ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Wirth, Kristina

Working Paper

Behandlung von Patienten auf Intensivstation: Vergleich zweier physiotherapeutischer Behandlungsschemata

Wismarer Diskussionspapiere, No. 04/2025

Provided in Cooperation with:
Hochschule Wismar, Wismar Business School

Suggested Citation: Wirth, Kristina (2025) : Behandlung von Patienten auf Intensivstation: Vergleich zweier physiotherapeutischer Behandlungsschemata, Wismarer Diskussionspapiere, No. 04/2025, ISBN 978-3-948862-20-6, Hochschule Wismar, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Wismar

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/330330

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Wismar Business School

Kristina Wirth

Behandlung von Patienten auf Intensivstation – Vergleich zweier physiotherapeutischer Behandlungsschemata

Heft 04/2025

Wismarer Diskussionspapiere / Wismar Discussion Papers

Die Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Hochschule Wismar, University of Applied Sciences – Technology, Business and Design bietet die Präsenzstudiengänge Betriebswirtschaft, Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsrecht sowie die Fernstudiengänge Betriebswirtschaft, Business Consulting, Business Systems, Facility Management, Quality Management, Sales and Marketing und Wirtschaftsinformatik an. Gegenstand der Ausbildung sind die verschiedenen Aspekte des Wirtschaftens in der Unternehmung, der modernen Verwaltungstätigkeit, der Verbindung von angewandter Informatik und Wirtschaftswissenschaften sowie des Rechts im Bereich der Wirtschaft.
Nähere Informationen zu Studienangebot, Forschung und Ansprechpartnern finden Sie auf unserer Homepage im World Wide Web (WWW): https://www.fww.hs-wismar.de/.
Die Wismarer Diskussionspapiere/Wismar Discussion Papers sind urheberrechtlich geschützt. Eine Vervielfältigung ganz oder in Teilen, ihre Speicherung sowie jede Form der Weiterverbreitung bedürfen der vorherigen Genehmigung durch den Herausgeber oder die Autoren.

Herausgeber:
Prof. Dr. Hans-Eggert Reimers
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Hochschule Wismar
University of Applied Sciences – Technology, Business and Design
Philipp-Müller-Straße
Postfach 12 10
D – 23966 Wismar
Telefon: ++49/(0)3841/753 7601
Fax: ++49/(0)3841/753 7131
E-Mail: hans-eggert.reimers@hs-wismar.de

Vertrieb:
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Hochschule Wismar
Postfach 12 10
23952 Wismar
Telefon: ++49/(0)3841/753-7468
Fax: ++49/(0) 3841/753-7131
E-Mail: Yvonne.Schlichting@hs-wismar.de
Homepage: https://www.fww.hs-wismar.de/

ISSN 1612-0884
ISBN 978-3-948862-20-6
JEL- Klassifikation: I10, I19
Alle Rechte vorbehalten.
© Hochschule Wismar, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, 2025.
Printed in German

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis **4**
Tabellenverzeichnis **5**
Abkürzungsverzeichnis **6**
1. Einleitung **7**
2. Strukturelle und ökonomische Rahmenbedingungen der Intensivstationen **10**
2.1. Kostenstruktur 10
2.2. Arten von Intensivstationen 11
2.3. Personalausstattung 12
3. Physiotherapie auf Intensivstation **14**
3.1. Organisatorische Einbettung der Physiotherapie 14
3.2. Geschichte der Physiotherapie auf Intensivstation 17
3.3. Aufgabenfelder der Physiotherapie 21
3.3.1. Atemtherapie **22**
3.3.2. Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation **24**
4. Quasi-Experiment **30**
4.1. Empirische Forschungsmethoden 30
4.2. Aufbau des Experiments 34
4.2.1. Einleitung und Forschungsfrage **34**
4.2.2. Auswahl des Studiendesigns **37**
4.2.3. Definition und Operationalisierung der Variablen **40**
4.2.4. Datenerhebung **47**
5. Statistische Analyse **53**
5.1. Datenaufbereitung 53
5.2. Wahl des Analyseverfahrens 54
5.3. Gruppenbeschreibung und Pretest 56
5.4. Durchführung der ANOVA 59
5.4.1. Modellannahmetests **59**
5.4.2. Winsorisierung **61**
5.5. Ergebnisse der ANOVA 62
6. Diskussion **65**
7. Fazit **71**
Literaturverzeichnis **74**
Anhang **88**

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispielorganigramm für die übliche Eingliederung der PT in Kliniken 16
Abbildung 2: Beurteilungsschema Atmung 22
Abbildung 3: Beurteilung der Muskelkraft. 25
Abbildung 4: Ampelsystem für die Frühmobilisation 28
Abbildung 5: Gütekriterien quantitativer Forschung 31
Abbildung 6: *Journal Article Reporting Standards* 34
Abbildung 7: Visualisierung des CPAx 45
Abbildung 8: Grafische Darstellung des experimentellen Ablaufs 51
Abbildung 9: Altersverteilung nach Gruppen 57
Abbildung 10: Visualisierung der Ausreißer anhand eines Boxplots 58
Abbildung 11: Verteilung der Residuen mittels Quantil-Quantil-Diagramms 60
Abbildung 12: Darstellung der Entwicklung der CPAx-Werte beider Gruppen im Zeitverlauf 64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Experimente 39
Tabelle 2: Definition der Standardphysiotherapie 42
Tabelle 3: Griffkrafttabelle nach Alter und Geschlecht 46
Tabelle 4: Überprüfung der Orientierung des Patienten 48
Tabelle 5: Messniveaus der Analysedaten 54
Tabelle 6: Legende zur mathematischen Berechnung 56
Tabelle 7: Überblick über die Verteilung der Daten 59
Tabelle 8: Verlauf von Mittelwert und Standardabweichung über vier Tage 67

Abkürzungsverzeichnis

CPAx	Chelsea Critical Care Physical Assessment tool
DGPRM	Deutsche Gesellschaft für Physikalische und Rehabilitative Medizin
FM	Frühmobilisation
ICU-AW	Intensive Care Unit-Acquired Weakness
IQR	Interquartilsabstand
ITS	Intensivstation
M	Mittelwert
MOB	Mobilisationsstufe
PpUG	Pflegepersonaluntergrenzen
PT	Physiotherapie/Physiotherapeut
RCT	Randomisierte kontrollierte Studie
SD	Standardabweichung

1. Einleitung

Intensivstationen bilden in deutschen Akutkrankenhäusern das organisatorische Rückgrat der Hochleistungsmedizin. Sie vereinen modernste Technik mit interdisziplinärer 24-h-Versorgung. Mit einem Anteil von 9,1% an den gesamten Behandlungsfällen verursachen intensivmedizinische Behandlungen jedoch zugleich die höchsten Pro-Fall-Kosten im stationären Sektor (Statistisches Bundesamt, 2024a; Zwerwer et al., 2024). Vor dem Hintergrund eines zunehmenden Fachkräftemangels und anderen Herausforderungen, wie beispielsweise die stetig wachsende Behandlungskomplexität rückt die Frage in den Fokus, wie vorhandene Ressourcen möglichst effizient eingesetzt werden können, um Patienten dabei zu unterstützen, ihre funktionellen Fähigkeiten, wie z. B. das selbständige Aufsetzen aus dem Bett, zurückzuerlangen (Hoffmann et al., 2025; Malin & Hickmann, 2022). Damit sollen Pflegeaufwand, Beatmungs- und Liegezeiten reduziert werden. Physiotherapie leistet dabei einen wesentlichen Beitrag: Atemtherapie, Bewegungstherapie und Frühmobilisation sind mittlerweile fester Bestandteil zahlreicher Leitlinien. Gleichwohl ist die Organisation dieser Leistungen in Deutschland heterogen.

In den meisten Häusern sind Physiotherapeuten durch historisch gewachsene Strukturen in eigenständigen Abteilungen, z. B. der physikalischen oder rehabilitativen Medizin organisiert und versorgen von dort die Patienten auf ITS mit. Anders wird dies am Klinikum Starnberg gehandhabt, das eine alternative Organisationsform entwickelt hat. Dort gibt es seit über zwei Jahren eine direkt auf Intensivstation angestellt Physiotherapeutin, die das medizinische Kernteam durch ihre therapeutische Arbeit und Expertise ergänzt. Durch den praktischen Wunsch des Pflegedirektors, diese besondere Organisationsform zu evaluieren, entstand die Idee eines quasi-experimentellen Aufbaus. Das Forschungsvorhaben kombiniert damit eine organisationsbezogene Fragestellung mit einem praxisnahen Ergebnis-Parameter, dem *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool*. So soll geklärt werden, ob strukturelle Investitionen in ein direkt auf ITS integriertes Physiotherapiemodell die Funktionserholung im Gegensatz zum Standardmodell messbar verbessern und somit eine sinnvolle Strategie darstellen, um unter den Bedingungen knapper personeller Ressourcen und hoher Kostenstrukturen ein bestmögliches Ergebnis für den Patienten zu erzielen. Bis dato gibt es zwar wenige wissenschaftliche Arbeiten, die Therapieintensitäten vergleichen, allerdings waren diese nicht an strukturellen Änderungen der Organisationsform innerhalb desselben Gesundheitssystems gebunden und kommen im Ergebnis zudem zu widersprüchlichen Ergebnissen.

Die vorliegende Untersuchung widmet sich der Forschungsfrage, ob die Entwicklung des funktionellen Zustands schwerkranker Patienten[1], gemessen mittels Celsea Critical Care Physical Assessment tool (CPAx), über vier Behandlungstage unter intensivierter Physiotherapie (PT) anders verläuft als unter Standard-Physiotherapie. Hierbei soll aufbauend auf theoretischen Hintergründen experimentell untersucht werden, welche Chancen bzw. Herausforderungen sich durch die spezielle organisatorische Einbettung der Physiotherapie am Interventions-Klinikum ergeben. Dies geschieht anhand des konkreten Vergleichs der Organisationsformen zweier bayerischer Kliniken. Ziel der Arbeit ist es, einerseits den theoretischen Hintergrund zu erläutern sowie andererseits die praktische Fragestellung durch ein geeignetes wissenschaftliches Verfahren beantworten zu können. Es soll also durch Literaturrecherche und die Auswertung des quasi-experimentellen Versuchsaufbaus folgende Frage beantwortet werden:

Verläuft die Entwicklung des funktionellen Zustands schwerkranker Patienten, gemessen mittels CPAx, über vier Behandlungstage unter intensivierter Physiotherapie anders als unter Standard-Physiotherapie?

Die nachfolgende Untersuchung ist wie folgt aufgebaut: das erste Kapitel bildet mit der Ausgangssituation und der Fragestellung die Einleitung in die Thematik. Elementar dafür sind die Forschungsfrage, die die Zielsetzung der Arbeit definiert.

Das daran anschließende zweiten Kapitel widmet sich dem theoretischen Hintergrund der Forschungsfrage. In diesem Abschnitt werden die Rahmenbedingungen der Intensivstationen, wie sie für die Forschungsfrage relevant sind, erläutert. Dazu gehören der Aufbau der ITS, der historische Einzug der Physiotherapie auf ebendieser sowie die Aufgabenfelder der Therapeuten in der Patientenversorgung.

Nach der Einbettung in den theoretischen Kontext widmet sich das dritte Kapitel der praktischen Durchführung des Quasi-Experiments. Um sich der Umsetzung der Forschungsfrage anzunähern, werden grundlegende Anforderungen an wissenschaftliches Arbeiten dargestellt und um eine Übersicht der relevanten empirischen Forschungsmethode ergänzt. Daran anschließend erfolgt der praktische Aufbau des Quasi-Experiments. Hierbei werden alle nötigen Vorarbeiten aufgeführt, die für eine wissenschaftliche und schlüssige Durchführung nötig sind. Dazu zählen der Weg zur Forschungsfrage, die Auswahl des Designs und

[1] Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Thesis das generische Maskulinum verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich, sofern nicht anders kenntlich gemacht, auf alle Geschlechter.

die Operationalisierung der Variablen. Ergänzt werden diese Voraussetzungen durch praktische Anforderungen an die Datenerhebung.

Im vierten Kapitel folgt die statistische Analyse der erhobenen Daten. Dafür werden alle relevanten Werte strukturiert aufbereitet, um eine Basis für die Analyse zu schaffen. Die Wahl des passenden Verfahrens, der *Mixed Design ANOVA*, bildet die theoretische Grundlage, an die die praktische Durchführung anknüpft. Um korrekte Ergebnisse zu generieren, müssen nach der Durchführung der Annahmetests Korrekturen durchgeführt werden. Als Abschluss dieses Gliederungspunktes werden die Ergebnisse dargestellt, anhand derer eine Antwort auf die Forschungsfrage gegeben wird.

Die Interpretation der Ergebnisse und die kritische Auseinandersetzung mit den Limitationen, die der Versuchsaufbau mit sich bringt, stellen das Kernstück der Diskussion dar, die als Antwort auf die Forschungsfrage den Inhalt des fünften Kapitels bildet. Dabei sollen außerdem Möglichkeiten aufgezeigt werden, zukünftige Vorhaben in ihrem Aufbau so anzupassen, dass den Herausforderungen adäquat begegnet werden kann.

Das abschließende sechste Kapitel stellt mit seinem Fazit das Ende der Arbeit dar. Wesentliche Erkenntnisse und Kernaussagen in Bezug auf die Forschungsfrage werden zusammengefasst. Zudem wird ein kurzer Ausblick auf zusätzliche, sich aus der Arbeit ergebende Anschlussforschungsthemen präsentiert.

2. Strukturelle und ökonomische Rahmenbedingungen der Intensivstationen

Um die in der Einleitung genannte Forschungsfrage beantworten zu können, werden im folgenden Kapitel theoretische Grundlagen dargestellt, um das Konstrukt „Intensivstation“ näher kennenzulernen und die später gewonnenen Erkenntnisse besser in einen praktischen Bezug setzen zu können. Es wurden im Rahmen der Literaturrecherche hauptsächlich in öffentlich zugänglichen Portalen wie Google Scholar und Pubmed gesucht. Die relevanten Suchbegriffe wurden mithilfe von Booleschen Operatoren, je nach Anforderung, verbunden. Die vorrangige Suchsprache war Englisch, um sich in der Auswahl der verfügbaren Quellen nicht einschränken zu müssen. Besonders interessante Quellen wurden nach dem Schneeballsystem nach weiteren relevanten Inhalten durchsucht. Es wurde, soweit möglich, besonderer Wert auf die Aktualität der Quellen gelegt.

2.1. Kostenstruktur

„In the Intensive Care Unit […], critically ill patients receive life-sustaining therapies with the goal of restoring or maintaining organ function.“ (Mercadante et al., 2018, S. 1). ITS sind für den kritisch kranken, das heißt lebensgefährlich erkrankten Patienten der Ort, an dem eine Versorgung auf höchstem medizinischen und technischen Level möglich ist. In der vorliegenden Arbeit werden nur Intensivstationen für erwachsene Patienten betrachtet. Pädiatrische und neonatologische Intensivstationen finden hier keine Betrachtung. In Deutschland machen Intensivbetten nur ca. 5,5% der gesamten Krankenhausbetten aus (Statistisches Bundesamt, 2024c). Die Kosten für intensivmedizinische Behandlungen nehmen dafür aber einen großen Teil des gesamten Krankenhausbudgets ein. Da die fallgenaue Zurechnung der einzelnen Kosten, wie Material- oder Personalkosten durch die Vergütung über die Fallpauschalen des DRG-Systems in Deutschland nur unter großem Aufwand im Sinne von Einzelstudien möglich sind, ist die Datenlage bezüglich der tatsächlichen patientengenauen intensivmedizinischen Kosten sehr dünn.

Laut der zuletzt verfügbaren Quelle aus Deutschland aus dem Jahr 2010 betrugen die durchschnittlichen Kosten pro Tag 1480,78 Euro ± 438,23 Euro (Feyrer et al., 2010). 2021 wurden für die intensivmedizinisch behandelten Covid-19-Patienten tägliche Ausgaben zwischen 1500 und 3000 Euro angesetzt (Aerzte-Zeitung.de, 2021). Es muss aber beachtet werden, dass diese Patienten zum Teil äußerst schwer krank waren und nicht klar ist, inwiefern diese Situation mit einem durchschnittlichen Intensivpatienten vergleichbar ist. Als aktuelle Referenz können noch Daten aus einer großen retrospektiven Kohortenstudie aus Belgien betrachtet werden. Da das Niveau für Waren und Dienstleistungen sowie der Anteil der Gesundheitsausgaben am BIP in beiden Ländern auf einem sehr ähnlichen Niveau sind, wird angenommen, dass die Daten auf die Situation

deutscher Intensivstationen übertragbar sind (OECD, 2023, S. 29). 2018 betrugen dort die täglichen Kosten im Durchschnitt 2160 Euro, wobei auch hier eine große Standardabweichung beachtet werden muss (Bruyneel et al., 2023). Die bereinigten Kosten in deutschen Krankenhäusern, das heißt die Kosten inklusive Steuern, aber ohne Kosten für Ambulanzen, Forschung und Lehrtätigkeiten sind im Zeitraum von 2010 bis 2023 von 69,6 Milliarden Euro auf 120,3 Milliarden Euro angestiegen sind, was einem Plus von 72,1% entspricht (Statistisches Bundesamt, 2024b). Daher lässt sich annehmen, dass der aktuell tatsächliche Wert, durch die seit 2010 angestiegenen Personal-, Material- und Medikamentenkosten zwischen den beiden Minimal- bzw.- Maximalwerten von 1480,78 und 3000 Euro liegt und damit etwa 3-mal so hoch ist wie auf einer Normalstation (Evans et al., 2018). Insgesamt macht das für die ITS benötigte Budget bis zu 30% des Gesamtbudgets der Krankenhäuser aus. Dabei sind die Fixkosten für das medizinische Personal, das heißt die unveränderbaren Kosten, z. B. durch Lohnzahlungen, der größte Kostenfaktor (Mastrogianni et al., 2021). Diese Zahlen zeigen, dass die Intensivstationen trotz ihrer im Verhältnis zur Gesamtbettenzahl geringen Bettenzahl einen großen Einfluss auf das monetäre Budget der Kliniken in Deutschland haben. Deshalb lohnt sich eine genaue Betrachtung der bestehenden Strukturen, um Optimierungsmöglichkeiten aufzudecken, die sich wiederum positiv auf die Kostenstruktur auswirken können.

2.2. Arten von Intensivstationen

Die Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI) erarbeitet, basierend auf empirischer Evidenz und Leitlinien, aus mit deutschen Standards vergleichbaren Ländern, Empfehlungen zum Aufbau und zur Ausstattung von Intensivstationen. Die Behandlung schwerkranker Patienten wird dabei in drei Stufen aufgeteilt. Inhalte der Einteilung beziehen sich vor allem auf die zeitliche Verfügbarkeit von Leistungen, die im Notfall benötigt werden, die Ausstattung mit qualifiziertem Personal und die Menge und Art der medizinischen Fachabteilungen:

- Stufe 1: Es kann für einen kurzen Zeitraum eine grundlegende intensivmedizinische Versorgung stattfinden. Ziel ist die Stabilisierung und Weiterverlegung des Patienten auf die ITS der Stufe 2 oder 3.
- Stufe 2: Die vollständige Behandlung und Versorgung des Patienten ist möglich. Eine Weiterverlegung auf die ITS der Stufe 3 erfolgt dann, wenn besondere medizinische Verfahren nötig sind und/oder fachspezifische Versorgung nötig ist, die an diesem Standort nicht möglich ist.
- Stufe 3: Der Patient kann vollständig intensivmedizinisch versorgt werden. Es sind fachspezifische Intensivstationen vorhanden, wie z. B. die herzchirurgische oder neurochirurgische ITS. Es finden sich alle

technischen und personellen Ressourcen, um komplexe Fälle behandeln zu können (Waydhas et al., 2022, S. 11).

2.3. Personalausstattung

Das personelle Team der Intensivstation setzt sich üblicherweise aus zwei großen Säulen zusammen- dem pflegerischen und dem ärztlichen Personal. Des Weiteren gehören Therapeuten, wie Physiotherapeuten, Ergotherapeuten sowie Logopäden, Reinigungspersonal, Apotheker und administratives Personal zum Team. Etliche weitere Professionen wie Psychologen, Sozialer Dienst, Seelsorger und Ernährungstherapeuten stehen der ITS auf Anforderung zur Seite.

Die DIVI empfiehlt für die Leitung einen intensivmedizinisch weitergebildeten Facharzt, der auf ITS der Stufe 2 und 3 ausschließlich dort arbeitet und die Verantwortung trägt. Nach Vorgaben des G-BA, Anforderungen an die Abrechnungsvoraussetzungen des DRG-Systems, sowie Anregungen der DIVI soll die Anwesenheit auf ITS, bzw. außerhalb der Kernarbeitszeiten die kurzfristige Verfügbarkeit, eines Facharztes mit intensivmedizinischer Zusatzqualifikation 24/7 im Krankenhaus gegeben sein (Waydhas et al., 2022, S. 25). Zur Berechnung der notwendigen Vollkostenstellen für die ärztliche Leitung bzw. das ärztliche Personal muss die Bettenzahl der Station beachtet werden. Durchschnittlich betreibt eine deutsche Intensivstation 20 Betten, wobei die Standardabweichung nach oben und unten sehr groß ist. Dies ist durch die Größe der Häuser bedingt. So stellen Krankenhäuser mit mehr als 600 Betten im Mittelwert 57,3 Betten, wohingegen Krankenhäuser unter 300 Betten nur 12,2 Betten stellen. Die große Anzahl der ITS-Betten in Kliniken mit mehr als 600 Betten wird meist auf mehrere Intensivstationen verteilt. So haben 65,7% der großen Kliniken (mit mehr als 600 Bettplätzen) ≥ 3 Intensivstationen (Blum, 2017, S. 25–26). Bei einer Größe von 12-16 Betten werden für die ärztliche Leitung 1,3 VK angesetzt. Für jeden Behandlungsplatz, also jedes Bett, schlägt die DIVI als Minimum 0,7 VK Ärzte vor. Diese Zahl erhöht sich für die ITS der Stufen 2 und 3 durch Faktoren wie die Verweildauer der Patienten, zusätzliche Aufgaben, wie beispielsweise die Durchführung von Reanimationen, tarif- und arbeitsrechtliche Rahmenbedingungen oder Patienten mit einer hohen Behandlungskomplexität auf mindestens 0,8 VK pro Bett (Waydhas et al., 2022, S. 25).

Für die pflegerische Leitung einer ITS wird die Fachweiterbildung „Intensivpflege und Anästhesie“ vorausgesetzt oder ein erfolgreich beendetes Pflegestudium in Kombination mit der Fachweiterbildung „Intensivpflege“. Es werden 1,3 VK für rein administrative Aufgaben angesetzt, wobei ab dem 11. Bett zusätzlich 0,13 VK für jeden weiteren Bettenplatz anzusetzen sind (Waydhas et al., 2022, S. 38). Für die Planung des notwendigen Pflegepersonals sind zum einen die seit 2019 gesetzlich vorgegebenen Pflegepersonaluntergrenzen (PpUG) für pflegesensitive Bereiche zu beachten. Als pflegesensitiv gilt ein

Fachbereich dann, wenn bei mehr als 40% der betreuten Patienten bestimmte DRGs dokumentiert werden (Bundesministerium für Gesundheit, 2019). Intensivstationen fallen demnach in diese Sparte. Bei einer Unterschreitung der PpUG kommt es in diesen Bereichen nachweislich zu einem Anstieg unerwünschter Ereignisse. Dazu zählen beispielsweise Infektionen, Thrombosen oder Dekubitus, das Wundliegen (Schreyögg & Milstein, 2016, S. 46–48). Die PpUG stellen jedoch nur eine Mindestanforderung an die Personalausstattung dar. Die DIVI präsentiert auch hier eine Übersicht der Anzahl an erforderlichen Stellen sowie den Qualifizierungsgrad der Pflegekräfte. Basierend auf dem Grad der Erkrankungsschwere wird das Verhältnis von Pflegefachkraft und Patienten ermittelt. Das Verhältnis liegt zwischen 1:3 und 1:1. Zudem soll zumindest ein Drittel der Pflegefachkräfte speziell im Bereich Intensivmedizin fortgebildet sein (Waydhas et al., 2022, S. 39–42). Wenn man also von einer durchschnittlichen ITS mit 20 Betten ausgeht, müssen je nach Schwere der Erkrankung des Patienten zwischen 6,7 und 20 VK Pflegekräfte vorgehalten werden. Nach § 6 der Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung beträgt das Verhältnis seit Februar 2021 tagsüber 2 Patienten pro Pflegekraft und nachts 3 Patienten pro Fachkraft.

3. Physiotherapie auf Intensivstation

3.1. Organisatorische Einbettung der Physiotherapie

Bezüglich der Anforderungen an die physiotherapeutische Personalausstattung werden von der DIVI keine Empfehlungen ausgesprochen. Es erfolgt lediglich der Verweis auf Potter et al. (2021), welche in einer Metaanalyse feststellen, dass die Qualität der physiotherapeutischen Behandlung durch mangelhafte Personalressourcen und intensive Arbeitsanforderungen leidet. Leitlinien für britische Intensivstationen empfehlen beispielsweise eine 24-stündige Verfügbarkeit der Physiotherapie und einen Stellenschlüssel von 1 VK auf 4 Betten, was bei einer durchschnittlichen Intensivstation 5 VK auf 20 Betten bedeuten würde und zusätzliche Kapazitäten für deren Leitung (Cornell & Twose, 2022). Die Deutsche Gesellschaft für Physikalische und Rehabilitative Medizin (DGPRM) stellte 2020 Rahmenbedingungen für die Mindestausstattung in Bezug auf Personal und apparative Versorgung vor. Die Anforderungen stellen dabei, ähnlich wie bei den PpUG, lediglich Mindestanforderungen dar. Es wird 1,0 VK pro sieben Betten vorgeschlagen und eine tägliche Therapiedauer von mindestens 30 Minuten, die, wenn es der Zustand des Patienten erfordert, auch auf 2 Abschnitte aufgeteilt werden kann (Gutenbrunner et al., 2020). Das deckt sich mit den Empfehlungen der DIVI bezüglich Therapiedauer und Verteilung. Es muss aber beachtet werden, dass die Schwere der Erkrankung und das benötigte Behandlungspensum zwischen Intermediate Care-Einheiten und Intensivstationen sehr unterschiedlich ausfallen können und die 1,0 VK pro sieben Betten nur eine Minimalanforderung darstellt. Klarmann et al. (2024) schlagen eine Ausstattung mit 1,28 VK für 10 Betten vor. Grundlage hierfür bildet die Berechnung der Produktivitätszeit, also der Zeit, die der Therapeut effektiv am Patienten verbringt. Berechnet man aus diesen Empfehlungen die Verhältniszahlen, so beträgt der Schlüssel gemäß den DIVI-Empfehlungen 0,14 VK pro Bett und gemäß Klarmann et al. 0,13 VK pro Bett. Verglichen mit den britischen Empfehlungen, die pro Bett 0,25 VK vorschlagen, fällt die physiotherapeutische Ausstattung auf deutschen Intensivstationen im Vergleich also deutlich geringer aus.

Sowohl die DIVI als auch die DGPRM wünschen sich eine Teilnahme der Physiotherapeuten an den täglichen Visiten und eine über den ganzen Tag verteilte Einbindung in das intensivmedizinische Team (Gutenbrunner et al., 2020; Waydhas et al., 2022, S. 50). Das widerspricht jedoch der gängigen Praxis in deutschen Krankenhäusern. Physiotherapeuten sind zwar ein Teil des interdisziplinären Teams auf ITS, nehmen jedoch meist nicht an den Visiten dort teil und sind nur während der Behandlungszeiten auf der Intensivstation präsent (Hillmann et al., 2022). Das ist mutmaßlich der organisatorischen Einbettung der Physiotherapie im System Krankenhaus geschuldet. In den meisten Fällen gibt es für die therapeutischen Professionen Physiotherapie, Ergotherapie und

Logopädie eine gemeinsame therapeutische Leitung. Je nach Größe des Hauses gibt es dann entweder ein oder mehrere physiotherapeutische Teams. Wie in Abbildung 1, zu sehen ist, gibt es dort für die übergeordneten Fachrichtungen je eine Arbeitseinheit, die eine eigene Teamleitung vorhält. Das Rehateam Chirurgie versorgt dort chirurgische Patienten unter anderem aus den Bereichen Unfallchirurgie, Thoraxchirurgie, Viszeralchirurgie, Herzchirurgie usw. Ebenso werden von diesem Team die chirurgischen Intensivstationen mitbetreut. Die Abbildung beleuchtet lediglich die für diese Bachelorarbeit relevanten Einheiten, die vorgelagerten Elemente werden ausgelassen. Durch diese Form der Organisation ist es den Therapeuten oft nicht möglich, an den Visiten auf Intensivstation teilzunehmen, da morgens zeitgleich Teambesprechungen zur Planung des Tagesgeschehens stattfinden. Ebenso ist eine ganztägige Einbindung auf ITS in dieser Organisationsform nicht möglich, da die Therapeuten zusätzlich zu ihrer Arbeit auf ITS auch die Normalstationen versorgen müssen. Die PT ist so zwar Teil der interdisziplinären Arbeit auf ITS, aber keine Säule des intensivmedizinischen Kernteams.

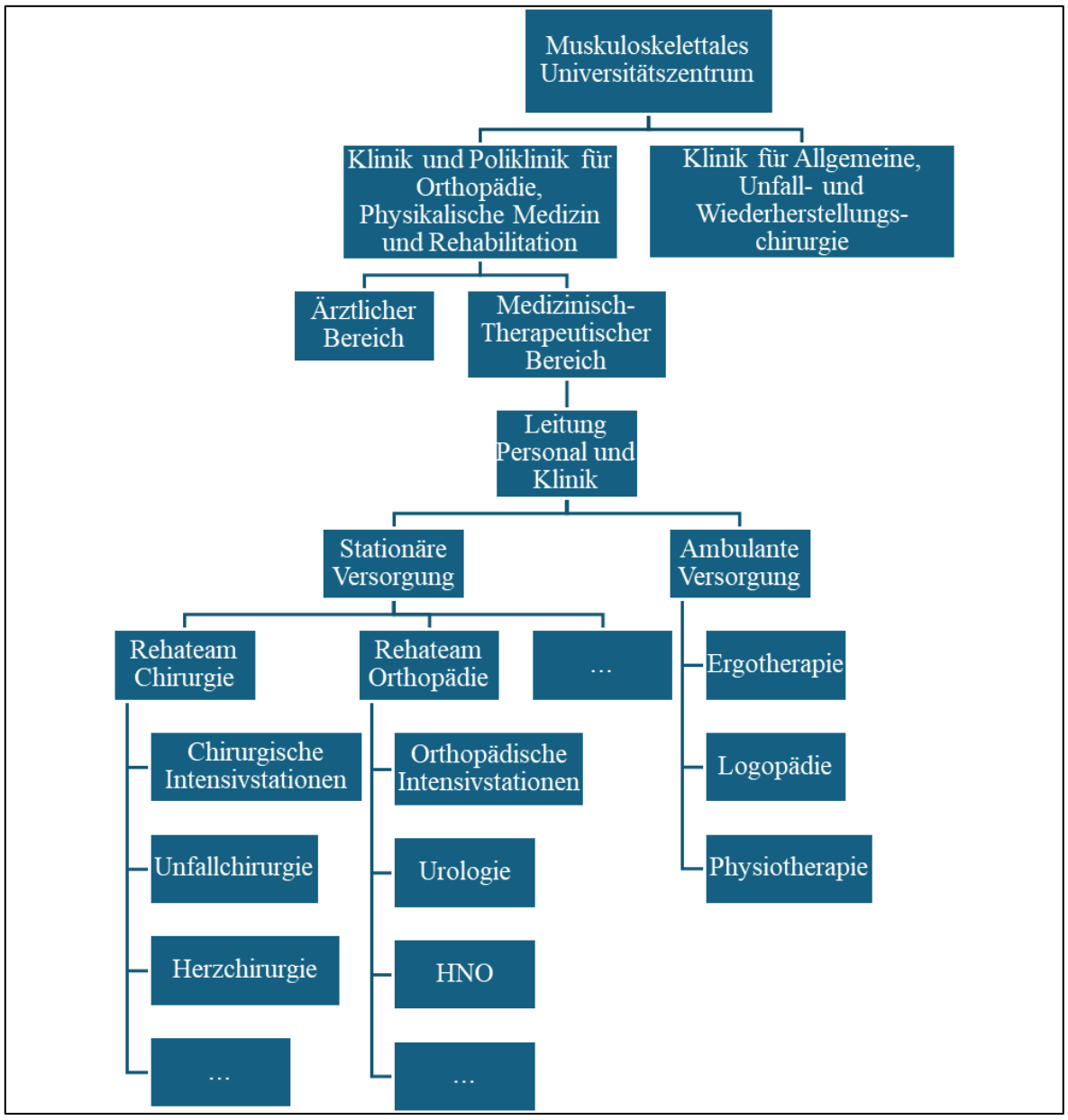


Abbildung 1: Beispielorganigramm für die übliche Eingliederung der PT in Kliniken

Eigene Darstellung.

Für die auf ITS tätigen Physiotherapeuten ist aufgrund des speziellen Arbeitsumfeldes eine Fortbildung im intensivmedizinischen Bereich wünschenswert. Arbeitsabläufe, das technische Equipment wie Beatmungsgeräte, Perfusoren, ECMO-Geräten und die potenziell lebensbedrohliche Situation des Patienten unterscheiden sich grundlegend von Normalstationen und können für unerfahrene Therapeuten psychische und physische Herausforderungen bergen. Das Fortbildungsangebot in Deutschland ist noch sehr überschaubar. Die DIVI selbst gestaltet beispielsweise eine 4 Module umfassende Fortbildung „Physiotherapie in der Intensivmedizin“ (Stöver, 2021). Auch der Deutsche Verband für

Physiotherapie oder private Anbieter wie die Heimerer Akademie oder die Döpfer Akademie bieten Fortbildungen an. Als besonders renommierte Anlaufstelle hat sich die Berner Fachhochschule herauskristallisiert. Diese bietet mit der beruflichen Weiterbildung „Spezialist Physiotherapie auf der Intensivstation“ einen Kurs an, der mit einem 12 ETCS umfassenden Certificate of Advanced Studies (CAS) abgeschlossen werden kann (Berner Fachhochschule, o.D.).

