et al.* Effectiveness of physiotherapy exercise following total knee replacement: systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet. Disord.* **16**, 15 (2015).
  54. Moffet, H. *et al.* Effectiveness of intensive rehabilitation on functional ability and quality of life after first total knee arthroplasty: A single-blind randomized controlled trial. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **85**, 546–556 (2004).
  55. Petterson, S. C. *et al.* Improved function from progressive strengthening interventions after total knee arthroplasty: a randomized clinical trial with an imbedded prospective cohort. *Arthritis Rheum.* **61**, 174–83 (2009).
  56. Meier, W. *et al.* Total Knee Arthroplasty: Muscle Impairments, Functional Limitations, and Recommended Rehabilitation Approaches. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.* (2008).
  57. Minns Lowe, C. J., Barker, K. L., Dewey, M. & Sackley, C. M. Effectiveness of physiotherapy exercise after knee arthroplasty for osteoarthritis: systematic review and

- meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* **335**, 812 (2007).
58. Kasumovic, M., Gorcevic, E., Gorcevic, S. & Osmanovic, J. Efficacy of Physical Therapy in the Treatment of Gonarthrosis in Physically Burdened Working Men. *Mater. Socio Medica* **25**, 203 (2013).
  59. Welti, F. *Behinderung und Rehabilitation im sozialen Rechtsstaat: Freiheit, Gleichheit und Teilhabe behinderter Menschen*. (Mohr Siebeck, 2005).
  60. Schuntermann, M. International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) by WHO - Short Summary. *Phys. Medizin, Rehabil. Kurortmedizin* **11**, 229–230 (2001).
  61. Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation. Rahmenempfehlungen zur ambulanten medizinischen Rehabilitation. (2004).
  62. Destatis, S. B. Staat & Gesellschaft - Gesundheitsausgaben - Gesundheitsausgaben nach Einrichtungen - Statistisches Bundesamt (Destatis). (2013).
  63. Destatis. *Statistisches Bundesamt Grunddaten Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen*. **49**, (2014).
  64. Gmbh, S. Vorsorge und Rehabilitation in Deutschland - Statista-Dossier Inhaltsverzeichnis.
  65. Müller, E., Mittag, O., Gälich, M., Uhlmann, A. & Jäckel, W. H. Systematische Literaturanalyse zu Therapien in der Rehabilitation nach Hüft- und Kniegelenks-Total-Endoprothesen: Methoden, Ergebnisse und Herausforderungen. *Rehabilitation* **48**, 62–72 (2009).
  66. Rentenversicherung, D. D. & Rentenversicherung, D. Reha-Therapiestandards Hüft- und Knie-TEP. (2011).
  67. Glattacker, M., Müller, E. & Jäckel, W. H. Qualitätssicherung und Leitlinien in der Rehabilitation bei muskuloskeletalen Krankheiten. *Z. Rheumatol.* **67**, 575–582 (2008).
  68. Meis, W., Bund, D. R. & Sandmann, D. Deutsche Rentenversicherung. 4060831–4060831 (2010).
  69. Windhager, R. & Heisel, J. Rehabilitation nach Knieendoprothese. *Orthopädie-Refresher* (2003).
  70. Lotze, R. Von der „Krüppelfürsorge“ zur Rehabilitation von Menschen mit Behinderung - 90 mJarhe Deutsche Vereinigung für die Rehabilitation Behinderter e.V. (1999).
  71. Koch, U. & Morfeld, M. [Chances for advancement of outpatient rehabilitation in Germany]. *Rehabilitation (Stuttg)*. **43**, 284–95 (2004).
  72. Prof. Dr. A. Encke, Prof. Dr. S. Haas, P. D. I. K. et al. S3-Leitlinie Prophylaxe der venösen Thrombembolie. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/003-001I\\_S3-VTE-Prophylaxe-20151110\\_1.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/003-001I_S3-VTE-Prophylaxe-20151110_1.pdf) 1–238 (2015).
  73. Bürger, W., Dietsche, S., Morfeldt, U. & Koch, U. Ambulante und stationäre orthopädische Rehabilitation - Ergebnisse einer Studie zum Vergleich der Behandlungsergebnisse und Kosten. *42(2/3)*, 92-102. (2002).
  74. Baumgarten, E., Lindow, B. & Klosterhuis, H. Wie gut ist die ambulante Rehabilitation? Aktuelle Ergebnisse der Reha-Qualitäts- sicherung. *RVaktuell* **54**, 335–342 (2008).
  75. Lindow, B., Klosterhuis, H. & Naumann, B. Ambulante Rehabilitation – ein Versorgungsbereich profiliert sich. *RVaktuell* **103**, 206–213 (2007).
  76. Farin, E. et al. [Quality assurance in outpatient medical rehabilitation - concept and results of a pilot project to develop a quality assurance programme for musculoskeletal and cardiac diseases]. *Rehabilitation (Stuttg)*. **46**, 198–211 (2007).

