Entlastung zum Anziehen

Exoskelette in der stationären Langzeitpflege zur physischen Entlastung des Pflegepersonals – eine systematische Literaturübersicht

Autor*in: Melda Delic
Immatrikulationsnummer: 24-871-907
Kursgruppe: Klasse SA.BSC_PFFP.HS25

Hochschule Luzern
Departement Soziale Arbeit
Institut für Pflege und Interprofessionalität
Modul: SA.0014 Bachelorthesis

Abgabedatum: 04.01.2026
Anzahl Zeichen ohne Leerzeichen: 57’635

Originaldokument gespeichert auf LARA – Lucerne Open Access Repository and Archive der Zentral- und Hochschulbibliothek Luzern



Urheberrechtlicher Hinweis:

Dieses Werk ist unter einem Creative Commons Namensnennung-Keine kommerzielle Nutzung-Keine Bearbeitung 3.0 Schweiz (CC BY-NC-ND 3.0 CH) Lizenzvertrag lizenziert.
Um die Lizenz anzuschauen, gehen Sie bitte zu https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ch

Sie dürfen:

Teilen — das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Zu den folgenden Bedingungen:

Namensnennung — Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell — Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Keine Bearbeitungen — Wenn Sie das Material remixen, verändern oder darauf anderweitig direkt aufbauen dürfen Sie die bearbeitete Fassung des Materials nicht verbreiten.

Keine weiteren Einschränkungen — Sie dürfen keine zusätzlichen Klauseln oder technische Verfahren einsetzen, die anderen rechtlich irgendetwas untersagen, was die Lizenz erlaubt.

Jede der vorgenannten Bedingungen kann aufgehoben werden, sofern Sie die Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.
Diese Lizenz lässt die Urheberpersönlichkeitsrechte nach Schweizer Recht unberührt.
Eine ausführliche Fassung des Lizenzvertrags befindet sich unter
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ch/legalcode.de

Abstract

Hintergrund: Pflegepersonen in der stationären Langzeitpflege sind hohen physischen Belastungen ausgesetzt, insbesondere durch Transfer- und Mobilisierungsaufgaben. 73,2% des Pflegepersonals berichten über Rücken- oder Kreuzschmerzen, 59,5% über Gelenk- und Gliederschmerzen. Die Fluktuationsrate stieg zudem auf 28%, während 96% der Einrichtungen Schwierigkeiten bei der Personalrekrutierung haben. Bestehende ergonomische Massnahmen reduzieren die Belastungsfaktoren im Praxisalltag nicht ausreichend. Exoskelette als tragbare Assistenzsysteme werden als potenzielle Lösungen diskutiert, doch die Evidenz zu Wirksamkeit und Alltagstauglichkeit im Gesundheitswesen ist begrenzt.

Fragestellung/Ziel: Diese systematische Literaturübersicht untersucht, ob der Einsatz tragbarer Exoskelette bei Transfer- und Mobilisierungsaufgaben zur physischen Entlastung des Pflegepersonals in der stationären Langzeitpflege beiträgt und bewertet die vorhandene Evidenz kritisch.

Methodik: Die systematische Literaturrecherche erfolgte in PubMed, CINAHL, Ovid MEDLINE, IEEEXplore und Google Scholar. Von 270 Publikationen wurden vier empirische Studien aus Japan, Deutschland, den Niederlanden und Finnland eingeschlossen und mittels thematischer Synthese ausgewertet und diskutiert. Die Qualitätsbewertung erfolgte mit standardisierten Instrumenten.

Ergebnisse: Exoskelette werden bei vorgebeugten Tätigkeiten und Transfers subjektiv als entlastend wahrgenommen. Objektive Messungen zeigen eine durchschnittliche Reduktion der Muskelaktivität um 7% ohne statistische Signifikanz. Barrieren wie hohes Gewicht, Druckstellen, eingeschränkte Bewegungsfreiheit und komplexe Handhabung limitieren die Praxistauglichkeit.

Schlussfolgerungen: Exoskelette bieten exploratives subjektiv Wahrgenommenes Entlastungspotenzial für physisch belastende Pflegetätigkeiten. Die begrenzte Evidenz, methodische Heterogenität und praktischen Barrieren erfordern weitere systematische Untersuchungen mit grösseren Stichproben, längeren Beobachtungszeiträumen und objektiven Messverfahren im Schweizer Pflegekontext, bevor evidenzbasierte Implementierungsempfehlungen möglich sind.

Inhaltsverzeichnis

Abstract I
Inhaltsverzeichnis I
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis IV
1 Einleitung 1
1.1 Relevanz für die Pflege 1
1.2 Problemstellung 1
1.3 Eingrenzung des Themas/Forschungslücke 3
1.4 Zielsetzung und Forschungsfrage 3
1.4.1 Zielsetzung 3
1.4.2 Fragestellung 3
2 Theoretischer Rahmen 4
2.1 Stationäre Langzeitpflege 4
2.2 Pflegepersonal 4
2.3 Physische Belastung 4
2.3.1 Belastungs-Beanspruchungs-Modell 5
2.3.2 Messung der physischen Belastung 7
2.4 Exoskelett 7
2.4.1 Exoskelett-Typen 7
2.4.2 Funktionsprinzipien 8
3 Methodik 10
3.1 Design: Systematische Literaturübersicht 10
3.2 Literaturrecherche 10
3.2.1 Suchstrategie und Datenbanken 10
3.2.2 Suchbegriffe und Suchstrings 11
3.3 Literaturauswahl 12
3.3.1 Screening der Studien 12
3.3.2 Ein- und Ausschlusskriterien 13

3.3.3 Auswahlprozess der Studien 14
3.3.4 Qualitätsbewertung der Studien 15
3.3.5 Vorgehen bei Synthese, Diskussion und Limitation 15
4 Ergebnisse 16
4.1 Studie 1: Kato et al. (2021) 16
4.1.1 Zusammenfassung der Studie 16
4.1.2 Kritische Würdigung 16
4.2 Studie 2: Strube-Lahmann et al., 2023 17
4.2.1 Zusammenfassung der Studie 17
4.2.2 Kritische Würdigung 17
4.3 Studie 3: Roentgen et al., 2024 18
4.3.1 Zusammenfassung der Studie 18
4.3.2 Kritische Würdigung 18
4.4 Studie 4: Saurio et al., 2025 19
4.4.1 Zusammenfassung der Studie 19
4.4.2 Kritische Würdigung 19
4.5 Thematische Synthese 20
4.5.1 Subjektiv wahrgenommene physische Entlastung 20
4.5.2 Objektiv messbare physische Entlastung 20
4.5.3 Einsatzbereiche 21
4.5.4 Einschränkungen 21
4.5.5 Tragekomfort 22
4.5.6 Praktikabilität 22
5 Diskussion 23
5.1 Diskussion der Hauptergebnisse 23
5.1.1 Subjektiv wahrgenommene physische Entlastung 23
5.1.2 Objektiv messbare physische Entlastung 24
5.1.3 Einsatzbereiche 24
5.1.4 Einschränkungen 25
5.1.5 Tragekomfort 25

5.1.6 Praktikabilität....26
5.1.7 Einordnung der Studienqualität....26
5.2 Beantwortung der Forschungsfrage....27
5.3 Limitationen, Stärken und methodische Reflexion....28
5.3.1 Limitationen....28
5.3.2 Stärken....28
5.3.3 Methodische Reflexion....29
6 Theorie-Praxis-Transfer....30
6.1 Schlussfolgerungen für die Pflegepraxis....30
6.2 Schlussfolgerungen für die Bildung....30
6.3 Schlussfolgerungen für die Forschung....30
7 Literatur- und Quellenverzeichnis....32
Anhang A: Rechercheprotokoll....37
Anhang B: Kritische Bewertung Kato et al., 2021....44
Anhang C: Kritische Bewertung Strube-Lahmann et al., 2023....48
Anhang D: Kritische Bewertung Roentgen et al., 2024....51
Anhang E: Kritische Bewertung Saurio et al., 2025....55
Anhang F: Tabellarische Zusammenfassungen der eingeschlossenen Studien....58
Anhang G: Deklaration Verwendung Künstlicher Intelligenz....67
Anhang H: Eigenständigkeitserklärung....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Belastungs-Beanspruchungs-Modell (eigene Darstellung nach Petersen & Melzer 2022) 6
Abbildung 2: Klassifikation von Exoskeletten nach Körpersegment und kinematischer Struktur 8
Abbildung 3: Exoskelette werden nach ihrer Funktionsweise, der Art ihrer starren Struktur und der verwendeten Technologie nach den eingesetzten Aktuatoren unterschieden 9
Abbildung 4: PRISMA-Flowchart des Studienauswahlprozesses (übersetzte und gekürzte Darstellung auf Deutsch nach PRISMA 2020 flow diagram nach Page et al. (2021))..... 14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Suchbegriffe nach PICO 11
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien 13

1 Einleitung

1.1 Relevanz für die Pflege

Die Pflege und Betreuung der älteren Bevölkerung stellt eine Herausforderung für die stationäre Langzeitpflege der Schweiz dar und wird in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen (Pellegrini et al., 2022). Durch den demografischen Wandel nimmt die Zahl der pflegebedürftigen Personen stetig zu. Laut Prognosen wird die Altersgruppe der über 65-Jährigen bis 2040 um 52 % wachsen, bei den über 80-Jährigen wird sogar ein Anstieg von 88 % erwartet (Pellegrini et al., 2022, S. 4).