Im Klinikum Starnberg ist die Physiotherapie organisatorisch im Kern ähnlich aufgebaut, wie auf Abbildung 1 zu sehen. Es gibt für die Versorgung der Normalstationen die oben genannte klassische Eingliederung der Physiotherapie. Das heißt, die dort tätigen Therapeuten versorgen die Stationen, für die sie zuständig sind, mit Ausnahme der Intensivstation. Seit Mai 2023 hat die Intensivstation eine eigene Physiotherapeutin. Ziel dieser neuen Organisationsform, die von Stephan Hohndorf, dem stellvertretenden Pflegedirektor, initiiert wurde, ist es, die beiden üblichen Säulen der Pflegschaft und Ärzteschaft, um die Physiotherapie zu erweitern. Dies soll die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Professionen fördern und die PT als Teil des intensivmedizinischen Teams etablieren. Des Weiteren sollen Zeitabläufe besser koordiniert, die Behandlungspläne bzw. -ziele aufeinander abgestimmt und die Behandlungskontinuität gewährleistet werden. Weitere Vorteile stellen der Wegfall von Wegzeiten und der Zeit, die bei mehrmaligem Ein- und Ausschleusen für den Wechsel der Arbeitskleidung entsteht, dar. Da aufgrund des Mangels an Pflegefachkräften eine VK-Pflegestelle unbesetzt blieb, wurde diese in eine Physiotherapiestelle umgewidmet. Der Prozess hatte durch den hohen organisationsstrukturellen Aufwand einen geraumen zeitlichen Vorlauf. Die nun ausschließlich auf Intensivstation tätige Physiotherapeutin ist fachlich der physiotherapeutischen Leitung und disziplinarisch der Stationsleitung gebunden. Sie hat als Absolventin der Weiterbildung „Spezialist Physiotherapie auf der Intensivstation“ an der Berner Fachhochschule ihr Wissen speziell für diese Arbeitssituation erweitert. Im Zuge der Recherche zu der vorliegenden Arbeit ist das Uniklinikum Tübingen mit einer Besonderheit hervorgetreten. Dort gibt es bereits seit über 35 Jahren eine auf der ITS angestellte Therapeutin. Besonders werden auch hier die positiven Effekte der vertrauensvollen interdisziplinären Arbeit hervorgehoben, sowie die flexible Planung der Behandlungszeiten und –intensität (Kistermann, 2019).

3.2. Geschichte der Physiotherapie auf Intensivstation

Der Ursprung der Physiotherapie liegt in der therapeutischen Gymnastik und-Massage. Bewegungsübungen sollen helfen, Schäden am Bewegungsapparat einerseits zu behandeln und andererseits deren Entstehung vorzubeugen. Als eigenständige Berufsgruppe findet die Heilgymnastik in Deutschland 1901 mit der Eröffnung der ersten staatlich genehmigten Lehranstalt Beachtung (Schöler,

2005, S. 163). 1949 schließen sich die Ausbildungsstätten und die Verbände zusammen, um als Zentralverband der krankengymnastischen Landesverbände (ZVK) den Berufsstand zu schützen, ihn gegen andere Hilfsberufe abzugrenzen und seine Interessen nach außen zu vertreten. 1958 folgt dann die gesetzliche Definition des Berufsbildes des Krankengymnasten über das „Gesetz über die Ausübung der Berufe des Masseurs, des Masseurs und medizinischen Bademeisters und des Krankengymnasten“. Nun sind die Anforderungen an die Lehranstalten klar geregelt und die Berufsbezeichnung „Krankengymnast“ gesetzlich geschützt. Der ZVK existiert auch heute noch als größter physiotherapeutischer Berufsverband unter dem Namen „Deutscher Verband für Physiotherapie e.V.“ (Deutscher Verband für Physiotherapie, o.D.). Alle im folgenden Abschnitt erwähnten Maßnahmen werden im Punkt 3.3 genauer erläutert und daher hier nur angeschnitten.

Durch die große Anzahl an behandlungsbedürftigen Kriegsverwundeten nach den beiden Weltkriegen und die vielen Erkrankten im Zusammenhang mit den Polio-Epidemien entstand ein enormer Bedarf an physiotherapeutischer Behandlung. Tatsächlich kann die physiotherapeutische Behandlung auf den Stationen, die speziell für die schwer an Kinderlähmung erkrankten Patienten eingerichtet wurden, als erster dokumentierter intensivmedizinischer Einsatz gesehen werden. Dorothy A. Graves, eine amerikanische Krankenschwester, schlägt 1949 den Therapeuten vor, „The actual physical therapy measures should be carefully explained. This calls for a consideration of policies on muscle testing, muscle reeducation, preparation of the patient on admission and for discharge, and limitations on patient activity.“ (Graves, 1949, S. 292). Damit greift sie einige der Punkte auf, die auch aus heutiger Sicht relevant für eine gute Therapie sind. Die Erläuterung der physiotherapeutischen Maßnahmen geht einher mit einer sinnvollen Therapieplanung und Zielsetzung, die mit dem Patienten und dem übrigen medizinischen Personal, zum damaligen Zeitpunkt also Ärzten und Krankenschwestern, abgestimmt und besprochen werden sollte. Mit den Überlegungen zur Muskeltestung wird die Auswahl eines geeigneten Befundungswerkzeuges, in diesem Fall für die Muskelkraft, beschrieben. Auch der Therapieinhalt, die Wiederherstellung der funktionellen Arbeit der Muskulatur durch beispielsweise isometrische Muskelübungen, wird bereits adressiert. Zudem beschreibt sie, dass der Patient und seine Einschränkungen Eingang in die Planung der Therapie haben müssen. Sie beschreibt als Inhalte der Therapie zum Beispiel die Anwendung von feuchtwarmen Packungen, so wie Moor- oder Fangopackungen, die auch heute noch verordnet werden. Zudem werden Übungen zur Muskelkräftigung und das Trainieren von Transfers, zum Beispiel aus der Rückenlage in den Sitz an der Bettkante zu kommen, eingesetzt. Außerdem ist interessant, dass Graves die Physiotherapeuten ermuntert, sich an der Forschung, die im Rahmen der Epidemie stattfindet, zu beteiligen, um ihren Wissensschatz

zu erweitern (Graves, 1949, S. 291). Diese Aussage hat über 70 Jahre später, zu Zeiten der Corona-Pandemie, nichts an Aktualität verloren.

Beleg für die atemphysiotherapeutische Versorgung von schwerkranken Poliopatienten liefert Björn Ibsen. Er gibt an, dass während der Polio-Epidemie in Kopenhagen 1954, speziell in Atemtherapie geschulte Physiotherapeuten hinzugezogen wurden, um Patienten zu behandeln, deren respiratorischer Status als besonders kritisch erachtet wurde (Andersen & Ibsen, 1954, S. 788). Therapeutisch standen sich im Rahmen der Polioepidemie zwei gegensätzliche Ansätze gegenüber. Der eine war die Einhaltung von Bettruhe und die Fixierung der Extremitäten, um eine Deformation durch die unsachgemäße Nutzung der Muskulatur zu vermeiden. Der andere Ansatz beruhte auf der Annahme, dass eine Ruhigstellung zu einem Abbau der Muskulatur führt und somit zu vermeiden ist. Als sinnvolle Therapiemaßnahmen wurden unter diesem Ansatz Massagen und passive Bewegungen angesehen, im weiteren Verlauf dann auch kräftigende Übungen. Sie sollten helfen, die physiologische Funktionsweise der Muskulatur zu erhalten (“Physiologic Anatomy of Poliomyelitis,” 1941, S. 1981).

Im weiteren zeitlichen Verlauf war die physiotherapeutische Behandlung des Intensivpatienten stark von der Analgosedierung geprägt. Das bedeutet, dass zum einen die Schmerzen des Patienten durch Gabe von Medikamenten ausgeschaltet werden und zum anderen das Bewusstsein gedämpft wird. Ziel ist es, dem Körper dadurch ausreichend Erholungsphasen zukommen zu lassen. Die Stoffwechselaktivität wird heruntergefahren und dem Körper sollen so mehr Kapazitäten zur Heilung zur Verfügung stehen (Sagarra-Romero & Viñas-Barros, 2020). Somit waren die therapeutischen Mittel bei der Behandlung auf Intensivstation stark eingeschränkt. Seit Anfang der 2000er findet ein Umdenken in Bezug auf die tiefe Sedierung statt. Eine tägliche Unterbrechung der Sedierung bei schwerkranken beatmeten Patienten soll positive Effekte erzielen. Studien zeigen Belege für die Reduktion der Beatmungsdauer, der Länge des Aufenthalts auf Intensivstation, sowie der Gesamtverweildauer im Krankenhaus. Das führt wiederum zu geringeren Behandlungskosten (Vagionas et al., 2019). In diesem Zug kommt das Konzept der Frühmobilisation (FM) auf. Dieses Vorgehen hat einen entscheidenden Einfluss auf den weiteren Verlauf der physiotherapeutischen Arbeit auf ITS und ist ein gutes Beispiel für die immer weiter fortschreitenden evidenzbasierten Therapieansätze in der Physiotherapie. Die Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften, welche entscheidungsunterstützende Leitlinien für medizinische Behandlungsfragen erstellt, nimmt das Thema Frühmobilisation 2015 mit in ihren Katalog auf (Bein et al., 2015, S. 605).

2023 wurde mit der S3-Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstation“ eine überarbeitete und an den aktuellen

Forschungsstand angepasste Version publiziert. Diese entspricht einem höherwertigen Standard, da sie nicht nur auf Evidenz gründet, sondern zusätzlich auch auf dem Konsens von Experten (Schaller et al., 2025). Die Einführung der FM stellt für die physiotherapeutische Arbeit auf Intensivstation einen entscheidenden Meilenstein dar. Die Behandlung wandelt sich von passiven Maßnahmen am sedierten Patienten hin zu aktiven Maßnahmen, die die körperliche Funktionalität wiederherstellen sollen. In diesem Rahmen muss auch erwähnt werden, dass sich das technische Equipment der Physiotherapeuten laufend weiterentwickelt. Geräte für selbstständige atemtherapeutische Übungen, wie Mediflow, Coach, Flutter gehören zum Standard der Behandlung bei nicht invasiv beatmeten Patienten. Ebenso kommen Geräte zum Einsatz, die die Frühmobilisation unterstützen sollen. Das Stehbrett für Patienten, die passiv vertikalisiert werden sollen, der Gehwagen zur Unterstützung beim aktiven Stehen und Laufen, sowie das Bettfahrrad als ergänzende Kräftigung zur PT. Seit 2020 ist mit dem VEMO ein Gerät verfügbar, das die Vertikalisierung und Gehübungen bei beatmeten Patienten bereits im Bett ermöglicht. Für das physiotherapeutische Personal kann dadurch, bei ausreichender Einarbeitung, eine körperliche Entlastung erzielt werden (Mehler-Klamt et al., 2023). Aufgrund der hohen Anschaffungskosten ist aktuell nicht davon auszugehen, dass diese Art der Unterstützung in naher Zukunft flächendeckend auf den Intensivstationen anzutreffen ist.

Die Entdeckung verschiedener Krankheitsbilder, wie bspw. der Intensive Care Unit-Acquired Weakness (ICU-AW) die in ihrer Pathogenese in Zusammenhang mit einem intensivmedizinischen Aufenthalt stehen, spielen zu Beginn der 2000er Jahre ebenfalls eine Rolle für die physiotherapeutische Behandlung (Stevens et al., 2009). Die Pathophysiologie und therapeutische Ansätze werden im nächsten Kapitel erläutert. Und auch bei diesen Krankheitsbildern ist der Einsatz von Frühmobilisation zusätzlich zu anderen Therapieinhalten essenziell (Patel, 2020).

Die Corona-Pandemie stellte in jüngster Zeit eine große Herausforderung an die PT dar. Die Bilder von in Bauchlage gelagerten COVID-19 Patienten gingen um die Welt und haben sich eingeprägt. Der Fokus lag zu Hochzeiten der Pandemie auf schwer pulmonal betroffenen Patienten. Lagerung, Dekubitusprophylaxe und vor allem Atemtherapie waren hier sehr wichtige Behandlungsaspekte. Eine der Hauptaufgaben bestand darin, ausreichend physiotherapeutisches Personal zur Verfügung stellen zu können. Ähnlich wie beim ärztlichen Personal wurden dafür verschiedene Maßnahmen empfohlen. Dazu zählt zum Beispiel teilzeitarbeitende PT kurzfristig ihre Stunden aufstocken zu lassen, Urlaube, wenn möglich, zu verschieben oder kürzlich in den Rentenstand eingetretene Mitarbeiter wieder zurückzuholen. Des Weiteren musste durch Hygienemaßnahmen und Schutzausrüstung besonders auf den persönlichen Schutz vor einer

Ansteckung geachtet werden (P. Thomas et al., 2022). Im nächsten Kapitel sollen nun die Aufgabenfelder der PT auf Intensivstation erläutert werden.

3.3. Aufgabenfelder der Physiotherapie

Physiotherapie spielt auf Intensivstationen eine entscheidende Rolle in der Versorgung kritisch kranker Patienten. Grundlage für die Behandlung durch einen Therapeuten stellt die Verordnung der physiotherapeutischen Leistung durch einen Arzt nach § 2 des Vertrags nach § 125 Absatz 1 SGB V dar. Ohne diese Weisung ist es dem PT nicht erlaubt, eine Behandlung durchzuführen. Zu Beginn der Behandlung erstellt der PT für jeden Patienten einen individuellen Befund, woraus sich dann die Behandlungsziele ableiten lassen. Diese können als vorbeugend, heilend oder wiederherstellend charakterisiert werden (Sturm et al., 2020). Zur Befunderhebung und Einschätzung des körperlichen Zustandes können verschiedene Tests herangezogen werden. Besonders weit verbreitet sind unter den Therapeuten im intensivmedizinischen Bereich Skalen zur subjektiven Einschätzung des Schmerzes durch den Patienten. Dazu zählen beispielsweise die Visuelle Analogskala und die Numerische Rating-Skala, welche durch Smileys bzw. Zahlenreihen (1-10) eine Einschätzung ermöglicht. Auch der Barthel-Index wird von etwas weniger als der Hälfte aller Therapeuten auf ITS eingesetzt. Dieser ermöglicht eine Bewertung der alltäglichen Fähigkeiten in Bezug auf die Selbstständigkeit und berücksichtigt beispielsweise die Mobilität, Essen oder die Kontinenz und wurde ursprünglich für geriatrische, das heißt alte Patienten, entwickelt. Tests zur Messung der Muskelkraft oder intensivmedizinisch-spezifische Tests wie die *ICU Mobility Scale*, die *Richmond Agitation Scale* oder das *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool* werden dagegen nur selten genutzt (Grüneberg et al., 2018). Ein Grund hierfür könnte sein, dass diese Testungen umfangreicher ausfallen und daher bei knappen Therapiezeiten eine Herausforderung darstellen. Zum anderen sind spezifische Tests oft kein Bestandteil der Ausbildung. Das könnte auch eine Hemmschwelle für den Einsatz darstellen.

Im Anschluss an die Befundung kann die Therapie geplant werden. Auf Intensivstation können die Inhalte grob in folgende Punkte eingeteilt werden

- Atemtherapie
- Bewegungstherapie
- (Früh-)Mobilisation (Nessizius, 2014).

Im nachfolgenden werden diese Punkte ausführlich beschrieben und deren Wirkungsweise und die daraus resultierenden Auswirkungen evidenzbasiert belegt.

3.3.1. Atemtherapie

Lange Phasen der (postoperativen) Immobilität, Schmerzen, respiratorische Grunderkrankungen, sowie Krankenhauskeime können eine Bedrohung für den pulmonalen Zustand des Patienten auf Intensivstation darstellen (Goñi-Viguria et al., 2018). Die Pneumonie, also die Lungenentzündung, ist die häufigste im Krankenhaus erworbene Infektion und kann besonders bei alten und multimorbiden Patienten zu schwerwiegenden Komplikationen bis hin zum Tod führen (Magill et al., 2018). Atemtherapie kann sowohl bei invasiv beatmeten als auch bei nicht beatmeten Patienten eingesetzt werden, sobald der Patient ausreichend stabil ist. Verstanden wird darunter „ […] a series of techniques with the general aim of improving regional ventilation, mucociliary clearance, gas exchange, respiratory muscle function, dyspnoea, tolerance to exercise and health-related quality of life.“ (Goñi-Viguria et al., 2018, S. 2–3). Indikationen, die eine atemtherapeutische Behandlung erfordern, können unter anderem vollständig oder teilweise minderbelüftete Lungenareale, Weaningversuche, die Schwäche der Atem- und Atemhilfsmuskulatur oder Probleme zähes Lungensekret aus den Atemwegen zu entfernen, sein (Müller et al., 2020).

Nessizius (2014) schlägt zur Beurteilung der Ist-Situation des Patienten ein dreistufiges Schema vor (siehe Abbildung 2).

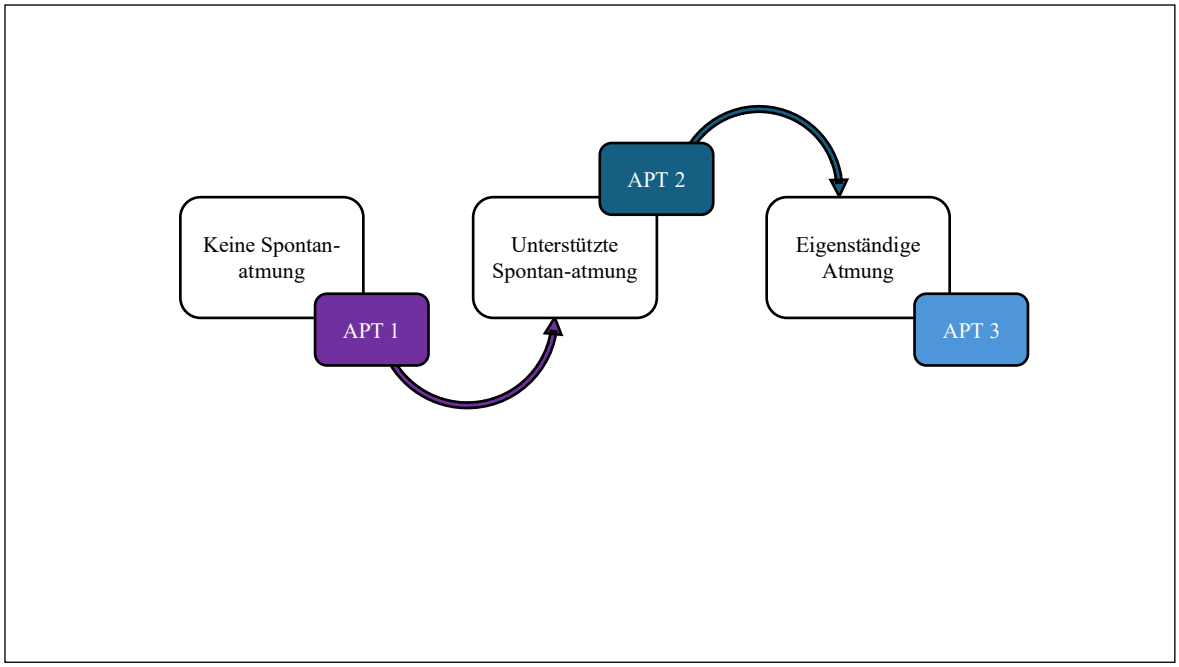


Abbildung 2: Beurteilungsschema Atmung

In Anlehnung an Nessizius (2014).

Zusätzlich müssen Parameter wie Aufmerksamkeit, Kommunikationsfähigkeit, Messwerte wie bspw. der Blutdruck und die Herzfrequenz und zusätzlich

vorhandene Erkrankungen in die Bewertung miteinbezogen werden. Abhängig davon, in welcher Phase sich der Patient gerade befindet, kann dann die atemtherapeutische Therapieplanung stattfinden.

Zu Beginn, in Phase 1 der Atemphysiotherapie (APT), können bei sedierten und intubierten Patienten oft nur passive Maßnahmen eingesetzt werden. Darunter fallen beispielsweise Packegriffe, Hautrollungen und Ausstreichungen. Diese Maßnahmen reduzieren den Tonus, das heißt, die Spannung des Bindegewebes und der Atemhilfsmuskulatur und ermöglichen so reflektorisch eine Vertiefung der Inspiration, also der Einatmung. Zusätzlich kann die Lagerung des Patienten helfen, die Belüftung der Lunge zu verbessern. Dafür wird der Patient in Seitenlage oder wenn nötig in Bauchlage gebracht. Diese Maßnahme muss immer in Absprache mit dem Arzt und der zuständigen Pflegefachkraft erfolgen. Außerdem können verschiedene Techniken zur Mobilisation von Sekret angewandt werden. Sie sollen helfen, den Schleim leichter abzuhusten bzw. nach oben Richtung Mund transportieren zu können. Darunter fallen u.a. Thoraxkompressionen und -vibrationen. Eine Möglichkeit, festes Sekret zu verflüssigen, besteht über die Inhalation bzw. Vernebelung von speziellen Medikamenten oder auch Kochsalzlösungen (Müller et al., 2020). Sobald der Patient spontan selbst atmet (APT 2 und 3), können zusätzliche Maßnahmen, je nach Befund, ergriffen werden. Zu den gängigsten gehören Atemtherapiegeräte, die der Patient selbst benutzen kann. Dabei gibt es je nach Behandlungsziel unterschiedliche Trainer, mit denen gearbeitet werden kann. Auch angeleitete Übungen, die der Patient dann als Hausaufgabe regelmäßig und mehrmals täglich durchführen soll, werden eingesetzt, ebenso wie das Trainieren der Atemmuskulatur.

Um die wirtschaftliche Effizienz und die Wirksamkeit beurteilen zu können muss die aktuelle Forschungslage betrachtet werden. Leemans et al. (2021) stellen in einer systematischen Übersicht fest, dass der Einsatz von Atemtherapie positive Auswirkungen auf die Lebensqualität hat und deshalb im Verhältnis zu den anfallenden Kosten als kosteneffizient zu betrachten ist. Was die Wirksamkeit angeht, zeigen Ferreira de Camillis et al. (2018), dass Atemtherapie bei beatmeten Patienten hilft, die Atemwege von Sekret zu befreien. Zudem kann Atemtherapie einen positiven Beitrag zum Extubationserfolg leisten (T.-H. Wang et al., 2018). Des Weiteren können am Thorax applizierte hochfrequente Oszillationen die Belüftung der Lunge verbessern (Longhini et al., 2020). Auch im Zuge der COVID-19 Pandemie wurde nachgewiesen, dass Atemtherapie die Belüftung der Lunge langanhaltend verbessern kann (Battaglini et al., 2021). Zeng et al. (2017) belegten anhand einer prospektiven randomisierten kontrollierten Studie (RCT), dass Atemtherapie bei beatmeten Patienten die Verweildauer auf Intensivstation reduzieren und die Zeit, in der der Patient maschinell beatmet wird, verkürzen kann. Dieser Fakt kann einen reduzierenden Einfluss auf die Kosten haben und somit auch den Beleg der Kosteneffizienz der Atemtherapie unterstützen.

3.3.2. Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation

Der Aufenthalt auf ITS ist nach wie vor für die meisten Patienten mit einer Phase der Immobilisierung verbunden. Sei es durch die Beatmung und Sedierung oder durch den Allgemeinzustand. Dieser Zustand kann, wenn nicht entsprechend entgegengewirkt wird, schnell diverse, negative körperliche und psychische Folgen nach sich ziehen. Welche Folgen das sind und wie ihnen durch das Konzept der Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation begegnet wird, wird im folgenden Absatz beschrieben.

Als richtungsweisend gilt die randomisierte kontrollierte Studie von Schweickert et al. (2009). Diese zeigte erstmals, dass frühzeitige applizierte Bewegungstherapie und Mobilisation, das heißt ein Beginn der Maßnahmen innerhalb von 72 Stunden nach Beatmungsbeginn, einen positiven Effekt auf das Therapieergebnis haben. Der funktionelle Zustand der Patienten war, im Vergleich zur Kontrollgruppe, bei Entlassung besser, das heißt der Funktionsgewinn findet schneller statt. Darunter fallen beispielsweise Fertigkeiten wie selbstständiges Anziehen, Essen oder Gehen. Zudem verkürzte sich die Zeit, in der Patienten in einem deliranten Zustand waren, und die Zeit, in der eine Beatmung notwendig war. Basierend auf diesen Erkenntnissen hielt die Frühmobilisation Einzug auf den Intensivstationen.

Unter dem Therapiepunkt Mobilisation versteht man allgemein „[…] Maßnahmen an Patienten, die passive oder aktive Bewegungsübungen einleiten und/oder unterstützen und das Ziel haben, die Bewegungsfähigkeit zu fördern und /oder zu erhalten[…]“ (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V, 2024, S. 54). Frühmobilisation bezieht sich dann auf den Zeitpunkt, ab dem die Maßnahmen am Patienten eingeleitet werden. Die S3 Leitlinie „Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen“ legt dafür fest, dass innerhalb von 72 Stunden nachdem der Patient auf ITS aufgenommen wurde mit der Mobilisierung begonnen werden soll (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V, 2024, S. 55). Laut Ding et al. (2019) liegt der optimale Behandlungsbeginn innerhalb der ersten 48-72 Stunden nach Aufnahme auf die Intensivstation. Die Metaanalyse zeigt, dass so die Entwicklung der Intensive Care Unit-Acquired Weakness (ICU-AW) reduziert werden kann, ebenso wie die notwendige Dauer der invasiven Beatmung. Die amerikanische Society of Critical Care Medicine veröffentlichte 2018 das sogenannte ABCDEF-Maßnahmenpaket. Es stellt ebenfalls eine Leitlinie zur Behandlung kritisch kranker Patienten dar und soll dazu beitragen, dass die Mortalität und die Prävalenz von Delir auf ITS deutlich abnehmen. Der Buchstabe E steht dabei für „[…] Early Mobility and Exercise […]“ (Pun et al., 2019, S. 2). Somit verankert auch eine große weltweit renommierte Organisation, die sich auf die intensivmedizinische Arbeit fokussiert, die FM in

ihren Behandlungsleitlinien und zeigt dadurch die Bedeutsamkeit des Ansatzes auf.

Auch für diesen Therapieschwerpunkt und die damit einhergehende therapeutische Mobilisationsstufe (MOB) ist es sinnvoll, den Patienten in Bezug auf seinen Ist-Zustand täglich neu zu evaluieren. Dafür kann wieder nach dem dreistufigen Schema von Nessizius (2014) vorgegangen werden (siehe Abbildung 3).

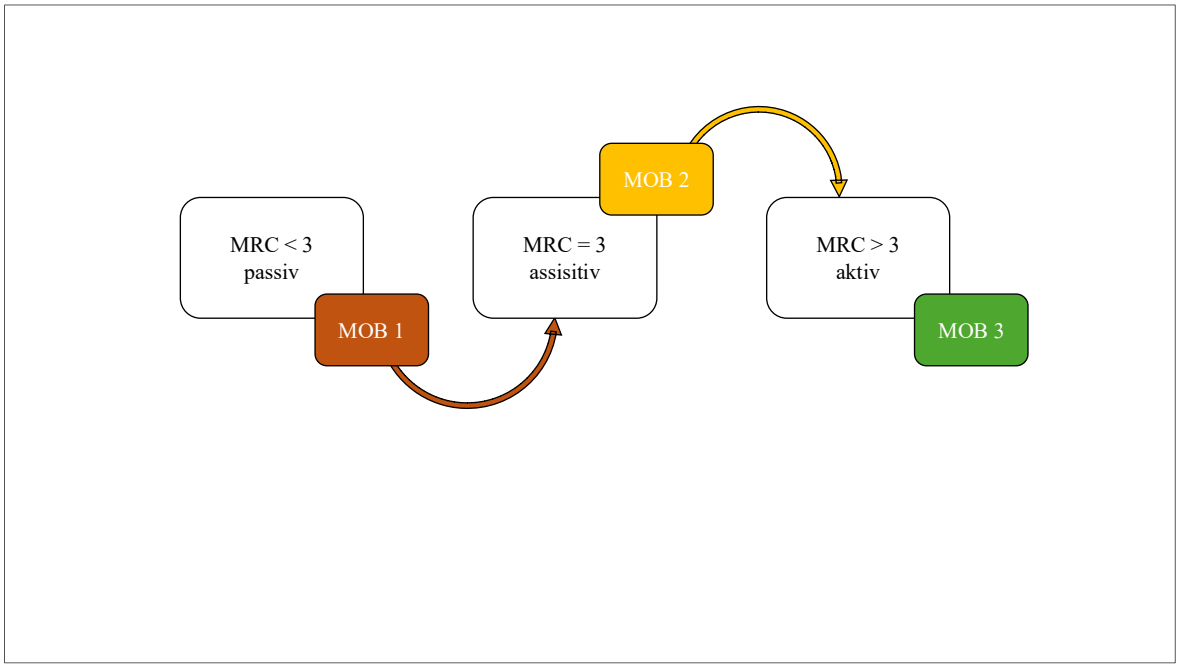


Abbildung 3: Beurteilung der Muskelkraft

In Anlehnung an Nessizius (2014).

Die Grundlage für die Einschätzung stellt die Skala des Medical Research Council dar. Sie ist ein Messinstrument für die Muskelkraft der großen Muskelgruppen der oberen und unteren Extremitäten. Der Patient muss Bewegungen ausführen, wie zum Beispiel den Ellbogen beugen, und der PT muss die eingesetzte Kraft manuell prüfen. Der Kraftzustand wird dann in Bewertungskategorien von 0 bis 6 eingeteilt. Dabei entspricht 0 einer Situation, in der der Patient die Muskulatur überhaupt nicht ansteuern kann und 6 einem normalen, dem Alter entsprechenden Funktionszustand (Medical Research Council, 1976, S. 1). Befindet sich der Patient in der Phase MOB 1, das heißt, er kann seine Extremitäten nicht aus eigener Kraft gegen die Schwerkraft bewegen, stehen vor allem passive bzw. aktivierende Maßnahmen der Mobilisierung und Bewegungstherapie im Vordergrund. Passives Bewegen der Gelenke in Bewegungsmustern, die alltäglichen Bewegungen gleichen, stellen ein physiotherapeutisches Standardwerkzeug auf ITS dar und soll helfen, Kontrakturen vorzubeugen. Darunter versteht man Veränderungen der direkt an das Gelenk angrenzenden Strukturen, wie beispielsweise der Gelenkkapsel oder der Sehnen und Muskulatur. Diese

führen weiterlaufend zu einer verminderten Gelenkbeweglichkeit und damit einhergehenden Einbußen der Funktionalität, die auch nach Entlassung aus dem Krankenhaus andauern können. Kontrakturen betreffen etwa ein Drittel der Intensivpatienten, die mehr als 14 Tage auf ITS verweilen müssen. Leider ist der genaue Entstehungsmechanismus bis dato nicht erforscht (Born et al., 2017). Daher sind Ansätze wie das passive Bewegen ein probater Versuch zur Vorbeugung. Stiller et al. (2023) belegen allerdings mittels einer RCT, dass passives Bewegen keinen relevanten Einfluss auf das Bewegungsausmaß der behandelten Gelenke ergab. Für die Studie wurde eine Körperseite zweimal täglich an fünf Tagen pro Woche für je 20 Minuten passiv bewegt. Als Kontrollgruppe fungierte die nicht therapierte Körperhälfte. Auf beiden Seiten war das erreichte Bewegungsausmaß nahezu identisch. Ein weiteres Ziel des passiven Bewegens ist die Wahrnehmungsschulung und der Erhalt des physiologischen Zusammenspiels aus Nerven und Muskulatur. Es werden taktile Reize und die Reize, die der Patient durch die unterschiedlichen Stellungen im bewegten Gelenk wahrnimmt, geschaffen. Diese bewirken vor allem in der kritischen Phase der Erkrankung eine deutlich positive Auswirkung auf die Bewegungsfähigkeit (Hosseini et al., 2019). Ein zusätzlicher Ansatz der Mobilisation besteht in der Reduktion bzw. Verkürzung des Delirs. Darunter versteht man ein

> […] hirnorganisches Syndrom, das charakterisiert ist durch gleichzeitig bestehende Störungen des Bewusstseins einerseits und mindestens zwei der nachfolgend genannten Störungen andererseits: Störungen der Aufmerksamkeit, der Wahrnehmung, des Denkens, des Gedächtnisses, der Psychomotorik, der Emotionalität oder des Schlaf-Wach-Rhythmus. (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, 2024, S. 163).

Unter intensivmedizinischen Patienten liegt die Prävalenz des Delirs bei etwa 33% (N.-N. Wu et al., 2023). Es stellt einen negativen Einflussfaktor für Größen wie die Sterblichkeit, die intellektuellen Fähigkeiten auch nach der Rückkehr nach Hause, die anfallenden Gesamtkosten für den Krankenhausaufenthalt und die Verweildauer auf ITS dar (Mart et al., 2021). Physiotherapie kann hier in der Phase MOB 1 mittels passiven Bewegens, Lagerungsmaßnahmen im Bett oder Frühmobilisation, wie beispielsweise der Transfer in einen Rehastuhl, der auch ohne aktive Mithilfe des Patienten möglich ist, Einfluss nehmen. Schweickert et al. (2009) zeigen, dass frühzeitig eingesetzte Physiotherapie die Dauer des Delirs von 4 auf 2 Tage halbieren kann. Eine aktuelle systematische Übersichtsarbeit von Nydahl et al. (2023) evaluiert mittels Literaturrecherche, dass Frühmobilisation als präventive Maßnahme das Risiko ein Delir zu entwickeln, um 47% senken kann und als kurative Maßnahme die Länge des Delirs auf 2 Tage halbieren kann. Allerdings ist die wissenschaftliche Qualität der herangezogenen Studien mit einem geringen bis mittleren Verzerrungsrisiko nicht herausragend. Besonders interessant ist diese Tatsache in Bezug auf alte,

intensivpflichtige Patienten, da diese besonders oft ein Delir entwickeln und nur noch reduzierte funktionelle Reserven zur Verfügung haben (Flaatten et al., 2017; N.-N. Wu et al., 2023). Als zusätzliches Ziel der Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation gilt der Erhalt bzw. die Verbesserung der muskulären Situation des Patienten. Fazzini et al. (2023) evaluieren in einer systematischen Literaturrecherche, welche 52 Studien einschließt, dass Patienten auf ITS innerhalb der ersten sieben Tage auf ITS täglich etwa 2% ihrer Muskelmasse und damit auch ihrer Kraft und Funktionalität einbüßen. Bei einem durchschnittlichen Aufenthalt von 3,6 Tagen auf ITS bedeutet das einen Verlust von 7,2% der Muskelmasse (Glasner et al., 2022). Maßnahmen, die hier für das Therapieziel des Krafterhalts eingesetzt werden können, sind passive Bewegungsübungen, die durch den Therapeuten ausgeführt werden, der Einsatz eines Bettfahrrads, neuromuskuläre Elektrostimulation, die eine Kontraktion des behandelten Muskels bewirkt und die Mobilisation des Patienten an die Bettkante oder in einen geeigneten Stuhl.