77. Bürger, W., Dietsche, S., Morfeld, M. & Koch, U. Outpatient and inpatient orthopaedic rehabilitation - Results of a study comparing outcome and costs [Ambulante und stationäre orthopädische rehabilitation - Ergebnisse einer studie zum vergleich der behandlungsergebnisse und kosten]. *Rehabilitation* **41**, 92–102 (2002).
78. Grotkamp, S. *et al.* Bedeutung der personbezogenen Faktoren der ICF für die Nutzung in der praktischen Sozialmedizin und Rehabilitation. *Das Gesundheitswes.* **76**, 172–180 (2014).
79. Schaller, A., Froböse, I., K. T. Aktivität und Teilhabe nach Hüft- und Knie-TEP: Evaluation des stationären und poststationären Rehabilitationsverlaufes und Einfluss von Kontextfaktoren. *Dtsch. Rentenversicherung Bund, 18.Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium* 336–338 (2009).
80. Hibbeler, B. Ambulante Rehabilitation: Ungenutzte Potenziale. *Deutsches Ärzteblatt* 103(50): A-3372 / B-2936 / C-2816 (2006).
81. Heisel, J. Rehabilitation nach endoprothetischem Kniegelenkersatz. *Orth Prax* **38**, 434ff–434ff (2002).
82. Findekle, R. & Büttner, K. Knieendoprothetik - Ergebnisse der stationären Rehabilitation (AHB) bei 1111 Patienten nach Knie-TEP-Implantation. *Orth Prax* **36**, 280ff–280ff (2000).
83. Hoffmann, J. & Heisel, J. Effizienz einer stationären Anschlußheilbehandlung nach primärem endoprothetischen Kniegelenkersatz. *Orth Prax* **33**, 173ff–173ff (1997).
84. Weber, V. L. Hüft-TEP und Knie-TEP in der ambulanten Rehabilitation – eine prospektive Kohortenstudie Danksagung. (2011).
85. Müller, M., Toussaint, R. & Kohlmann, T. Ergebnisse ambulanter orthopädischer Rehabilitation nach Hüft- und Knie-TEP-Versorgung. *Phys. Medizin, Rehabil. Kurortmedizin* **25**, 74–80 (2015).
86. Sauer, A. V. & Egermann, P. D. M. Rehabilitationsverfahren nach Knie TEP – eine prospektiv randomisierte Vergleichsstudie. 1–5 (2017).
87. Rajan, R. a, Pack, Y., Jackson, H., Gillies, C. & Asirvatham, R. No need for outpatient physiotherapy following total knee arthroplasty: a randomized trial of 120 patients. *Acta Orthop. Scand.* **75**, 71–3 (2004).
88. Kolisek, F. R., McGrath, M. S., Jessup, N. M., Monesmith, E. A. & Mont, M. A. Comparison of outpatient versus inpatient total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **467**, 1438–42 (2009).
89. Bundesamt, S. Gesundheitsausgaben - Gesundheitsausgaben in Deutschland als Anteil am BIP und in Mio. EUR. *GBE-Bund* (2016).
90. Klingelhöfer, H. E. & Lätzsch, A. Wirtschaftlichkeitsvergleich ambulante versus stationäre rehabilitation. *Gesundheitswesen* **65**, 163–166 (2003).
91. Bührlen, B. & Jäckel, W. H. Teilstationäre orthopädische rehabilitation: Therapeutische leistungen, behandlungsergebnis und kosten im vergleich zur stationären rehabilitation. *Rehabilitation* **41**, 148–159 (2002).
92. Bührlen, B. & Jäckel, W. H. [Outpatient orthopaedic rehabilitation: treatment, outcomes and costs as compared to inpatient rehabilitation]. *Rehabilitation (Stuttg).* **41**, 148–59 (2002).
93. Bürger, W., Dietsche, S., Morfeld, M. & Koch, U. [Outpatient and inpatient orthopaedic rehabilitation--results of a study comparing outcome and costs]. *Rehabilitation (Stuttg).* **41**, 92–102 (2002).
94. Podsiadlo, D. & Richardson, S. The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J. Am. Geriatr. Soc.* **39**, 142–148 (1991).