Diese demografischen Entwicklungen wirken sich auf die Arbeitsanforderungen in der Pflege aus. Pflegepersonen sind im Praxisalltag häufig hohen physischen Belastungen ausgesetzt, insbesondere durch das manuelle Heben, Transferieren, Mobilisieren und Umpositionieren, was zu Belastungen der Lendenwirbelsäule und muskuloskelettalen Beschwerden führt (Kurowski et al., 2014). In der Schweiz zeigt die SHURP-Studie, wie verbreitet diese Folgen sind: 73,2 % des Pflege- und Betreuungspersonals in der stationären Langzeitpflege berichten über Rücken- oder Kreuzschmerzen, 59,5 % geben Gelenk- und Gliederschmerzen an (Zúñiga et al., 2021, S. 117). Pflegepersonen führen im Durchschnitt etwa 24 Transferaufgaben pro Acht-Stunden-Schicht durch, wobei die meisten Transfers ohne Hilfsmittel erfolgen (Caponecchia et al., 2020, S. 4). Wiederkehrende physische Belastungen und repetitive Bewegungsabläufe stehen in Zusammenhang mit muskuloskelettalen Beschwerden, Schmerzen und erhöhter Krankheitsabsenz (Lögdal et al., 2025).

Neben den physischen Anforderungen sind auch häufige Arbeitsunterbrechungen und Zeitdruck relevante Risikofaktoren (Läubli, 2014). Tätigkeiten wie das Heben und Tragen schwerer Lasten verursachen jährliche Krankheitskosten von 370 Millionen Franken, hoher Zeitdruck generiert zusätzliche 380 Millionen Franken (Läubli, 2014, S. 3). Die physische Belastung in der stationären Langzeitpflege stellt somit nicht nur ein individuelles Gesundheitsrisiko dar, sondern ist auch mit erheblichen Kostenfolgen verbunden (Läubli, 2014).

1.2 Problemstellung

Neben dem demografischen Wandel, den physischen Belastungen und den Kostenfolgen bestehen zusätzliche strukturelle Herausforderungen. So berichten 96 % der stationären Langzeitpflegeeinrichtungen in der Schweiz über Schwierigkeiten bei der Personalrekrutierung (Zúñiga et al., 2021, S. xi). Der Personalmangel zählt zu einer der grössten Herausforderungen

der stationären Langzeitpflege und steht in engem Zusammenhang mit der hohen Arbeitsbelastung (Zúñiga et al., 2021). Dies wirkt sich negativ auf das Wohlbefinden und die Zufriedenheit des Pflegepersonals aus und kann die Qualität sowie die Kontinuität der Pflege beeinträchtigen (Zúñiga et al., 2021).

Diese strukturellen Belastungen zeigen sich auch in der Personalentwicklung. Die Fluktuationsrate in der stationären Langzeitpflege stieg zwischen 2021 und 2022 von 24 % auf 28 % (Pons-Vignon & Schneck, 2024, S. 11). Es entsteht ein Kreislauf, in dem die strikte zeitliche Taktung einzelner Pflegetätigkeiten zu einer konstanten Überlastung führt, was Erschöpfungszustände und vermehrte Kündigungen nach sich zieht (Pons-Vignon & Schneck, 2024).

Gleichzeitig hat sich das Bewohner*innenprofil verändert. In stationären Langzeitpflegeeinrichtungen leben heute mehrheitlich hochaltrige, multimorbide Personen (Pahud et al., 2025). Obwohl die Zahl der Heimeintritte gesunken ist, hat die Pflegeintensität zugenommen, da Personen mit geringerem Pflegebedarf vermehrt ambulant oder durch Angehörige betreut werden. In stationären Einrichtungen leben daher überwiegend Personen mit mittlerer bis hoher Pflegeabhängigkeit, die auf umfassende pflegerische und medizinische Unterstützung angewiesen sind (Pahud et al., 2025). Diese Entwicklung verstärken die physischen Anforderungen an das Pflegepersonal zusätzlich.

Zur Reduzierung der physischen Belastungen existieren bereits verschiedene Ansätze. In der Praxis werden vor allem ergonomische Schulungen und Trainings im Umgang mit Hilfsmitteln wie Gleithilfen oder mobilen Hebehilfen eingesetzt (Sousa et al., 2023). Besonders wirksam scheint dabei die Kombination aus theoretischem Input und praktischem Training zu sein, da Transfers und Mobilisationen so rückenschonender gestaltet und muskuloskelettale Beschwerden reduziert werden können (Sousa et al., 2023). Darüber hinaus implementieren Best-Practice-Programme sogenannte No-Lift-Policys, die das manuelle Heben ohne Hilfsmittel verbieten und die konsequente Nutzung von Hilfsmitteln fördern (Noble & Sweeney, 2018). Neuere Präventionsansätze beziehen Pflegepersonen zudem aktiv in die Gestaltung ergonomischer Arbeitsabläufe ein (Krishnanmoorthy et al., 2025). Auch pflegerische Bewegungskonzepte wie Kinaesthetics zeigen positive Wirkungen, sind allerdings bislang nur begrenzt wissenschaftlich belegt (Freiberg et al., 2016).

Trotz all dieser Massnahmen bleiben die Belastungsfaktoren in der Praxis bestehen, da Zeitdruck, Personalmangel und eine unzureichende ergonomische Umsetzung den Alltag weiterhin erschweren (Hochhauser & Liberman, 2024). Es besteht daher Bedarf an ergänzenden Ansätzen, die über die bisherigen Massnahmen hinausgehen.

1.3 Eingrenzung des Themas/Forschungslücke

Neue Assistenzsysteme wie Exoskelette werden als potenzielle Lösungen diskutiert, die über bestehende ergonomische Ansätze hinausgehen und einen zusätzlichen Beitrag zur physischen Entlastung von Pflegepersonen bieten könnten (Vallée, 2024). Der Bericht von Reicherzer und Graf (2024) zeigt jedoch, dass Exoskelette bisher vorwiegend in industriellen und logistischen Arbeitsbereichen untersucht wurden, während Untersuchungen in Gesundheitsberufen seltener sind. Auch Vallée (2024) weist darauf hin, dass die vorhandene Evidenz bezüglich Wirksamkeit und Alltagstauglichkeit von Exoskeletten im Gesundheitswesen begrenzt ist. Für die stationäre Langzeitpflege in der Schweiz stellen Rüegger et al. (2016) fest, dass technisch assistierende Systeme für physisch anspruchsvolle Pflegetätigkeiten noch wenig verbreitet sind und sich in der praktischen Umsetzung erst am Anfang befinden.

Aus diesen Erkenntnissen ergibt sich eine Forschungslücke hinsichtlich der Frage, ob tragbare Exoskelette bei Transfer- und Mobilisierungsaufgaben zur physischen Entlastung des Pflegepersonals in der stationären Langzeitpflege beitragen können.

1.4 Zielsetzung und Forschungsfrage

Auf Basis der dargestellten Problemstellung und der identifizierten Forschungslücke verfolgt die vorliegende Arbeit folgende Zielsetzung und Fragestellung.

1.4.1 Zielsetzung

Das Ziel dieser systematischen Literaturübersicht ist es, den aktuellen Forschungsstand zum Einsatz tragbarer Exoskelette bei Transfer- und Mobilisierungsaufgaben hinsichtlich der physischen Entlastung des Pflegepersonals in der stationären Langzeitpflege darzustellen und kritisch zu bewerten.

1.4.2 Fragestellung

«Führt der Einsatz von tragbaren Exoskeletten bei Transfer- und Mobilisierungsaufgaben zu einer physischen Entlastung des Pflegepersonals in der stationären Langzeitpflege?»

2 Theoretischer Rahmen

Im folgenden Abschnitt werden zentrale Begriffe definiert und vorgestellt. Dabei wird die stationäre Langzeitpflege, das Pflegepersonal, die physische Belastung, das Belastungs-Beanspruchungs-Modell sowie die Exoskelette beschrieben.

2.1 Stationäre Langzeitpflege

Die Stationäre Langzeitpflege bezeichnet die Pflege und Betreuung von Personen, welche nicht mehr in der Lage sind, ihren Alltag selbstständig zu bewältigen und daher eine langfristige professionelle Unterstützung in einem institutionellen Rahmen benötigen (palliative.ch, 2024). Zu den stationären Einrichtungen gehören Institutionen wie Alters- und Pflegeheime, Seniorenresidenzen und Langzeitpflegeeinheiten (Rigaud et al., 2024).

2.2 Pflegepersonal

Das Pflege- und Betreuungspersonal der stationären Langzeitpflege umfasst Personen mit unterschiedlichen Ausbildungsniveaus. Dazu gehören Pflegefachpersonen mit Abschlüssen auf Tertiärstufe, Fachpersonen Gesundheit mit einem Abschluss der Sekundarstufe II sowie Assistent*innen Gesundheit und Soziales mit einem Berufsattest. Ergänzend arbeiten auch Personen ohne formalen Ausbildungsabschluss in der direkten Pflege und Betreuung (Merçay et al., 2021). Die Berufsgruppen übernehmen in der stationären Langzeitpflege entsprechend ihrem Kompetenzniveau unterschiedliche Aufgabenbereiche, die von Grundpflege und Alltagsunterstützung über medizinaltechnische Tätigkeiten bis hin zu komplexen Pflegeprozessen, Beratung, Anleitung und Konzeptentwicklung reichen (Langzeitpflege.ch, o. J.).

2.3 Physische Belastung

Unter physischer Belastung wird jede Form körperlicher Beanspruchung verstanden, die im Rahmen beruflicher oder ausserberuflicher Tätigkeiten auftritt. Sie umfasst motorische und kardiopulmonale Anforderungen, die das Muskel-Skelett- sowie das Herz-Kreislauf-System betreffen. Dazu gehören repetitive Bewegungen, Körperhaltungen, Kraftaufwand und die Nutzung physischer Kräfte unabhängig davon, ob Lasten bewegt werden oder nicht (Liebers & Schust, 2023). Die subjektiv wahrgenommene physische Belastung beschreibt die individuelle Einschätzung, wie belastend die physischen Anforderungen erlebt werden. Sie ist personenabhängig, kann sich trotz gleicher objektiver Bedingungen unterscheiden und wird durch individuelle Ressourcen, Erfahrungen und situative Faktoren beeinflusst (Poppeller, 2012).