Sobald der Patient seine Extremitäten selbstständig gegen die Schwerkraft bewegen kann, befindet er sich in der Phase MOB 2. Die Therapieziele entsprechen denen aus der Phase MOB 1. Hier stehen jedoch assistive Bewegungsübungen und eine Erweiterung der Mobilisation in den freien Sitz und Stand bzw. Schritte im Stehen mit entsprechender Hilfe im Vordergrund. Außerdem wird der Patient mittels geeigneter Übungen angeleitet, Training auch eigenständig in Abwesenheit des Therapeuten durchzuführen. Die Phase MOB 3 ist erreicht, wenn der Patient seine Extremitäten gegen die Schwerkraft und zusätzlichen Widerstand, sei es manuell durch den PT oder durch Geräte wie das Bettfahrrad oder andere Übungsutensilien, bewegen kann. Hier steht besonders das Wiedererlernen alltäglicher Fähigkeiten, wie beispielsweise selbstständiges Aufstehen aus dem Bett, im Fokus der täglichen Therapie.

Frühmobilisation stellt einen sehr wichtigen Baustein der physiotherapeutischen Arbeit auf ITS dar. Allerdings birgt das Arbeitsumfeld spezielle Anforderungen und Herausforderungen, die vor allem für Therapeuten ohne entsprechende Zusatzfortbildung besonders anfangs schwierig sein können. Wichtig ist daher, dass es Protokolle für die Frühmobilisation gibt, die einen Rahmen und damit Sicherheit für die Behandlung von Intensivpatienten schaffen. Dies kann beispielsweise über eine Zuordnung des Patienten in die oben genannten Mobilisationsstufen geschehen. Eine weitere Möglichkeit bietet das 2014 veröffentlichte Ampelsystem für die Frühmobilisation von mechanisch beatmeten Patienten der multidisziplinären Expertengruppe um Hodgson et al. (2014). Grundlage für die Zuordnung zu den jeweiligen Farben Rot-Gelb-Grün ist der Ist-Zustand des Patienten vor der Mobilisierung. Hierfür werden mobilisationsrelevante Parameter bezüglich der Atmung, des Herz-Kreislauf-Systems, des neurologischen Zustandes und sonstiger relevanter Punkte

gesammelt und anschließend wird im interdisziplinären Austausch die Farbe für das geplante Mobilisationsprojekt festgelegt (siehe Abbildung 4). So soll es möglich sein, eindeutig zu sehen, ob das geplante Vorhaben eine Bedrohung für den Zustand des Patienten darstellt oder ob es sicher durchführbar ist.

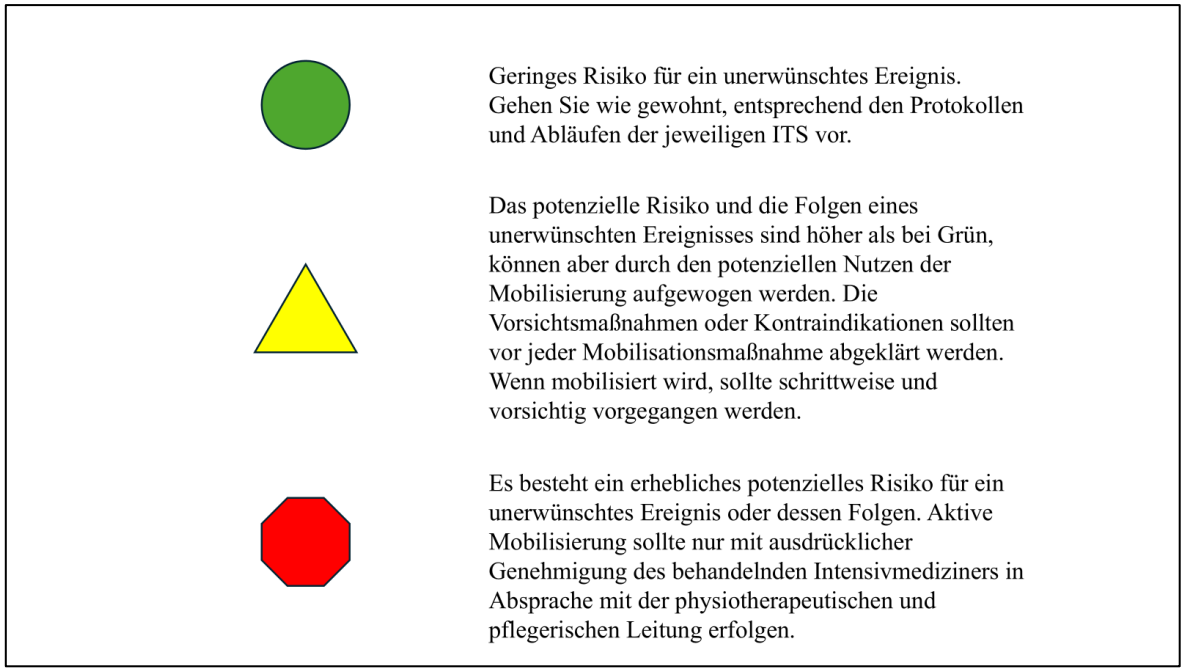


Abbildung 4: Ampelsystem für die Frühmobilisation

In Anlehnung an Hodgson et al. (2014).

Nydahl (2019, S. 10) stellt fest, dass die Rate der, bis mindestens an die Bettkante mobilisierten, beatmeten Patienten, auf Intensivstationen, auf denen ein Frühmobilisations-Protokoll eingeführt und angewandt wird, um 10 Prozentpunkte auf 35% verbessert werden kann. Des Weiteren zeigt die Studienlage, dass die Implementierung entsprechender Protokolle die Mobilität des Patienten gemessen zum Zeitpunkt der Entlassung von ITS positiv beeinflussen kann (Gatty et al., 2022; Ho et al., 2022). Als größte Herausforderung für die Umsetzung von Frühmobilisationsmaßnahmen gelten seitens des Patienten ein instabiler und/oder sedierter Zustand und die Beatmung mittels endotrachealem Tubus. Auf personeller Ebene können fehlendes Personal, mangelhafte zeitliche Kapazitäten und unzureichende Aufgabenverteilung eine Rolle spielen (Nydahl, 2019, S. 4). Besonders hervorzuheben im herausfordernden intensivmedizinischen Arbeitsumfeld ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Physiotherapie und der Pflegefachkräfte. Beide Professionen haben ähnliche Oberziele, z. B. die Mobilisation aus dem Bett in den Therapiestuhl, verfolgen dabei jedoch unterschiedliche Ansätze. Für Pflegefachkräfte geht es beim Lagewechsel um eine vorbeugende Maßnahme, damit sich der Patient nicht wund liegt, während der PT dadurch die Wahrnehmung schulen möchte (Gupte & Swaminathan,

2016). In Bezug auf die Frühmobilisation ermittelten Hermes et al. (2020), dass Physiotherapeuten im interdisziplinären Zusammenspiel die maximalen Fähigkeiten des Patienten im Rahmen der Mobilisierung höher einschätzen als anderes medizinisches Personal. Wichtig wäre es daher, die PT in das medizinische Kernteam der Intensivstation zu integrieren, um dieser Diskrepanz durch kontinuierlichen, fachlichen Austausch begegnen zu können, wie es auch der Wunsch des medizinischen Personals selbst ist (Twose et al., 2021). Bezüglich der Machbarkeit und Sicherheit der Frühmobilisation ermittelten Hodgson et al. (2016) anhand einer RCT, dass die Durchführung der Frühmobilisation auf Intensivstation umsetzbar und für den Patienten sicher ist. Es kommt, genauso wie in der Kontrollgruppe, nicht zu unerwünschten Vorfällen, wie versehentlicher Extubation oder Stürzen.

In Bezug auf die Kosteneffizienz der Frühmobilisation auf ITS gibt es leider bisher nur wenige aussagekräftige Daten. Lord et al. (2013) ermitteln anhand einer Modellrechnung, dass durch den Einsatz von Frühmobilisationsmaßnahmen und die damit erreichte Verkürzung der Verweildauer um 22% eine Einsparung der Nettokosten auf ITS von fast 820.000 Dollar möglich ist. Als Referenz dient eine Intensivstation mit 900 Aufnahmen pro Jahr. Die Daten für die Modellberechnung wurden kombiniert aus einem tatsächlich implementierten Frühmobilisationsprogramm sowie bereits erhobenen Datensätzen. Eine retrospektive Vergleichsstudie von Liu et al. (2019) kommt zu dem Ergebnis, dass durch den Einsatz von Frühmobilisation die Gesamtkosten für den Krankenhausaufenthalt für jeden Intensivpatienten absolut um 5167 Dollar gesenkt werden können. Dies entspricht einem relativen Kostenrückgang für diese Fälle von 27%. Diese Daten zeigen, dass sich der Einsatz von FM kosteneffizient auswirkt und bei knappen finanziellen Ressourcen im Gesundheitswesen unbedingt Beachtung finden sollte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Aufgabengebiete der physiotherapeutischen Behandlung auf Intensivstation vor allem die Felder Atemtherapie, Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation umfassen. Entscheidend für die Frühmobilisation ist der Zeitpunkt des Behandlungsbeginns. Die Wahl der eingesetzten Behandlungsmaßnahmen ist dabei immer vom Zustand des Patienten abhängig. Auf Basis der aktuellen Evidenz zeigt sich, dass der Einsatz von Atemtherapie wirksam und kosteneffizient ist. Der Einsatz von Frühmobilisation kann die Verweildauer auf ITS reduzieren, die Wahrscheinlichkeit, ein Delir zu entwickeln, reduzieren und den funktionellen Zustand des Patienten verbessern. Allerdings ist die Datenlage bezüglich der Verbesserung der Muskelkraft und der Kontrakturprophylaxe widersprüchlich oder zeigt keinen Beleg für die Vorteilhaftigkeit von Frühmobilisation. Unter ökonomischen Gesichtspunkten zahlt sich der Einsatz von FM aus und kann daher als kosteneffizient betrachtet werden.

4. Quasi-Experiment

Im folgenden praktischen Teil soll nach einem Überblick über die quantitative Forschungsmethode und deren Gütekriterien die Auswahl des Studiendesigns und der Aufbau der Studie erläutert werden. Dieses Vorgehen ist nötig, um einen stichhaltigen Aufbau des später folgenden Experimentes gewährleisten zu können und stellt den praktischen Kern der Bachelorarbeit dar.

4.1. Empirische Forschungsmethoden

In der empirischen Forschung kann auf Basis der gesuchten Informationen zwischen quantitativen und qualitativen Forschungsansätzen unterschieden werden. Des Weiteren stellen die Mixed-Methods eine Kombination der beiden Methoden dar. Unter empirisch versteht man, auf verschiedenen Wegen Informationen zu sammeln, aus denen man die Antwort für eine aufgestellte Forschungsfrage ableiten kann (Sedlmeier & Renkewitz, 2025, S. 45). Da die Betrachtung aller drei Forschungsmethoden den Rahmen der Arbeit sprengen würde, wird sich auf Ausführungen zur quantitativen Forschung konzentriert.

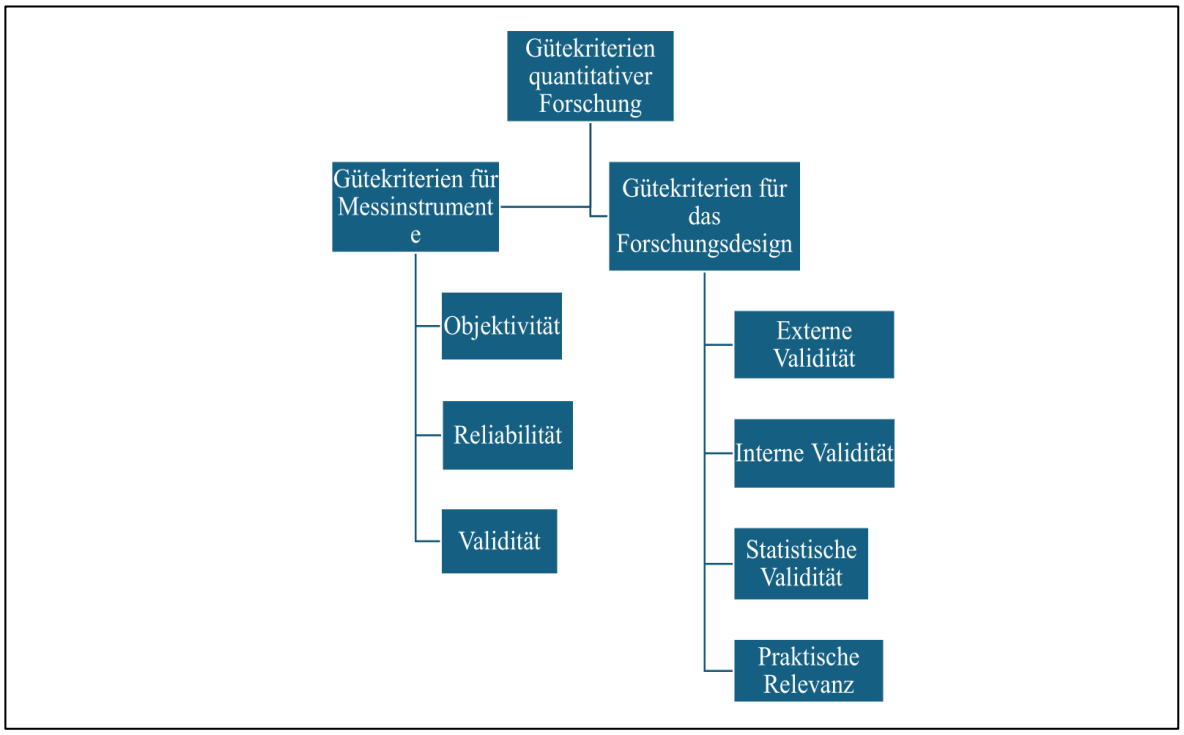
Quantitative Forschungsmethoden extrahieren aus betrachteten Prozessen numerische Daten. Diese dienen nach ihrer mathematischen bzw. statistischen Auswertung der Erklärung des Ereignisses bzw. der damit zusammenhängenden Forschungsfrage (Taherdoost, 2022). Es werden also vorrangig rationale Fragen aus dem Themenbereich der Naturwissenschaften, wie Physik, Biologie oder Medizin, beantwortet. Es ist aber auch möglich, Daten, die in nicht numerischer Form vorliegen, so zu bearbeiten, dass sie quantitativ auswertbar werden. Dadurch wird das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten der quantitativen Forschung erweitert. Die konsequente Anwendung wissenschaftlicher Verfahren und wissenschaftlichen Arbeitens steht im Mittelpunkt der quantitativen Forschung. Die oben genannten Standards der Wissenschaftlichkeit gelten als Grundvoraussetzung. Anhand verschiedener Gütekriterien kann dann die Qualität evaluiert werden. Diese werden laut Krebs und Menold (2022, S. 549) in Kriterien, die die Qualität der Messinstrumente messen und in Kriterien, die die Güte des gesamten Forschungsdesigns messen, unterteilt (siehe Abbildung 5).

Die Güte des Untersuchungsdesigns zeichnet sich durch seine konsequente und regelkonforme Anwendung wissenschaftlicher Methoden aus (Döring, 2023, S. 89–90). Es werden 4 Formen der Validität beschrieben, die als Gütekriterien dienen. Validität beschreibt, inwieweit eine gezogene Schlussfolgerung die tatsächlichen Gegebenheiten sachgerecht widerspiegelt (Shadish et al., 2002, S. 34).

Die interne Validität beschäftigt sich mit der Frage, ob „[…] in fact the experimental stimulus make some significant difference in this specific instance?“

(Campbell, 1957, S. 297). Es soll also eindeutig abzuleiten sein, ob die messbare Veränderung auf den gezielt eingesetzten Impuls zurückzuführen ist. Shadish et al. (2002) konkretisieren diesen Ansatz und beschreiben die interne Validität wie folgt: “The validity of inferences about whether observed covariation between A (the presumed treatment) and B (the presumed outcome) reflects a causal relationship from A to B as those variables were manipulated or measured.“ (S.38). Die Aussage bezieht sich auf die Durchführung experimenteller Versuche, also die charakteristische Ausgestaltung des methodischen Aufbaus und der Ablaufstruktur einer empirischen Forschung (Eifler & Leitgöb, 2022, S. 225). Als Beispiel kann ein klassisches Experiment mit einer Interventions- und einer Kontrollgruppe angeführt werden. Die Teilnehmer werden zufällig auf die Gruppen aufgeteilt. Vor Beginn der Intervention und im Anschluss daran werden vorher festgelegte Größen gemessen. So lässt sich der Einfluss auf eine Veränderung der Messgröße direkt auf die Intervention zurückführen.

Abbildung 5: Gütekriterien quantitativer Forschung



In Anlehnung an Krebs und Menold (2022, S. 549).

Die interne Validität beschäftigt sich mit der Frage, ob „[…] in fact the experimental stimulus make some significant difference in this specific instance?“ (Campbell, 1957, S. 297). Es soll also eindeutig abzuleiten sein, ob die messbare Veränderung auf den gezielt eingesetzten Impuls zurückzuführen ist. Shadish et al. (2002) konkretisieren diesen Ansatz und beschreiben die interne Validität wie folgt: “The validity of inferences about whether observed covariation between A (the presumed treatment) and B (the presumed outcome) reflects a causal relationship from A to B as those variables were manipulated or

measured.“ (S.38). Die Aussage bezieht sich auf die Durchführung experimenteller Versuche, also die charakteristische Ausgestaltung des methodischen Aufbaus und der Ablaufstruktur einer empirischen Forschung (Eifler & Leitgöb, 2022, S. 225). Als Beispiel kann ein klassisches Experiment mit einer Interventions- und einer Kontrollgruppe angeführt werden. Die Teilnehmer werden zufällig auf die Gruppen aufgeteilt. Vor Beginn der Intervention und im Anschluss daran werden vorher festgelegte Größen gemessen. So lässt sich der Einfluss auf eine Veränderung der Messgröße direkt auf die Intervention zurückführen.

Die externe Validität wird von Campbell (1957, S. 297) als die Möglichkeit bezeichnet, den festgestellten Einfluss auf andere Untersuchungseinheiten und Rahmenbedingungen zu übertragen. Er benutzt als Synonym auch Generalisierbarkeit oder Repräsentativität. Als Beispiel kann ein Versuch mit Kindergartenkindern angeführt werden. Dafür werden zwei Gruppen mit vergleichbaren Probanden gebildet. Einer Gruppe wird regelmäßig von einem Erzieher vorgelesen, der anderen Gruppe nicht. Im Anschluss wird der Wortschatz der Kinder mittels standardisiertem Test verglichen. Bei hoher externer Validität ist es möglich, die Ergebnisse (Annahme des Ergebnisses: Vorlesen vergrößert den Wortschatz) auf andere Populationen und Situationen zu übertragen.

Als weiteres Messinstrument gilt die statistische Validität. Sie ist ein Maß dafür, ob für die statistische Analyse geeignete Messverfahren eingesetzt und diese korrekt angewendet werden. Es können also gültige Ableitungen hinsichtlich des statistischen Zusammenhangs zwischen Intervention und Ergebnisvariablen getroffen werden (Shadish et al., 2002, S. 38). Zur Einschätzung der praktischen Relevanz muss die Forschungsfrage bzw. die damit einhergehende wissenschaftliche Untersuchung betrachtet werden. Diese gilt laut Döring (2023, S. 89) zum einen dann als hochwertig, wenn sie thematisch bedeutsam ist und mit ihrer Beantwortung neues Wissen generiert, ein bestehendes Defizit im Forschungsstand adressiert oder anwendungsorientierten Nutzen schafft. Dazu zählt die Verbesserung bestehender Verfahren oder die Behebung praktischer Problemstellungen. Zum anderen ist eine hohe Qualität gegeben, wenn der Effekt des Ergebnisses so groß ist, dass eine praktische Signifikanz vorliegt.

Um die Qualität der gewählten Messinstrumente, wie zum Beispiel Fragebögen, biometrische Tests oder technische Messinstrumente einschätzen zu können, müssen diese in Bezug auf die Punkte Objektivität, Reliabilität und Validität betrachtet werden. Laut Baur und Blasius (2022, S. 551) bezieht sich Objektivität sowohl auf die Durchführung des Tests als auch auf die Auswertung der Ergebnisse und die anschließende Analyse. Eine objektive Durchführung wird erreicht, indem der Test auf die immer gleiche Art und Weise abgewickelt wird. Dafür ist es sinnvoll, ein Protokoll für die Durchführung sowie einen standardisierten Erhebungsbogen vorzuhalten. Bei der Auswertung ist es entscheidend,

dass die statistischen Analysen so durchgeführt und dokumentiert werden, dass sie jederzeit für nicht am Projekt beteiligte Personen nachvollziehbar sind. Die objektive Bewertung der Forschungsergebnisse liegt vor, wenn diese unabhängig von der analysierenden Person immer gleich ausfällt. Eine Messung gilt dann als reliabel, wenn das Instrument in der Lage ist, den gesuchten Wert wiederholt mit gleichem Ergebnis zu messen. Es handelt sich also um ein Maß für die Messgenauigkeit bzw. die Zuverlässigkeit des Messinstruments. Als Synonym kann auch der Begriff Dependability verwendet werden (Mohajan, 2017). Ein klassisches Beispiel stellt die Personenwaage dar. Unter den gleichen Bedingungen, also mit demselben Messobjekt, am selben Messplatz, wird dasselbe Gewicht angezeigt, wenn die Messungen direkt nacheinander vorgenommen werden und sich in der Zwischenzeit nichts an den Parametern, die gemessen werden sollen, ändert. Die Validität, im Kontext des Messinstruments, bezeichnet „[…] the ability of a research instrument to measure what it is purported to measure." (Cooper & Schindler, 2014, S. 257). Cooper und Schindler (2014, S. 257–259) führen weiter aus, dass diese Art der Validität in drei Subtypen unterschieden wird. Die Inhaltsvalidität widmet sich der Frage, ob das gewählte Instrument überhaupt in der Lage ist, alle Aspekte, die zur Beantwortung der Forschungsfrage nötig sind, zu erfassen und zu messen. Die Kriteriumsvalidität beschreibt, wie aussagekräftig das benutzte Messverfahren im Vergleich zur existierenden Gold-Standard-Testung ist. Erzeugt die neue Erhebungsmethode vergleichbare Ergebnisse wie der bisher angewandte Test, kann man von einer hohen Kriteriumsvalidität ausgehen. Die Konstruktvalidität stellt die letzte Form dar. Sie beschreibt „[…] the degree to which inferences are warranted from the observed persons, settings, and cause and effect operations included in a study to the constructs that these instances might represent." (Shadish et al., 2002, S. 38). Es geht also darum, ob das angewandte Messverfahren Daten erzeugt, die auf Grundlage des dazugehörigen theoretischen Modells, so vorhergesagt hätten, werden können.

Es kann zusammengefasst werden, dass es unabdingbar ist, sich an die Grundlagen des wissenschaftlichen Arbeitens zu halten, um ein Projekt zu generieren, welches sich auch wissenschaftlich nennen darf. Dafür ist es nötig, einen Überblick über die entsprechenden Forschungsmethoden zu haben. Für den passenden Ansatz wird zuerst auf Basis der vorhandenen Theorie eine Forschungsfrage abgeleitet. Diese kann im Anschluss durch die Auswahl, Durchführung und Auswertung eines passenden Forschungsdesigns beantwortet werden. Es ist dabei unbedingt nötig, zum einen die Gütekriterien für das Forschungsdesign an sich, und zum anderen die Gütekriterien für das benutzte Messinstrument zu beachten. Nur so kann das Vorhaben als methodisch fundiert und valide eingestuft werden.

Im Anschluss erfolgt der praktische Aufbau des durchgeführten Experiments. Dabei wird sich an dem Journal Article Reporting Standards der American Psychological Association für quantitative Forschung orientiert (siehe Abbildung 6). So soll eine hohe Qualität sowie die Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit der Daten gewährleistet werden.

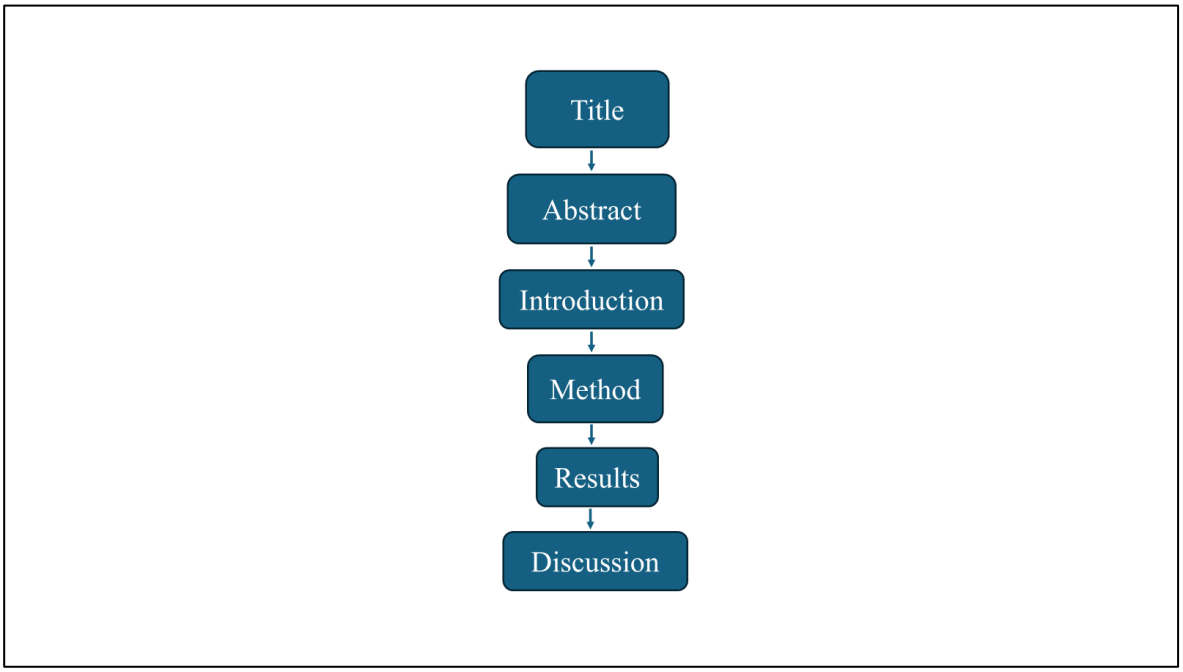


Abbildung 6: Journal Article Reporting Standards

In Anlehnung an American Psychological Association (2024)

4.2. Aufbau des Experiments

4.2.1. Einleitung und Forschungsfrage

Im Zuge der Suche nach einem praxisrelevanten Thema für die Bachelorarbeit entstand der Kontakt zum Pflegedirektor des Klinikums Starnberg. Das Klinikum liegt südlich von München und zählt mit 312 Planbetten zu den Krankenhäusern der Grund- und Regelversorgung (Klinikum Starnberg, o.D.). Es gibt eine interdisziplinäre Intensivstation, die über zwölf Bettplätze verfügt. Die Besonderheit dieser Intensivstation liegt in der unmittelbaren Einbindung der Physiotherapie auf der Station und der damit verbundenen Arbeitsweise. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, ist die Physiotherapeutin Frau M. nicht wie sonst üblich, dem physiotherapeutischen Team zugeordnet, sondern unmittelbar der Intensivstation. Eine Gesundheits- und Krankenpflege-VK-Stelle wurde in eine VK-Physiotherapie-Stelle umgewidmet. Sie ist somit disziplinarisch der Stationsleitung der Intensivstation unterstellt und nur bei fachlichen Fragen der Leitung der physiotherapeutischen Abteilung weisungsgebunden. Frau M. ist somit Teil des medizinischen Kernteams auf ITS. Dadurch werden die beiden Säulen der

Ärzte und Pflegefachkräfte um die dritte Säule, die Physiotherapie, ergänzt. Die Besonderheit dieser Organisationsform besteht zum einen darin, dass die Frequenz der Behandlung mit durchschnittlich 2 physiotherapeutischen Einheiten pro Patient und Tag und damit auch die tägliche Gesamttherapiezeit höher ausfällt als in anderen Krankenhäusern. Zum anderen hat Frau M. durch ihre Weiterbildung zur „Spezialistin Physiotherapie auf der Intensivstation“ an der Fachhochschule Bern auch spezifisches Wissen erlangt, welches sie in ihrer Arbeit auf Intensivstation gezielt einsetzen kann. Im Gespräch entstand die Idee, die Vorteilhaftigkeit dieser Organisationsform, im weiteren Verlauf Interventions-Physiotherapie genannt, und der damit verbundenen Besonderheiten bzw. Abweichungen im Vergleich zur Standard-Physiotherapie auf ITS herauszuarbeiten. Dies soll mittels eines Versuches geschehen und ist das Forschungsziel dieser Arbeit.

Wie oben beschrieben leitet sich die Forschungsfrage normalerweise aus einer Lücke in der vorhandenen Theorie oder aus Fragen, die sich im Zuge eines aktuellen Projektes ergeben, ab. Sie ist die Grundlage für den gesamten weiteren Forschungsprozess. Auf Basis der Forschungsfrage ist es möglich, im Anschluss eine Forschungshypothese abzuleiten und ein passendes Studiendesign zu entwickeln. Die Forschungsfrage dient dazu, den Untersuchungsbereich einzugrenzen und zu konkretisieren (Creswell, 2009, S. 127). Laut Blaikie (2010, S. 60) kann die zentrale Fragestellung drei Kategorien zugeordnet werden:

- Was-Fragen
- Warum-Fragen und
- Wie-Fragen

Im vorliegenden Fall wurde die Forschungsfrage nicht auf Basis einer Forschungslücke entwickelt. Die Frage entwickelte sich aus dem praktischen Wunsch zu evaluieren, ob die besondere Interventions-PT eine vorteilhafte Auswirkung im Gegensatz zur Standard-PT hat. Deshalb wurde sich dazu entschieden, zwei Patientengruppen im Zeitverlauf zu vergleichen. Eine erhält die Standard-PT und eine die Interventions-PT, jeweils über einen Zeitraum von vier Tagen. Anschließend sollen die beiden Gruppen hinsichtlich ihrer funktionellen Entwicklung über die Zeit hinweg verglichen werden. Das *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool* wurde als Messinstrument ausgewählt. Es soll also folgende Forschungsfrage beantwortet werden:

Verläuft die Entwicklung des funktionellen Zustands schwerkranker Patienten, gemessen mittels CPAx, über vier Behandlungstage bei Patienten mit intensivierter Physiotherapie anders als bei Patienten mit Standard-Physiotherapie

Bei der Erstellung der Forschungsfrage ist darauf zu achten, alle Komponenten zu verwenden, die für eine strukturierte und auf Basis der Evidenz beantwortbare Frage relevant sind. Dazu gehören nach den PICO-Kriterien die

Population, die Intervention, die Comparison und das Outcome (McMaster University, 2025). In diesem Fall stellen schwerkranke Patienten die *Population* dar. Als *Intervention* zählt die Interventions-PT und die Standard-PT ist das Gegenstück, also die *Comparison*. Das Pendant zum *Outcome* ist der funktionelle Zustand des Patienten an vier aufeinanderfolgenden Tagen, der mittels CPAx gemessen werden kann. Es werden also alle PICO-Kriterien erfüllt.

Die Qualität einer Forschungsfrage kann dann anhand der FINER-Kriterien nach Hulley et al. (2013, S. 17) beurteilt werden. Dazu gehört, ob die Untersuchung mit den verfügbaren Ressourcen durchzuführen ist, also ob ausreichend Teilnehmer, monetäre Mittel und Zeit zur Verfügung stehen (*Feasible*). Des Weiteren sollte die Frage eine inhaltliche Bedeutung für die wissenschaftliche Gemeinschaft haben (*Interesting*) und einen Beitrag zur Weiterentwicklung des bestehenden Wissens leisten, sei es durch neue Perspektiven, Anwendungen oder empirische Evidenz (*Novel*). Der Forschungsprozess muss dabei mit ethischen Standards vereinbar sein (*Ethical*) und eine Bedeutsamkeit für das Fachgebiet, die Praxis oder gesellschaftliche Kontexte haben (*Relevance*). Im Anschluss an die Forschungsfrage schlägt Creswell (2009, S. 127–129) vor Hypothesen zu formulieren. Diese haben das Ziel, Prognosen über vermutete Wirkzusammenhänge zwischen messbaren Merkmalen aufstellen zu können, und sollen die inhaltliche Ausrichtung der Untersuchung verdeutlichen. Es kann auch von Zusammenhangshypothese gesprochen werden. Sie kann zu Beginn allgemein formuliert werden und stellt die Forschungshypothese dar, also beispielsweise: Es besteht ein Zusammenhang zwischen der verabreichten Art von Physiotherapie und dem funktionellen Zustand kritisch kranker Patienten gemessen mittels CPAx über vier aufeinanderfolgende Tage. In quantitativen Forschungsarbeiten, die zwei Kohorten gegenüberstellen, werden anschließend eine Nullhypothese (H_0) sowie eine Alternativhypothese(H_1) aufgestellt, die statistisch geprüft werden können und sich gegenseitig ausschließen. Im vorliegenden Fall geht die Alternativhypothese davon aus, dass zwischen den untersuchten Merkmalen ein Zusammenhang besteht. Die Alternativhypothese lautet also: mindestens an einem Tag unterscheidet sich die Differenz der CPAx-Mittelwerte zwischen Interventions- und Standardgruppe – die CPAx-Verläufe entwickeln sich unterschiedlich bzw. nicht parallel. Diese Formulierung entspricht einer ungerichteten Hypothese, weil sie lediglich das Bestehen eines Zusammenhangs zwischen den Variablen prognostiziert, ohne dessen Richtung (größer / kleiner) festzulegen. Sie ist zudem unspezifisch, da weder der genaue Zeitpunkt noch das Ausmaß des erwarteten Effekts präzise benannt werden (Bortz & Döring, 2016, S. 149). Die Grundlage für die Entscheidung bildet die ausgewertete Literatur im Theorieteil dieser Arbeit. Angesichts der teilweise widersprüchlichen Datenlage wurde die Alternativhypothese bewusst ungerichtet fomuliert. Dadurch ist die Analyse offen für Verbesserungen wie auch Verschlechterungen. Die Nullhypothese negiert den Zusammenhang der Alternativ-

hypothese. Sie wird folgendermaßen formuliert: Die Differenz der CPAx-Mittelwerte zwischen Interventions- und Standardgruppe bleibt an allen vier Tagen gleich. Die Verlaufskurven verlaufen parallel.