95. Shumway-Cook, a, Brauer, S. & Woollacott, M. Timed Up & Go Test (TUG). *Missouri.Edu* **80**, 9–10 (2000).
96. Lienhard, K., Schneider, D. & Maffiuletti, N. A. Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Med. Eng. Phys.* **35**, 500–504 (2013).
97. Gomez Bernal., A., Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R. & Losa-Iglesias, M. E. Reliability of the OptoGait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults. *Gait Posture* (2016).
98. Maki, B. E. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *J. Am. Geriatr. Soc.* **45**, 313–320 (1997).
99. Hausdorff, J. M., Edelberg, H. K., Mitchell, S. L., Goldberger, A. L. & Wei, J. Y. Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **78**, 278–283 (1997).
100. Dobson, F. *et al.* Recommended performance - based tests to assess physical function in people diagnosed with hip or knee osteoarthritis. (2013).
101. Stratford, P. W., Kennedy, D. M. & Riddle, D. L. New study design evaluated the validity of measures to assess change after hip or knee arthroplasty. *J. Clin. Epidemiol.* **62**, 347–52 (2009).
102. Jacksteit, R. *et al.* The mental representation of the human gait in hip osteoarthritis and total hip arthroplasty patients: A clinical cross-sectional study. *Clin. Rehabil.* (2019).
103. Stöckel, T. *et al.* The mental representation of the human gait in young and older adults. *Front. Psychol.* (2015).
104. Stöckel, T., Hughes, C. M. L. & Schack, T. Representation of grasp postures and anticipatory motor planning in children. *Psychol. Res.* **76**, 768–776 (2012).
105. Schack, T. The cognitive architecture of complex movement. *International Journal of Sport and Exercise Psychology* **2**, 403–438 (2004).
106. Schack, T. & Mechsner, F. Representation of motor skills in human long-term memory. *Neurosci. Lett.* **391**, 77–81 (2006).
107. Ritter, M. a & Campbell, E. D. Effect of range of motion on the success of a total knee arthroplasty. *J. Arthroplasty* **2**, 95–7 (1987).
108. Miner, A. L., Lingard, E. A., Wright, E. A., Sledge, C. B. & Katz, J. N. Knee range of motion after total knee arthroplasty: how important is this as an outcome measure? *J. Arthroplasty* **18**, 286–294 (2003).
109. Jakobsen, T. L., Christensen, M., Christensen, S. S., Olsen, M. & Bandholm, T. Reliability of knee joint range of motion and circumference measurements after total knee arthroplasty: does tester experience matter? *Physiother. Res. Int.* **15**, 126–34 (2010).
110. Youdas, J. W., Bogard, C. L. & Suman, V. J. Reliability of goniometric measurements and visual estimates of ankle joint active range of motion obtained in a clinical setting. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **74**, 1113–1118 (1993).
111. Bovens, a M., van Baak, M. a, Vrencken, J. G., Wijnen, J. a & Verstappen, F. T. Variability and reliability of joint measurements. *Am. J. Sports Med.* **18**, 58–63 (1990).
112. Holm, B. *et al.* Loss of knee-extension strength is related to knee swelling after total knee arthroplasty. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **91**, 1770–6 (2010).
113. Bijur, P. E., Silver, W. & Gallagher, E. J. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad. Emerg. Med.* **8**, 1153–1157 (2001).