2.3.1 Belastungs-Beanspruchungs-Modell

Das Belastungs-Beanspruchungs-Modell nach Rohmert beschreibt, wie sich die Arbeitsbedingungen auf das Wohlbefinden und die Gesundheit von Arbeitnehmenden auswirken. Ein Gedanke des Modells ist, dass die Arbeitsanforderungen nicht gut oder schlecht sind, sondern vorerst als neutral angesehen werden. Erst durch die individuellen Ressourcen und Fähigkeiten der jeweiligen Person zeigt sich, ob positive oder negative Folgen entstehen. (Petersen & Melzer, 2022)

2.3.1.1 Aufbau des Modells

Als Arbeitsbelastungen werden alle äusseren Faktoren bezeichnet, die während der Arbeit auf eine Person einwirken. Dazu zählen der Arbeitsinhalt, die Arbeitsorganisation, die Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz sowie soziale und gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Wie Personen auf diese Einflüsse reagieren, wird durch individuelle Eigenschaften bestimmt, darunter Qualifikation, Berufserfahrung, Körperbau und der aktuelle Gesundheitszustand. Das Modell unterscheidet zwischen kurzfristigen Reaktionen der Beanspruchung und längerfristigen Auswirkungen der Beanspruchungsfolgen. Diese können sich kurzfristig positiv durch eine Aktivierung des Kreislaufs, Trainingseffekte oder Kompetenzzuwachs oder negativ in Form von Erschöpfung oder Stress zeigen. Langfristig kann dies zu positiven Entwicklungen wie dem Aufbau physischer und mentaler Fähigkeiten führen, aber auch zu negativen Konsequenzen wie chronischen Beschwerden, Burnout oder krankheitsbedingten Ausfällen. (Petersen & Melzer, 2022)

2.3.1.2 Belastungs-Beanspruchungsmodell im Pflegekontext

In der pflegerischen Versorgung zeigen sich die physischen Belastungen bei Tätigkeiten, die engen Körperkontakt zu pflegebedürftigen Personen erfordern. Kurowski et al. (2014) zeigen vier Tätigkeitsbereiche, die durch ungünstige Bewegungsabläufe und erhöhte physische Anforderungen gekennzeichnet sind.

Umpositionieren: Lagewechsel von pflegebedürftigen Personen innerhalb derselben Liegefläche, wie beispielsweise das Hochrutschen oder Drehen im Bett (Kurowski et al., 2014).

Transfer: Umsetzen von pflegebedürftigen Personen zwischen verschiedenen Oberflächen wie von der Bettkante auf einen Rollstuhl (Kurowski et al., 2014).

Transport: Beförderung von pflegebedürftigen Personen durch die Einrichtung unter Verwendung von Hilfsmitteln wie Rollstühlen (Kurowski et al., 2014).

Mobilisation: Unterstützung und Begleitung beim selbstständigen Gehen von pflegebedürftigen Personen (Kurowski et al., 2014).

Eingeordnet im Belastungs-Beanspruchungsmodell gehören diese Aktivitäten zu den äusseren Arbeitsanforderungen, die je nach den individuellen Ressourcen der Pflegeperson zu verschiedenen physischen und psychischen Reaktionen führen (Petersen & Melzer, 2022).

2.3.1.3 Beanspruchungsfolgen im Pflegekontext

Die Beanspruchungsfolgen zeigen sich gemäss dem Modell auf physischer Ebene des Bewegungsapparats und führen zu Rückenschmerzen, Nacken- und Schulterbeschwerden sowie physischer Erschöpfung. Auf psychischer Ebene können verschiedene psychosomatische Symptome wie Schlafstörungen, Niedergeschlagenheit und emotionale Erschöpfung auftreten. Die Emotionale Erschöpfung stellt dabei einen Risikofaktor des Burnout-Syndroms dar und steht im Kontext mit der Absicht von Pflegepersonen, den Beruf eher zu verlassen. Auf betrieblicher Ebene zeigen sich die Beanspruchungsfolgen in Form von erhöhten Fehlzeiten, Fluktuation und Frühverrentungen. (Petersen & Melzer, 2022)

Abbildung 1 fasst die beschriebenen Zusammenhänge zwischen Arbeitsbelastungen, Beanspruchung und Beanspruchungsfolgen übersichtlich zusammen.

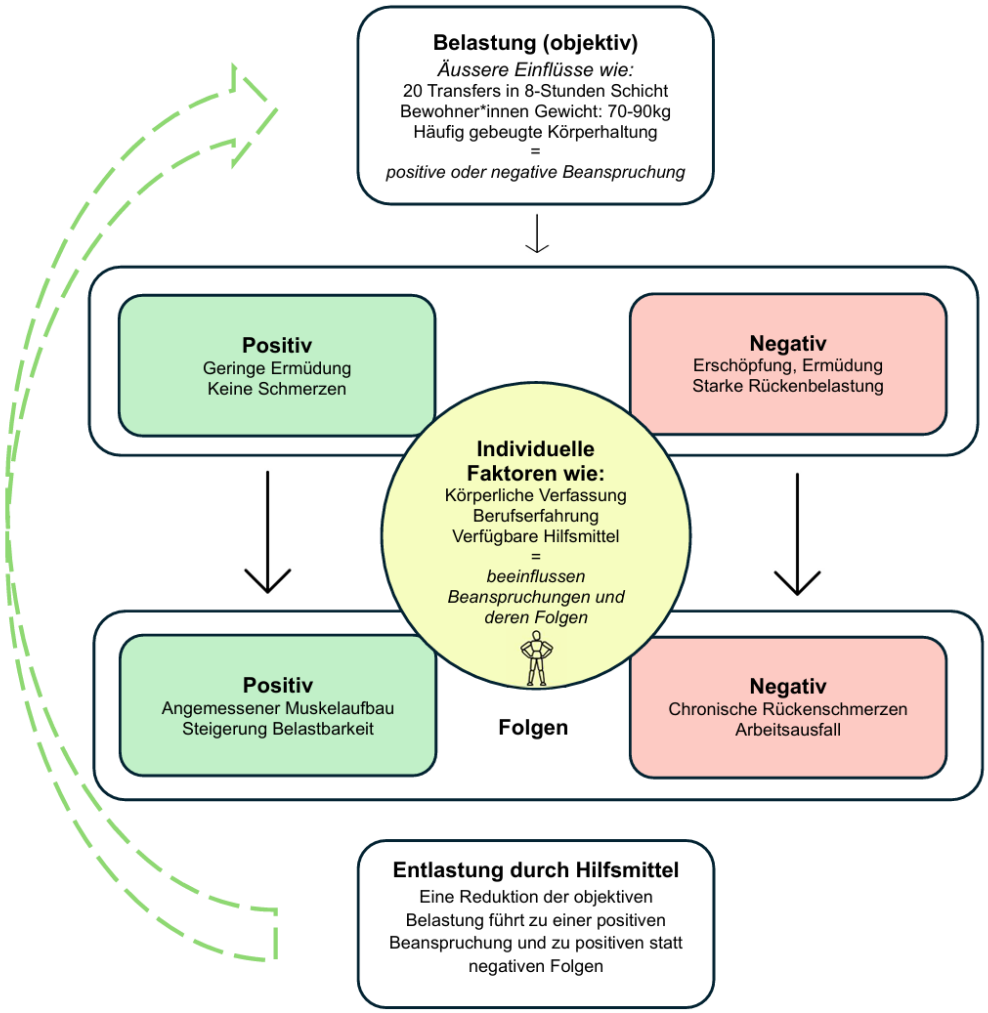


Abbildung 1: Belastungs-Beanspruchungs-Modell (eigene Darstellung nach Petersen & Melzer 2022)

2.3.2 Messung der physischen Belastung

Die physische Belastung kann mit unterschiedlichen objektiven und subjektiven Verfahren gemessen werden. Das National Research Council & Institute of Medicine (2001) beschreibt dazu biomechanische Messansätze wie die Messung von Kompressionskräften auf die Wirbelsäule sowie kinematische Analysen zur Bestimmung der Körperhaltungen und Bewegungen. Ergänzt werden diese durch elektromyografische Verfahren zur Bestimmung der Muskelaktivität sowie psychophysische Instrumente wie Schmerzskalen für die subjektive Wahrnehmung der Belastungen. Durch die Kombination dieser Methoden kann eine umfassende Bewertung der Belastungssituation erstellt werden.

2.4 Exoskelett

Das Wort Exoskelett kommt ursprünglich aus Griechenland und besteht aus zwei zusammengesetzten Wörtern. *Exo* bedeutet auf Deutsch «aussen» oder «von aussen» und *Skeletos* bedeutet übersetzt «ausgetrockneter Körper» (Remira, o. J.). In der Fachliteratur werden Exoskelette als Assistenzsysteme beschrieben, welche nah am Körper getragen werden und mechanisch auf den Körper einwirken können. Sie werden so gebaut, dass sie das Skelett- und Bewegungssystem bei physisch anstrengenden Tätigkeiten unterstützen sollen (Steinhilber et al., 2020).