Da in der später folgenden statistischen Auswertung die Mittelwerte der beiden Gruppen verglichen werden, müssen die Differenzen der Mittelwertparameter (μ_I und μ_S) betrachtet werden. Die Hypothesen lauten also folgendermaßen:

$$H_0: d_1 = d_2 = d_3 = d_4$$

$$d_1 = \mu_{I1} - \mu_{S1}\ ;\ d_2 = \mu_{I2} - \mu_{S2};\ d_3 = \mu_{I3} - \mu_{S3}\ ;\ d_4 = \mu_{I4} - \mu_{S4}$$

Dabei ist μ_{I1} = Mittelwert der Interventionsgruppe an Tag 1 und μ_{S1} = Mittelwert der Standardgruppe an Tag 1.

$$H_1: d_i \neq d_j$$

$$d_i = \mu_{\{Int\},i} - \mu_{\{Std\},i}$$

Hier entspricht $\mu_{\{Int\},i}$ = Mittelwert der Interventionsgruppe am Messzeitpunkt *i* und $\mu_{\{Std\},i}$ = Mittelwert der Standardgruppe am Messzeitpunkt i. Dabei ist $i \in \{1, 2, 3, 4\}$.

Die Null- und Alternativhypothese beziehen sich ausschließlich auf den primär untersuchten Interaktionseffekt Gruppe x Zeit. Es ist zusätzlich möglich, für den Effekt der zeitlichen Entwicklung sowie den Effekt zwischen den Gruppen Hypothesen zu erstellen. Für den Gruppeneffekt lautet die Nullhypothese: Der Mittelwert der Interventionsgruppe über alle vier Tage entspricht dem Mittelwert der Standardgruppe über alle vier Tage. Die Alternativhypothese wird folgendermaßen formuliert: Über alle Tage gemittelt unterscheiden sich die Gruppen. Für den Zeiteffekt besagt die Nullhypothese, dass das Gesamtmittel beider Gruppen für alle Tage gleich ist, wohingegen die Alternativhypothese ausdrückt, dass sich die Gesamtmittel beider Gruppen an mindestens einem Messzeitpunkt unterscheiden.

4.2.2. Auswahl des Studiendesigns

Die Auswahl des geeigneten Studiendesigns ist von den existierenden Gegebenheiten und der Forschungsfrage abhängig. In diesem Fall existieren zwei Gruppen, die Interventions-PT und die Standard-PT, welche hinsichtlich ihres Einflusses auf die Entwicklung des funktionellen Zustandes über vier Tage hinweg, gemessen mittels CPAx, verglichen werden sollen. Die Interventions-Gruppe entstand am Klinikum Starnberg. Zu Beginn war es geplant, auch die Standard-PT Gruppe dort zu erheben. Dies war leider aus organisatorischen Gründen nicht möglich. Durch die Hilfe des Starnberger Pflegedienstleiters entstand der Kontakt zum Uniklinikum Erlangen. Nach der Vorstellung des Projektes

erklärten sich der Oberarzt der Abteilung Physikalische und Rehabilitative Medizin und seine Mitarbeiter bereit, die Messungen der Standard-PT Gruppe auf der dortigen ITS durchzuführen. Die Wahl des CPAx als Messinstrument, der an späterer Stelle noch genau vorgestellt werden wird, gibt vor, dass es sich hier um eine quantitative Forschungsmethode handelt. Das CPAx erhebt den funktionellen Zustand anhand standardisierter, numerischer Zahlen von 0 bis 5. Durch die Anwendung dieses Instruments wird die Erhebung objektiver, quantifizierbarer Daten angestrebt, welche statistisch ausgewertet werden können. Diese methodische Ausrichtung ist kennzeichnend für quantitative Forschungsdesigns, deren Ziel die Generalisierbarkeit und statistische Absicherung empirischer Ergebnisse sind.

Somit bildet das CPAx nicht nur das zentrale Messinstrument dieser Untersuchung, sondern bestimmt auch maßgeblich die methodische Logik der Forschungsarbeit als quantitativ-empirisch. Im Bereich der quantitativen Forschungsmethoden wird sich für das Design eines Experiments entschieden, da es zwei verschiedene Behandlungsgruppen gibt, deren Entwicklung in Bezug auf den funktionellen Zustand überprüft werden soll. Ein Experiment, im medizinischen Kontext, ist laut Deutsches Register Klinischer Studien (2022, S. 1) eine „[…] Forschungsstudie, bei der menschliche Teilnehmer oder Gruppen von Menschen prospektiv einer oder mehreren gesundheitsbezogenen Interventionen zugewiesen werden, um die Auswirkungen auf die Ergebnisse zu bewerten.“. Das vorrangige Ziel besteht darin einen kausalen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung herstellen zu können. Nach Shadish et al. (2002, S. 6) sind dafür drei Faktoren von entscheidender Bedeutung. Die gezielte Veränderung der vermuteten Ursache findet vor der anschließend beobachteten Wirkung statt. Zudem wird geprüft, ob Veränderungen in der vermuteten Ursache systematisch mit Veränderungen in der beobachteten Wirkung einhergehen und gleichzeitig werden methodische Strategien eingesetzt, um alternative Erklärungen für den beobachteten Effekt möglichst auszuschließen bzw. deren Einflusswahrscheinlichkeit zu minimieren.

Eifler und Leitgöb (2022, S. 225) beschreiben als Ziel, dass Zusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und deren Auswirkungen identifiziert werden sollen. Entscheidend ist hierbei, dass die untersuchten Prozesse gezielt vom Forschenden initiiert werden. Durch dieses methodische Eingreifen soll es möglich werden, beobachtbare Effekte klar bestimmten Einflussgrößen zuzuordnen. Störende Variablen, die zusätzlich zu den untersuchten Ursachen eine Wirkung entfalten könnten, müssen unbedingt reguliert und beobachtet werden. Die Kennzeichen eines Experiments wurden von Wundt (1907, S. 308) beschrieben. Er stellt fest, dass die untersuchende Person die Aufgabe hat, den relevanten Prozess gezielt auszulösen und dabei die vermuteten Einflussfaktoren systematisch zu modifizieren. Zudem ist es erforderlich, dass der Ablauf des Untersuchungs-

prozesses dokumentierbar sowie unter vergleichbaren Bedingungen mehrfach reproduzierbar ist. Experimente können dabei anhand ihrer Merkmale in verschiedene Kategorien eingeteilt werden (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht Experimente

Begriff	**Einordnung**	**Merkmale**
Randomisiertes Experiment	Hauptkategorie	- Zufällige Gruppenzuweisung - maximale Kontrolle - erlaubt Aussagen über Ursache-Wirkungszusammenhang - Goldstandard
Quasi-Experiment	Hauptkategorie	- keine Zufallszuweisung - Einsatz gezielter Intervention - Störfaktoren vorhanden (können z.T. kontrolliert werden)
Natürliches Experiment	Sonderform der Quasi-Experimente	- „natürliche“ Zuweisung durch externe Ereignisse - keine direkte Manipulation der Variablen - kontrafaktische Schlussfolgerung

In Anlehnung an Shadish et al. (2002, S. 13–18).

Entscheidend für die sachgerechte Wahl eines Designs im experimentellen Kontext ist hier, dass im vorliegenden Fall keine randomisierte Gruppenzuweisung stattgefunden hat. Unter Randomisierung versteht man die Zuteilung der Teilnehmenden zu den experimentellen Bedingungen nach dem Prinzip des Zufalls, sodass jede Person die gleiche Chance hat, einer bestimmten Gruppe zugewiesen zu werden (Schäfer, 2016, S. 41). Ursächlich hierfür ist, dass es kein Zuweisungsverfahren für die Patienten zu den Gruppen gibt bzw. eingesetzt werden konnte. Beide Kohorten wurden an unterschiedlichen Standorten gebildet, die Standard-PT am Uniklinikum Erlangen, die Interventions-PT am Klinikum Starnberg, da die Behandlungskonzepte bereits fest an den jeweiligen Klinikstandorten etabliert waren. Diese Tatsache definiert die Messungen als multizentrisch. Relevant für die Aufnahme in das Quasi-Experiment waren in erster Linie die Anwesenheit in der jeweiligen Klinik auf Intensivstation während des Untersuchungszeitraums, das Einverständnis des Patienten zur Teilnahme am Experiment und die Erfüllung der Einschlusskriterien bzw. das Nichtvorhandensein der Ausschlusskriterien. Orientiert man sich an den Kriterien des Deutsches Register Klinischer Studien (2022) handelt es sich hier um ein

kontrolliertes, nicht randomisiertes Konzept, da eine Vergleichsgruppe vorhanden ist, aber keine zufällige Zuweisung zu den Gruppen stattfindet. Das Gruppendesign entspricht einer Parallelverteilung. Das bedeutet, dass die Patienten einer von beiden Gruppen zugeordnet werden und in dieser verbleiben, bis das Experiment fertiggestellt ist (National Library of Medicine, 2024). Die Kontrolle gilt als aktiv, da zwei Behandlungsschemata in ihrer Wirksamkeit gegeneinander abgewogen werden (Deutsches Register Klinischer Studien, 2022). Das Quasi-Experiment wird nach Campbell und Stanley wie folgt beschrieben:

> There are many natural social settings in which the research person can introduce something like experimental design into his scheduling of data collection procedures (e.g., the when and to whom of measurement), even though he lacks the full control over the scheduling of experimental stimuli (the when and to whom of exposure and the ability to randomize exposures) which makes a true experiment possible. Collectively, such situations can be regarded as quasi-experimental designs. (Campbell & Stanley, 1963, S. 34)

Der Unterschied zu einem echten Experiment besteht also nach dieser Erklärung des Begriffs zum einen darin, dass keine Kontrolle über den Zeitpunkt der Reizeinwirkung besteht und wer diesem Reiz ausgesetzt wird, da keine randomisierte Zuweisung zu den Versuchsgruppen besteht. Maciejewski (2020) arbeitet heraus, dass es sich um ein Experiment handelt, bei dem die Zuweisung zu den unterschiedlichen Interventionen nicht zufällig erfolgt, sondern auf der Entscheidung des Patienten oder der medizinischen Fachkräfte beruht. Solche Studien – rückblickend oder vorausschauend angelegt – dienen dazu, die tatsächliche Wirksamkeit und Verträglichkeit dieser Behandlungen unter realen Versorgungsbedingungen zu analysieren. Diese Voraussetzungen treffen auf dieses Experiment zu.

Zusammenfassend gesagt, fällt die Wahl des Studiendesigns auf ein multizentrisches, aktiv kontrolliertes Quasi-Experiment mit Parallelverteilung.

4.2.3. Definition und Operationalisierung der Variablen

Im Anschluss an die Wahl des Studiendesigns müssen nun die Variablen des Quasi-Experiments definiert und operationalisiert werden. Unter Operationalisierung wird laut Döring (2023, S. 229–230) der Prozess verstanden, der abstrakte theoretische Begriffe durch nachvollziehbare Messansätze erfassbar macht. Dies erfolgt entweder durch die Übernahme bewährter Erhebungsinstrumente oder durch die Konzeption eigener, strukturiert aufgebauter Messverfahren. Dieser Schritt muss vor der eigentlichen Datenerhebung geschehen, um zum einen sicherzustellen, dass genau das gemessen wird, was gemessen werden soll und zum anderen, dass alle Beteiligten wissen, was unter den verwendeten Begriffen genau verstanden wird. Zuerst werden die Variablen, also die

Eigenschaften oder Kennwerte, die in einer Untersuchung unterschiedliche Werte oder Zustände annehmen können, differenziert.

Abhängige Variablen bezeichnen jene Größen innerhalb eines Forschungszusammenhangs, deren Ausprägung durch Veränderungen der unabhängigen Variable beeinflusst wird. Sie repräsentieren somit das untersuchte Ergebnis bzw. die Wirkung einer vorausgehenden Einflussgröße. Die unabhängige Variable hingegen stellt im Forschungskontext jene Einflussgröße dar, von der angenommen wird, dass sie nicht durch andere Variablen innerhalb des Untersuchungsdesigns beeinflusst wird. Sie wird häufig mit dem ursächlichen Faktor oder der eingesetzten Maßnahme gleichgesetzt (Shadish et al., 2002, S. 507–508). In Bezug auf die Forschungsfrage - verläuft die Entwicklung des funktionellen Zustands schwerkranker Patienten, gemessen mittels CPAx, über vier Behandlungstage bei Patienten mit intensivierter Physiotherapie anders als bei Patienten mit Standard-Physiotherapie? - stellt die physiotherapeutische Behandlung bzw. das Therapieschema eine unabhängige Variable dar und die Zeit/ die Behandlungstage die andere. Die Ausprägung des funktionellen Zustands des Patienten, gemessen durch das CPAx, ist die abhängige Variable. Die physiotherapeutische Behandlung wird für das Quasi-Experiment in zwei verschiedene Versorgungsformen differenziert. Um die Standard-Physiotherapie für die Intensivstation definieren zu können, muss der aktuelle Forschungsstand hinzugezogen werden. Da es leider keine einheitliche Definition des Begriffs, was Inhalt, Häufigkeit und Dauer der Therapieeinheiten betrifft, gibt, wird sich hier an mehreren Quellen orientiert (siehe Tabelle 2)

Tabelle 2: Definition der Standardphysiotherapie

Autoren	**Dauer/ Häufigkeit**	**Inhalt**
Schweickert et al. (2009)	Keine Angabe	physical and occupational therapy delivered as ordered by the primary care team
Burtin et al. (2009)	5 days per week	Respiratory physiotherapy, mobilization session
Sossdorf et al. (2013)	20-30 Minuten	Keine Angabe
Denehy et al. (2013)	Available 7 days per week	Respiratory and mobility management
Thomas et al. (2015)	Once-daily (Mo-Fr), no more than 30 min	Strengthening exercise, functional retraining
Wright et al (2018)	30 min, Mo-Fr	Respiratory physiotherapy,functional training, strengthening exercises
Eggmann et al. (2018)	Once daily, Mo-Fr and on weekends if iterruption would be harmful	Early mobilisation, respiratory therapy, passive/active exercises
Fossat et al. (2018)	Each weekday	Standardized early rehabilitation
Hodgson et al. (2022)	8,8 ± 9,0 minutes daily	Usual care
Rahiminezhad et al. (2022)	Once a day	Care as usual (respiratory and limb physiotherapy)

In Anlehnung an Burtin et al. (2009), Denehy et al. (2013), Eggmann et al. (2018), Fossat et al. (2018), Hodgson et al. (2022), Rahiminezhad et al. (2022), Schweickert et al. (2009), Sossdorf et al. (2013), K. Thomas et al. (2015), Wright et al. (2018).

Anhand dieser Quellen wird die Standard-Physiotherapie für dieses Quasi-Experiment wie folgt definiert: Standard-Physiotherapie findet einmal täglich von Montag bis Freitag statt. Bei Bedarf, das heißt, wenn davon auszugehen ist, dass sich der Zustand des Patienten ohne Physiotherapie über das Wochenende

verschlechtern würde, findet auch am Wochenende Therapie statt. Dies wird aufgrund der fachlichen Expertise des PT am Freitag entschieden. Die Dauer beträgt 30 Minuten, wobei hierin die Wegezeiten, Dokumentationszeiten und Zeiten für Absprache mit dem medizinischen Team auf Intensivstation inkludiert sind. Die Standard-PT wird von Therapeuten erbracht, die kein Teil des intensivmedizinischen Kernteams sind. Die Physiotherapeuten gehören organisatorisch und fachlich zur Abteilung Physikalische und Rehabilitative Medizin. Sie weisen keine spezielle intensivmedizinische-physiotherapeutische Fortbildung vor. Die Behandlungsinhalte umfassen Atemtherapie, Bewegungstherapie und (Früh-)Mobilisation wie im ersten Teil dieser Arbeit beschrieben.

Die Interventions-Physiotherapie wird wie folgt definiert: Sie findet von Montag bis Freitag statt. Wenn es der Zustand des Patienten erfordert, ist eine physiotherapeutische Behandlung auch am Wochenende möglich, allerdings entspricht diese dann der oben definierten Standard-Physiotherapie. Für die Messungen werden nur Messwerte, die von Montag bis Freitag entstanden sind, betrachtet. Die Dauer der Therapie beträgt 50 bis maximal 60 Minuten und ist auf durchschnittlich zwei Einheiten pro Tag aufgeteilt. Hierbei sind Dokumentationszeiten und Absprachezeiten eingeschlossen. Die behandelnde Therapeutin ist Teil des medizinischen Kernteams auf Intensivstation und arbeitet exklusiv auf dieser Station. Die Physiotherapeutin ist durch die Weiterbildung „Spezialist*in Physiotherapie auf der Intensivstation“ und „Atemphysiotherapie“ der Deutschen Atemwegsliga speziell für ihre Arbeit auf ITS ausgebildet. Inhaltlich umfasst die Interventions-PT Bewegungstherapie, (Früh-)Mobilisation und Lagerung des Patienten. Atemtherapie findet auch hier regelmäßig Anwendung, und wird durch spezielles Zwerchfelltraining zur Entwöhnung von der maschinellen Beatmung zusätzlich ergänzt.

Die unabhängige Variable Zeit wurde als vierstufiger Wert definiert (Tag 1-Tag 4), wobei Tag 1 dem ersten Kalendertag, an dem eine physiotherapeutische Behandlung im Rahmen des Quasi-Experiments stattfindet, entspricht. Zwischen den Messzeitpunkten liegen nominal 24 ± 3 Stunden.

Die Definition der abhängigen Variable erfordert eine genaue Auseinandersetzung mit dem Begriff des funktionellen Zustands. Dieser kann am besten anhand der International Classification of Functioning, Disability and Health der Weltgesundheitsorganisation erläutert werden (World Health Organisation, 2005, S. 4). Diese Klassifizierung existiert bereits seit 2001 und dient dazu gesundheitsbezogene Funktionsfähigkeit einheitlich und multidisziplinär zu beschreiben. Dafür werden die körperlichen Funktionen und Strukturen, Aktivitäten und Teilhabe in einem systematischen Rahmen erfasst und erlauben so eine ganzheitliche Erfassung des funktionellen Zustands. Der funktionelle Zustand beschreibt dabei gemäß dem ICF-Modell den Grad, in dem eine Person über körperliche Funktionen, anatomische Strukturen sowie über die Fähigkeit

verfügt, alltagsrelevante Aktivitäten auszuführen und am sozialen Leben teilzuhaben. Er ergibt sich aus der wechselseitigen Betrachtung dreier zentraler Komponenten:

1. Körperfunktionen und -strukturen (z. B. Muskelkraft, Atemfunktion, Husten)
2. Aktivitäten (z. B. Aufstehen, Gehen, Selbstpflege)
3. Partizipation (z. B. soziale Integration, Lebensführung)

Diese drei Bereiche werden im Kontext des individuellen gesundheitlichen Problems, sowie unter Berücksichtigung umweltbezogener Faktoren (z. B. familiäre Unterstützung, technische Ausstattung) und personenbezogener Faktoren (z. B. Lebensstil, Alter) bewertet. Eine Person befindet sich in Anlehnung an die ICF also in einem perfekten funktionellen Zustand, wenn sie keine Einschränkungen in ihren körperlichen Funktionen und Strukturen hat, normale Aktivitäten problemlos ausführen oder bewältigen kann und in allen, für sie relevanten, Umfeldern teilhaben kann, ohne sich dabei limitiert zu sein.

Um den funktionellen Zustand messbar zu machen, wird sich für das *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool* entschieden. Dieses Messinstrument wurde erstmals von Corner et al. (2010) vorgestellt und speziell zur Bewertung der körperlichen Regeneration schwerstkranker Patienten entwickelt. Die Notwendigkeit zur Entwicklung dieses Instruments entstand durch den Wunsch, Patienten im intensivmedizinischen Setting regelmäßig, schnell und unkompliziert auf ihre körperlichen Funktionseinschränkungen hin testen zu können, um Anzeichen für die Entwicklung einer ICU-AW/auf der ITS erworbenen Schwäche frühzeitig zu detektieren und gegebenenfalls gegensteuern zu können. Die funktionellen Fähigkeiten des Patienten werden anhand von 10 Elementen, die jeweils von 0 (unmöglich/sediert) bis 5 (selbstständig/uneingeschränkt) bewertet werden, untersucht (siehe Abbildung 7).

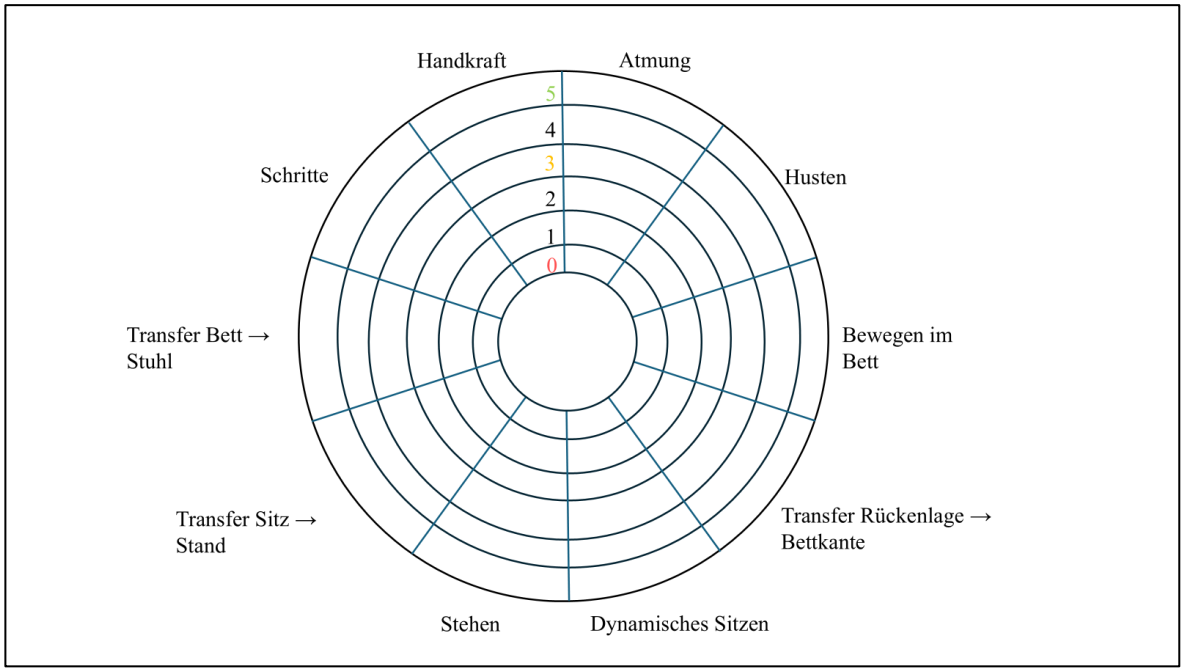


Abbildung 7: Visualisierung des CPAx

In Anlehnung an Corner et al. (2013).

Die Bewertung der jeweiligen Komponenten erfolgt anhand von Ausführungen der Entwickler des CPAx (siehe Anhang 1). Die Messung der Handkraft als 10. Element ist besonders interessant. Diese wird in das CPAx eingeschlossen, da sie als recht zuverlässiger Prädiktor für verschiedene Faktoren gilt. Besonders relevant im Zusammenhang mit dieser Bachelorarbeit ist zum einen, die Möglichkeit, über die Griffkraft Rückschlüsse auf die Kraftsituation des gesamten Körpers ziehen zu können (Bohannon, 2019). Das bedeutet, dass wenn eine für das jeweilige Alter und Geschlecht überdurchschnittliche Handkraft gemessen wird, kann davon ausgegangen werden, dass auch die Kraftsituation der gesamten Skelettmuskulatur überdurchschnittlich ist. Zum anderen besteht ein Zusammenhang zwischen Einschränkungen in Aktivitäten des täglichen Lebens und reduzierter Handkraft bei älteren Patienten (Forrest et al., 2018). Die in der Messung ermittelten Werte können anhand einer Griffkrafttabelle mit Durchschnittswerten (siehe Tabelle 3) in die Bereiche: nicht untersuchbar, <20% vom Durchschnittswert, <40% vom Durchschnittswert, <60% vom Durchschnittswert, <80% vom Durchschnittswert und ≥80% vom Durchschnittswert eingeteilt und somit den Stufen 0 bis 5 zugeordnet werden.

Tabelle 3: Griffkrafttabelle nach Alter und Geschlecht

Alter	Männer							Frauen						
	Hand	Mittel-wert	<20%	<40%	<60%	<80%	≥80%	Hand	Mittel-wert	<20%	<40%	<60%	<80%	≥80%
15-19	R	46,91	9,83	18,76	28,15	37,53	37,53	R	28,82	5,76	11,53	17,29	23,06	23,06
	L	42,13	8,43	16,85	25,28	33,70	33,70	L	24,98	5,00	9,99	14,99	19,98	19,98
20-24	R	48,15	9,63	19,26	28,89	38,52	38,52	R	28,33	5,67	11,33	17,00	22,66	22,66
	L	43,08	8,62	17,23	25,85	34,46	34,46	L	25,78	5,16	10,31	15,47	20,62	20,62
25-29	R	53,76	10,75	21,50	32,26	43,01	43,01	R	33,82	6,76	13,53	20,29	27,06	27,06
	L	48,60	9,72	19,44	29,16	38,88	38,88	L	30,31	6,06	12,12	18,19	24,25	24,25
30-34	R	52,63	10,53	21,05	31,58	42,10	42,10	R	33,97	6,79	13,59	20,38	27,18	27,18
	L	48,98	9,80	19,59	29,39	39,18	39,18	L	31,64	6,33	12,66	18,98	25,31	25,31
35-39	R	53,16	10,63	21,26	31,90	42,53	42,53	R	32,46	6,49	12,98	19,48	25,97	25,97
	L	51,75	10,35	20,70	31,05	41,40	41,40	L	29,77	5,95	11,91	17,86	23,82	23,82
40-44	R	55,49	11,10	22,20	33,29	44,39	44,39	R	30,34	6,07	12,14	18,20	24,27	24,27
	L	50,40	10,08	20,16	30,24	40,32	40,32	L	26,23	5,25	10,49	15,74	20,98	20,98
45-49	R	49,93	9,99	19,97	29,96	39,94	39,94	R	35,30	7,06	14,12	21,18	28,24	28,24
	L	48,94	9,79	19,58	29,36	39,15	39,15	L	32,06	6,41	12,82	19,24	25,65	25,65
50-54	R	48,40	9,68	19,36	29,04	38,72	38,72	R	28,37	5,67	11,35	17,02	22,70	22,70
	L	41,46	8,29	19,58	24,88	33,17	33,17	L	26,28	5,26	10,51	15,77	21,02	21,02
55-59	R	45,71	9,14	18,28	27,43	36,57	36,57	R	29,76	5,95	11,90	17,86	23,81	23,81
	L	42,16	8,43	16,86	25,30	33,73	33,73	L	27,81	5,56	11,12	16,69	22,25	22,25
60-64	R	40,59	8,12	16,24	24,35	32,47	32,47	R	26,35	5,27	10,54	15,81	21,08	21,08
	L	37,25	7,45	14,90	22,35	29,80	29,80	L	23,47	4,69	9,39	14,08	18,78	18,78
65-69	R	40,87	8,17	16,35	24,52	32,70	32,70	R	23,60	4,72	9,44	14,16	18,88	18,88
	L	36,57	7,31	14,63	21,94	29,26	29,26	L	23,38	4,68	9,35	14,03	18,70	18,70
70-74	R	37,48	7,50	14,99	22,49	29,98	29,98	R	25,84	5,17	10,34	15,50	20,67	20,67
	L	35,49	7,10	14,20	21,29	28,39	28,39	L	22,92	4,58	9,17	13,75	18,34	18,34
> 75	R	32,76	6,55	13,10	19,66	26,21	26,21	R	19,40	3,88	7,76	11,64	15,52	15,52
	L	28,59	5,72	11,44	17,15	22,87	22,87	L	17,64	3,53	7,06	10,58	14,11	14,11

In Anlehnung an Corner et al. (2013).

Der Patient kann maximal 10x5 also insgesamt 50 Punkte erhalten. Dies wäre der Zustand der perfekten körperlichen Funktionalität des erwachsenen Intensivpatienten. Ein interessanter Schwellenwert stellt die 31 Punkte Marke dar. Sie signalisiert den Übergang von klinisch relevanter Schwäche zu ausreichender funktioneller Mobilität (Y. Wu et al., 2025). Nach mehreren Iterationen wurde der CPAx von Experten mit einem Content Validity Index (CVI) von 1.0 bewertet. Dieser beschreibt, wie gut die gewählten Bewertungselemente des Messinstruments die angestrebte theoretische Größe inhaltlich zutreffend und vollständig abbildet. Im vorliegenden Fall sind sich also alle Therapeuten einig, dass die 10 zu messenden Komponenten das Konstrukt der körperlichen Funktionseinschränkungen angemessen und vollständig erfasst (Waltz, 2016, S. 211). Zudem weist das Instrument mit > .8 einen guten Intraklassenkorrelationskoeffizient auf. Er beschreibt in diesem Fall die Interrater-Reliabilität, die die Streuung der Bewertungen erfasst, wenn mehrere Bewertende identische Untersuchungseinheiten beurteilen (Koo & Li, 2016). Dieser Koeffizient ist hier besonders wichtig, da die Messungen an zwei verschiedenen Standorten stattfinden und zusätzlich an einem Standort, dem Uniklinikum Erlangen, von verschiedenen Therapeuten erhoben werden. Der ICC > .8 sagt aus, dass es nur zu geringen Streuung im Messergebnis bei Erhebung durch verschiedene Bewertende kommt. Auch in Bezug auf die Konstrukt- und Querschnittsvalidität des CPAx werden sehr gute Ergebnisse erzielt. Die Konstruktvalidität wurde in Kapitel 3.2 bereits erklärt. Die Querschnittsvalidität prüft, ob die erwarteten Zusammenhänge auch an verschiedenen Messzeitpunkten jeweils zutreffen

(Eggmann et al., 2022). Damit scheint das Messinstrument ein reliables und valides Ergebnis hervorzubringen und ist für den Einsatz in diesem Quasi-Experiment geeignet.

4.2.4. Datenerhebung

Studienpopulation

Die Definition der Studienpopulation ergibt sich aus der Forschungsfrage. Hier ist die Rede von kritisch kranken Patienten. Diese zeichnen sich durch schwere Dysfunktion von mindestens zwei Organsystemen aus, die eine unmittelbare Bedrohung für das Leben darstellt (Valentin et al., 2011). Die Zielpopulation dieser Untersuchung besteht aus erwachsenen Patienten, die aufgrund eines akuten Krankheitsgeschehens auf einer Intensivstation behandelt werden und eine Indikation für physiotherapeutische Interventionen aufweisen.

Die Teilnehmer wurden in zwei verschiedenen Krankenhäusern rekrutiert. Das Uniklinikum Erlangen ist ein Haus mit Notfallstufe 3, das heißt es kann eine umfassende Notfallversorgung des Patienten stattfinden. Das Klinikum Starnberg gehört zu den Häusern der Notfallstufe 1. Dementsprechend ist dort nur eine Basisnotfallversorgung möglich. Als Einschlusskriterien gelten das Alter (≥ 18 Jahre), eine voraussichtliche Aufenthaltsdauer auf ITS von ≥ 4 Tagen, um ausreichend viele Verlaufsmesswerte generieren zu können, das Vorliegen einer Verordnung für Physiotherapie, ausreichend stabile Vitalparameter, um alle möglichen Elemente des CPAx abfragen zu können. Darunter versteht man, dass sich verschiedene Werte des Herz-Kreislaufsystems, wie beispielsweise der Blutdruck und die Herzfrequenz innerhalb eines, individuell für den Patienten festgelegten Rahmens befinden (Loggers et al., 2017). Außerdem muss der Patient ausreichend orientiert sein, um der Erhebung seiner Daten zustimmen zu können. Dies wird anhand von fünf einfachen Aufforderungen überprüft (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Überprüfung der Orientierung des Patienten

Aufforderung	**Kommando**
1.	Öffnen/Schließen sie bitte Ihre Augen
2.	Schauen Sie mich an
3.	Öffnen Sie den Mund und strecken die Zunge heraus
4.	Nicken Sie mit dem Kopf
5.	Ziehen Sie die Augenbrauen hoch, wenn ich bis 5 gezählt habe

In Anlehnung an Jonghe et al. (2002).