114. Boeckstyns, M. E. & Backer, M. Reliability and validity of the evaluation of pain in patients with total knee replacement. *Pain* **38**, 29–33 (1989).
115. Dahlgren, G., Carlsson, D., Moorhead, A., Häger-Ross, C. & McDonough, S. M. Test-retest reliability of step counts with the ActivPAL™ device in common daily activities. *Gait Posture* **32**, 386–90 (2010).
116. Davies, G. *et al.* Validity, practical utility, and reliability of the activPAL in preschool children. *Medicine and Science in Sports and Exercise* (2012).
117. Godfrey, A., Culhane, K. M. & Lyons, G. M. Comparison of the performance of the activPAL™ Professional physical activity logger to a discrete accelerometer-based activity monitor. *Med. Eng. Phys.* **29**, 930–934 (2007).
118. Gabrys, L. *et al.* Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität. *Sportwissenschaft* **45**, 1–9 (2014).
119. Skinner, H. B., Barrack, R. L., Cook, S. D. & Haddad, R. J. Joint position sense in total knee arthroplasty. *J. Orthop. Res.* **1**, 276–83 (1984).
120. Olsson, L. *et al.* Test-retest reliability of a knee joint position sense measurement method in sitting and prone position. *Adv. Physiother.* **6**, 37–47 (2015).
121. Hurley, M. V, Scott, D. L., Rees, J. & Newham, D. J. Sensorimotor changes and functional performance in patients with knee osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* **56**, 641–8 (1997).
122. Folstein, M. F., Folstein, S. E. & McHugh, P. R. 'Mini-mental state'. A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J. Psychiatr. Res.* **12**, 189–198 (1975).
123. Shapiro, S. S. & Wilk, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika* **52**, 591–611 (1965).
124. Vickers, A. J. & Altman, D. G. Statistics Notes: Analysing controlled trials with baseline and follow up measurements. *BMJ* **323**, 1123–1124 (2001).
125. Nordstokke, D. W. & Zumbo, B. D. A new nonparametric Levene Test for Equal Variances. *Psicológica: Revista de metodología y psicología experimental* **31**, 401–430 (2010).
126. Piaggio, G., Elbourne, D. R., Altman, D. G., Pocock, S. J. & Evans, S. J. W. Reporting of noninferiority and equivalence randomized trials: an extension of the CONSORT statement. *JAMA* **295**, 1152–60 (2006).
127. Cohen, J. Statistical Power Analysis. *Curr. Dir. Psychol. Sci.* **1**, 98–101 (1992).
128. Brandes, M., Ringling, M., Winter, C., Hillmann, A. & Rosenbaum, D. Changes in physical activity and health-related quality of life during the first year after total knee arthroplasty. *Arthritis Care Res.* **63**, 328–334 (2011).
129. Hey, S., Anastasopoulou, P. & Von Haaren, B. Erfassung körperlicher Aktivität mittels Akzelerometrie - Möglichkeiten und Grenzen aus technischer Sicht. *Aktuelle Rheumatologie* (2014).
130. Mizner, R. L., Petterson, S. C., Stevens, J. E., Axe, M. J. & Snyder-Mackler, L. Preoperative quadriceps strength predicts functional ability one year after total knee arthroplasty. *J. Rheumatol.* (2005).
131. Bean, J. F., Kiely, D. K., LaRose, S., Alian, J. & Frontera, W. R. Is Stair Climb Power a Clinically Relevant Measure of Leg Power Impairments in At-Risk Older Adults? *Arch. Phys. Med. Rehabil.* **88**, 604–609 (2007).
132. Kim Benell *et al.* Measures of Physical Performance Assessments. **63**, 350–370 (2011).