2.4.1 Exoskelett-Typen

Um die Exoskelett-Typen übersichtlich abbilden zu können, gliederten Flor-Unda et al. (2023) die Exoskelette zuerst nach der Körperregion, die unterstützt werden soll. Diese Einteilung wird in Abbildung 2 gezeigt. Die technologischen Entwicklungen wurden in vier Hauptbereichen aufgezeigt. Dazu gehören Ganzkörper-Exoskelette, Systeme für die oberen Extremitäten, Exoskelette für die unteren Extremitäten sowie spezifische Varianten, welche einzelne Körperregionen wie Hände, Arme oder Beine unterstützen sollen (Flor-Unda et al., 2023). Eine weitere Unterscheidung betrifft die kinematische Struktur, besonders den Unterschied zwischen soft/weich und rigid/hart. Softe-Exoskelette bestehen aus flexiblen textilischen Materialien, die sich eng an den Körper anpassen und durch elastische Elemente unterstützen. Die Wirkung zeigt sich beispielsweise bei Rumpfbeugungen, wo sie gedehnt werden und beim Aufrichten Energie freisetzten, um die natürliche Bewegung aufrechtzuerhalten (Schwartz et al., 2021). Rigide-Exoskelette bestehen aus starren mechanischen Elementen wie Gelenken und Federstrukturen. Die Unterstützung zeigt sich über eine feste Hüftgelenksachse, über die Kräfte übertragen und somit höhere Lasten abgefangen werden können. Dadurch bieten sie mehr Stabilität, schränken aber die Bewegungsfreiheit stärker ein (Schwartz et al., 2021).

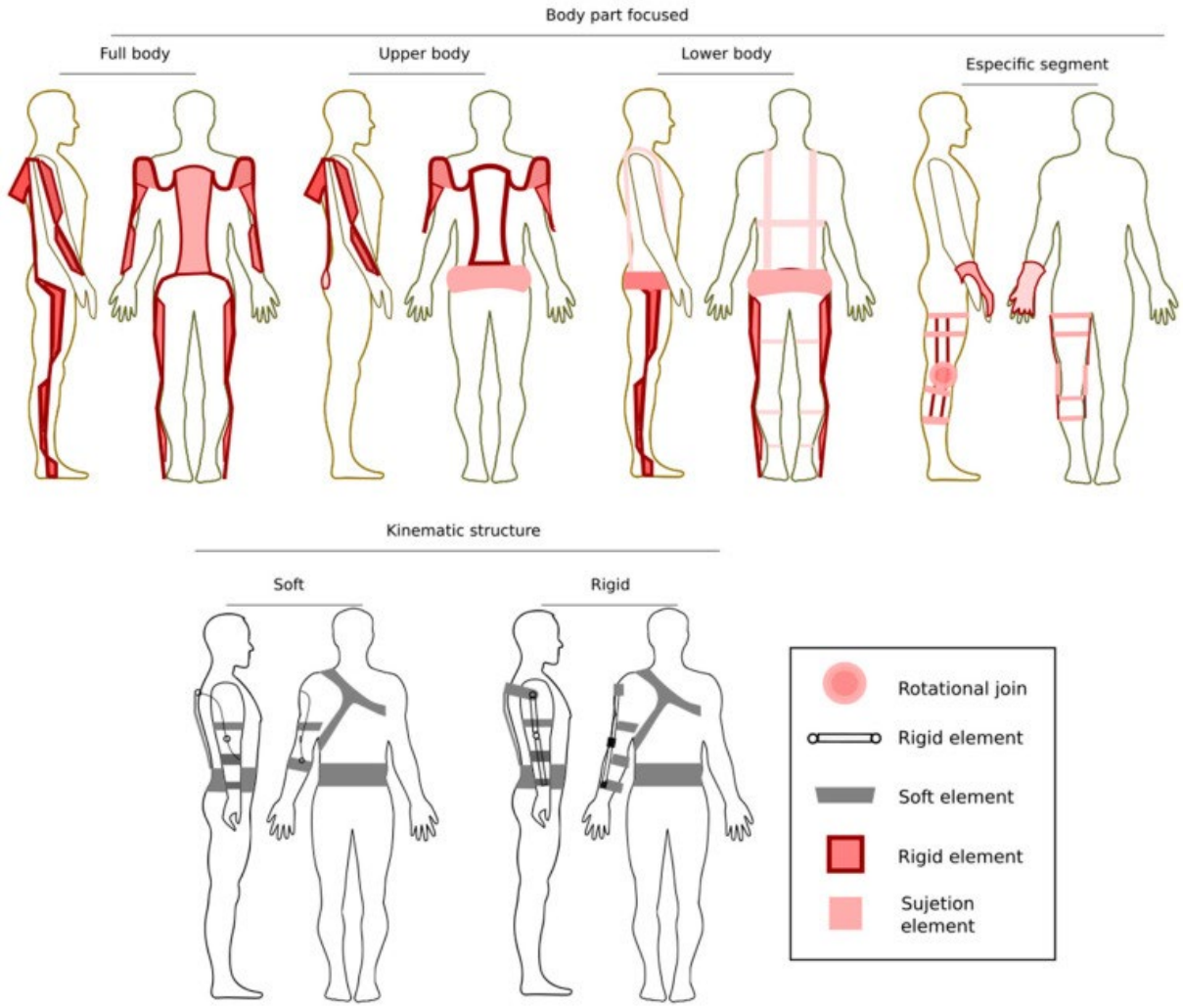


Abbildung 2: Klassifikation von Exoskeletten nach Körpersegment und kinematischer Struktur

Quelle: Flor-Unda, O., Casa, B., Fuentes, M., Solorzano, S., Narvaez-Espinoza, F., & Acosta-Vargas, P. (2023). Exoskeletons: Contribution to occupational health and safety. *Bioengineering, 10*(9), 1039. https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039 Lizenz: CC BY 4.0.

2.4.2 Funktionsprinzipien

Es werden drei Funktionsprinzipien unterschieden passive, semiaktive und aktive Systeme. Passive Exoskelette arbeiten ohne externe Energiezufuhr und nutzen mechanische Elemente, wie Federn oder elastische Bänder, um die Bewegungen zu unterstützen oder bestimmte Körperstellungen zu entlasten (de Looze et al., 2015). Semi-aktive Systeme kombinieren passive Strukturen mit einer aktiven situativen Energiezufuhr. Sie greifen nur dann auf elektrische Unterstützung zurück, wenn dies für die Bewegungskorrektur oder Kraftunterstützung erforderlich ist (Shafer et al., 2023). Aktive Exoskelette verfügen motorisierte Aktuatoren, die über externe Energiequellen wie hydraulische, pneumatische oder elektrische Systeme angetrieben werden (de Looze et al., 2015). Zusätzlich wird in Abbildung 3 die rigide/harte Struktur weiter unterteilt in anthropometrische und nicht-anthropometrische Systeme. Anthropometrische Exoskelette

orientieren sich eng an den menschlichen Proportionen und Gelenkachsen. Nicht-anthropometrische Systeme sind eher auf eine maximale Kraftübertragung ausgelegt und werden weniger an die natürliche Körperform angefertigt (Steinhilber et al., 2020). Die Abbildung zeigt ausserdem verschiedene Antriebstechnologien, wie mechanische, hydraulische und pneumatische Systeme sowie moderne künstliche Muskeln (Flor-Unda et al., 2023). Durch diese Klassifikationen wird ersichtlich, wie vielseitig die technologischen Ansätze im Bereich der Exoskelette sind und wie sie an die verschiedenen physischen Anforderungen angepasst werden können.

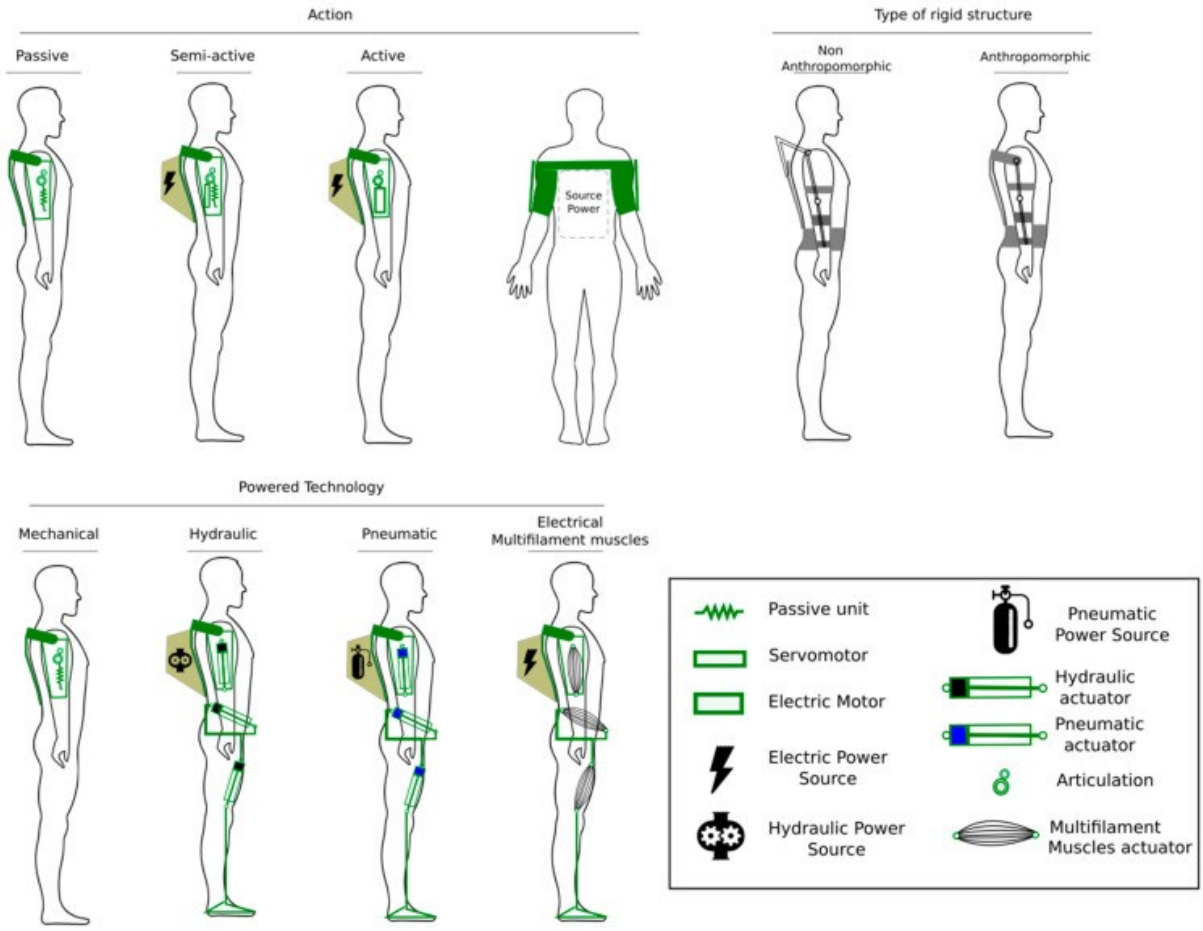


Abbildung 3: Exoskelette werden nach ihrer Funktionsweise, der Art ihrer starren Struktur und der verwendeten Technologie nach den eingesetzten Aktuatoren unterschieden

Quelle: Flor-Unda, O., Casa, B., Fuentes, M., Solorzano, S., Narvaez-Espinoza, F., & Acosta-Vargas, P. (2023). Exoskeletons: Contribution to occupational health and safety. *Bioengineering, 10*(9), 1039. https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039 Lizenz: CC BY 4.0.