Sobald der Patient in der Lage ist, 3 von 5 Aufforderungen korrekt umzusetzen, gilt er als ausreichend orientiert, um der Teilnahme am Experiment zuzustimmen. Als Ausschlusskriterien gelten Patienten mit neurologischen Grunderkrankungen, wie beispielsweise Myasthenia Gravis oder amyotrophe Lateralsklerose, da diese mit Einschränkungen in der Motorik einhergehen können, was wiederrum die Erhebung des CPAx beeinflussen kann. Des Weiteren werden schwangere Patienten, palliative Patienten, Patienten, die aufgrund einer Sprachbarriere die Anweisungen nicht verstehen können und Patienten mit Verletzungen (beispielsweise Frakturen beider Arme/Beine), die die Umsetzung von Bewegungsaufträgen unmöglich machen, ausgeschlossen.

Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden vor Start des Rekrutierungsprozesses schriftlich im Rahmen der Vorstellung des Quasi-Experiments zusammen mit den Befundbögen und den Ausführungen zur Befundung an die Physiotherapeuten in Erlangen bzw. an die Physiotherapeutin in Starnberg übermittelt. Der Erhebungszeitraum wurde zeitlich nicht beschränkt. Hintergrund dafür ist, dass anhand der kurzen Verweildauern ersichtlich wurde, dass die Mindestaufenthaltsdauer von ≥ 4 Tagen nur selten erreicht wurde und ausreichend Patienten befundet werden sollten. Die Beurteilung der Ein- und Ausschlusskriterien obliegt den behandelnden Physiotherapeuten. Der Dokumentationszeitraum begann am Klinikum Starnberg am 20.09.2024 und endete am 27.01.2025. Am Uniklinikum Erlangen wurde der erste Patient am 15.01.2025 und der letzte Patient am 22.02.2025 befundet. Die Dokumentation fand ausschließlich auf den dafür erstellten Befundbögen statt und wurde entweder gescannt per E-Mail oder in Papierform zurückübermittelt. Eine Rekrutierungsstrategie war in diesem Fall nicht nötig, da beide Kliniken in die Teilnahme am Experiment einwilligten und klar war, dass die in den Einschlusskriterien beschriebenen Patienten dort zu finden sind.

Datenschutz und ethische Anforderungen

Im Vorfeld der Datenerhebung und -verarbeitung wurde ein Konzept bezüglich des Datenschutzes und ethischer Aspekte erstellt. Prinzipiell ist die Verarbeitung von (Gesundheits-)Daten ist gemäß Artikel 6 Absatz 1 Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und nach Art. 9 Abs. 2a Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) nur dann erlaubt, wenn die ausdrückliche Einwilligung der Person vorliegt. Für die Erhebung der Daten wurde das verbale Einverständnis der Patienten eingeholt und schriftlich vom Therapeuten auf dem Befundbogen vermerkt. Im Rahmen dieser Studie wurden die Patientendaten so erhoben, dass sie für die Auswertung in anonymisierter Form vorlagen. Die Erhebung erfolgte durch geschulte Physiotherapeuten an zwei beteiligten Kliniken mittels eines standardisierten Befundbogens, auf dem keine personenbezogenen Daten wie Name, Geburtsdatum, Fallnummer oder andere identifizierende Informationen vermerkt wurden. Die Patienten wurden aus Organisationsgründen durchnummeriert (Pat. 1, Pat. 2, …). Das Geschlecht wurde erfasst und das Alter der Patienten in Kohorten abgefragt (20-24, Jahre, 25-29 Jahre, 30-34 Jahre…). Klinikinterne Fallnummern oder andere personenbezogene Daten wurden nicht gespeichert. Eine Rückverfolgbarkeit auf einzelne Personen war zu keinem Zeitpunkt möglich.

Dementsprechend handelt es sich nun für die Verarbeitung und Auswertung um anonyme Daten im Sinne von Erwägungsgrund 26 der DGSVO, wonach Informationen, die sich nicht auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person beziehen, nicht unter die Anwendungsbereiche der DSGVO fallen. Für die vorliegende Untersuchung war kein Antrag bei einer Ethikkommission erforderlich, da die Studie ausschließlich auf der anonymisierten Erhebung von Routinedaten im klinischen Setting basiert. Es wurden keine zusätzlichen medizinischen Interventionen durchgeführt, keine Eingriffe am oder mit dem Patienten vorgenommen und auch keine personenbezogenen Daten verarbeitet. Die Datenerhebung erfolgte ausschließlich im Rahmen der regulären physiotherapeutischen Behandlung auf Intensivstationen durch die jeweils zuständigen Therapeuten. Es bestand keine ethische Risikoerhöhung oder ein zu erwartender Schaden für den Patienten im klinischen Routinebetrieb. Eine Prüfung durch eine Ethikkommission war daher aus methodischer und datenschutzrechtlicher Sicht nicht erforderlich (Schmieder, 2022). Das geplante Vorgehen wurde mit dem Pflegedirektor des Klinikum Starnberg besprochen und erhielt seine Zustimmung.

Praktische Durchführung

Die Datenerhebung erfolgte prospektiv im Rahmen eines zweiarmigen Quasi-Experiments an zwei Kliniken. Die Zuteilung der Patienten zu den Gruppen ergab sich durch die Klinikzugehörigkeit: das Klinikum Starnberg stellte die Interventionsgruppe (intensivierte physiotherapeutische Behandlung), das Uniklinikum Erlangen die Kontrollgruppe (Standard-Physiotherapie). Die Erhebung wurde ausschließlich durch examinierte Physiotherapeuten durchgeführt, die in der Anwendung des CPAx geschult waren. Im Vorfeld der Testungen wurde den Therapeuten der Ablaufplan, der Befundbogen sowie die Ausführungen zum Befundbogen erklärt und ausgehändigt (siehe Anhang 1 und 2).

Der Ablaufplan erläutert welche Schritte, vom Rekrutierungsprozess über die Datenerhebung bis hin zur Dokumentation, nötig sind und in welcher Reihenfolge diese vorzunehmen sind. Der Befundbogen, der jeweils für zwei Tage verwendet werden kann und soll umfasst:

- Nummerierung des Patienten
- Erhebungsdatum
- Überprüfung der ausreichenden Orientierung
- Einverständnis in die Datenerhebung
- Geschlecht des Patienten
- Alter des Patienten in Kohorten
- grafische Darstellung des CPAx
- Ergebnisbox, d.h. wie viele Punkte des CPAx wurden erreicht
- Messung der Handkraft in kg und in % vom Durchschnittswert

Erfasst wurde der funktionelle Zustand der Patienten mithilfe des *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool* zu vier definierten Zeitpunkten innerhalb von 15 Minuten nach der Durchführung der Standard- bzw. Interventions-PT. Dies wurde bereits im Vorfeld, bevor die Planung der statistischen Auswertung erfolgte, festgelegt.

1. T1: nach der ersten physiotherapeutischen Behandlung
2. T2: nach der zweiten physiotherapeutischen Behandlung
3. T3: nach der dritten physiotherapeutischen Behandlung
4. T4: nach der vierten physiotherapeutischen Behandlung

In Anlehnung an die Nomenklatur von Campell und Stanley (1963) lässt sich das Vorgehen grafisch darstellen. Die gestrichelte Linie steht dabei für die fehlende Randomisierung (siehe Abbildung 8)

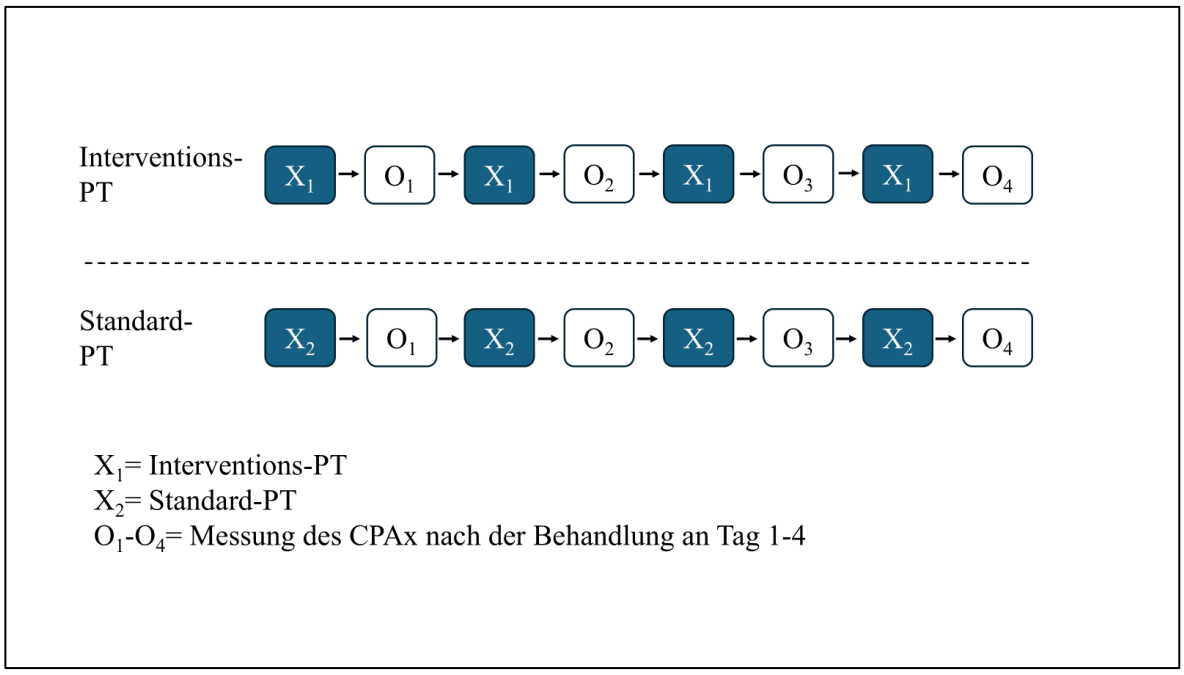


Abbildung 8: Grafische Darstellung des experimentellen Ablaufs

In Anlehnung an Campbell und Stanley (1963, S. 47).

Die Messzeitpunkte beschränken sich auf die Werktage von Montag bis Freitag. Wenn die Einhaltung der Zeitpunkte nicht möglich war, sei es aus organisatorischen oder patientenindividuellen Gründen, wurde dies auf dem Befundbogen vermerkt. An den Befundbogen schließen sich die Ausführungen zur Erhebung des CPAx an. Der letzte Punkt des Ablaufplans beinhaltet eine Anleitung zur standardisierten Handkraftmessung (siehe Anhang 2) sowie die dazugehörige Tabelle der Griffkraftwerte. Für die Messung wurde ein hydraulisches Saehan Handdynamometer „SH5001“ angeschafft und eingesetzt. Es ist als Medizinprodukt der Klasse I zugelassen und trägt eine CE-Kennzeichnung gemäß der Medical Device Regulation, Verordnung 2017/745 (AFH Webshop, o.D.). Durch die werkseitige Kalibrierung werden zuverlässige und reproduzierbare Messergebnisse generiert (Reis & Arantes, 2011). Die Durchführung der Messung erfolgt ebenfalls nach einem standardisierten Schema, welches ebenfalls im Ablaufplan vermerkt ist. Es wird immer die dominante Hand gemessen. Wenn das nicht möglich ist, z. B. wegen schmerzhaften Zugängen oder Frakturen werden Ersatzwerte auf der nicht-dominanten Seite gemessen. Dies muss eindeutig auf dem Befundbogen dokumentiert werden. Es können drei Versuche unternommen werden, wobei das beste Ergebnis auf dem Befundbogen im Feld „Handkraft in kg der dominanten Hand“ dokumentiert wird. Die Griffkraft kann

dann anhand der Tabelle (siehe Tabelle 3) in den prozentualen Anteil vom Durchschnittswert umgewandelt werden und durch die Ausführungen zur Befundung mittels CPAx (siehe Anhang 1) dann in die Stufen 0 bis 5 eingeteilt werden. Die Physiotherapeuten übertrugen die Angaben auf den standardisierten Befundbogen und gaben diesen entweder händisch direkt oder eingescannt per E-Mail zurück.

5. Statistische Analyse

5.1. Datenaufbereitung

Zu Beginn wurden alle handschriftlich protokollierten Rohdaten von den Befundbögen in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel eingefügt. Die Erstellung des Datensatzes, also der Zusammenführung der Daten aus den beiden Stichproben, stellt den ersten Teil der Datenaufbereitung dar (Döring, 2023). Es wurden zwei Gruppen angelegt (Interventions- und Standardgruppe). Jeder Patient bildet eine Zeile (n=10 pro Gruppe). Die Spalten wurden in Pat.-Nr. (1-10), Geschlecht (1=♀, 2= ♂), Alter in Kohorten und die zehn Befundkriterien eingeteilt. Pro Befundkriterium gab es vier Spalten für die vier Erhebungszeitpunkte. Abgeschlossen wurde das Excel Arbeitsblatt von den vier Spalten CPAx1-CPAx4 in denen die Summe der Befundwerte erfolgte. Fehlende Werte traten nicht auf. Auswertungsfehler in beiden Gruppen, die im Rahmen der Handkraftmessung bei der daran anschließenden Einteilung in die Bewertungsstufen von 0-5 auftraten, wurden korrigiert. Dieses Format stellt die Basis für die folgende statistische Auswertung dar und wurde als Rohdaten.xlsx gespeichert. Ausgehend von dieser Datei wurde eine weitere Datei für die statistische Auswertung erstellt. Diese umfasste pro Patienten ebenfalls eine Zeile, die Spalten wurden jedoch auf Pat.-Nr. (1-10), Gruppe (Intervention, Standard), sowie CPAx1-CPAx4 beschränkt. Die Analysedatei wurde in einem getrennten Ordner unter der Bezeichnung Analysedaten_original.xlsx gespeichert, um die Bearbeitungsschritte nachvollziehbar zu gestalten.

Für die statistische Auswertung der Daten wurde sich für das Verfahren der Mixed Design ANOVA entschieden. Die Begründung für die Wahl des Instruments, das Vorgehen etc. folgt im nächsten Gliederungspunkt.

Für die statistische Analyse wurde das Programm „JASP“ verwendet. Diese Statistiksoftware wurde von der Universität Amsterdam speziell zur Auswertung statistischer Erhebungen in Forschungsarbeiten entwickelt. Sie ist frei zugänglich, kostenlos und zeichnet sich durch eine einfache, benutzerfreundliche Oberfläche aus (Love et al., 2019). Die Excel-Tabelle Analysedaten_original.xlsx wurden in JASP 0.19.3 importiert. Die Messniveaus der Daten mussten für die weitere Verarbeitung festgelegt werden (siehe Tabelle 5).

Formal betrachtet entsprechen die einzelnen Werte des CPAx ordinalskalierten Variablen (Corner et al., 2013). Die Einteilung der funktionellen Fähigkeiten des Patienten erfolgt in 6 Stufen von unfähig (0) zu selbstständig (5). Jedem Untersuchungselement wird eine Zahl zugeordnet. Somit lässt sich eine Rangordnung erstellen. Allerdings sind die Abstände zwischen den einzelnen Skalenwerten frei gewählt und geben den realen Abstand zwischen den

Messgegenständen nicht wieder (Bortz & Schuster, 2010, S. 13). Für die statistische Analyse werden die CPAx-Werte jedoch als metrisch skaliert betrachtet. Ohne diese Voraussetzung wäre die Durchführung der *Mixed Design ANOVA* nicht möglich. Die Basis hierfür ist zum einen, die Verwendung der CPAx-Werte als metrisch skaliert in einem Bericht von Astrup et al. (2023). Hier wurden Mittelwerte erhoben und Standardabweichungen berechnet. Dies setzt voraus, dass die Summe der 10 CPAx-Einzelwerte als metrisch skalierte Variable betrachtet wurde. Metrisch intervallskaliert sind Werte dann, wenn nicht nur eine Reihenfolge festgelegt werden kann, sondern auch die Abstände zwischen den einzelnen Werten konstant ist (Bortz & Schuster, 2010, S. 14). Zum anderen wird sich auf die Aussagen von Norman (2010) gestützt. Dieser stellt fest, dass es möglich ist, die Summe der ordinalskalierten Einzelwerte als metrischen Wert zu betrachten. Dementsprechend sind Analysen möglich, die diese Art von Skalenniveau als Voraussetzung anführen und es muss weiterführend nicht mit falschen Ergebnissen gerechnet werden.

Tabelle 5: Messniveaus der Analysedaten

Variable	Skalierung in JASP	Inhalt
Pat.-Nr.	nominalskaliert	Numerische Kennziffern von 1-10
Gruppe	nominalskaliert	Intervention/ Kontrolle
CPAx1-CPAx4	metrisch skaliert	Funktioneller Zustand pro gemessenem Tag 0-50/50

Eigene Darstellung.

5.2. Wahl des Analyseverfahrens

Die Voraussetzung für die Wahl des passenden Analyseverfahrens ist der Aufbau des Quasi-Experiments und die verwendeten Variablen. Die Basis bilden hier zwei Gruppen. Jede Gruppe erhält an vier aufeinanderfolgenden Werktagen (unabhängige Variable) erst Physiotherapie (unabhängige Variable), dann folgt die Messung des CPAx (abhängige Variable). Um die Zusammenhänge zwischen den Komponenten statistisch auswerten zu können, wird hier eine Methode aus der multivariaten Statistik verwendet. Es wird sich für die statistische Analyse mittels *Mixed Model Analysis of Variance* oder auch *Mixed Design ANOVA* entschieden. Diese Verfahren wird laut Murrar und Brauer (2018) eingesetzt, wenn die Untersuchungseinheiten, in diesem Fall die Patienten, mit mindestens einer unabhängigen Variablen (Tag1-4) gekreuzt sind – jeder

Studienteilnehmer durchläuft alle Erhebungstage – und zugleich unter mindestens einer weiteren unabhängigen Variablen, in diesem Fall die Gruppenzugehörigkeit, verschachtelt sind. Das heißt, jeder Teilnehmer gehört genau einer Stufe dieses zweiten Faktors an- entweder der Interventions- oder der Standardgruppe. Dabei müssen vier Anforderungen beachtet werden, die als Grundlage für das Design dienen. Das Instrument benötigt „[…] (a) a continuous dependent variable, (b) two or more categorical independent variables, (c) at least one independent variable that varies between-units, and (d) at least one independent variable that varies within-units.“ (Murrar & Brauer, 2018, S. 2). Die abhängige Variable, also der funktionelle Zustand des Patienten, gemessen anhand des CPAx gilt als geeignete abhängige Variable zur Anwendung einer Varianzanalyse (Carifio & Perla, 2008). Der nächste Anforderungspunkt betrifft ≥ zwei kategoriale Variablen. Er wird durch die unabhängigen Variablen der Gruppenzugehörigkeit und der vier Messzeitpunkte erfüllt. Diese Werte sind als stetig anzusehen und weisen eine begrenzte Zahl an Merkmalen auf (Tutz, 2000, S. 1–2). Dabei variiert der Faktor der Gruppenzugehörigkeit zwischen den Untersuchungseinheiten (between-unit), also den Patienten, und der Faktor Zeit innerhalb der Patienten (within-unit). Das Quasi-Experiment erfüllt also alle Anforderungen.

Es können also, entsprechend den aufgestellten Hypothesen, drei Fragen betrachtet werden:

1. Wie entwickelt sich der CPAx-Wert unabhängig von der Gruppe im Verlauf von T1-T4
2. Wie unterscheiden sich die CPAx-Werte beider Gruppen im Mittel?
3. Wie entwickelt sich der CPAx-Wert abhängig von der Gruppenzugehörigkeit über die Zeit hinweg?

Die Punkte 1. und 2. beschreiben also die beiden Haupteffekte Gruppe und Zeit, wohingegen 3. den Interaktionseffekt Gruppe x Zeit determiniert. Vereinfach gesagt wird laut Kim (2014) bei der Varianzanalyse die Varianz, also die durchschnittliche quadrierte Abweichung vom Mittelwert, zwischen den Gruppen ins Verhältnis gesetzt zur Varianz innerhalb der Gruppen. So lässt sich ermitteln, ob sich die Mittelwerte zwischen und innerhalb der Gruppen statistisch signifikant unterscheiden.

$$F = \frac{Varianz\ zwischen\ den\ Gruppen}{Varianz\ innerhalb\ der\ Gruppen}$$

Mathematisch können die Effekte wie folgt dargestellt werden (siehe Tabelle 6):

1. Haupteffekt Zeit: $\frac{(-3 \cdot Y1 + Y2 + Y3 + 3 \cdot Y4)}{4} = b0 + e$
2. Haupteffekt Gruppe: $\frac{(Y1 + Y2 + Y3 + Y4)}{4} = b0 + b1 \cdot X + e$
3. Interaktionseffekt Gruppe x Zeit: $\frac{(-3 \cdot Y1 - Y2 + Y3 + 3 \cdot Y4)}{4} = b0 + b1 \cdot X + e$

Tabelle 6: Legende zur mathematischen Berechnung

Symbol	**Bedeutung**
*Y*1 … *Y*4	CPAx-Messwerte der jeweiligen Person an Tag 1 bis 4
X	Gruppendummy: 0 = Standard-PT, 1 = Interventions-PT
*b*0	Achsenabschnitt (Mittelwert bzw. Trend in der Referenzgruppe, X = 0)
*b*1	Regressionsgewicht ⇒ Gruppenunterschied im jeweiligen Kontrast
e	Residuum (Fehlerterm)

In Anlehnung an Murrar und Brauer (2018).

5.3. Gruppenbeschreibung und Pretest

In diesem Abschnitt soll die Beschreibung der Gruppenzusammensetzung, sowie ein einfacher Pretest erfolgen, um die Ausgangssituation des funktionellen Zustands der Patienten in beiden Gruppen vergleichbar zu machen. Die Gruppenzusammensetzung wurde mittels deskriptiver Statistik in JASP ermittelt. Die Ausgangssituation ist eine Stichprobe, die insgesamt *N*=20 Intensivpatienten umfasst (Interventionsgruppe $n = 10$; Standardgruppe $n = 10$). In beiden Gruppen sind je fünf Männer und fünf Frauen befundet worden. Daher wird im weiteren Verlauf der Parameter „Geschlecht“ nicht in die Auswertung der Ergebnisse miteinbezogen. Prinzipiell gibt es aber Hinweise darauf, dass mehr Männer als Frauen auf ITS behandelt werden und sich deren funktioneller Zustand positiver entwickelt als der von Frauen (Lat et al., 2021). Die Altersverteilung innerhalb der Gruppen lässt sich als gruppiertes Balkendiagramm für beide Gruppen darstellen (siehe Abbildung 9). In der Standard-Gruppe sind die Fälle relativ gleichmäßig über die Kohorten verteilt, wohingegen die Verteilung der Interventionsgruppe durch insgesamt 6 der 10 Teilnehmer im Bereich 70-79

Jahren rechtsschief ist. Die Standardgruppe weist sechs Teilnehmende unter 70 J. auf, die Interventionsgruppe nur zwei. Es werden für beide Gruppe der geschätzte Median und ein approximierter Interquartilsabstand (IQR) ermittelt. Der IQR ist ein Streuungsmaß, welches die Spannweite jenes Bereichs angibt, der die zentralen 50 Prozent der Daten umfasst. Die Schätzungen setzen voraus, dass die Patientenjahre innerhalb einer 5-Jahres-Klasse gleichverteilt sind und die Stichproben der Größe nach sortiert sind (Freyry, 2023). Normalerweise werden die Parameter direkt aus den Rohdaten berechnet. Dies ist jedoch hier durch die Altersangaben in Kohorten, die so aus Datenschutzgründen vorgenommen wurde, nicht möglich. Der geschätzte Median liegt in der Interventionsgruppe in der Kohorte 75-79 Jahre und in der Standardgruppe in der Kohorte 65-69 Jahre. Der IQR für die Interventionsgruppe umfasst die Klassen 70-74, sowie 75-79 Jahre. In der Standardgruppe streut der IQR deutlich breiter und beinhaltet die Gruppen 60-64 bis 80-84 Jahre.

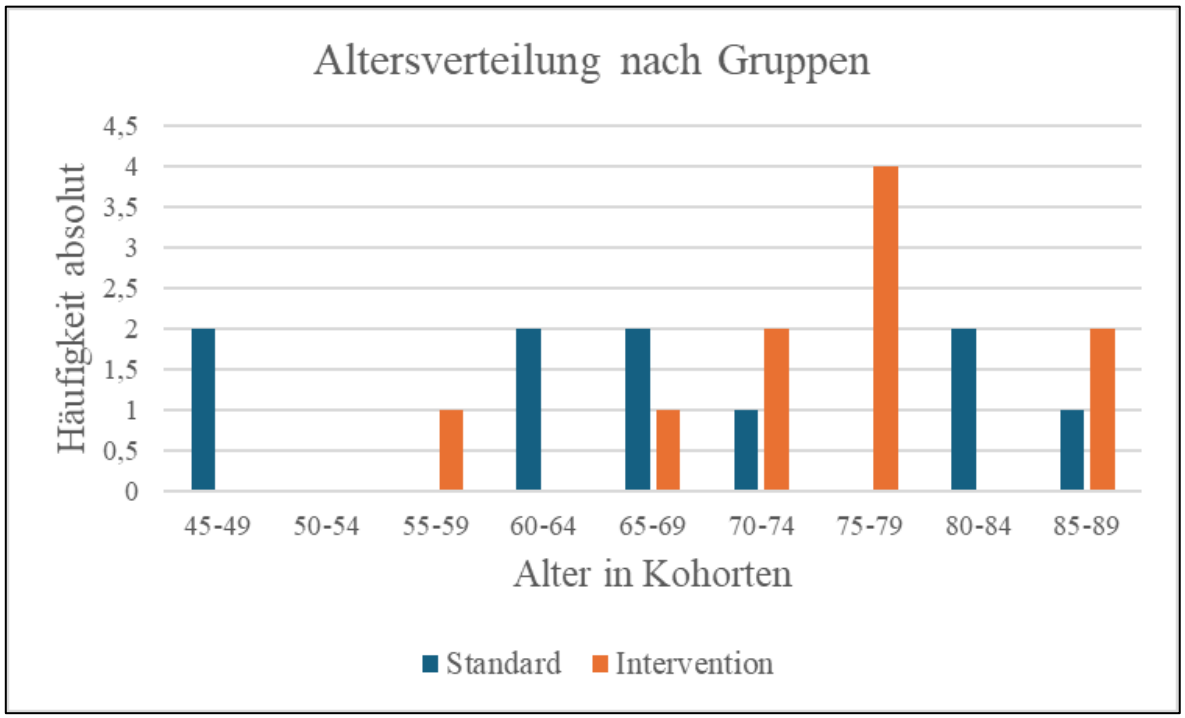


Abbildung 9: Altersverteilung nach Gruppen

Eigene Darstellung.

Obwohl der CPAx1 am ersten Studientag bereits unmittelbar nach der initialen Behandlung erhoben wurde, wird er hier als Basis für einen Pretest benutzt. Theoretisch entspricht das nicht der korrekten wissenschaftlichen Vorgehensweise. Da es aber lediglich das Ziel ist, die Ausgangslage bezüglich des funktionellen Zustandes der Patienten zwischen den Gruppen beschreiben bzw. kontrollieren zu können, wird er trotzdem verwendet. Dies ist besonders interessant vor dem Hintergrund, dass die Patienten ohne Randomisierung in die Gruppen

aufgenommen wurden und daher die interne Validität durch das Design ohnehin bedroht ist (Campbell & Stanley, 1963, S. 47–48).

Für den Pretest werden die Daten in Excel entsprechend den Anforderungen in JASP formatiert und als Datei Pretest_Original.xlsx gespeichert. Der CPAx1-Wert beider Gruppen wird auf Normalverteilung getestet. Das Signifikanzniveau wird auf α = .05 festgelegt. Der CPAx-Startwert zeigt in der Standardgruppe eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (Shapiro–Wilk W = .77, p = .006), während die Interventionsgruppe normal verteilt ist (Shapiro-Wilk W= .91, p = .30). Die Ausreißer lassen sich grafisch anhand eines Boxplots darstellen (siehe Abbildung 10). Es ist zu sehen, dass die Patienten 4 und 10 der Standard-Physiotherapiegruppe mit dem CPAx-Wert von 29 am ersten Tag weit außerhalb des Interquartilsabstands, also der Spannweite zwischen dem 1. und dem 3. Quartil., die die mittleren 50 % einer Stichprobe einschließt, liegen (J. Wang et al., 2025).

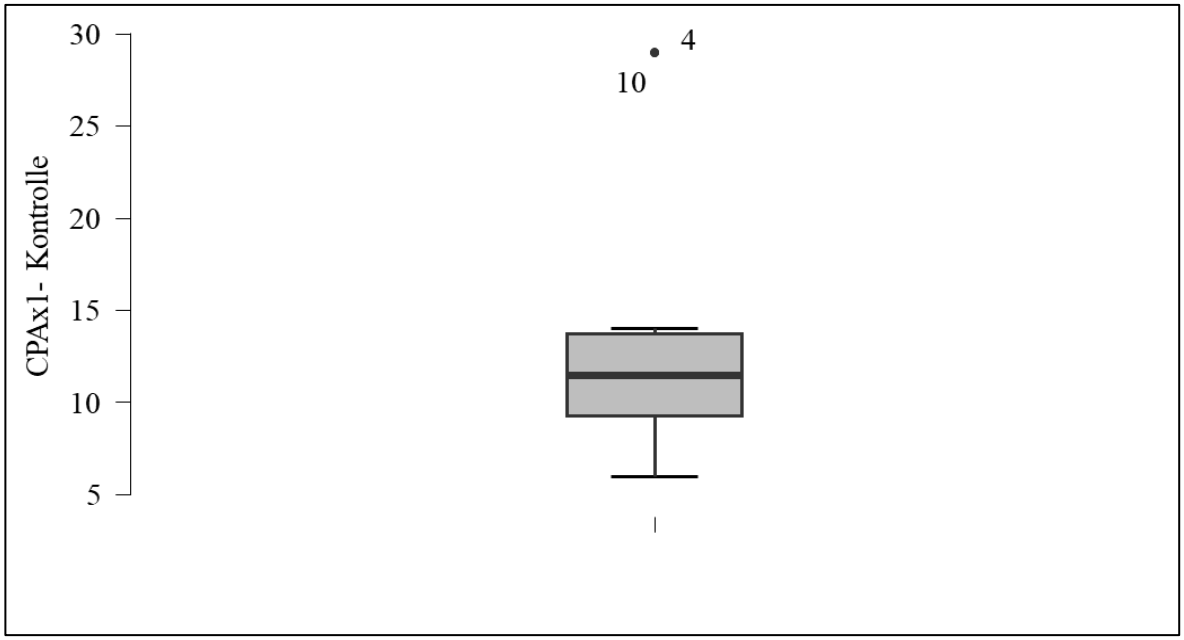


Abbildung 10: Visualisierung der Ausreißer anhand eines Boxplots

Eigene Darstellung.

Daher wurde der Gruppenvergleich im Anschluss mit dem weniger sensitiven nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser liegt mit p= .23 deutlich über dem Signifikanzniveau von α = 0,05. Damit gibt es keinen statistisch nachweisbaren Unterschied zwischen den CPAx-Startwerten der Interventions- und der Standardgruppe. Die beiden Gruppen sind zu Beginn – trotz ihrer unterschiedlichen Altersstruktur – funktionell vergleichbar.

5.4. Durchführung der ANOVA

5.4.1. Modellannahmetests

Im nächsten Schritt wird nun die *Mixed Design ANOVA* in JASP durchgeführt. Dafür wird die Datei Analysedaten_original.xlsx in JASP eingefügt. Vor der eigentlichen Durchführung der ANOVA werden alle CPAx-Werte beider Gruppen mittels Shapiro-Wilk-Tests und Boxplots gesichtet, um einen groben Überblick über die Verteilung der Daten zu erlangen. Zudem werden Mittelwerte (*M*) und die Standardabweichung (*SD*) ermittelt (siehe Tabelle 7). Dabei fällt auf, dass in der Gruppe, die Standard-Physiotherapie erhält, der CPAx1-Wert mit $p = .006$ und der CPAx3-Wert mit $p = .02$ von der Normalverteilung signifikant abweichen (siehe Tabelle 7). Die Abweichung von der Normalverteilung sind auf Extremwerte einzelner Patienten zurückzuführen. Die ANOVA wird im weiteren Vorgehen trotzdem zuerst mit den bestehenden Rohdaten durchgeführt.

Tabelle 7: Überblick über die Verteilung der Daten

CPAx	**CPAx 1**		**CPAx 2**		**CPAx3**		**CPAx4**	
Gruppe	Intervention	Standard	Intervention	Standard	Intervention	Standard	Intervention	Standard
Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10
M	18.00	14.10	24.50	22.00	31.50	31.30	35.80	36.50
SD	9.20	8.20	8.85	8.74	8.38	9.13	7.47	6.26
***p*-Wert Shapiro-Wilk**	.30	**.006**	.61	.63	.52	**.02**	.31	.21

Eigene Darstellung.

Für die Durchführung der ANOVA werden die Daten in JASP in die Funktion ANOVA mit Messwiederholung eingefügt. Die CPAx-Werte werden den 4 Innersubjektzellen zugeordnet und die Gruppenzugehörigkeit den Zwischensubjektfaktoren. Anschließend werden die Annahmeprüfungen auf Sphärizität, Varianzhomogenität und Normalverteilung der Residuen ausgewählt. Diese stellen zusammen die Voraussetzungen für den Erhalt unverfälschter Ergebnisse dar und müssen überprüft werden, bevor die Ergebnisse beschrieben und interpretiert werden (Murrar & Brauer, 2018). Als Residuen wird die Differenz zwischen dem tatsächlich gemessenen Wert der Variable und dem vom Modell

vorhergesagten Wert bezeichnet (Anscombe & Tukey, 1963). Wenn diese Werte symmetrisch um 0 liegen und eine Glockenform aufweisen, kann von Normalverteilung gesprochen werden (Lange & Mosler, 2017, S. 56). Als erster Schritt kann die Verteilung der Residuen visuell anhand eines Quantil-Quantil-Diagramms erfolgen (siehe Abbildung 11).