133. Lephart, S. M., Pincivero, D. M., Giraido, J. L. & Fu, F. H. The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. *Am. J. Sports Med.* **25**, 130–137 (1997).
134. Swanik, C. B., Lephart, S. M. S. & Rubash, H. E. H. *Proprioception, kinesthesia, and balance after total knee arthroplasty with cruciate-retaining and posterior stabilized prostheses. The Journal of bone and joint surgery. American volume* **86–A**, (2004).
135. Brown, C. N., Ross, S. E., Mynark, R. & Guskiewicz, K. M. Assessing Functional Ankle Instability with Joint Position Sense, Time to Stabilization, and Electromyography.pdf. *J. Sport. Rehabil.* (2004).
136. Docherty, C. L., Moore, J. H. & Arnold, B. L. Effects of Strength Training on Strength Development and Joint Position Sense in Functionally Unstable Ankles. **33**, 310–314 (1998).
137. Mizner, R. L. *et al.* Measuring Functional Improvement After Total Knee Arthroplasty Requires Both Performance-Based and Patient-Report Assessments. A Longitudinal Analysis of Outcomes. *J. Arthroplasty* (2011).
138. Bretzke, Pascal; Potempa, Christoph; Sauer, Volker; Egermann, Martin; Engels, S. Behandlungskosten nach Knieprothesen-OP – Ein Vergleich zwischen der ambulanten und stationären Rehabilitationsbehandlung Treatment costs after knee replacement – A comparison between the ambulatory and inpatient rehabilitation treatment Hintergrund Metho. *Gesundheitsökonomie und Qual.* **05/2017** **5**, 255–263 (2017).
139. Mahomed, N. N. *et al.* Inpatient Compared with Home-Based Rehabilitation Following Primary Unilateral Total Hip or Knee Replacement: A Randomized Controlled Trial. *J. Bone Jt. Surgery-American Vol.* **90**, 1673–1680 (2008).
140. Buhagiar, M. A. *et al.* Effect of Inpatient Rehabilitation vs a Monitored Home-Based Program on Mobility in Patients With Total Knee Arthroplasty The HIHO Randomized Clinical Trial. **317**, 1037–1046 (2017).
141. Kramer, J. F., Speechley, M., Bourne, R., Rorabeck, C. & Vaz, M. Comparison of Clinic- and Home-Based Rehabilitation Programs After Total Knee Arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* **410**, 225–234 (2003).
142. Van Breukelen, G. J. P. ANCOVA versus change from baseline had more power in randomized studies and more bias in nonrandomized studies. *J. Clin. Epidemiol.* **59**, 920–925 (2006).
143. Lange, S., Bender, R. & Ziegler, A. Äquivalenzstudien und Nicht-Unterlegenheitsstudien. *Dtsch. Med. Wochenschr.* **132 Suppl**, 53–56 (2007).
144. EMA. Guideline on the choice of the non-inferiority margin draft. *Eur. Med* 2004–2005 (2005).
145. Krummenauer, F. The incremental cost effectiveness of inpatient versus outpatient rehabilitation after total hip arthroplasty. 267–274 (2008).
146. Müller, W.-D., Arndt, K., Bocker, B., Bak, P. & Smolenski, U. Kurzfristige Effekte der stationären Rehabilitation bei Patienten nach Hüft- und Knie-TEP-Implantation. *Phys. Medizin, Rehabil. Kurortmedizin* **16**, 144–148 (2006).
147. Benz, T. *et al.* Comparison of patients in three different rehabilitation settings after knee or hip arthroplasty : a natural observational , prospective study. 1–8 (2015).
148. Destatis, S. B. Demografischer Wandel in Deutschland. *Stat. Ämter des Bundes und der Länder* (2010).
149. Kurtz, S. M. *et al.* Future young patient demand for primary and revision joint replacement: National projections from 2010 to 2030. in *Clinical Orthopaedics and*

*Related Research (2009).*

150. Bürger, W., Dietsche, S., Morfeld, M. & Koch, U. Ambulante und stationäre orthopädische Rehabilitation - Ergebnisse einer Studie zum Vergleich der Behandlungsergebnisse und Kosten. *Rehabilitation (Stuttg)*. **41**, 92–102 (2002).
151. Manteuffel, L. von. Berufliche Teilhabe als Leitziel. *Dtsch. Arztebl.* **108**, (2011).
152. Destatis - Statistisches Bundesamt. Gesundheit – Grunddaten der Vorsorge-oder Rehabilitationseinrichtungen 2016. **2018**, 27 (2017).
153. Meißner, S. Ambulante Reha-Einrichtungen in Deutschland. (2016).
154. Kladny, B. Stationäre und ambulante Rehabilitation in Deutschland: Aktueller Stand und weitere Entwicklung. *Unfallchirurg* **118**, 103–111 (2015).

## **8. Anhang**

## **Erklärung I**

Ich erkläre, dass ich die eingereichte Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und diesen Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Nassim El-Aarid

Münster, 07/2019

## **Erklärung II**

Hiermit erkläre ich, dass ich mich bisher noch keinem Promotionsverfahren unterzogen oder um eine Zulassung zu solchem beworben habe. Die eingereichte Schrift wurde an keiner anderen Hochschule vorgelegt.

Nassim El-Aarid

Münster, 07/2019

## Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Nassim El-Aarid  
Anschrift: Mierendorffstr. 6a  
48151 Münster  
Tel.: 01722593109  
E-Mail: nassim.elaarid@yahoo.de  
Geburtsdatum und -ort: 31.10.1984 in Greifswald  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig

### Schulische Ausbildung

1991-1996 Marco-Polo-Grundschule, Berlin Hohenschönhausen  
1996-1997 Grundschule im Hasengrund, Berlin Pankow  
1997-2004 Kurt-Tucholsky-Oberschule, Berlin Pankow  
Abschluss: Abitur

### Zivildienst

08/2004-05/2005 Zivildienst mit pflegerischer/betreuender Tätigkeit  
an der Schule am Schlosspark, Berlin Pankow  
(Sonderschule für körperlich und geistig behinderte Kinder)

### Berufliche Ausbildung

10/2005-10/2008 Wannsee-Schule e.V. Schule für Gesundheitsberufe  
Physiotherapieausbildung, Berlin Zehlendorf  
Abschluss: staatliche Prüfung für Physiotherapeuten