3 Methodik

Das gesamte methodische Vorgehen orientiert sich an den Empfehlungen von Mayer et al. (2023) für systematische Literaturübersichten im Gesundheitswesen. Die Darstellung gliedert sich in Design, Suchstrategie und Datenbanken, Suchbegriffe und Suchstrings, Screening, Ein- und Ausschlusskriterien, Flowchart, Qualitätsbewertung sowie Synthese- und Diskussionsverfahren.

3.1 Design: Systematische Literaturübersicht

Für das Forschungsvorhaben wurde eine systematische Literaturübersicht als methodischer Ansatz ausgewählt. Diese Methode dient dazu, die vorhandenen Forschungsergebnisse zu erfassen, kritisch zu bewerten und im Hinblick auf ihre Bedeutung für die pflegerische Praxis zu analysieren. Das Vorgehen folgt methodischen Standards und ermöglicht eine evidenzbasierte Beantwortung der Forschungsfrage. Die Wahl der systematischen Literaturübersicht erfolgt in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Hochschule Luzern.

3.2 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche beschreibt das systematische Vorgehen bei der Suche nach relevanten Studien. Im Folgenden werden die Suchstrategie, die verwendeten Datenbanken sowie die entwickelten Suchbegriffe und Suchstrings dargestellt.

3.2.1 Suchstrategie und Datenbanken

Zu Beginn der Literaturrecherche wurde Anfang September 2025 eine breite thematische Suche in mehreren Datenbanken durchgeführt, um das Feld technischer Assistenzsysteme für physisch anspruchsvolle Pflegetätigkeiten abzubilden. Dadurch wurden relevante Suchbegriffe, Synonyme sowie thematische Schwerpunkte herausgefiltert. Auf Grundlage der Vorrecherche und Anpassung der Forschungsfrage wurde Anfang November 2025 die finale Suchstrategie entwickelt und in mehreren Testläufen angepasst und verfeinert. Bei den Testläufen wurden auch MeSH-Begriffe, CINAHL Headings sowie der Operator NOT geprüft. Da die Schlagwörter jedoch oftmals sehr breit waren und eine hohe Zahl ungeeigneter Treffer erzeugten, wurden sie nur punktuell genutzt. Die finale Suche wurde daher primär mit Freitextbegriffen, Trunkierungen, Phrasensuchen sowie den Booleschen Operatoren AND und OR durchgeführt. Die Suchläufe wurden für jede Datenbank im Rechercheprotokoll dokumentiert. Die Auswahl der Datenbanken orientierte sich an den Vorgaben der Hochschule Luzern sowie an der Fragestellung. PubMed wurde als grösste medizinische Datenbank mit Freitextsuchen, Trunkierungen und Phrasensuchen durchsucht, ergänzt durch Filter für Studientyp, Sprache

und Publikationszeitraum. CINAHL wurde als pflegespezifische Datenbank einbezogen, bei der Suche kamen CINAHL Headings und Freitextsuchen zum Einsatz. Ovid MEDLINE wurde genutzt, um die medizinische Suche zu erweitern. IEEE Xplore wurde als technisch-ingenieurwissenschaftliche Datenbank einbezogen, erwies sich jedoch als unpassend, da die Treffer mehrheitlich rein technische Prototypen ohne pflegerischen Bezug darstellten. Auch fitNursing wurde durchsucht, lieferte jedoch ebenfalls keine relevanten Treffer. Neben der systematischen Datenbankrecherche wurde ergänzend eine einfache Suchanfrage in Google Scholar durchgeführt, um potenziell relevante Studien zu identifizieren, die in den wissenschaftlichen Datenbanken nicht auffindbar waren. Die ergänzende Suche führte zu einer weiteren potenziell relevanten Studie.

3.2.2 Suchbegriffe und Suchstrings

Die Suchbegriffe wurden anhand der PICO-Struktur und der Forschungsfrage entwickelt.

Tabelle 1: Suchbegriffe nach PICO

Kategorie (PICO)	**Deutsch**	**Englisch**
P: Population	Pflegepersonal Pflegekraft Altenpflegepersonal Langzeitpflegepersonal Betreuungs- und Pflegepersonal	nursing staff nurse caregivers elderly care staff long-term care staff
I: Intervention	Exoskelett passives Exoskelett aktives Exoskelett hybrides Exoskelett körpergetragenes Exoskelett tragbare Robotik	Exoskeleton passive exoskeleton active exoskeleton hybrid exoskeleton wearable exoskeleton wearable robotic device
C: Comparison	manuelle Transfers	manuall transfer

	transfer ohne Hilfsmittel	transfer without exoskeleton
O: Outcome	körperliche Entlastung Rückenentlastung Reduktion physischer Belastung subjektive Entlastung Belastungserleben muskuloskelettale Beschwerden arbeitsbedingte Beschwerden Rückenschmerzen Muskelermüdung	physical relief back relief reduction physical workload perceived relief perceived exertion musculoskeletal disorders work-related complaints back pain musculoskeletal fatigue

Die finalen Suchstrings wurden aus diesen Begriffen erstellt. Das Rechercheprotokoll dokumentiert die relevantesten Suchläufe, verwendete Datenbanken, Suchbegriffe, angewendete Filter sowie Trefferzahlen und Datum der Suche. Es enthält Begründungen für Ein- und Ausschlüsse ins Flowchart und dient zur Nachvollziehbarkeit des Vorgehens. Das vollständige Rechercheprotokoll befindet sich in Anhang A.

3.3 Literaturauswahl

Die Literaturauswahl beschreibt den Prozess der Studienidentifikation und -selektion. Folglich werden das Screening-Verfahren, die definierten Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Auswahlprozess im PRISMA-Flowchart dargestellt.

3.3.1 Screening der Studien

Die Literaturverwaltungssoftware Citavi 6 diente zur Organisation der Suchergebnisse. Für jede Datenbank wurde zuerst ein eigener Projektordner angelegt. Alle Treffer wurden exportiert und anschliessend in einem Sammelordner zusammengeführt. Die Dublettenerkennung von Citavi wurde nicht genutzt, stattdessen wurde eine manuelle Überprüfung durchgeführt. Von ursprünglich 270 Treffern verblieben 154 Datensätze. Das Screening erfolgte daraufhin in zwei Stufen. Mithilfe der Markierungs- und Kommentarfunktion in Citavi wurden die Datensätze in geeignet, unsicher oder unpassend eingeteilt. Im ersten Schritt wurden alle Titel und Abstracts hinsichtlich ihrer Relevanz geprüft. Studien ohne erkennbaren Bezug zur Thematik

wurden danach ausgeschlossen. In der zweiten Stufe erfolgte die Volltextanalyse der verbleibenden 14 Publikationen. Nach Anwendung der definierten Ein- und Ausschlusskriterien wurden nur vier Studien in die Synthese aufgenommen. Die Ein- und Ausschlusskriterien aus Tabelle 2 wurden in allen Schritten immer einbezogen.

3.3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien

Kategorie	Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Setting	Stationäre Langzeitpflege, Settings mit älterer Population	Ambulante Versorgung und Rehabilitation, Laborumgebungen ohne Praxisbezug, andere Berufe welche keinen Bezug zur Langzeitpflege haben
Population	Pflegepersonal, Pflegeassistenz, Pflegehelfer*innen, Pflegepersonen, Personen welche regelmässigen Transfers und Mobilisationen in der Pflege durchführen	Reiner Fokus auf Bewohner*innen ohne Bezug zur Entlastung des Pflegepersonals, reine Technische- oder Entwicklungsstudien ohne Bezug zum Pflegepersonal
Intervention	Körpergetragene Exoskelette aktiv, passiv und semiaktiv, Einsatz bei physisch belastenden Pflegeaufgaben wie Heben, Transfer, Mobilisieren, Umpositionieren	Exoskelette für Reha- oder Therapieanwendungen getragen von Bewohnenden, Assistenzsysteme ohne körpernahes Exoskelett wie Hebelifter
Outcomes	Physische Entlastung, Reduktion von Schmerzen, Reduktion Beanspruchung Muskeln- und Gelenke, Reduktion der subjektiven Wahrnehmungen auf Schmerzen und Entlastungen oder Belastungen	Keine Angaben zu den gemessenen oder wahrgenommenen physischen Entlastungen der Pflegepersonen, Outcomes von Bewohnenden oder rein technischen Aspekten
Studiendesign	Qualitative-, quantitative-, Mixed-Methods- und Pilotstudien	Reviews, Meinungsberichte oder rein technische Berichte oder Studien
Sprache	Deutsch, Englisch	Andere Sprachen

3.3.3 Auswahlprozess der Studien

Die Struktur des Auswahlprozesses basiert auf dem PRISMA-Flow-Diagramm nach Page et al. (2021) und wurde von der englischen Vorlage ins Deutsche übersetzt sowie auf den vorliegenden Auswahlprozess angepasst.