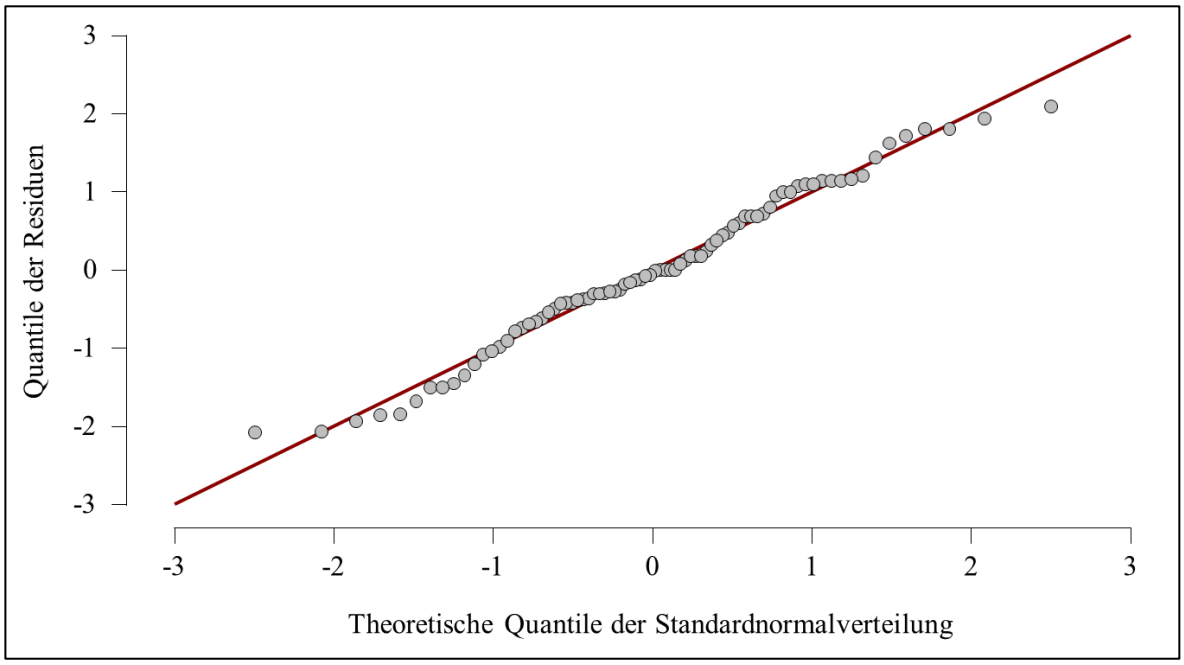


Abbildung 11: Verteilung der Residuen mittels Quantil-Quantil-Diagramms

Eigene Darstellung.

Hier ist zu sehen, dass sich die meisten Messwerte sehr nah an der Referenzlinie befinden, was auf Normalverteilung hinweist. Lediglich am linken und rechten Rand gibt es Ausreißer. Die Abweichungen scheinen eher punktuell als systematisch zu sein. Um die Normalverteilung sicherstellen zu können, muss diese jedoch in einem weiteren Schritt rechnerisch evaluiert werden. Diese Testung findet in JASP über den Umweg einer linearen Regression statt. So lassen sich für alle CPAx-Werte in beiden Gruppen die Residuen berechnen. Anschließend wird auch hier ein Shapiro-Wilk-durchgeführt. Es werden jeweils die Zellen Gruppe x Zeit geprüft. Als Ergebnis wird festgestellt, dass eine von insgesamt acht Zellen mit p= .004 deutlich und eine mit p= .050 grenzwertig von der Normalverteilung abweicht. Die Annahme der Normalverteilung der Residuen ist somit nicht gegeben. Anschließend wird der Levene-Test zur Beurteilung der Varianzhomogenität betrachtet. Dieser soll beurteilen, wie gleichmäßig die Messwerte vom jeweiligen Gruppenmittel nach oben und unten abweichen, und vergleicht anschließend diese Streuungsbreiten zwischen den Gruppen. Ist p> .05 ist der Unterschied nicht signifikant und die Varianzen gelten als homogen (Völkle & Erdfelder, 2010, S. 489–490). Im vorliegenden Fall bewegen sich die

p-Werte des Levene zwischen *p*= .35 und *p*= .99. Der Test auf Gleichheit der Varianzen gilt somit als erfüllt. Als letzter Annahmetest muss der Mauchly-Test für die Sphärizität durchgeführt werden. Es geht um den *within-subject*-Faktor Zeit, der bei Designs mit Messwiederholungen geprüft werden muss. Laut Janczyk und Pfister (2013, S. 151–152) liegt Sphärizität vor, wenn die Differenzen zwischen den Messwertpaaren, also beispielsweise Tag 1 – Tag 2 und Tag 1 – Tag 3 gleich große Varianzen aufweisen. Da der *p*-Wert bei *p*< .001 liegt und damit signifikant ist, muss angenommen werden, dass die Varianz-Kovarianzstruktur der vier Zeitmessungen nicht sphärisch ist. Das geschätzte Epsilon beträgt ε= .33. Dieser Wert liegt deutlich unter der Schwelle von ε = .75, ab der in der Literatur üblicherweise zur Huynh-Feldt-Korrektur gewechselt wird. Daher werden für den Zeit-Haupteffekt und die Interaktion Gruppe × Zeit die Freiheitsgrade nach der Greenhouse-Geisser-Methode angepasst. So soll sichergestellt werden, dass der α-Fehler kontrolliert wird (Blanca et al., 2023).

5.4.2. Winsorisierung

Nachdem die Analyse der Annahmetests ergab, dass die Normalverteilung der Residuen verletzt ist, wurde sich dazu entschieden eine Behandlung der Ausreißer mittels Winsorisierung durchzuführen, um die statistische Gültigkeit der endgültigen *Mixed-Design-ANOVA* zu gewährleisten. Hintergrund ist, dass der Shapiro-Wilk-Test der Modellresiduen in zwei Zellen der Standardgruppe (Tag 1 und 3) signifikante Abweichungen von der Normalverteilung ergab ($p = .004$ bzw. $p = .050$). Bei einer Stichprobengröße von lediglich $n = 10$ pro Gruppe haben solitäre Ausreißer ein überproportional großes Gewicht: Sie verzerren sowohl die Zellmittel als auch die Fehlervarianz und können damit die Statistik der ANOVA beeinflussen (Wilcox, 2012, S. 88–89). Anstatt die Fälle komplett zu entfernen – was die Stärke der Aussagekraft weiter verringern würde – wurde das Verfahren der 20 %-Winsorisierung gewählt. Dieses Verfahren zählt zu den populärsten Methoden bei der Behandlung von Ausreißern. Dabei werden Werte unterhalb bzw. oberhalb der festgelegten Grenze auf jene Grenzwerte gekappt, beeinflussen also nicht mehr übermäßig stark die Parameterschätzung, bleiben aber als Beobachtungen im Datensatz erhalten (Sullivan et al., 2021). Die Unter- bzw. Obergrenzen liegen in der Standard-Gruppe an Tag 1 bei 9 und 14 Punkten und an Tag 3 bei 30 und 37 Punkten. Die Daten werden in einer neuen Datei als Analysedaten_winsorisiert.xlsx gespeichert und anschließend für eine erneute ANOVA in JASP eingefügt. Der erste Annahmetest, die Überprüfung der Normalverteilung der Modellresiduen mittels Shapiro-Wilk-Test, zeigt nun kein auffälliges Ergebnis mehr: In sämtlichen Gruppe-×-Zeit-Zellen liegen die *p*-Werte zwischen *p*= .096 und *p*= .664, sodass die Nullhypothese der Normalverteilung überall beibehalten wurde. Damit ist die Normalverteilungsannahme für die Residuen vollständig erfüllt. Als nächstes wird die Varianzhomogenität überprüft. Der Levene-Test bestätigte die Gleichheit der Gruppenvarianzen für

drei der vier Messzeitpunkte ($p \geq .05$). Lediglich am dritten Tag zeigte sich eine signifikante Varianzdifferenz zwischen den Gruppen ($p = .009$). Angesichts der identischen Stichprobengrößen gilt die *Mixed-ANOVA* jedoch als robust gegenüber dieser isolierten Verletzung (Box, 1954). Für den einzigen Messzeitpunkt mit signifikanter Varianzungleichheit (CPAx-Tag 3) wurde ergänzend ein Welch-t-Test durchgeführt. Dieser vergleicht die Gruppenmittel ohne die Annahme gleicher Varianzen. Das Ergebnis bleibt mit $p = .43$ deutlich nicht signifikant, sodass selbst unter Verzicht auf die Varianzhomogenitätsannahme kein Gruppenunterschied festzustellen ist. Damit bestätigt der Welch-Test die Robustheit der ANOVA-Befunde gegenüber der inhomogenen Streuung an Tag 3. Als letzter Annahmetest ist die Sphärizität zu betrachten. Der Mauchly-Test ergab ein $p= .06$. Damit wird die Sphärizitätsannahme nicht verworfen, da p knapp über dem üblichen Signifikanzniveau von $\alpha= .05$ liegt. Das zugehörige Greenhouse-Geisser-Epsilon beträgt $\varepsilon = .74$ und liegt damit nur geringfügig unter der .75-Schwelle. Daher werden die Messergebnisse konservativ unter der Greenhouse-Geisser-Korrektur betrachtet.

Das Alter der Patienten wurde in einem zweiten Schritt als Kontrollvariable aufgenommen, weil es theoretisch und klinisch mit dem funktionellen Erholungsverlauf zusammenhängt und somit als Kontrollvariable geeignet ist. Die zweistufige Darstellung erhöht die Transparenz. Da die Altersangaben aus Datenschutzgründen nur in 5-Jahres-Bändern vorliegen, wurde die Bandmitte als metrische Kovariate, eine in der Methodenliteratur übliche Näherung mit geringem Messfehler, verwendet. Diese Adjustierung kontrolliert mögliche Altersunterschiede zwischen den Gruppen. Die Anpassung dient der Präzisionssteigerung und der Reduktion von Confounding, ohne die Kernaussagen zu verändern. Das durchgeführte Verfahren entspicht einer *Repeated Measures ANCOVA*.

5.5. Ergebnisse der ANOVA

Am ersten und zweiten Behandlungstag zeigt die Interventionsgruppe(n=10) mit 18,0 ± 9,2 bzw. 24,5 ± 8,9 Punkte einen höheren mittleren CPAxScore als die Standardgruppe (n=10) (14,1 ± 8,2 bzw. 22,0±8,7 Punkte). Dieser Trend kehrt sich ab Tag 3 um und die CPAx-Werte der Standard-Gruppe übersteigen die der Interventions-Gruppe im Mittelwert. Im Verlauf der Behandlung stiegen die funktionellen Zustände der Patienten beider Gruppen an: Die Interventionsgruppe erreichte am vierten Tag 35,8 ± 7,5 Punkte, die Standardgruppe 36,5 ± 6,3 Punkte. Damit nähern sich die Mittelwerte zum Studienende an, wobei die Streuung in der Interventionsgruppe durchgängig größer bleibt. Die Beschreibung der Ergebnisse wird entsprechend den beiden Haupteffekten Zeit und Gruppe sowie dem Interaktionseffekt Zeit x Gruppe beschrieben.

Der within-subject Faktor Zeit gibt an, wie sich der CPAx-Wert im Zeitverlauf von T1 zu T4 entwickelt, unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit. Es

ergeben sich die Werte $F(3, 54) = 104{,}46$, $p < .001$, $\omega^2 = .58$. Damit besteht mit $p < .001$ eine hochsignifikante Interaktion zwischen dem Faktor Zeit und der Ausprägung des funktionellen Zustands, gemessen mittels CPAx. *F,* also das Verhältnis der Varianz zwischen den Gruppen zur Varianz innerhalb der Gruppen, ist mit 104,46 sehr hoch und zeigt, dass die Mittelwertunterschiede (zwischen Tagen) groß sind im Vergleich zur Streuung innerhalb der Gruppen. $\omega^2 = .58$ zeigt, dass 58 % der Gesamtvarianz in den CPAxWerten durch den Messzeitpunkt erklärt werden, und unterstreicht die Relevanz dieser Zeitabhängigkeit. Alle Patienten verbessern sich in ihrem funktionellen Zustand signifikant über die vier Tage. In Bezug auf die Hypothesen lässt sich also sagen, dass die Nullhypothese (das Gesamtmittel beider Gruppen für alle Tage ist gleich) verworfen wird. Damit wird die Alternativhypothese beibehalten. Der funktionelle Zustand der Patienten verändert sich im Verlauf der vier Behandlungstage substanziell.

Der *between-subject* Faktor Gruppe beschreibt, wie bzw. ob sich die CPAx-Werte beider Gruppen im Mittel unterscheiden. Der $F(1, 18) = 0{,}29$ und $p = .60$ zeigt keinen signifikanten Mittelwertunterschied zwischen Interventions- und Standard-Gruppe, wenn man über alle vier Tage mittelt. Damit wird die Nullhypothese beibehalten, die aussagt, dass der Mittelwert der Interventionsgruppe über alle vier Tage dem Mittelwert der Standardgruppe über alle vier Tage entspricht.

Der Interaktionseffekt Zeit x Gruppe betrachtet, wie sich der funktionelle Zustand abhängig von der Gruppenzugehörigkeit über die Messzeitpunkte hinweg entwickelt. Es ergeben sich nach Durchführung der Anova folgende Werte: $F(3, 54) = 4{,}23$, $p = .02$, $\omega^2 = .04$. Damit besteht ein kleiner statistisch signifikanter Interaktionseffekt für die Faktoren Zeit x Gruppe, der zeigt, dass sich die beiden Gruppen nicht exakt parallel entwickeln, obwohl sie am Ende des Beobachtungszeitraums vergleichbare Funktionsniveaus erreichen.

Die Kovariate Alter zeigte keinen Haupteffekt mit $F(1, 16) = 0.03$ und $p = .871$ sowie kein Zusammenspiel mit der Gruppe x Alter mit $F(1, 16) = 0.30$ und $p = .593$.

Die wesentlichen Beobachtungen lauten:

- **Ausgangslage:**
  Tag 1: Interventionsgruppe 18.0 ± 9.2 Punkte, Standardgruppe 14.1 ± 8.2 Punkte
  → Die Interventionsgruppe startet höher und zeigt zugleich die größere Streuung
- **Entwicklung bis Tag 2 :**
  • Interventionsgruppe + 6.5 Punkte (24.5 ± 8.9)

  - Standardgruppe + 7.9 Punkte (22.0 ± 8.7)
  → Die Standardgruppe erzielt einen höheren absoluten Zuwachs
- **Tag 3:**
  - Interventionsgruppe 31.5 ± 8.4 Punkte
  - Standardgruppe 31.3 ± 9.1 Punkte
  → Beide Gruppen überschreiten zu diesem Zeitpunkt, die in der Literatur diskutierte, 31 Punkte Marke. Die Standardgruppe liegt nun leicht oberhalb der Interventionsgruppe.
- **Tag 4:**
  - Interventionsgruppe 35.8 ± 7.5 Punkte
  - Standardgruppe 36.5 ± 6.3 Punkte
  → Die Mittelwerte gleichen sich an. Die Streuungen beider Gruppen sind ähnlich.

Der interaktionsbedingte Unterschied im Verlauf ist statistisch nachweisbar, erklärt aber nur etwa 4 % der Gesamtvarianz ($\omega^2 = .04$) und verläuft ohne Richtungswechsel: beide Gruppen verbessern sich kontinuierlich, jedoch mit unterschiedlicher Dynamik (siehe Abbildung 12).

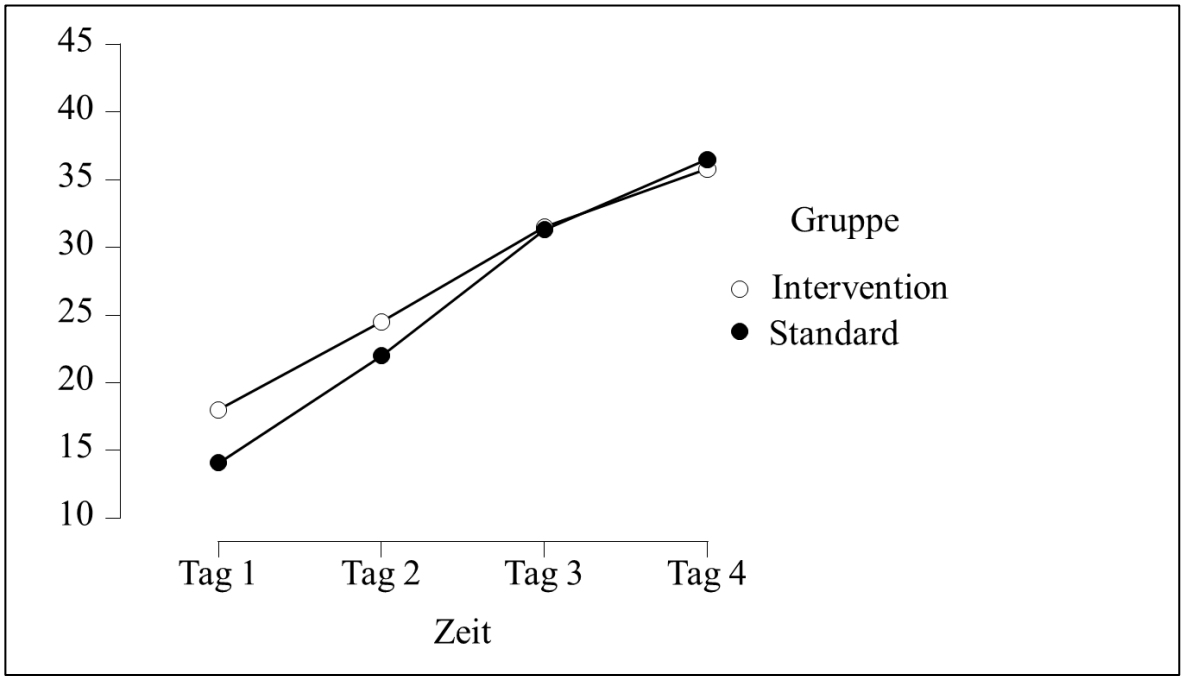


Abbildung 12: Darstellung der Entwicklung der CPAx-Werte beider Gruppen im Zeitverlauf

Eigene Darstellung.

Für die im Vorfeld aufgestellten Hypothesen ergibt sich folgende Entscheidung: da $p = .02 < \alpha = .05$ wird H_0, welche aussagt, dass die Differenz der CPAx-Mittelwerte zwischen Interventions- und Standardgruppe an allen vier Tagen gleichbleibt und die Verlaufskurven parallel verlaufen, verworfen. Die Daten

unterstützen die Alternativhypothese H_1: Die Verlaufskurven der CPAx-Scores unterscheiden sich statistisch zwischen Intensiv und Standardtherapie.

6. Diskussion

Die *Mixed-Design-ANOVA* bestätigt zunächst einen eindeutigen Haupteffekt Zeit. Er ist unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit und zeigt, dass sich über vier Behandlungstage hinweg der CPAx-Wert beider Gruppen signifikant verbessert (≈ 18 Punkte bei der Interventionsgruppe und 25 Punkte bei der Standardgruppe). Solche Funktionsgewinne entsprechen den Befunden klassischer Frühmobilisationsstudien im Intensivbereich (siehe Abschnitt 3.3.2).

Der Gruppeneffekt vergleicht die Gruppenmittel, ohne dabei den Zeitfaktor miteinzubeziehen. Hier zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Für den vorrangig interessanten Interaktionseffekt Gruppe x Zeit müssen mehrere Prämissen in die Diskussion der Ergebnisse miteinbezogen werden. Zum einen, dass die Interventionsgruppe deutlich älter ist. Der sich aus der deskriptiven Statistik ergebende geschätzte Median der Gruppe liegt bei 75–79 Jahren, wohingegen der geschätzte Median in der Standard-Gruppe 10 Jahre darunter bei 65–69 Jahren liegt. Da ein höheres Lebensalter bei intensivpflichtigen Patienten häufig mit längerer Rekonvaleszenz und verzögertem Funktionsaufbau assoziiert ist, hätte man eine verzögerte Entwicklung des CPAx-Scores im Gegensatz zum jüngeren Kollektiv erwarten können. Die Daten zeigen zwar, dass sich beide Gruppen bis Tag 4 auf nahezu identische Mittelwerte (≈ 36 Punkte) angleichen, angesichts des höheren Ausgangswerts der Interventions-Gruppe (M=18,0) mit den im geschätzten Median älteren Patienten im Vergleich zur Standard-Gruppe (M=14,1) mit den im geschätzten Median jüngeren Patienten ist der Zugewinn an Punkten über den 4-tägigen Erhebungszeitraum in der Interventionsgruppe sowohl absolut als auch relativ gesehen geringer als in der Standard-Gruppe. Dies könnte ein Indiz für eine altersbedingt verzögerte Rekonvaleszenz sein. Unklar bleibt jedoch, ob und inwieweit die physiotherapeutische Behandlung der Interventions-Gruppe solche Verzögerungen abmildern kann. Die Beobachtung, dass die ältere Interventionsgruppe am vierten Tag keinen schlechteren CPAx-Endwert aufweist als die deutlich jüngere Standard-Gruppe könnte zunächst als Hinweis darauf gewertet werden, dass eine höhere Therapieintensität altersassoziierte Verzögerungen, zumindest teilweise, kompensiert.

Die im Rahmen der Adjustierung durchgeführte ergänzende ANOVA ergab unter Einbezug der Variable Alter keine statistisch signifikanten Ergebnisse. Die Adjustierung vergleicht die Gruppen bei gleichem Alter und stellt die Verläufe altersbereinigt dar. In den vorhandenen Daten zeigte das Alter weder einen

eigenständigen Effekt noch eine Interaktion mit der Gruppe, wobei die klinische Bedeutung der in der deskriptiven Statistik ermittelten Unterschiede im geschätzten Median trotzdem nicht außer Acht gelassen werden darf.

Zusätzlich zur unterschiedlichen Altersstruktur beider Gruppen muss der unterschiedliche funktionelle Ausgangszustand anhand des CPAx1 als weitere Prämisse beachtet und in die Ergebnisbeurteilung miteinfließen. Bereits am ersten Erhebungstag lag der mittlere CPAx1 der Intervention-Gruppe um 6,5 Punkte höher (siehe Tabelle 8), so dass sie einen kürzeren Weg bis zur funktionell relevanten 31-Punkte-Schwelle zurückzulegen hatten. Dieser Unterschied in den Ausgangswerten birgt ein Risiko für die weitere Einordnung der Resultate. Erklären lässt sich der zu Beginn deutlich schlechtere CPAx1-Wert der Standardgruppe (14,1 vs. 18) damit, dass die Erkrankungsschwere der Patienten größer und damit mutmaßlich verbunden der funktionelle Zustand schlechter ist. Dies lässt sich möglicherweise durch den Erhebungsort, eine Universitätsklinik deren Intensivstation zur Notfallstufe 3 gehört, erklären. Im Gegensetz dazu bietet das Klinikum Starnberg, wo die Interventionsgruppe gemessen wurde, eine Basisversorgung der Notfallstufe 1 an. Das Universitätsklinikum Erlangen ist somit in der Lage deutlich schwerer betroffene Patienten zu behandeln als das Klinikum Starnberg. Die niedrigeren CPAx1-Werte, die mit der größeren Krankheitsschwere einhergehen könnten, könnten sich also durch die Auswahl der Klinik erklären lassen. Die Unterschiede im Alter und funktionellen Zustand könnten hier als potenzielle Störfaktoren betrachtet werden.

Tabelle 8: Verlauf von Mittelwert und Standardabweichung über vier Tage

Tag	***M* und *SD* Interventions-gruppe *(n = 10)***	**Absoluter und relativer Zuwachs zum Vortag**	***M* und *SD* Standard-gruppe *(n = 10)***	**Absoluter und relativer Zuwachs zum Vortag**
1	18,0 ± 9,2		14,1 ± 8,2	
2	24,5 ± 8,9	+ 6,5 Punkte bzw. +36,1%	22,0 ± 8,7	+ 7,9 bzw. +56 %
3	31,5 ± 8,4	+ 7 Punkte bzw. + 28,6%	31,3 ± 9,1	+9,3 Punkte bzw. +42,3 %
4	35,8 ± 7,5	+ 4,3 Punkte bzw. + 13,7 %	36,5 ± 6,3	+ 5,2 Punkte bzw. +16,6 %

Eigene Darstellung.

1. **Tag 1 → Tag 2.** Die jüngere Standardgruppe macht absolut den größeren Sprung, wohingegen die ältere Interventionsgruppe moderater zulegt. Interventionspatienten bleiben dennoch auf einem höheren Funktionsniveau
2. **Tag 2 → Tag 3.** Beide Gruppen überschreiten den für den funktionellen Zustand relevanten Wert von 31 Punkten.
3. **Tag 3 → Tag 4.** Die Zuwächse flachen in beiden Gruppen ab, sodass die Mittelwerte konvergieren.

Die Interaktion deutet damit eher auf unterschiedliche Geschwindigkeiten in der Entwicklung des funktionellen Zustands als auf unterschiedliche Endzustände hin. Beide Gruppen zeigen eine deutliche Verlangsamung des Funktionszuwachses nach Tag 3, wobei die Standardgruppe bis dahin den größeren absoluten Aufholeffekt hat, sodass sich die Mittelwerte zum Experimentende annähern.

Mit $\omega^2 = 0.04$ erklärt die Interaktion nur einen kleinen Teil der Gesamtvarianz. Das relativiert weitreichende Schlussfolgerungen zur Überlegenheit eines Therapieschemas. Stattdessen legt der Befund nahe, dass beide Konzepte wirksam sind, aber unterschiedliche Dynamiken aufweisen, möglicherweise beeinflusst vom Altersprofil, dem funktionellen Ausgangszustand oder von nicht erfassten Faktoren wie der altersbedingt reduzierten Belastbarkeit oder möglichen Vorerkrankungen.

Die statistischen Ergebnisse führen zu dem Schluss, dass für das Element Gruppe x Zeit eine geringe signifikante Interaktion zwischen der Art der verabreichten Physiotherapie und der Entwicklung des funktionellen Zustands kritisch kranker Patienten in einem Beobachtungszeitraum von vier Tagen besteht. In Bezug auf die Forschungsfrage belegen diese Daten, dass sich der Verlauf der Entwicklung des funktionellen Zustands kritisch kranker Patienten unterscheidet. Allerdings ist die statistische Signifikanz mit p=0,02 nur als gering signifikant anzusehen und lässt anhand der erhobenen Daten keinen direkten Rückschluss auf die eindeutige Überlegenheit einer Organisationsform zu. Die Interventionsgruppe, trotz höheren geschätzten Medianalters, erreicht den 31-Punkte-Schwellenwert ebenso früh wie die jüngere, zu Beginn funktionell schlechtere Standard-Gruppe und weist bis Tag 4 kein Funktionsdefizit auf, während der kleine Interaktionseffekt lediglich unterschiedliche Zuwachsprofile signalisiert.

Die Dosierung der Physiotherapie ist in der vorliegenden Arbeit unmittelbar an die Organisationsform gekoppelt. Sollte sich in weiterführender Forschung herausstellen, dass die intensivierte Physiotherapie sich als vorteilhafter zeigt, muss dennoch beachtet werden, dass die Eingliederung der Physiotherapie in das medizinische Kernteam mit organisatorischen Hürden verbunden ist. Die historisch gewachsenen Strukturen in den Kliniken verorten die Physiotherapie im Normalfall in eigenständig organisierten Abteilungen, wie der physikalischen Medizin. Um diese Struktur aufzubrechen ist es nötig, dass alle involvierten Parteien bereit sind diesen Schritt, der mit einem großen Maß an organisatorischer und administrativer Arbeit verbunden ist, zu gehen und den potenziellen Zugewinn durch die neue Organisationsform vor Augen haben. Für das Klinikum Starnberg, welches im Quasi-Experiment ein älteres Patientenklientel versorgt, das normalerweise verzögerte Rekonvaleszenzzeiten aufzeigt, ist festzustellen, dass die Eingliederung der PT in das medizinische Kernteam möglicherweise dazu beiträgt, im Zeitraum von vier Tagen ähnliche funktionelle Ergebnisse zu erzielen, wie in der Standardgruppe. Weiterlaufend kann das, bezogen auf das ältere Klientel, Vorteile, wie beispielsweise eine Verkürzung der Liegezeit im Vergleich zu gleich alten Patienten in der Standardgruppe bedeuten. Dies muss jedoch gesondert untersucht werden, da die entsprechenden Kennzahlen nicht vorhanden waren.

Im Anschluss soll die Arbeit bezüglich ihrer Einschränkungen im Rahmen der externen und internen Validität betrachtet werden.

Die Generalisierbarkeit, also die externe Validität, der Ergebnisse ist nur eingeschränkt gegeben. Zum einen umfasst die Stichprobe lediglich zwanzig Patienten aus zwei Häusern, was die statistische Präzision begrenzt und das Spektrum möglicher Diagnosen sowie Komorbiditäten nicht vollständig abbildet. Die Größe der Stichproben ist einerseits durch den zeitlichen Zusatzaufwand für die

Erhebung des Scores durch die Physiotherapeuten beschränkt. Andererseits sind Patienten die ausreichend orientiert sind, um an den Messungen teilzunehmen oft nicht lange genug auf ITS. Daher wurde sich auf n=10 Patienten pro Gruppe beschränkt. Das hat zur Folge, dass die Stichprobe in ihrem Umfang nicht repräsentativ für die Grundgesamtheit der intensivpflichtigen Patienten in Deutschland ist. Um übertragbare Ergebnisse zu generieren, wären im Rahmen dieser Arbeit bei Annahme eines 95% Konfidenzniveaus und einer Fehlerspanne von 5% 385 Patienten nötig gewesen. Außerdem schränkt die kurze Beobachtungszeit von vier Tagen die Aussagekraft ein. Zum anderen handelt es sich bei der Interventionsdosis von zweimal täglich bis zu 50 Minuten um ein intensives Szenario, welches im Klinikum Starnberg durch die spezielle Eingliederung der Physiotherapie direkt auf Intensivstation möglich ist. Diese Organisationsform ist überaus selten in deutschen Krankenhäusern und kann durch lange etablierte, bestehende Strukturen auch nicht ohne Weiteres in anderen Häusern umgesetzt werden. Gerade an Universitätskliniken mit mehreren Intensivstationen und verschiedenen rehabilitativen Teams stellt die Umsetzung eine enorme Herausforderung dar. Auch im Klinikum Starnberg vergingen von der ersten Idee bis zur praktischen Umsetzung einige Jahre.

Des Weiteren liegen die Altersangaben nur in 5-Jahres-Kohorten vor, es wurden keine Haupt- und Nebendiagnosen erhoben. Die Verteilung der Geschlechter sind in beiden Gruppen ausbalanciert. Geschlechtsspezifische Faktoren, die die Entwicklung des CPAx-Scores beeinflussen können, werden aber hier aus Kapazitätsgründen nicht weiter betrachtet. Die Betrachtung der Ergebnisse, speziell des geschätzten Medians, legt nahe, dass sich die Altersstruktur beider Gruppen unterscheidet. Dies kann einen Einfluss auf die Entwicklung des funktionellen Zustands haben. Ohne die Erfassung weiterer Parameter, wie beispielsweise der primären Erkrankung lassen sich die Kohorten nur eingeschränkt beschreiben und es ist kein Rückschluss darauf möglich, ob die vorhandenen Stichproben überhaupt den „typischen“ Intensivpatienten repräsentieren. Außerdem könnte die lokale Frühmobilisationskultur, z. B. die Verfügbarkeit spezieller Geräte, Erfahrung und Qualifikationsgrade der Therapeuten oder die Mobilisationskultur an sich das Ergebnis beeinflusst haben. Fr. Marzillier, die die Interventionsgruppe therapeutisch betreut, verfügt über fachspezifische Weiterbildungen für die Behandlung intensivmedizinischer Patienten. In vielen Kliniken steht eine so hoch qualifizierte Fachkraft nicht zur Verfügung. Selbst wenn der Effekt kausal wäre, lässt er sich nur eingeschränkt auf Häuser mit einem anderen Weiterbildungs- und Erfahrungsniveau übertragen. Zusätzlich fehlt die Erhebung weiterer klinischer Endpunkte, wie beispielsweise die Messung der Verweildauer oder Beatmungstage oder die Erfassung der Wiederaufnahme auf ITS. Diese würden es ermöglichen den ökonomischen Nutzen messbar zu machen und auf andere Einrichtungen zu übertragen. Zusammengenommen bedeutet dies, dass die Resultate in erster Linie auf Einrichtungen übertragbar

sind, die über ähnlich hohe Therapieressourcen und ein vergleichbares Patientenprofil verfügen.

Das Quasi-Experiment birgt durch seinen Aufbau typische Risiken für die interne Validität. Die Gruppenzuordnung erfolgte durch die Anwesenheit des Patienten während des Erhebungszeitraums auf Klinikebene und nicht randomisiert. Zu Beginn war geplant die Standard-Gruppe auf derselben Intensivstation zu befunden auf der auch die Interventions-Gruppe evaluiert wurde. Physiotherapeuten, die regulär im Klinikum angestellt sind und die Urlaubsvertretung übernehmen, hätten dann nach Applikation der Standardtherapie das CPAx erhoben. Dies sollte während der Urlaubszeit von Frau M. passieren. Leider war dies aufgrund organisatorischer Probleme nicht möglich, weswegen sich dann für die Durchführung des multizentrischen Designs entschieden wurde. Strukturelle Unterschiede wie Pflegeschlüssel, Mobilisationsprotokolle oder ärztliche Entscheidungswege könnten unbeobachtete Confounder darstellen und somit Auswirkungen auf das Behandlungsergebnis haben. Um die Vergleichbarkeit der Gruppen statistisch gewährleisten zu können, wurde der an Tag 1 erhobene CPAx als Basis für einen Pretest genutzt. Dies widerspricht zwar der gängigen Praxis, da bereits eine Therapieeinheit im Vorfeld stattgefunden hat, wurde aber aus Ermangelung eines unbeeinflussten Ausgangswertes so gehandhabt. Der Pretest dient nur der deskriptiven Beschreibung der Gruppen im Vorfeld vor der Durchführung der ANOVA. Der Mann-Whitney-Test ergab mit p= .23 keine statistische Signifikanz. Damit ist die Wahrscheinlichkeit verringert, dass spätere Gruppenunterschiede auf vorbestehende Funktion und nicht auf die Therapie zurückgehen. Weiterhin fehlt eine Kontrolle der Confounder. Diese wurden nicht erfasst und müssen daher als korrelierender Einflussfaktor eingestuft werden. Das höhere Alter der Interventionsgruppe kann sich durch die langsamere Erholung im Alter auf die Geschwindigkeit der körperlichen Erholung auswirken. Dies gilt ebenso für den Faktor Allgemeinzustand bzw. und Nebenerkrankungen. Wenn man annimmt, dass der Allgemeinzustand mit höherem Alter abnimmt und die Gefahr Nebenerkrankungen zu entwickeln zunimmt, muss auch hier in Betracht gezogen werden, dass dies mit verzögerten Zuwächsen des funktionellen Zustands einhergeht. Des Weiteren wurde die Schwere der Erkrankung nicht im Vorfeld evaluiert. Dies wäre beispielsweise über spezielle Messinstrumente, wie bspw. den APACHE-Score möglich gewesen. Erholungsgeschwindigkeiten unterscheiden sich möglicherweise in Abhängigkeit der Schwere der Erkrankung. Auch die natürliche Erholung des Patienten spielt eine Rolle für die körperliche Funktionalität und lässt sich schwer vom Behandlungseffekt trennen. Alle diese Faktoren können die Entwicklung des CPAx-Scores beeinflussen, somit den Behandlungseffekt überlagern und dessen Messung verfälschen. Die kleine Stichprobe reduziert die statistische Teststärke, erhöht aber zugleich die Wahrscheinlichkeit von Regressions-zum-Mittel-Effekten. Hinzu kommt, dass nach der Prüfung der Annahmetests an zwei

Tagen Abweichungen von der Normalverteilung der Residuen in der Standardgruppe festgestellt wurden. Um dieser Einschränkung zu begegnen, wurden die betroffenen Rohdaten winsorisiert. Obwohl dies die Residuen normalisiert, bleibt eine gewisse Unsicherheit, ob damit nicht zusätzlich Varianz eliminiert wurde.