### Beruflicher Werdegang

10/2008-9/2010 Arbeit als selbstständiger Physiotherapeut und  
Personal Trainer in Berlin Zehlendorf  
12/2016-01/2019 Assistenzarzt der Neurochirurgie am Universitätsklinikum  
Kiel  
seit 02/2019 Assistenzarzt der Neurochirurgie am Universitätsklinikum  
Münster

### Studium

10/2010-10/2016 Studium der Humanmedizin, Universität Rostock  
09/2012 Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M1) mit Note gut  
10/2015 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M2) mit Note gut

11/2015-10/2016 Praktisches Jahr  
11/2016 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (M3) mit Note sehr gut

### **Promotion**

seit 04/2014 Effektivität von stationärer und ambulanter Rehabilitation bei Patienten nach Knieendoprothesen-Implantation

### **Famulaturen**

03/2013 Innere Medizin, Bad Doberan  
09/2013 Neurochirurgie, Neubrandenburg  
Chefarzt PD. Dr. med. M. Fritsch  
09/2014 Anästhesie, Südstadtklinikum Rostock  
03/2015 Neurologie, Universitätsmedizin Rostock

### **Sprachkenntnisse**

Englisch – fließend  
Französisch – Grundkenntnisse  
Arabisch - Grundkenntnisse

### **EDV-Kenntnisse**

Microsoft Excel, - Word, - PowerPoint

### **Interessen, Hobbys**

Ju-Jutsu, Triathlon

### **Sonstiges**

2009 – 2011 Nebenberufliche Tätigkeit als 1. Assistent  
Belegklinik Havelklinik, Spandau  
John Dronsella, niedergelassener Orthopäde  
10/2013-02/2014 Teilnahme am mikrochirurgischen Nahtkurs  
Universitätsmedizin Rostock  
01/2013-10/2015 studentischer/wissenschaftlicher Hilfsmitarbeiter  
Universitätsmedizin Rostock

Münster, 23.07.19

## **Danksagung**

An erster Stelle möchte ich mich bei Herrn Prof. Mittelmeier für die Überlassung des Themas bedanken. In besonderem Maße möchte ich mich bei Frau Dr. Anett Mau-Möller, Herrn Dr. Robert Jacksteit und Herrn PD. Dr. Phillipp Bergschmidt für die intensive Unterstützung und Betreuung der Arbeit bedanken. Nicht zuletzt gilt mein Dank auch allen Mitarbeitern des Forschungslabors der Orthopädie der Universitätsmedizin Rostock. Abschließend danke ich meiner Mutter, meinem Vater und Carola König für die Unterstützung während des gesamten Studiums, ohne die auch diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

## **Eigene Publikationen**

1. Originalarbeiten: keine
2. Buchbeiträge: keine
3. Abstracts: keine

Nassim El-Aarid

Münster, 07/2019

## Thesen der Dissertation

„Effektivität von stationärer und ambulanter Rehabilitation bei Patienten nach Knieendoprothesen-Implantation.“

1. Die Patienten der ambulanten Rehabilitation haben ein allgemein höheres Aktivitätsniveau als die Patienten der stationären Rehabilitation.
2. Die heimatnahe ambulante AHB fördert über eine frühe Wiedereingliederung in das häusliche Umfeld und deren Alltag die allgemeine körperliche Aktivität mehr als bei Patienten der stationären AHB.
3. Das Gangbild von Patienten der ambulanten und stationären Rehabilitation unterscheidet sich nach der Intervention wesentlich voneinander.
4. Die Fähigkeit zur Treppenbewältigung als Bestandteil der ADL ist bei Patienten mit Knie-TEP nach ambulanter AHB besser als nach stationärer AHB.
5. Patienten mit Knie-TEP verfügen nach ambulanter Rehabilitation über ein größeres ROM als nach stationärer Rehabilitation.
6. Patienten mit Knie-TEP haben nach ambulanter AHB weniger Knieschmerzen als nach stationärer AHB.
7. Die Propriozeption des Kniegelenks ist nach ambulanter Rehabilitation besser als nach stationärer Rehabilitation.
8. Patienten die sich einer stationären AHB unterziehen sind allgemein älter und haben mehr Komorbiditäten als Patienten die sich einer ambulanten AHB unterziehen.
9. Patienten die sich für eine ambulante Rehabilitation entschieden waren allgemein jünger und wiesen weniger Komorbiditäten auf.
10. Eine geringere Therapiefrequenz hat keinen Einfluss auf den Therapieerfolg.