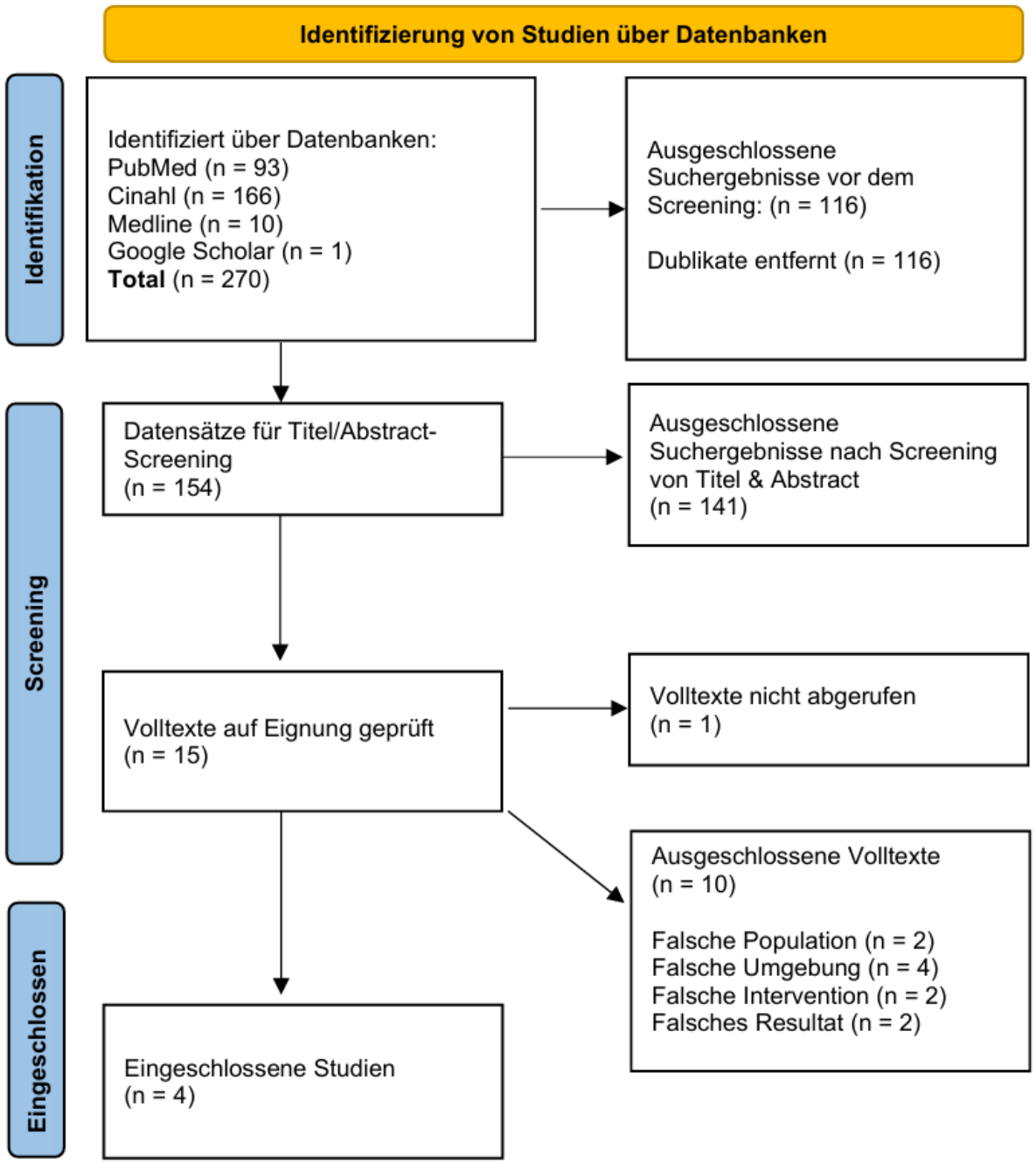


Abbildung 4: PRISMA-Flowchart des Studienauswahlprozesses (übersetzte und gekürzte Darstellung auf Deutsch nach PRISMA 2020 flow diagram nach Page et al. (2021))

3.3.4 Qualitätsbewertung der Studien

Die Qualitätsbewertung der eingeschlossenen Studien wurde mit standardisierten Bewertungsinstrumenten durchgeführt, um die methodische Güte zu beurteilen und die Vertrauenswürdigkeit der Studien einzuschätzen. Die Auswahl der Instrumente orientierte sich am Studiendesign der eingeschlossenen Publikationen. Für qualitative und quantitative Studien wurden die Checklisten nach Mayer et al. (2023) verwendet. Dabei wurden die methodischen Kriterien wie Forschungsproblem, Studiendesign, Datenerhebung, Datenanalyse und Ergebnisdarstellung bewertet. Für Mixed-Methods-Studien kam das Mixed Methods Appraisal Tool nach Hong et al. (2018) zum Einsatz, wo qualitative und quantitative Komponenten sowie die methodische Integration bewerteten wurden. Die Bewertung wurde für jede Studie einzeln anhand der Kriterien durchgeführt. Alle Bewertungen befinden sich im Anhang B-E. Die Bewertungsergebnisse wurden bei der Synthese der Studienbefunde berücksichtig.

3.3.5 Vorgehen bei Synthese, Diskussion und Limitation

3.3.5.1 Vorgehen bei der Synthese

Die Ergebnisse der eingeschlossenen Studien wurden durch eine thematische Synthese zusammengeführt. Im ersten Schritt wurden die Ergebnisse jeder Studie tabellarisch zusammengefasst siehe Anhang F. Die tabellarische Zusammenfassung half dabei, wiederkehrende Themen und Muster für die Synthese zu identifizieren. Im zweiten Schritt wurden die Ergebnisse der identifizierten Themen geordnet und zusammengeführt. Die Gliederung der Synthese orientiert sich an sechs Ergebnisbereichen, darunter die subjektive und objektive physische Entlastung, Einsatzbereiche, Einschränkungen, Tragekomfort sowie Praktikabilität.

3.3.5.2 Vorgehen bei der Diskussion

Die Diskussion knüpft an die Ergebnisse der Synthese an und ordnet diese im Kontext der Relevanz für die Pflege und der dargestellten Problemstellung ein. Als theoretischer Rahmen dient das Belastungs-Beanspruchungs-Modell, mit dem die Ergebnisse interpretiert und mögliche Erklärungen für Übereinstimmungen und Unterschiede zwischen den eingeschlossenen Studien abgeleitet werden. Anschliessend wird die Aussagekraft der Ergebnisse anhand der Studienqualität kritisch eingeordnet. Zuletzt wird die Forschungsfrage auf Basis der Gesamtsynthese beantwortet.

3.3.5.3 Vorgehen bei den Limitationen

Die Limitationen des eigenen methodischen Vorgehens werden kritisch reflektiert. Die Reflexion orientiert sich an den Gütekriterien für systematische Literaturübersichten nach Mayer et al. (2023). Ergänzend werden die Limitationen und Stärken der vorliegenden Arbeit dargestellt.

4 Ergebnisse

Folgender Abschnitt stellt die Ergebnisse der systematischen Literaturübersicht dar. Die vier eingeschlossenen Studien werden einzeln kurz zusammengefasst und kritisch gewürdigt.

4.1 Studie 1: Kato et al. (2021)

4.1.1 Zusammenfassung der Studie

Kato et al. (2021) untersuchten in einer Beobachtungsstudie, bei welchen Pflegetätigkeiten zwei tragbare Transfersupport Systeme eingesetzt werden darunter der Muscle Suit und der HAL Lumbar Type for Care Support (HAL). Die Studie wurde in zwei japanischen Langzeitpflegeeinrichtungen durchgeführt, in denen die Exoskelette bereits seit mehr als 24 Monaten im Praxisalltag genutzt wurden. Die Datenerhebung erfolgte mit einer Zeit Bewegungs-Analyse im Ein Minuten Intervall während Tagdiensten. Ergänzend wurden Fragebögen zur wahrgenommenen physischen und mentalen Entlastung sowie Interviews zur nachhaltigen Nutzung durchgeführt. Insgesamt wurden n=18 Pflegepersonen für den Muscle Suit und n=7 Pflegepersonen für den HAL im Fragebogen erfasst. Die Auswertung zeigte, dass beide Exoskelette überwiegend in der direkten Pflege vor allem bei Transferunterstützung und Toilettenpflege eingesetzt wurden. Zudem wurde der Einsatz am stärksten am Morgen beobachtet. In den Fragebögen gaben alle n=18 Pflegepersonen mit dem Muscle Suit an, dass die physische Belastung reduziert wird und 61 % berichteten auch eine Reduktion der mentalen Belastung. Beim HAL gaben 66.6 % der n=7 Pflegepersonen eine Reduktion der physischen Belastung an und 50 % eine Reduktion der mentalen Belastung. Die Autor*innen schlussfolgern, dass eine feste Einbindung in geplante Abläufe und die Berücksichtigung der systemspezifischen Eigenschaften wichtig sind, damit die Nutzung im Alltag langfristig funktioniert.

4.1.2 Kritische Würdigung

Die Studie von Kato et al. (2021) gibt Einblicke über den Einsatz der Exoskelette im realen Praxisalltag. Die Objektivität wird durch standardisierte Kodierungen der Zeit-Bewegungs-Analyse sowie den Einsatz validierter Skalen zur Technikbereitschaft gestützt. Die Reliabilität ist jedoch eingeschränkt beurteilbar, da Angaben zur Interrater-Reliabilität zwischen den Beobachtenden fehlen. Zudem birgt das Ein-Minuten-Intervall das Risiko, einige Pflegetätigkeiten zu übersehen. Die interne Validität ist begrenzt, da keine Kontrollgruppe vorhanden war und die physische Entlastung hauptsächlich über subjektive Selbstauskünfte erhoben wurde. Der Selektionsbias schränkt die externe Validität ein, da ausschliesslich Best-Practice-Einrichtungen mit über 24 Monaten Erfahrung untersucht wurden, was die Übertragbarkeit auf neu einführende Einrichtungen erschwert.