In Bezug auf die zentrale Forschungsfrage - Verläuft die Entwicklung des funktionellen Zustands schwerkranker Patienten, gemessen mittels CPAx, über vier Behandlungstage bei Patienten mit intensivierter Physiotherapie anders als bei Patienten mit Standard-Physiotherapie – lässt sich auf Grundlage der dargestellten Ergebnisse also festhalten, dass die funktionelle Entwicklung statistisch zwar unterschiedlich verläuft, jedoch erreichen die Patienten unter intensivierter PT am vierten Tag keinen signifikant besseren CPAx-Endwert als jene unter Standardtherapie. Die praktische Bedeutung des kleinen statistischen Unterschieds bleibt daher begrenzt. In der Summe belegt die Arbeit, dass Therapiedosis und vermutlich die Altersstruktur die Genesungskinetik modulieren, ohne zwingend das Endergebnis zu verändern. Die Aussage ist robust gegenüber den wichtigsten Annahmetests, ist aber muss jedoch vor dem Hintergrund der genannten Validitätsrisiken als eingeschränkt aussagekräftig betrachtet werden.

7. Fazit

Ziel dieser Arbeit war es zu prüfen, ob eine intensivierte physiotherapeutische Versorgung, organisatorisch verankert im interdisziplinären Kernteam einer Intensivstation, zu einem rascheren oder höhergradigen Funktionsgewinn kritisch kranker Patienten führt als das in deutschen Krankenhäusern etablierte Standardmodell, bei dem die Physiotherapie in einer eigenständigen Abteilung verortet ist. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde zunächst die der Aufbau von Intensivstationen, sowie die physiotherapeutische Arbeit dort erläutert, um die praktische Forschungsarbeit in einen theoretischen Kontext einbetten zu können. Im Anschluss daran erfolgte der Aufbau, die Durchführung und die Auswertung eines Quasi-Experiments, welches als zielführendes Werkzeug ausgewählt wurde, um die Forschungsfrage beantworten zu können. Es wurden jeweils zehn Patienten aus zwei Kliniken untersucht und ihr funktioneller Zustand an vier aufeinanderfolgenden Behandlungstagen mithilfe des *Chelsea Critical Care Physical Assessment tool* gemessen. Eine *Mixed-Design-ANOVA* diente der statistischen Auswertung der Effekte des Zeitfaktors innerhalb der Gruppen, der Unterschiede zwischen der Gruppe sowie deren Interaktion, also Gruppe x Zeit.

Erstens zeigte sich, unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit, ein ausgeprägter Haupteffekt Zeit ($\omega^2 = .58$), der eine substanzielle Funktionsverbesserung über den Beobachtungszeitraum von vier Tagen widerspiegelt. Beide Gruppen überschritten ab Tag 3 die in der Literatur vorgeschlagene 31-Punkte-Schwelle,

die den Übergang von klinisch relevanter Schwäche zu ausreichender Mobilität markiert. Zweitens ergab sich kein signifikanter Gruppeneffekt (p= .60). Die Mittelwerte konvergierten bis Tag 4. Damit ließ sich kein dauerhafter Vorteil der Interventionsgruppe nachweisen. Drittens trat jedoch ein kleiner, aber signifikanter Interaktionseffekt Gruppe x Zeit (ω^2 = .04) auf: Die Interventionsgruppe startete höher, wuchs moderater an und wurde ab Tag 3 von der Standardgruppe eingeholt. Dieses Muster zeigt keine eindeutige Überlegenheit eines Konzepts, sondern lediglich divergierende Erholungsverläufe. Rückschlüsse auf die Überlegenheit eines der beiden organisatorischen Konzepte lassen sich aufgrund struktureller Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf das Alter und den funktionellen Ausgangszustand nicht treffen.

Gerade in hochbelasteten Akutbereichen kann aber jeder vorgezogene Mobilitätsmeilenstein personelle und materielle Ressourcen schonen. Wenn Patienten dank intensiver Therapie bereits am zweiten statt am dritten Tag eigenständig sitzen oder kurze Strecken gehen können, reduziert dies die körperliche Belastung des Pflegepersonals, erleichtert Lagerungsmanöver und beschleunigt das Erreichen persönlicher Rehabilitationsziele.

Daher wäre es sinnvoll zukünftige Experimente in Bezug auf die Schwachstellen bzw. Einschränkungen anzupassen, um aussagekräftige und valide Ergebnisse zu generieren. Die Stichprobe ist mit $N = 20$ klein. Mangels Randomisierung bleiben strukturelle Unterschiede der Kliniken, Pflegeschlüssel oder Therapeuten-Expertise potenzielle Confounder. Zudem beschränkt sich der Beobachtungszeitraum auf vier Tage – zu kurz, um nachhaltige Effekte auf Beatmungsdauer, Verweildauer oder Lebensqualität abzubilden. Künftige Studien sollten

- randomisiert vorgehen,
- größere Fallzahlen und längere Messprotokolle einschließen ($n \approx 385$),
- vergleichbare Ausgangsbedingungen der Patienten (CPAX-Pretest-Wert, APACHE-Score, Alter) schaffen,
- ökonomische Endpunkte (Intensiv- und Gesamtverweildauer, Fallkosten, Beatmungsdauer) berücksichtigen und
- die Therapiedosis differenzierter erfassen (Dauer min/Tag, Belastungs-Intensität, Therapeutenprofil).

Die Eingliederung der Physiotherapie in das Kernteam verlangt kulturelle und administrative Umbrüche. Dienstpläne, gemeinsame Visiten, IT-Schnittstellen und Vergütungsmodelle müssen angepasst werden. Die hier erhobenen Daten zeigen, dass eine solche Umstellung keine Nachteile für das funktionellen Outcome bringt, selbst wenn Patienten älter sind und womöglich langsamer genesen. Das liefert Entscheidungsträgern eine Sicherheit, dass höhere Anfangsinvestitionen nicht zu klinischen Einbußen führen. Ob sie aber die erwarteten

ökonomischen arbeitsablaufbezogenen Vorteile realisieren, bleibt empirisch zu belegen.

Zusammenfassend liefert die Arbeit einen wichtigen Puzzlestein für die kaum vorhandene Evidenzbasis zu Organisationsformen physiotherapeutischer Versorgung auf Intensivstationen. Sie zeigt, dass eine intensivierte Therapie ältere Patienten binnen weniger Tage auf ein mit jüngeren Patienten vergleichbares Funktionsniveau heben kann. Gleichwohl ist der nachgewiesene Effekt klein und zeitlich begrenzt; er darf nicht als Beleg einer dauerhaften Überlegenheit missverstanden werden. Die gewonnenen Ergebnisse motivieren, in künftigen Projekten neben dem funktionellen Score auch ökonomische Endpunkte systematisch zu messen und die Therapiedosis exakt zu dokumentieren. Nur so kann das Spannungsfeld zwischen dem Wohl des Patienten, Personalbelastung und Kosten schlüssig adressiert werden.

In Summe bietet die Studie eine plausible, wenn auch vorläufige Evidenz dafür, dass Organisationsinnovationen in der Physiotherapie, wie die Integration ins medizinische Kernteam der Intensivstation am Klinikum Starnberg, die frühe Erholung kritisch kranker Patienten fördern, ohne deren finales Funktionsniveau zu verändern. Für die flächendeckende Umsetzung empfiehlt sich ein mehrstufiger Ansatz: Pilotstationen, prospektive Studien, Kosten-Nutzen-Analysen und Qualifikationsoffensiven für Therapeuten. Erst das Zusammenspiel dieser Elemente wird es ermöglichen, den hier gezeigten temporären Vorteil in einen nachhaltigen klinischen und ökonomischen Nutzen zu übersetzen.

Literaturverzeichnis

AerzteZeitung.de. (2021). *Was kosten Corona-Intensivpatienten?* https://www.aerztezeitung.de/Wirtschaft/Was-kosten-Corona-Intensivpatienten-425104.html

AFH Webshop. (o.D.). *SAEHAN Handdynamometer Professional SH5001*. Zugriff am 26. Juli 2025, verfügbar unter https://premium-therapie.de/de/befund-diagnostik/kraftmessung/kraftmessung-sport-fitness/saehan-handdynamometer-professional-sh5001-softcase

American Psychological Association. (2024). *Journal Article Reporting Standards: JARS-Quant / Table 1*. https://apastyle.apa.org/jars/quant-table-1.pdf

Andersen, E. W. & **Ibsen**, B. (1954). The anaesthetic management of patients with poliomyelitis and respiratory paralysis. *British medical journal*, *1*(4865), 786–788. https://doi.org/10.1136/bmj.1.4865.786

Anscombe, F. J. & **Tukey**, J. W. (1963). The Examination and Analysis of Residuals. *Technometrics*, *5*(2), 141–160. https://doi.org/10.1080/00401706.1963.10490071

Astrup, K., **Corner**, E., **van Tulder**, M. & **Sørensen**, L. (2023). Reliability and responsiveness of the Danish version of The Chelsea Critical Care Physical Assessment tool (CPAx). *Physiotherapy theory and practice*, *39*(1), 193–199. https://doi.org/10.1080/09593985.2021.2005197

Battaglini, D., **Caiffa**, S., **Gasti**, G., **Ciaravolo**, E., **Robba**, C., **Herrmann**, J., **Gerard**, S. E., **Bassetti**, M., **Pelosi**, P. & **Ball**, L. (2021). An Experimental Pre-Post Study on the Efficacy of Respiratory Physiotherapy in Severe Critically III COVID-19 Patients. *Journal of clinical medicine*, *10*(10). https://doi.org/10.3390/jcm10102139

Baur, N. & **Blasius**, J. (Hrsg.). (2022). *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8

Bein, T., **Bischoff**, M., **Brückner**, U., **Gebhardt**, K., **Henzler**, D., **Hermes**, C., **Lewandowski**, K., **Max**, M., **Nothacker**, M., **Staudinger**, T., **Tryba**, M., **Weber-Carstens**, S. & **Wrigge**, H. (2015). Kurzversion S2e-Leitlinie - "Lagerungstherapie und Frühmobilisation zur Prophylaxe oder Therapie von pulmonalen Funktionsstörungen". *Der Anaesthesist*, *64*(8), 596–611. https://doi.org/10.1007/s00101-015-0060-4

Berner Fachhochschule. (o.D.). *Spezialist*in Physiotherapie auf der Intensivstation*. Zugriff am 24. Juli 2025, verfügbar unter https://www.bfh.ch/de/weiterbildung/cas/Spezialist-in-Physiotherapie-auf-der-Intensivstation/

Blaikie, N. W. H. (2010). *Designing social research: The logic of anticipation* (2nd ed.). Polity.

Blanca, M. J., **Arnau**, J., **García-Castro**, F. J., **Alarcón**, R. & **Bono**, R. (2023). Repeated measures ANOVA and adjusted F-tests when sphericity is violated: which procedure is best? *Frontiers in Psychology*, *14.* https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1192453

Blum, K. (2017). *Personalsituation in der Intensivpflege und Intensivmedizin: Gutachten des Deutschen Krankenhausinstituts im Auftrag der Deutschen Krankenhausgesellschaft.* Deutsches Krankenhausinstitut. https://www.dkgev.de/fileadmin/default/Mediapool/1_DKG/1.7_Presse/1.7.1_Pressemitteilungen/2017/2017-07-15_PM_Anlage_Langfassung_DKI-Gutachten_Personalsituation_Intensivpflege_und_Intensivmedizin.pdf

Bohannon, R. W. (2019). Grip Strength: An Indispensable Biomarker For Older Adults. *Clinical interventions in aging*, *14*, 1681–1691. https://doi.org/10.2147/CIA.S194543

Born, C. T., **Gil**, J. A. & **Goodman**, A. D. (2017). Joint Contractures Resulting From Prolonged Immobilization: Etiology, Prevention, and Management. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *25*(2), 110–116. https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-15-00697

Bortz, J. & **Döring**, N. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5

Bortz, J. & **Schuster**, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (7. Aufl.). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0

Box, G. E. P. (1954). Some Theorems on Quadratic Forms Applied in the Study of Analysis of Variance Problems, I. Effect of Inequality of Variance in the One-Way Classification. *The Annals of Mathematical Statistics*, *25*(2), 290–302. https://doi.org/10.1214/aoms/1177728786

Bruyneel, A., **Larcin**, L., **Martins**, D., **van den Bulcke**, J., **Leclercq**, P. & **Pirson**, M. (2023). Cost comparisons and factors related to cost per stay in intensive care units in Belgium. *BMC Health Services Research*, *23*(1). https://doi.org/10.1186/s12913-023-09926-2

Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte. (2024). *ICD-10-GM Version 2025: Systematisches Verzeichnis*. https://www.dkgev.de/fileadmin/default/BfArM_-_ICD_Version_2025.pdf

Bundesministerium für Gesundheit. (2019). *Stellungnahme zur Verordnung zur Festlegung von Pflegepersonaluntergrenzen in pflegesensitiven Krankenhausbereichen für das Jahr 2019: Pflegepersonaluntergrenzen-Verordnung – PpUGV*. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/3_Downloads/Gesetze_und_Verordnungen/Stellungnahmen_WP19/PpUGV/AWMF.pdf

Burtin, C., **Clerckx**, B., **Robbeets**, C., **Ferdinande**, P., **Langer**, D., **Troosters**, T., **Hermans**, G., **Decramer**, M. & **Gosselink**, R. (2009). Early exercise in critically ill

patients enhances short-term functional recovery. *Critical care medicine*, *37*(9), 2499–2505. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181a38937

Campbell, D. T. (1957). Factors relevant to the validity of experiments in social settings3. *Psychological Bulletin*, *54*(4), 297–312. http://rogosateaching.com/somgen290/campbell_1957.pdf

Campbell, D. T. & **Stanley**, J. C. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin. https://www.sfu.ca/~palys/Campbell&Stanley-1959-Exptl&QuasiExptlDesignsForResearch.pdf

Carifio, J. & **Perla**, R. (2008). Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales. *Medical education*, *42*(12), 1150–1152. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2008.03172.x

Cooper, D. R. & **Schindler**, P. S. (2014). *Business research methods* (12. edition). *The McGraw-Hill/Irwin series in operations and decision sciences Business statistics*. Irwin/McGraw-Hill.

Cornell, G. & **Twose**, P. (2022). *Guidelines for the Provision of Intensive Care Services*. https://ficm.ac.uk/sites/ficm/files/documents/2022-07/GPICS%20V2.1%20%282%29.pdf

Corner, E. J., **Wood**, H., **Englebretsen**, C., **Boot**, S. & **Nikoletou**, D. (2010). P248 Measuring physical recovery in the critical care population: development of the Chelsea critical care physical assessment tool (CPAx). *Thorax*, *65*(Suppl 4), A180-A181. https://doi.org/10.1136/thx.2010.151068.49

Corner, E. J., **Wood**, H., **Englebretsen**, C., **Thomas**, A., **Grant**, R. L., **Nikoletou**, D. & **Soni**, N. (2013). The Chelsea critical care physical assessment tool (CPAx): validation of an innovative new tool to measure physical morbidity in the general adult critical care population; an observational proof-of-concept pilot study. *Physiotherapy*, *99*(1), 33–41. https://doi.org/10.1016/j.physio.2012.01.003

Creswell, J. W. (2009). *Research Design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (3. Aufl.). Sage. https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf

Denehy, L., **Skinner**, E. H., **Edbrooke**, L., **Haines**, K., **Warrillow**, S., **Hawthorne**, G., **Gough**, K., **Hoorn**, S. V., **Morris**, M. E. & **Berney**, S. (2013). Exercise rehabilitation for patients with critical illness: a randomized controlled trial with 12 months of follow-up. *Critical care (London, England)*, *17*(4). https://doi.org/10.1186/cc12835

Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (2024). *Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen: S3-Leitlinie*. https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-015l_S3_Lagerungstherapie-Mobilisation-von-kritisch-Erkrankten-auf-Intensivstationen_2024-09.pdf

Deutscher Verband für Physiotherapie. (o.D.). *Verbandsporträt*. Zugriff am 27. Juli 2025, verfügbar unter https://www.physio-deutschland.de/fileadmin/data/bund/Dateien_oeffentlich/Presse/ZVK/ZVK_Verbandsportraet.pdf

Deutsches Register Klinischer Studien. (2022). *Tab 3: Studiendesign / Study Design.* Deutsches Register Klinischer Studien. https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/BfArM/DRKS/drks-hilfe-3.pdf?__blob=publicationFile

Ding, N., **Zhang**, Z [Zhigang], **Zhang**, C., **Yao**, L., **Yang**, L., **Jiang**, B., **Wu**, Y., **Jiang**, L. & **Tian**, J. (2019). What is the optimum time for initiation of early mobilization in mechanically ventilated patients? A network meta-analysis. *PloS one*, *14*(10), e0223151. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223151

Döring, N. (2023). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64762-2

Eggmann, S., **Verra**, M. L., **Luder**, G., **Takala**, J. & **Jakob**, S. M. (2018). Effects of early, combined endurance and resistance training in mechanically ventilated, critically ill patients: A randomised controlled trial. *PloS one*, *13*(11), e0207428. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207428

Eggmann, S., **Verra**, M. L., **Stefanicki**, V., **Kindler**, A., **Seyler**, D., **Hilfiker**, R., **Schefold**, J. C., **Bastiaenen**, C. H. G. & **Zante**, B. (2022). German version of the Chelsea Critical Care Physical Assessment Tool (CPAx-GE): translation, cross-cultural adaptation, validity, and reliability. *Disability and rehabilitation*, *44*(16), 4509–4518. https://doi.org/10.1080/09638288.2021.1909152

Eifler, S. & **Leitgöb**, H. (2022). Experiment. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 225–241). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_13

Evans, J., **Kobewka**, D., **Thavorn**, K., **D'Egidio**, G., **Rosenberg**, E. & **Kyeremanteng**, K. (2018). The impact of reducing intensive care unit length of stay on hospital costs: evidence from a tertiary care hospital in Canada. *Canadian Journal of Anesthesia*, *65*(6), 627–635. https://doi.org/10.1007/s12630-018-1087-1

Fazzini, B., **Märkl**, T., **Costas**, C., **Blobner**, M., **Schaller**, S. J., **Prowle**, J., **Puthucheary**, Z. & **Wackerhage**, H. (2023). The rate and assessment of muscle wasting during critical illness: a systematic review and meta-analysis. *Critical care (London, England)*, *27*(1), 2. https://doi.org/10.1186/s13054-022-04253-0

Ferreira de Camillis, M. L., **Savi**, A., **Goulart Rosa**, R., **Figueiredo**, M., **Wickert**, R., **Borges**, L. G. A., **Galant**, L. & **Teixeira**, C. (2018). Effects of Mechanical Insufflation-Exsufflation on Airway Mucus Clearance Among Mechanically Ventilated ICU Subjects. *Respiratory care*, *63*(12), 1471–1477. https://doi.org/10.4187/respcare.06253

Feyrer, R., **Koppert**, W., **Kirmse**, M., **Mehl**, C., **Weyand**, M., **Schüttler**, J. & **Kunzmann**, U. (2010). Ressourcenverbrauch Intensivstation: Eine Kostenanalyse in der operativen Intensivmedizin. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, *51. Jahrgang*, 9–18. https://www.ai-online.info/archiv/2010/01-2010/ressourcenverbrauch-intensivstation-eine-kostenanalyse-in-der-operativen-intensivmedizin.html

Flaatten, H., **Lange**, D. W. de, **Artigas**, A., **Bin**, D., **Moreno**, R., **Christensen**, S., **Joynt**, G. M., **Bagshaw**, S. M., **Sprung**, C. L., **Benoit**, D., **Soares**, M. & **Guidet**, B. (2017). The status of intensive care medicine research and a future agenda for very old patients in the ICU. *Intensive care medicine*, *43*(9), 1319–1328. https://doi.org/10.1007/s00134-017-4718-z

Forrest, K. Y. Z., **Williams**, A. M., **Leeds**, M. J., **Robare**, J. F. & **Bechard**, T. J. (2018). Patterns and Correlates of Grip Strength in Older Americans. *Current aging science*, *11*(1), 63–70. https://doi.org/10.2174/1874609810666171116164000

Fossat, G., **Baudin**, F., **Courtes**, L., **Bobet**, S., **Dupont**, A., **Bretagnol**, A., **Benzekri-Lefèvre**, D., **Kamel**, T., **Muller**, G., **Bercault**, N., **Barbier**, F., **Runge**, I., **Nay**, M.-A., **Skarzynski**, M., **Mathonnet**, A. & **Boulain**, T. (2018). Effect of In-Bed Leg Cycling and Electrical Stimulation of the Quadriceps on Global Muscle Strength in Critically Ill Adults: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, *320*(4), 368–378. https://doi.org/10.1001/jama.2018.9592

Freyry, A. C. (2023). Interquartile Range. In B. S. D. Sagar, Q. Cheng, J. McKinley & F. Agterberg (Hrsg.), *Encyclopedia of earth sciences series. Encyclopedia of mathematical geosciences* (S. 664–666). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85040-1_165

Gatty, A., **Samuel**, S. R., **Alaparthi**, G. K., **Prabhu**, D., **Upadya**, M., **Krishnan**, S. & **Amaravadi**, S. K. (2022). Effectiveness of structured early mobilization protocol on mobility status of patients in medical intensive care unit. *Physiotherapy theory and practice*, *38*(10), 1345–1357. https://doi.org/10.1080/09593985.2020.1840683

Glasner, C., **Berends**, M. S., **Becker**, K., **Esser**, J., **Gieffers**, J., **Jurke**, A., **Kampinga**, G., **Kampmeier**, S., **Klont**, R., **Köck**, R., **Müller**, L. von, **Al Naemi**, N., **Ott**, A., **Ruijs**, G., **Saris**, K., **Tami**, A., **Voss**, A., **Waar**, K., **van Zeijl**, J. & **Friedrich**, A. W. (2022). A prospective multicentre screening study on multidrug-resistant organisms in intensive care units in the Dutch-German cross-border region, 2017 to 2018: the importance of healthcare structures. *Euro surveillance*, *27*(5). https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2022.27.5.2001660

Goñi-Viguria, R., **Yoldi-Arzoz**, E., **Casajús-Sola**, L., **Aquerreta-Larraya**, T., **Fernández-Sangil**, P., **Guzmán-Unamuno**, E. & **Moyano-Berardo**, B. M. (2018). Respiratory physiotherapy in intensive care unit: Bibliographic review. *Enfermería Intensiva (English ed.)*, *29*(4), 2–3. https://doi.org/10.1016/j.enfie.2018.03.002

Graves, D. A. (1949). Emergency Poliomyelitis Policies: Hints to the Therapists. *Physical Therapy*, *29*(7), 291–294. https://doi.org/10.1093/ptj/29.7.291

Grüneberg, C., **Handgraaf**, M., **Klein**, D., **Schumann**, S. von, **Demirci**, A. & **Zahn**, P. (2018). *Ergebnisse einer Befragung von Physiotherapeut*innen zur Struktur- und Prozessqualität von Maßnahmen zur Frühmobilisation auf Intensivstationen in NRW.* https://doi.org/10.3205/18dkvf358

Gupte, P. & **Swaminathan**, N. (2016). Nurse's perceptions of physiotherapists in critical care team: Report of a qualitative study. *Indian journal of critical care medicine :*

peer-reviewed, official publication of Indian Society of Critical Care Medicine, *20*(3), 141–145. https://doi.org/10.4103/0972-5229.178176

Gutenbrunner, C., **Glaesener**, J. J., **Reißhauer**, A., **Schwarzkopf**, S. & **Sturm**, C. (2020). Empfehlungen der DGPRM zu Struktur und Ausstattung von Akutkrankenhäusern bezüglich Physikalisch-medizinischer/rehabilitativer Maßnahmen in Intensivmedizin und Intermediate Care. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, *30*(04), 237–240. https://doi.org/10.1055/a-1126-4645

Hermes, C., **Nydahl**, P., **Blobner**, M., **Dubb**, R., **Filipovic**, S., **Kaltwasser**, A., **Ulm**, B. & **Schaller**, S. J. (2020). Assessment of mobilization capacity in 10 different ICU scenarios by different professions. *PloS one*, *15*(10), e0239853. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239853

Hillmann, B., **Schwarzkopf**, D., **Manser**, T., **Waydhas**, C. & **Riessen**, R. (2022). Structure and concept of ICU rounds: the VIS-ITS survey. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *117*(4), 276–282. https://doi.org/10.1007/s00063-021-00830-3

Ho, L., **Tsang**, J. H. C., **Cheung**, E., **Chan**, W. Y., **Lee**, K. W., **Lui**, S. R., **Lee**, C. Y., **Lee**, A. L. H. & **Lam**, P. K. N. (2022). Improving mobility in the intensive care unit with a protocolized, early mobilization program: observations of a single center before-and-after the implementation of a multidisciplinary program. *Acute and critical care*, *37*(3), 286–294. https://doi.org/10.4266/acc.2021.01564

Hodgson, C. L., **Bailey**, M., **Bellomo**, R., **Berney**, S., **Buhr**, H., **Denehy**, L., **Gabbe**, B., **Harrold**, M., **Higgins**, A., **Iwashyna**, T. J., **Papworth**, R., **Parke**, R., **Patman**, S., **Presneill**, J., **Saxena**, M., **Skinner**, E., **Tipping**, C., **Young**, P. & **Webb**, S. (2016). A Binational Multicenter Pilot Feasibility Randomized Controlled Trial of Early Goal-Directed Mobilization in the ICU. *Critical care medicine*, *44*(6), 1145–1152. https://doi.org/10.1097/ccm.0000000000001643

Hodgson, C. L., **Bailey**, M., **Bellomo**, R., **Brickell**, K., **Broadley**, T., **Buhr**, H., **Gabbe**, B. J., **Gould**, D. W., **Harrold**, M., **Higgins**, A. M., **Hurford**, S., **Iwashyna**, T. J., **Serpa Neto**, A., **Nichol**, A. D., **Presneill**, J. J., **Schaller**, S. J., **Sivasuthan**, J., **Tipping**, C. J., **Webb**, S. & **Young**, P. J. (2022). Early Active Mobilization during Mechanical Ventilation in the ICU. *The New England journal of medicine*, *387*(19), 1747–1758. https://doi.org/10.1056/NEJMoa2209083

Hodgson, C. L., **Stiller**, K., **Needham**, D. M., **Tipping**, C. J., **Harrold**, M., **Baldwin**, C. E., **Bradley**, S., **Berney**, S., **Caruana**, L. R., **Elliott**, D., **Green**, M., **Haines**, K., **Higgins**, A. M., **Kaukonen**, K.-M., **Leditschke**, I. A., **Nickels**, M. R., **Paratz**, J., **Patman**, S., **Skinner**, E. H., . . . **Webb**, S. A. (2014). Expert consensus and recommendations on safety criteria for active mobilization of mechanically ventilated critically ill adults. *Critical care (London, England)*, *18*(6), 658. https://doi.org/10.1186/s13054-014-0658-y

Hoffmann, K., **Hohenstein**, S., **Brederlau**, J., **Hirsch**, J., **Groesdonk**, H. V., **Bollmann**, A. & **Kuhlen**, R. (2025). A Systematic Comparison of Age, Comorbidity and

Frailty of Two Defined ICU Populations in the German Helios Hospital Group from 2016-2021. *Journal of clinical medicine*, *14*(7). https://doi.org/10.3390/jcm14072332

Hosseini, Z.-S., **Peyrovi**, H. & **Gohari**, M. (2019). The Effect of Early Passive Range of Motion Exercise on Motor Function of People with Stroke: a Randomized Controlled Trial. *Journal of caring sciences*, *8*(1), 39–44. https://doi.org/10.15171/jcs.2019.006

Hulley, S. B., **Cummings**, S. R., **Browner**, W. S., **Grady**, D. G. & **Newman**, T. B. (2013). *Designing clinical research* (4th edition). Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins.