4.2 Studie 2: Strube-Lahmann et al., 2023

4.2.1 Zusammenfassung der Studie

Strube-Lahmann et al. (2023) pilotierten in Deutschland das aktive Exoskelett Cray X für den Einsatz in der Akut- und Langzeitpflege. Die Studie umfasste zwei Phasen. In Phase 1 wurden n=7 Pflegeexpert*innen in einem Workshop befragt. Nach dem Anprobieren des Systems beantworteten sie einen teilstandardisierten Fragebogen. In Phase 2 wurde das Exoskelett von n=3 Pflegepersonen in einem Feldtest während regulärer Tätigkeiten in einem geriatrischen Krankenhaus und in einem Pflegewohnheim getragen. Dazu erfolgten qualitative Beobachtungen durch das Studienpersonal und eine anschliessende Befragung mittels Fragebogen. In Phase 1 konnten sieben Fragebögen ausgewertet werden. Als geeignete Tätigkeiten wurden vor allem Mobilisation und Transfer, Positionieren und Lagern im Bett sowie Arbeiten in vorgebeugter Haltung genannt. Als passende Versorgungsbereiche wurden unter anderem die Geriatrische Akutpflege und die stationäre Langzeitpflege beschrieben. Gleichzeitig wurden mehrere Anpassungsbedarfe betont, darunter eine einfachere Handhabung, eine kürzere Rüstzeit sowie eine Reduktion von Grösse, Breite und Gewicht. Zusätzlich wurden Verbesserungen am Gurtsystem gefordert, vor allem zur besseren Passform und zur Vermeidung von Druckstellen, sowie Anforderungen an Desinfizierbarkeit und geringere Lautstärke. In Phase 2 trugen die Pflegepersonen das Exoskelett während mehreren Stunden im Praxisalltag. Nach der Anwendung beschrieben sie eine Unterstützung bei Mobilisation, Positionierungen und Hebetätigkeiten. Gleichzeitig wurden als Barrieren das hohe Gewicht und ein ungenügender Tragekomfort genannt, unter anderem durch rutschende oder drückende Gurte, Schwitzen, Einschränkungen in engen Räumen und Schwierigkeiten bei der Bedienung mit dem Bildschirm. Zudem gelang das Anziehen nicht selbstständig und benötigte Unterstützung. Die Autor*innen schlussfolgern, dass wiederholte Schulungen, feste Ansprechpersonen und eine Einbindung in interne Standards wichtig wären.

4.2.2 Kritische Würdigung

Strube-Lahmann et al. (2023) zeigen Einblicke über Erkenntnisse eines Exoskeletts im Praxisalltag. Die Glaubwürdigkeit der qualitativen Daten wird durch die Beobachtungen, offenen Befragungen und die Auswertung mit qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring gestützt. Die Objektivität des quantitativen Teils wird durch den Einsatz etablierter Skalen zur Technikbereitschaft und Technikaffinität gefördert. Die Zuverlässigkeit wird von der zweiphasigen Erhebung mit Workshop und Feldtest in zwei verschiedenen Einrichtungen gestützt. Die Übertragbarkeit ist jedoch eingeschränkt, da nur n=3 Pflegepersonen im Feldtest teilnahmen und nur ein aktives Exoskelett-Modell getestet wurde. Die Bestätigbarkeit bleibt begrenzt, da Angaben zur Interrater-Reliabilität bei der qualitativen Kodierung fehlen.

4.3 Studie 3: Roentgen et al., 2024

4.3.1 Zusammenfassung der Studie

Roentgen et al. (2024) untersuchten in einer deskriptiv qualitativen Studie, wie Pflegepersonen das passive Laevo-Exoskelett im Praxisalltag erleben. Die Untersuchung fand in zwei niederländischen Langzeitpflegeeinrichtungen statt. Insgesamt nahmen n=22 Pflegepersonen mit chronischen Rückenschmerzen teil. Das Exoskelett wurde in vier Testphasen über 16 Monate mit drei unterschiedlichen Versionen erprobt. Die Datenerhebung erfolgte mit halbstrukturierten Interviews. Diese wurden nach dem Anpassen des Exoskeletts und nach einer Nutzungsphase durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass das Exoskelett vor allem in Belastungsspitzen während der Morgen und Abendpflege genutzt wurde. Die Erfahrungen wurden in mehreren Themen beschrieben, darunter das Anziehen und Einstellen, Bewegung und Komfort, das Erscheinungsbild, die Integration in die Arbeit sowie die wahrgenommenen Effekte. Pflegepersonen mit positiven Erfahrungen berichteten über weniger oder keine Rückenschmerzen. Dies wurde mit einer Entlastung des unteren Rückens und auch mit einem bewussteren Fokus auf Körperhaltung und ergonomische Bewegungen beschrieben. Als Barrieren wurden unter anderem Wärmeentwicklung mit stärkerem Schwitzen, eingeschränktes Sitzen sowie Bewegungseinschränkungen in kleinen Räumen genannt. Die Autor*innen sehen ein präventives Potenzial passiver Exoskelette, betonen aber, dass die Akzeptanz vor allem von Tragekomfort, Einbindung im Team und weiterer technischer Verbesserung abhängt.

4.3.2 Kritische Würdigung

Roentgen et al. (2024) geben Einblicke in die Erfahrungen von Pflegepersonen mit einem Exoskelett im realen Praxisalltag. Die Glaubwürdigkeit wird durch mehrere Faktoren gestärkt. Die Datenerhebung wurde über 16 Monate in zwei verschiedenen Langzeitpflegeeinrichtungen. Die Audioaufnahmen und Interviewzusammenfassungen wurden den Pflegepersonen zur Überprüfung gegeben. Zudem wurden die Daten von drei Forschenden erhoben und analysiert. Die Übertragbarkeit wird durch die ausführliche Beschreibung des Kontextes und die Übereinstimmung mit früheren Studien zum Laevo-Exoskelett unterstützt. Die Zuverlässigkeit wird von der Datenerhebung über mehrere Projektphasen und der erreichten Datensättigung gestützt. Die Bestätigbarkeit wurde durch regelmässige Rückkopplung mit dem Projektteam gesichert. Die Übertragbarkeit ist jedoch eingeschränkt, da nur ein Exoskelett-Modell getestet wurde und vor allem technikinteressierte Pflegepersonen teilnahmen. Die Durchführung während der Corona Pandemie belastete die Pflegepersonen zusätzlich und könnte die Qualität einzelner Interviews beeinflusst haben. Die Kooperation mit dem Hersteller des Exoskeletts ist zu berücksichtigen.

4.4 Studie 4: Saurio et al., 2025

4.4.1 Zusammenfassung der Studie

Saurio et al. (2025) untersuchten in einer finnischen Langzeitpflegeeinrichtung, wie sich das passive Exoskelett Auxivo LiftSuit auf Pflegepersonen im Arbeitsalltag auswirkt. Es handelte sich um eine dreiwöchige Testphase. Für den qualitativen Teil führten die n=8 Pflegepersonen Tagebuchnotizen zusätzlich wurden vor und nach der Testphase Interviews durchgeführt. Für den quantitativen Teil wurden bei n=7 Pflegepersonen zwei Arbeitsschichten gemessen, eine ohne Exoskelett und eine mit Exoskelett. Erfasst wurden Muskelaktivität, Herzfrequenz und Stoffwechselbelastung sowie vor und nach der Schicht die wahrgenommene Anstrengung und das Unbehagen. Die Messungen zeigten über die gesamte Schicht eine leicht tiefere Muskelaktivität mit Exoskelett. Im Mittel lag die Muskelaktivität ohne Exoskelett bei 9.3 % und mit Exoskelett bei 8.6 %. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Bedingungen waren nicht ersichtlich. Herzfrequenz und Stoffwechselbelastung unterschieden sich ebenfalls nicht signifikant. Die wahrgenommene Anstrengung nahm mit Exoskelett während der Schicht leicht zu, dies war aber ebenfalls nicht signifikant. Das wahrgenommene Unbehagen stieg mit Exoskelett innerhalb der Schicht signifikant an $p = 0.022$. In den Interviews und Tagebüchern beschrieben die Pflegepersonen das Exoskelett vor allem bei Tätigkeiten mit Vorgebeugter Haltung und bei der Pflege im Bett als hilfreich. Es wurden auch Barrieren genannt. Dazu gehörten Druckstellen und unangenehmes Tragegefühl sowie Einschränkungen bei tiefen Positionen wie in der Hocke. Als belastend wurde auch genannt, dass im hektischen Praxisalltag zusätzlich daran gedacht werden muss, das Exoskelett zu aktivieren und zu deaktivieren. Für den erfolgreichen Einsatz betonten die Autor*innen eine gute Einführung, sichtbare und einfache Verfügbarkeit im Arbeitsbereich, geklärte Hygieneprozesse sowie eine partizipative Kommunikation, damit das Gerät nicht als aufgezwungen erlebt wird.