Janczyk, M. & **Pfister**, R. (2013). *Inferenzstatistik verstehen*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34825-9

Jonghe, B. de, **Sharshar**, T., **Lefaucheur**, J.-P., **Authier**, F.-J., **Durand-Zaleski**, I., **Boussarsar**, M., **Cerf**, C., **Renaud**, E., **Mesrati**, F., **Carlet**, J., **Raphaël**, J.-C., **Outin**, H. & **Bastuji-Garin**, S. (2002). Paresis acquired in the intensive care unit: a prospective multicenter study. *JAMA*, *288*(22), 2859–2867. https://doi.org/10.1001/jama.288.22.2859

Kim, H.-Y. (2014). Analysis of variance (ANOVA) comparing means of more than two groups. *Restorative dentistry & endodontics*, *39*(1), 74–77. https://doi.org/10.5395/rde.2014.39.1.74

Kistermann, S. (2019). Zwischen Mensch und Technik – Physiotherapie auf der traumatologischen Intensivstation. *physiopraxis*, *17*(05), 42–45. https://doi.org/10.1055/a-0867-7046

Klarmann, S., **Hierundar**, A., **Deffner**, T., **Markewitz**, A. & **Waydhas**, C. (2024). Stellenschlüssel für therapeutische Gesundheitsfachberufe auf Intensivstationen. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *119*(7), 581–585. https://doi.org/10.1007/s00063-024-01125-z

Klinikum Starnberg. (o.D.). *Home*. Zugriff am 19. Juni 2025, verfügbar unter https://www.klinikum-starnberg.de/

Koo, T. K. & **Li**, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of chiropractic medicine*, *15*(2), 155–163. https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

Krebs, D. & **Menold**, N. (2022). Gütekriterien quantitativer Sozialforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 549–565). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37985-8_35

Lange, T. & **Mosler**, K. (2017). *Statistik kompakt*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53467-0

Lat, T. I., **McGraw**, M. K. & **White**, H. D. (2021). Gender Differences in Critical Illness and Critical Care Research. *Clinics in chest medicine*, *42*(3), 543–555. https://doi.org/10.1016/j.ccm.2021.04.012

Leemans, G., **Taeymans**, J., **van Royen**, P. & **Vissers**, D. (2021). Respiratory physiotherapy interventions focused on exercise training and enhancing physical activity levels in people with chronic obstructive pulmonary disease are likely to be cost-effective: a systematic review. *Journal of physiotherapy*, *67*(4), 271–283. https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.08.018

Liu, K., **Ogura**, T., **Takahashi**, K., **Nakamura**, M., **Ohtake**, H., **Fujiduka**, K., **Abe**, E., **Oosaki**, H., **Miyazaki**, D., **Suzuki**, H., **Nishikimi**, M., **Komatsu**, M., **Lefor**, A. K. & **Mato**, T. (2019). A Progressive Early Mobilization Program Is Significantly Associated With Clinical and Economic Improvement: A Single-Center Quality Comparison Study. *Critical care medicine*, *47*(9), e744-e752. https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003850

Loggers, S. A. I., **Koedam**, T. W. A., **Giannakopoulos**, G. F., **Vandewalle**, E., **Erwteman**, M. & **Zuidema**, W. P. (2017). Definition of hemodynamic stability in blunt trauma patients: a systematic review and assessment amongst Dutch trauma team members. *European journal of trauma and emergency surgery*, *43*(6), 823–833. https://doi.org/10.1007/s00068-016-0744-8

Longhini, F., **Bruni**, A., **Garofalo**, E., **Ronco**, C., **Gusmano**, A., **Cammarota**, G., **Pasin**, L., **Frigerio**, P., **Chiumello**, D. & **Navalesi**, P. (2020). Chest physiotherapy improves lung aeration in hypersecretive critically ill patients: a pilot randomized physiological study. *Critical care (London, England)*, *24*(1), 479. https://doi.org/10.1186/s13054-020-03198-6

Lord, R. K., **Mayhew**, C. R., **Korupolu**, R., **Mantheiy**, E. C., **Friedman**, M. A., **Palmer**, J. B. & **Needham**, D. M. (2013). ICU early physical rehabilitation programs: financial modeling of cost savings. *Critical care medicine*, *41*(3), 717–724. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3182711de2

Love, J., **Selker**, R., **Marsman**, M., **Jamil**, T., **Dropmann**, D., **Verhagen**, J., **Ly**, A., **Gronau**, Q. F., **Smíra**, M., **Epskamp**, S., **Matzke**, D., **Wild**, A., **Knight**, P., **Rouder**, J. N., **Morey**, R. D. & **Wagenmakers**, E.-J. (2019). JASP : Graphical Statistical Software for Common Statistical Designs. *Journal of Statistical Software*, *88*(2). https://doi.org/10.18637/jss.v088.i02

Maciejewski, M. L. (2020). Quasi-experimental design. *Biostatistics & Epidemiology*, *4*(1), 38–47. https://doi.org/10.1080/24709360.2018.1477468

Magill, S. S., **O'Leary**, E., **Janelle**, S. J., **Thompson**, D. L., **Dumyati**, G., **Nadle**, J., **Wilson**, L. E., **Kainer**, M. A., **Lynfield**, R., **Greissman**, S., **Ray**, S. M., **Beldavs**, Z., **Gross**, C., **Bamberg**, W., **Sievers**, M., **Concannon**, C., **Buhr**, N., **Warnke**, L., **Maloney**, M., . . . **Edwards**, J. R. (2018). Changes in Prevalence of Health Care-Associated Infections in U.S. Hospitals. *The New England journal of medicine*, *379*(18), 1732–1744. https://doi.org/10.1056/NEJMoa1801550

Malin, L. & **Hickmann**, H. (2022). *Jahresrückblick - Der Arbeitsmarkt 2021*. https://www.kofa.de/media/Publikationen/KOFA_Kompakt/Jahresrueckblick_2021_.pdf

Mart, M. F., **Williams Roberson**, S., **Salas**, B., **Pandharipande**, P. P. & **Ely**, E. W. (2021). Prevention and Management of Delirium in the Intensive Care Unit. *Seminars in respiratory and critical care medicine*, *42*(1), 112–126. https://doi.org/10.1055/s-0040-1710572

Mastrogianni, M., **Galanis**, P., **Kaitelidou**, D., **Konstantinou**, E., **Fildissis**, G. & **Katsoulas**, T. (2021). Factors affecting adult intensive care units costs by using the bottom-up and top-down costing methodology in OECD countries: A systematic review. *Intensive & critical care nursing*, *66*. https://doi.org/10.1016/j.iccn.2021.103080

McMaster University. (2025). *Health Science Library: PICO : A good search strategy usually contains "P", "I" and "C"*. https://hslmcmaster.libguides.com/medicine_UGM/pico

Medical Research Council. (1976). *Aids to the examination of the peripheral nervous system*. *Medical Research Council (London). War Memorandum: No. 7*. H. M. S. O. https://www.ukri.org/wp-content/uploads/2021/12/MRC-011221-AidsToTheExaminationOfThePeripheralNervousSystem.pdf

Mehler-Klamt, A. C., **Huber**, J., **Köstler**, N., **Warmbein**, A., **Rathgeber**, I., **Fischer**, U. & **Eberl**, I. (2023). *Robotische Frühmobilisation auf der Intensivstation -kann ein robotisches System zur Frühmobilisation mobilisierendes Fachpersonal entlasten?* https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12665.13921

Mercadante, S., **Gregoretti**, C. & **Cortegiani**, A. (2018). Palliative care in intensive care units: why, where, what, who, when, how. *BMC anesthesiology*, *18*(1), 106. https://doi.org/10.1186/s12871-018-0574-9

Mohajan, H. K. (2017). Two criteria for good measurements in research: validity and reliability. *Annals of Spiru Haret University*, *17*(4), 59–82. https://doi.org/10.26458/1746

Müller, A., **Schandl-Freimüller**, P., **Weinhofer**, B., **Farnleitner**, C. & **Schmidt**, I. (2020). *Respiratorische Physiotherapie bei erwachsenen beatmeten Patienten mit Covid-19*. https://www.universimed.com/at/article/pneumologie/respiratorische-physiotherapie-bei-erwachsenen-beatmeten-patienten-mit-covid-2164017

Murrar, S. & **Brauer**, M. (2018). Mixed Model Analysis of Variance. In *The SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement and Evaluation* (S. 1075–1078). https://doi.org/10.4135/9781506326139.n436

National Library of Medicine. (2024, 9. Dezember). *ClinicalTrial - Glossary Terms: Parallel assignment*. https://clinicaltrials.gov/study-basics/glossary

Nessizius, S. (2014). Aufgaben der Physiotherapie in der Intensivmedizin. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*, *109*(7), 547–554. https://doi.org/10.1007/s00063-014-0399-3

Norman, G. (2010). Likert scales, levels of measurement and the "laws" of statistics. *Advances in health sciences education : theory and practice*, *15*(5), 625–632. https://doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y

Nydahl, P. (2019). *Frühmobilisierung von Patientinnen und Patienten auf Intensivstation* [Kumulative Dissertation]. Universität zu Lübeck. https://d-nb.info/1225567912/34

Nydahl, P., **Jeitziner**, M.-M., **Vater**, V., **Sivarajah**, S., **Howroyd**, F., **McWilliams**, D. & **Osterbrink**, J. (2023). Early mobilisation for prevention and treatment of delirium in critically ill patients: Systematic review and meta-analysis. *Intensive & critical care nursing*, *74.* https://doi.org/10.1016/j.iccn.2022.103334

OECD. (2023). *Health at a Glance 2023: OECD INDICATORS.* https://doi.org/10.1787/7a7afb35-en

Patel, M. C. (2020). Post-Intensive Care Syndrome (PICS): Physical Therapist Role in Recovery. *Journal of Nursing and Health Science,* Issue 3(Ser. XI).

Physiologic Anatomy of Poliomyelitis (1941). *JAMA*, *117*(23), 1980–1981. https://doi.org/10.1001/jama.1941.02820490054017

Potter, K., **Miller**, S. & **Newman**, S. (2021). Patient-Level Barriers and Facilitators to Early Mobilization and the Relationship With Physical Disability Post-Intensive Care: Part 2 of an Integrative Review Through the Lens of the World Health Organization International Classification of Functioning, Disability, and Health. *Dimensions of critical care nursing : DCCN*, *40*(3), 164–173. https://doi.org/10.1097/DCC.0000000000000470

Pun, B. T., **Balas**, M. C., **Barnes-Daly**, M. A., **Thompson**, J. L., **Aldrich**, J. M., **Barr**, J., **Byrum**, D., **Carson**, S. S., **Devlin**, J. W., **Engel**, H. J., **Esbrook**, C. L., **Hargett**, K. D., **Harmon**, L., **Hielsberg**, C., **Jackson**, J. C., **Kelly**, T. L., **Kumar**, V., **Millner**, L., **Morse**, A., . . . **Ely**, E. W. (2019). Caring for Critically Ill Patients with the ABCDEF Bundle: Results of the ICU Liberation Collaborative in Over 15,000 Adults. *Critical care medicine*, *47*(1). https://doi.org/10.1097/CCM.0000000000003482

Rahiminezhad, E., **Sadeghi**, M., **Ahmadinejad**, M., **Mirzadi Gohari**, S. I. & **Dehghan**, M. (2022). A randomized controlled clinical trial of the effects of range of motion exercises and massage on muscle strength in critically ill patients. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, *14*(1), 96. https://doi.org/10.1186/s13102-022-00489-z

Reis, M. M. & **Arantes**, P. M. M. (2011). Assessment of hand grip strength- validity and reliability of the saehan dynamometer. *Fisioterapia e Pesquisa*, *18*(2), 176–181. https://doi.org/10.1590/S1809-29502011000200013

Sagarra-Romero, L. & **Viñas-Barros**, A. (2020). COVID-19: Short and Long-Term Effects of Hospitalization on Muscular Weakness in the Elderly. *International journal of environmental research and public health*, *17*(23). https://doi.org/10.3390/ijerph17238715

Schäfer, T. (2016). Grundbegriffe der Datenerhebung: Vom Mensch zur Zahl. In T. Schäfer (Hrsg.), *Methodenlehre und Statistik* (S. 15–45). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-11936-2_2

Schaller, S. J., **Grunow**, J. J., **Daum**, N., **Bein**, T., **Blobner**, M., **Hamsen**, U., **Hermes**, C., **Kaltwasser**, A., **Nydahl**, P., **Reißhauer**, A., **Renzewitz**, L., **Scheffenbichler**, F. T., **Siemon**, K., **Staudinger**, T., **Ullrich**, R., **Weber-Carstens**, S., **Wrigge**, H., **Zergiebel**, D. & **Coldewey**, S. M. (2025). Übersicht S3-Leitlinie Lagerungstherapie und Mobilisation von kritisch Erkrankten auf Intensivstationen. *Anästh Intensivmedizin*, *66.* https://doi.org/10.19224/ai2025.126

Schmieder, M. (2022). *Informationen zur Ethikkommission und zur Antragstellung*. https://www.gehba.de/fileadmin/daten/Gehba/GEHBa_Infos_Antragstellung_2022.pdf

Schöler, J. (2005). *Über die Anfänge der Schwedischen Heilgymnastik in Deutschland: ein Beitrag zur Geschichte der Krankengymnastik im 19. Jahrhundert* [Dissertation]. Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. https://d-nb.info/99216589X/34

Schreyögg, J. & **Milstein**, R. (2016). *Expertise zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Pflegeverhältniszahlen und pflegesensitiven Ergebnisparametern in Deutschland*. https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/5_Publikationen/Pflege/Berichte/Gutachten_Schreyoegg_Pflegesensitive_Fachabteilungen.pdf

Schweickert, W. D., **Pohlman**, M. C., **Pohlman**, A. S., **Nigos**, C., **Pawlik**, A. J., **Esbrook**, C. L., **Spears**, L., **Miller**, M., **Franczyk**, M., **Deprizio**, D., **Schmidt**, G. A., **Bowman**, A., **Barr**, R., **McCallister**, K. E., **Hall**, J. B. & **Kress**, J. P. (2009). Early physical and occupational therapy in mechanically ventilated, critically ill patients: a randomised controlled trial. *Lancet*, *373*(9678), 1874–1882. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60658-9

Sedlmeier, P. & **Renkewitz**, F. (2025). *Forschungsmethoden und Statistik: Für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Pearson. https://www.pearson.de/media/muster/ext/9783868945386.pdf

Shadish, W. R., **Cook**, T. D. & **Campbell**, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference* (Nachdr.). Wadsworth Cengage Learning.

Sossdorf, M., **Otto**, G. P., **Menge**, K., **Claus**, R. A., **Lösche**, W., **Kabisch**, B., **Kohl**, M., **Smolenski**, U. C., **Schlattmann**, P., **Reinhart**, K. & **Winning**, J. (2013). Potential effect of physiotherapeutic treatment on mortality rate in patients with severe sepsis and septic shock: a retrospective cohort analysis. *Journal of critical care*, *28*(6), 954–958. https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2013.06.023

Statistisches Bundesamt. (2024a). *Behandlungsfälle in Intensivmedizin und Intermediate Care in Deutschland in den Jahren 2018 bis 2023 (in 1.000): in 1.000*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1257435/umfrage/behandlungsfaelle-in-intensivmedizin-und-intermediate-care-in-deutschland/

Statistisches Bundesamt. (2024b). *Statistischer Bericht: Kostennachweis der Krankenhäuser 2023*. https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/statistischer-bericht-kostennachweis-krankenhaeuser-2120630237005.html

Statistisches Bundesamt. (2024c). *Zahl der Krankenhaus-Behandlungen 2023 um 2,4% gestiegen*. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24_372_231.html

Stevens, R. D., **Marshall**, S. A., **Cornblath**, D. R., **Hoke**, A., **Needham**, D. M., **Jonghe**, B. de, **Ali**, N. A. & **Sharshar**, T. (2009). A framework for diagnosing and classifying intensive care unit-acquired weakness. *Critical care medicine*, *37*(10 Suppl), 299-308. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e3181b6ef67

Stiller, K. R., **Dafoe**, S., **Jesudason**, C. S., **McDonald**, T. M. & **Callisto**, R. J. (2023). Passive Movements Do not Appear to Prevent or Reduce Joint Stiffness in Medium to Long-Stay ICU Patients: A Randomized, Controlled, Within-Participant Trial. *Critical care explorations*, *5*(12), e1006. https://doi.org/10.1097/CCE.0000000000001006

Stöver, K. (2021). Zusatzqualifikation „Physiotherapie in der Intensivmedizin“. *Mitgliederzeitschrift der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin,* 12(02), S. 75. https://www.divi.de/index.php?option=com_edocman&view=document&layout=viewpdf&id=91&documenturl=3eca49ee211fbd0c28610b5f83999917.pdf&Itemid=261

Sturm, C., **Glaesener**, J. J., **Korallus**, C., **Reißhauer**, A., **Schwarzkopf**, S. & **Gutenbrunner**, C. (2020). Hintergrundtext zu Empfehlungen der DGPRM zu Struktur und Ausstattung von Akutkrankenhäusern bezüglich Physikalisch-medizinischer/Rehabilitativer Maßnahmen in Intensivmedizin und Intermediate Care. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, *30*(04), 241–247. https://doi.org/10.1055/a-1126-4676

Sullivan, J. H., **Warkentin**, M. & **Wallace**, L. (2021). So many ways for assessing outliers: What really works and does it matter? *Journal of Business Research*, *132*, 530–543. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.066

Taherdoost, H. (2022). What are Different Research Approaches? Comprehensive Review of Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Research, Their Applications, Types, and Limitations. *Journal of Management Science & Engineering Research*, *5*(1), 53–63. https://doi.org/10.30564/jmser.v5i1.4538

Thomas, K., **Wright**, S. E., **Watson**, G., **Baker**, C., **Stafford**, V., **Wade**, C., **Chadwick**, T. J., **Mansfield**, L., **Wilkinson**, J., **Shen**, J., **Deverill**, M., **Bonner**, S., **Hugill**, K., **Howard**, P., **Henderson**, A., **Roy**, A., **Furneval**, J. & **Baudouin**, S. V. (2015). Extra Physiotherapy in Critical Care (EPICC) Trial Protocol: a randomised controlled trial of intensive versus standard physical rehabilitation therapy in the critically ill. *BMJ open*, *5*(5), e008035. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-008035

Thomas, P., **Baldwin**, C., **Beach**, L., **Bissett**, B., **Boden**, I., **Cruz**, S. M., **Gosselink**, R., **Granger**, C. L., **Hodgson**, C., **Holland**, A. E., **Jones**, A. Y., **Kho**, M. E., **van der Lee**, L., **Moses**, R., **Ntoumenopoulos**, G., **Parry**, S. M. & **Patman**, S. (2022). Physiotherapy management for COVID-19 in the acute hospital setting and beyond: an update to clinical practice recommendations. *Journal of physiotherapy*, *68*(1). https://doi.org/10.1016/j.jphys.2021.12.012

Tutz, G. (2000). *Die Analyse kategorialer Daten: Anwendungsorientierte Einführung in Logit-Modellierung und kategoriale Regression*. *Lehr- und Handbücher der Statistik*. Oldenbourg.

Twose, P., **Jones**, U., **Bharal**, M., **Bruce**, J., **Firshman**, P., **Highfield**, J., **Jones**, G., **Merriweather**, J., **Newey**, V., **Newman**, H., **Rock**, C., **Terblanche Mbe**, E. & **Wallace Obe**, S. (2021). Exploration of therapists' views of practice within critical care. *BMJ open respiratory research*, *8*(1). https://doi.org/10.1136/bmjresp-2021-001086

Vagionas, D., **Vasileiadis**, I., **Rovina**, N., **Alevrakis**, E., **Koutsoukou**, A. & **Koulouris**, N. (2019). Daily sedation interruption and mechanical ventilation weaning: a literature review. *Anaesthesiology intensive therapy*, *51*(5), 380–389. https://doi.org/10.5114/ait.2019.90921

Valentin, A., **Ferdinande**, P. & **ESICM Working Group on Quality Improvement** (2011). Recommendations on basic requirements for intensive care units: structural and organizational aspects. *Intensive care medicine*, *37*(10), 1575–1587. https://doi.org/10.1007/s00134-011-2300-7

Völkle, M. C. & **Erdfelder**, E. (2010). Varianz-und Kovarianzanalyse. In C. Wolf & H. Best (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (S. 489). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92038-2_19

Waltz, C. F. P. R. F. (2016). *Measurement in Nursing and Health Research, Fifth Edition* (5th ed.). Springer. http://gbv.eblib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4602928

Wang, J., **Yan**, S., **Tu**, R. & **Zhang**, P. (2025). Detection and Mitigation of GNSS Gross Errors Utilizing the CEEMD and IQR Methods to Determine Sea Surface Height Using GNSS Buoys. *Sensors (Basel, Switzerland)*, *25*(9). https://doi.org/10.3390/s25092863

Wang, T.-H., **Wu**, C.-P. & **Wang**, L.-Y. (2018). Chest physiotherapy with early mobilization may improve extubation outcome in critically ill patients in the intensive care units. *The clinical respiratory journal*, *12*(11), 2613–2621. https://doi.org/10.1111/crj.12965

Waydhas, C., **Riessen**, R., **Markewitz**, A., **Hoffmann**, F., **Frey**, L., **Böttger**, B. W., **Brenner**, S., **Brenner**, T., **Deffner**, T., **Deininger**, M., **Janssens**, U., **Kluge**, S., **Marx**, G., **Schwab**, S., **Unterberg**, A., **Walcher**, F. & **van den Hooven**, T. (2022). *Empfehlung zur Struktur und Ausstattung von Intensivstationen 2022*. https://www.physioaustria.at/sites/default/files/downloads/221128_divi_strukturempfehlungen_intensivstationen_langversion.pdf

Wilcox, R. R. (2012). *Introduction to robust estimation and hypothesis testing* (3. ed.). *Statistical Modeling and Decision Science*. Elsevier/Academic Press. http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123869838

World Health Organisation. (2005). *Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit*. https://www.soziale-initiative.net/wp-content/uploads/2013/09/icf_endfassung-2005-10-01.pdf

Wright, S. E., **Thomas**, K., **Watson**, G., **Baker**, C., **Bryant**, A., **Chadwick**, T. J., **Shen**, J., **Wood**, R., **Wilkinson**, J., **Mansfield**, L., **Stafford**, V., **Wade**, C., **Furneval**, J., **Henderson**, A., **Hugill**, K., **Howard**, P., **Roy**, A., **Bonner**, S. & **Baudouin**, S. (2018). Intensive versus standard physical rehabilitation therapy in the critically ill (EPICC): a multicentre, parallel-group, randomised controlled trial. *Thorax*, *73*(3), 213–221. https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2016-209858

Wu, N.-N., **Zhang**, Y.-B., **Wang**, S.-Y., **Zhao**, Y.-H. & **Zhong**, X.-M. (2023). Incidence, prevalence and risk factors of delirium in ICU patients: A systematic review and meta-analysis. *Nursing in Critical Care*, *28*(5), 653–669. https://doi.org/10.1111/nicc.12857

Wu, Y., **Liu**, Y., **Wang**, G., **Zheng**, A., **Zhang**, Z [Zhigang], **Wei**, H. & **Wang**, X. (2025). An optimal cut-off point for the Chelsea Critical Care Physical Assessment Tool to diagnose intensive care unit-acquired weakness in patients with mechanical ventilation: A multicentre observational study. *Nursing in Critical Care*, *30*(3), e70018. https://doi.org/10.1111/nicc.70018

Wundt, W. (1907). Psychologische Studien: Über Ausfrageexperimente und über die Methoden zur Psychologie des Denkens(3), 301–360. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2407758_2/component/file_2407757/content

Zeng, H., **Zhang**, Z [Zhen], **Gong**, Y. & **Chen**, M. (2017). Effect of chest physiotherapy in patients undergoing mechanical ventilation: a prospective randomized controlled trial. *Zhonghua wei zhong bing ji jiu yi xue*, *29*(5), 403–406. https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.004

Zwerwer, L. R., **Kloka**, J., **van der Pol**, S., **Postma**, M. J., **Zacharowski**, K., **van Asselt**, A. D. I. & **Friedrichson**, B. (2024). Mechanical ventilation as a major driver of COVID-19 hospitalization costs: a costing study in a German setting. *Health economics review*, *14*(1), 4. https://doi.org/10.1186/s13561-023-00476-1

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Ausführungen zur Befundung nach CPAx 89
Anhang 2: Ablaufplan mit Befundbogen 93

Anhang 1: Ausführungen zur Befundung nach CPAx

Physischer Aspekt	Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5
Atmung	- Vollständig abhängig von Respirator - Kontrollierte Beatmung ohne spontane Eigenaktivität	- Abhängig von Respirator - Kontrollierte Beatmung mit vereinzelten spontanen Atemaktivitäten	- Spontanatmung mit kontinuierlicher invasiver oder nicht-invasiver Beatmungsunterstützung	- Spontanatmung mit intermittierender invasiver oder nicht-invasiver Beatmungsunterstützung - ODER: kontinuierlicher Sauerstoff (hoher Flow: > 15 l/min)	- Erhält Standard-Sauerstofftherapie (< 15 l/min)	-Selbstständige Atmung ohne Sauerstofftherapie
Husten	- Fehlendes Husten - Eventuell vollständig sediert	- Husten nur durch tiefes Absaugen stimulierbar	- Schwaches, ineffizientes willkürliches Husten - Selbstständige	- Schwaches, teilweise effektives Husten - Selbstständige Atemwegsreinigung gelegentlich möglich > orales Absaugen nötig	- Effektives Husten -Atemwegsreinigung mit atemphysiotherapeutischen Techniken	- Durchgängig effektives, willkürliches Husten - Selbständige Atemwegsreinigung

			Atemwegs-reinigung nicht möglich > tiefes Absaugen nötig			
Bewegen im Bett (drehen, nach oben rutschen)	- Nicht möglich - Eventuell vollständig sediert	- Initiiert Bewegung - Benötigt **viel** Hilfe von ≥ 2 Personen	- Initiiert Bewegung - Benötigt **moderate** Hilfe von ≥ 1 Person	- Initiiert Bewegung - Benötigt **wenig** Hilfe von 1 Person	- Bewegt sich selbstständig in ≥ 3 Sekunden	- Bewegt sich selbstständig in < 3 Sekunden
Transfer Rückenlage → Bettkante	- Nicht möglich	- Initiiert Bewegung - Benötigt **viel** Hilfe von ≥ 2 Personen	- Initiiert Bewegung - Benötigt **moderate** Hilfe von ≥ 1 Person	- Initiiert Bewgung - Benötigt **wenig** Hilfe von 1 Person	- Selbstständig in ≥ 3 Sekunden	- Selbstständig in < 3 Sekunden
(Dynamisches) Sitzen an der Bettkante	- Nicht möglich	- Benötigt **viel** Hilfe von ≥ 2 Personen	- Benötigt **moderate** Hilfe von ≥ 1 Person	- Benötigt **wenig** Hilfe von 1 Person	- Selbstständig mit teils dynamischer Sitzbalance (Rumpfposition kann innerhalb der Unterstützungsfläche verändert werden)	- Selbstständig mit voller dynamischer Sitzbalance (Rumpfposition kann auch nach außerhalb der Unterstützungsfläche

						verlagert werden)
(Dynamisches) Stehen	- Stehen nicht möglich	- Stehen mittels Kipptisch o.ä. möglich	- Stehen im Standing oder ähnlichem Stehgerät möglich	- Stehen mit Gehbock, Unterarmgehstützen oder Ähnlichem möglich	- Stehen selbstständig ohne Hilfsmittel möglich	- Stehen selbstständig mit voller dynamischer Stehbalance (Position kann nach außerhalb der Unterstützungsfläche verlagert werden)
Transfer Sitz → Stand	- Nicht möglich	- Aufstehen nur mit **maximaler** Unterstützung durch Standing oder ähnlichem Stehgerät	- Aufstehen mit **moderater** Hilfe z. B. von 1-2 Personen	- Aufstehen mit **wenig** Hilfe z. B. von 1 Person	- Selbstständiges Aufstehen mit Abstützen der Hände	- Selbstständiges Aufstehen ohne Abstützen
Transfer Bett → Stuhl	- Nicht möglich	- Transfer nur passiv möglich	- Transfer mittels Standing oder ähnlichem	- Schwenktransfer ohne Schritte mit Hilfsmittel oder	- Transfer über Stand und Schritte mit Hilfsmittel oder	- Selbstständiger Transfer ohne Hilfe

			Stehgerät möglich	körperlicher Unterstützung	körperlicher Unterstützung	
Schritte	- Nicht möglich	-Mittels Standing oder ähnlichem Stehgerät	-Mittels Hilfsmittel und **moderater** Unterstützung > 1 Person	- Mittels Hilfsmittel und **wenig** Unterstützung durch 1 Person	- Mittels Hilfsmittel oder **wenig** Unterstützung durch 1 Person	- Selbstständig ohne Hilfe
Handkraft	- Nicht testbar	< 20%	< 40%	< 60 %	< 80%	≥ 80%

Eigene Darstellung in Anlehnung an Corner et al. (2013)

Anhang 2: Ablaufplan mit Befundbogen

Ablauf der Befundung:

1. Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien
2. Prüfung, ob der Patient ausreichend orientiert ist
3. Einholen des Einverständnisses
4. Erfassung von Patienten-Nr., Geschlecht, Alter und Datum
5. Durchführung der Standard-/Interventions-Physiotherapie
6. Erhebung des CPAx
7. Messung und Dokumentation der Handkraft in kg
8. Dokumentation des Gesamtergebnisses
9. Wiederholung an den darauffolgenden 3 Tagen
10. Befundbogen an Kristina Wirth übermitteln

Einschlusskriterien:

- Alter ≥ 18 Jahre
- Voraussichtliche Aufenthaltsdauer auf ITS ≥ 4 Tage
- Vorliegen einer ärztlichen Verordnung für Physiotherapie
- Stabile, patientenindividuelle, Vitalparameter
- Ausreichende Orientierung des Patienten (es müssen ≥ 3 Kommandos korrekt umgesetzt werden)

Aufforderung	Kommando
1.	Öffnen/Schließen sie bitte Ihre Augen
2.	Schauen Sie mich an
3.	Öffnen Sie den Mund und strecken die Zunge heraus

4.	Nicken Sie mit dem Kopf
5.	Ziehen Sie die Augenbrauen hoch, wenn ich bis 5 gezählt habe

Ausschlusskriterien:

- Neurologische Grunderkrankungen
- Schwangerschaft
- Palliativpatienten
- Sprachbarriere
- Verletzungen, die die Befundung unmöglich machen

Anleitung zur standardisierten Handkraftmessung

1. Die dominante Hand des Patienten wird ermittelt.
2. Wenn die Messung an der dominanten Hand nicht möglich ist, werden Ersatzwerte auf der anderen Seite generiert und dies schriftlich vermerkt.
3. Der Patient nimmt die standardisierte Position ein (Rückenlage, Kopfteil erhöht, Oberarm am Oberkörper, Ellbogen 90 Grad gebeugt).
4. Die verbale Aufforderung: „Drücken sie so fest sie können die Hand zu!“, erfolgt.
5. Es werden drei Messversuche unternommen.
6. Das beste Ergebnis wird mit dem Datum auf dem Befundbogen im Feld „ Handkraft in kg der domimanten Seite“ eingetragen.
7. Nun erfolgt anhand der unten aufgeführten Tabelle eine Zuordnung zu den prozentualen Anteilen des Mittelwerts (z. B.: eine 18 jährige Frau erreicht bei ihrer besten Messung 17,29 kg. Das entspricht laut Tabelle <60% des Mittelwertes für ihr Alter und Geschlecht). Der Wert wird im Feld „% vom Durchschnittswert“ eingetragen.
8. Anhand des prozentualen Wertes kann jetzt unter Ausführungen zur Befundung nach dem CPAx-Score die entsprechende Stufe von 0 bis 5 ermittelt und direkt im CPAx Kreis eingertragen werden.

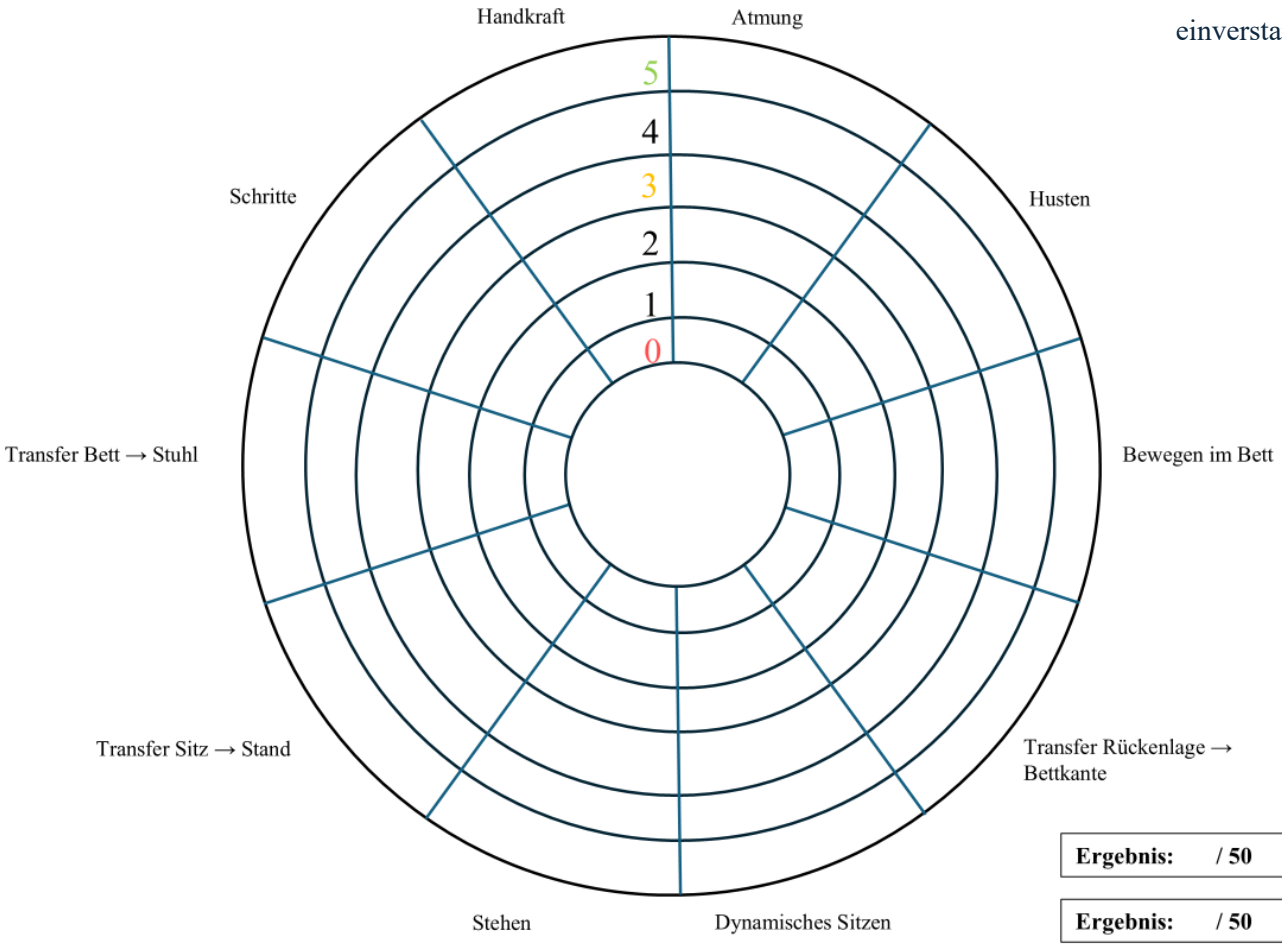
Befundbogen für die Bachelorarbeit „Behandlung von Patienten auf Intensivstation - Vergleich zweier physiotherapeutischer Behandlungsschemata“

Geschlecht: m / w **Alter:** < 20-24 25-29 30-34 35-39 40-44 45-49 50-54 55-59 60-64 65-69 70-74 75-79 80-84 85-89 90-94 >95

Datum: **Datum:**

Checkliste:

- Patient ist vollständig orientiert: ☐ ja ☐ nein
- Patient wurde bezüglich der Messung aufgeklärt und ist einverstanden: ☐ ja ☐ nein



Ergebnis: / 50

Ergebnis: / 50

Datum	Handkraft in kg der dominanten Hand	% vom Durch-schnitts-wert

Eigene Darstellung in Anlehnung an Jonghe et al. (2002), Corner et al. (2013)

WDP - Wismarer Diskussionspapiere / Wismar Discussion Papers

Heft 01/2021: Harald Mumm: Ermittlung der kürzesten Fahrstrecke für das Fahrzeugroutenproblem mit Zeitfenstern bei großer Ortsanzahl

Heft 02/2021: Günther Ringle: Genossenschaften und Nachhaltigkeiten

Heft 03/2021: Christian Grau, Uwe Lämmel: Decision Model and Notation – ein Vergleich von Software für die Lehre

Heft 01/2022: Johanna Oster: Organisationen im Spannungsfeld zwischen VUCA-Umwelt und Nachhaltigkeit – Wechselwirkungen zwischen CSR und organisationaler Resilienz

Heft 02/2022: Philipp Franzen: Einflussanalyse des Dow Jones Sustainability Europe Index auf den Unternehmenswert – eine Ereignisstudie

Heft 01/2023: Dieter Gerdesmeier, Hans-Eggert Reimers, Barbara Roffia: Investigating the Inflation-Output-Nexus for the Euro Area – Old Questions and New Results

Heft 02/2023: Julian Reeh: Die Fallgruppen der aktienrechtlichen Vorstandshaftung im internationalen Compliance-Management

Heft 01/2024: Gunnar Prause (Hrsg.): The Maritime Perspective of Africa

Heft 02/2024: Rüdiger Steffan, Thomas Kästner, Roland Hinz, Julia Matela, Paul Facklam, Lothar Vigelahn, Sebastien Clerc-Renaud: Concepts for the IT Infrastructure of an University of Applied Sciences Using the Example of Data Management in the EU Project DIVAGRI

Heft 03/2024: Gunnar Prause (Hrsg.): The South Caucasian Transport Corridor: A new Eurasian Transport Option

Heft 01/2025: Harald Mumm: Ermittlung der minimalen Touranzahl für das Fahrzeugroutenproblem mit Zeitfenstern bei kleiner Fahrzeugkapazität und großer Ortsanzahl

Heft 02/2025: Lene Tasler: New Work als Schlüssel zur Motivation der Generation Z: Eine Untersuchung der Selbstbestimmungs-theorie im Arbeitskontext

Heft 03/2025: Gunnar Prause (Hrsg.): The Maritime Perspective of Latin America

ISBN 978-3-948862-20-6