4.4.2 Kritische Würdigung

Saurio et al. (2025) geben Einblicke der Verbindung zwischen subjektiven Erfahrungen und objektiven Messungen im realen Praxisalltag. Die Objektivität ist durch standardisierte Messungen der Muskelaktivität, Herzfrequenz und Stoffwechselbelastung gegeben. Die Glaubwürdigkeit stützt sich auf Interviews vor und nach der Testphase sowie Tagebücher. Die interne Validität wird durch kontrollierte Messungen im realen Arbeitsumfeld gestärkt. Die externe Validität ist jedoch begrenzt, da nur eine Langzeitpflegeeinrichtung und ein Exoskelett-Modell untersucht wurden. Die kleine Stichprobe von n=7 Pflegepersonen für die physiologischen Messungen lässt keine statistisch gesicherten Aussagen zu. Der dreiwöchige Testzeitraum ist zu kurz für Aussagen über langfristige Effekte oder eine vollständige Eingewöhnung an das Exoskelett.

4.5 Thematische Synthese

Die thematische Synthese ordnet die Ergebnisse der vier eingeschlossenen Studien entlang von sechs Hauptthemen. Diese umfassen die subjektiv wahrgenommene physische Entlastung, die objektiv messbare physische Entlastung, Einsatzbereiche sowie den Tragekomfort und die Praktikabilität.

4.5.1 Subjektiv wahrgenommene physische Entlastung

In allen vier Studien wird physische Entlastung primär als subjektive Wahrnehmung beschrieben. In der Studie von Kato et al. (2021) berichten die Pflegepersonen durchgehend, dass der Muscle Suit die physische Belastung reduziert. Beim HAL fällt die Zustimmung zwar ebenfalls mehrheitlich positiv aus, jedoch weniger als beim Muscle Suit. Zusätzlich zur physischen Entlastung gaben 61% der Pflegepersonen beim Muscle Suit und 50% beim HAL auch eine Reduktion der mentalen Belastung an (Kato et al., 2021). Die Studie von Roentgen et al. (2024) zeigt, dass die Pflegepersonen mit positiven Erfahrungen weniger oder teilweise gar keine Rückenschmerzen mehr äusserten. Diese Entlastung wird auf die Unterstützung des unteren Rückens in gebeugten Haltungen sowie auf eine bewusstere Körperhaltung und ergonomischere Bewegungsabläufe zurückgeführt. Einige Pflegepersonen berichten zudem, dass sie durch das Tragen des Exoskeletts auch ohne das System eine bessere Haltung einnahmen. Dieselbe Studie zeigt auch eine Streuung der Erfahrungen. Neben positiven Wahrnehmungen wird auch über keine Unterstützung und negative Wahrnehmungen berichtet (Roentgen et al., 2024. Saurio et al. (2025) beschreiben ebenfalls eine wahrgenommene Entlastung, welche jedoch situationsabhängig ist. Positiv erwähnt wird, dass das Exoskelett die Haltung stabilisiert und zum Aufrichten anregt, vor allem bei Tätigkeiten mit nachvornegeneigter Körperhaltung. Bei Strube-Lahmann et al. (2023) berichteten die Pflegepersonen von einer guten Unterstützung durch das Exoskelett sowie einer aufrechteren Körperhaltung.

4.5.2 Objektiv messbare physische Entlastung

Von den vier eingeschlossenen Studien erhoben nur Saurio et al. (2025) physiologische Messungen im realen Praxisalltag. Die Muskelaktivität reduziert sich trendmässig um durchschnittlich 7%, erreicht aber keine statistische Signifikanz. Am stärksten entlastet werden der untere Rücken rechts mit 20%, der untere Rücken links mit 14% und der vordere Oberschenkel mit 18%. Besonders bei der Bettenpflege in vorgebeugter Haltung zeigen sich diese Effekte. Herzfrequenz, Stoffwechselbelastung und subjektives Anstrengungsempfinden bleiben mit und ohne Exoskelett gleich. Kato et al. (2021) zeigen ebenfalls objektive Daten, welche aber Nutzungs- und Zeitanteile beinhalten, also wer das Exoskelett wie lange und bei welchen Tätigkeiten trägt. Sie zeigen aber keine physiologischen Messungen. Roentgen et al. (2024) und

Strube-Lahmann et al. (2023) berichten ebenfalls über keine physiologisch objektiven Messungen.

4.5.3 Einsatzbereiche

In allen Studien liegt der Einsatz vor allem in der direkten Pflege. Kato et al. (2021) zeigen, dass beim Muscle Suit und beim HAL der grösste Anteil der Tragezeit in der direkten Pflege liegt, wobei Transfer- und Toilettenpflege am häufigsten vertreten sind. Der Muscle Suit wurde bei 44.2% aller Transfers getragen, der HAL bei 45.6%. Der HAL wird zusätzlich auch bei der Mahlzeitenunterstützung eingesetzt, da er im Sitzen getragen werden kann. Zeitlich konzentriert sich der Einsatz der Exoskelette vor allem auf den Morgen (Kato et al., 2021). Roentgen et al. (2024) beschreiben den Einsatz besonders bei bettlägerigen Bewohnenden, beim An- und Auskleiden, Anziehen von Kompressionsstrümpfen, Waschen, Duschen, Heben aus dem Bett, Transfers und Toilettengängen. Teilweise wird das Exoskelett auch beim Schieben des Medikamentenwagens genutzt. Zeitlich liegt der Einsatz vor allem in den Stosszeiten der Morgen- und Abendschichten (Roentgen et al., 2024). Saurio et al. (2025) beschreiben den Einsatz als besonders geeignet bei der Pflege am Bett, beim Waschen, Lagern, Positionieren und Inkontinenzmaterialwechsel. Zusätzlich wird ein Nutzen bei Transfers zum Duschbereich, beim Duschen, bei Transfers zwischen Rollstuhl und Toilette sowie bei der Mahlzeitenunterstützung berichtet (Saurio et al., 2025). Strube-Lahmann et al. (2023) sehen den Einsatz vor allem bei lang andauernden und physisch belastenden Tätigkeiten als geeignet. Besonders sinnvoll erscheint der Einsatz bei adipösen und mobilitätseingeschränkten Pflegebedürftigen unter anderem bei der Pflege im Bett.

4.5.4 Einschränkungen

Einschränkungen der Exoskelette werden in allen vier Studien berichtet. Kato et al. (2021) zeigen, dass trotz intensivem Einsatz die Hälfte aller Transfer- und Toilettenunterstützungen ohne Exoskelette durchgeführt wurden. Für das Baden wurden ebenfalls Grenzen benannt. Der HAL kann wegen hervorstehender Teile an Wände anstossen und beim Muscle Suit war die genutzte Version nicht wasserdicht. Roentgen et al. (2024) beschreiben Bewegungsprobleme in engen Räumen sowie Schwierigkeiten beim Sitzen, beispielsweise bei der Dokumentation am Computer oder bei der Mahlzeitenunterstützung. In Notfällen kann das Exoskelett nicht getragen werden, da Rennen damit nicht möglich ist. Saurio et al. (2025) berichten, dass das Exoskelett Bewegungen einschränkt, besonders beim Bücken und bei Tätigkeiten in der Hocke. Gesundheitliche Einschränkungen wie Rheuma oder Arthrose können die Nutzung zusätzlich erschweren. Strube-Lahmann et al. (2023) nennen ebenfalls Einschränkungen durch die Gerätebreite in engen Räumen sowie das Fehlen einer Sitzfunktion, das Gewicht und erhöhter Schweissbildung.

4.5.5 Tragekomfort

Tragekomfort wird in den Studien als ein wichtiger Faktor beschrieben, der die Bewertung des Exoskeletts beeinflusst. Kato et al. (2021) machen keine detaillierten Angaben zum Tragekomfort. Roentgen et al. (2024) berichten, dass Passformprobleme und rutschende Polster zu wiederholten Anpassungen, Druckstellen sowie Hämatombildungen führen können. Weitere Komfortprobleme sind zu steife Gurte, unangenehmer Druck durch Klettverschlüsse sowie Hitze und Schwitzen. Saurio et al. (2025) beschreiben ein unangenehmes Engegefühl an Brust und Oberschenkeln, die Steifigkeit des Geräts sowie eine schwierige Anpassbarkeit an verschiedene Körperformen. Ältere Pflegepersonen erleben die Nutzung als besonders belastend. Das physische Unbehagen steigt nach der Schicht mit Exoskelett signifikant an, ohne Exoskelett bleibt es gleich (Saurio et al., 2025). Strube-Lahmann et al. (2023) dokumentieren ebenfalls Komfortprobleme wie das hohe Gewicht, drückende oder rutschende Gurtsysteme sowie den Wunsch nach atmungsaktiven Materialien.

4.5.6 Praktikabilität

Praktikabilität wird in allen Studien als Frage der Einbettung in Arbeitsabläufe sichtbar. Kato et al. (2021) zeigen, dass Exoskelette vor allem dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn sie in Routinetätigkeiten eingebunden sind. Der tägliche Wartungsaufwand ist gering und dauert wenige Minuten. Beim Muscle Suit ist regelmässiges Pumpen nötig, beim HAL das Laden des Akkus. Roentgen et al. (2024) berichten, dass das An- und Ausziehen nach einer Eingewöhnung meist als einfach erlebt wird. Das Teilen eines Exoskeletts im Team ist jedoch wenig wünschenswert, da die Einstellungen jeweils neu angepasst werden müssten. Auch Hygieneaspekte wie das Waschen oder Desinfizieren des Geräts erfordern klare Regelungen (Roentgen et al., 2024). Saurio et al. (2025) nennen Anforderungen an die Einführung wie klare Leitlinien, praktische Übung und ausreichend Lernzeit. Auch Erinnerungen zum Aktivieren des Exoskeletts sind wichtig, da dies häufig vergessen wird, was die kognitive Belastung im Arbeitsalltag erhöht. Strube-Lahmann et al. (2023) betonen die Notwendigkeit eines an die Pflegeroutine angepassten Exoskeletts sowie wiederholter Schulungen und enger Begleitung. Das Anziehen des Exoskeletts konnte nicht selbstständig erfolgen und benötigte Unterstützung durch das Studienpersonal bei einer Rüstzeit von zwei bis drei Minuten (Strube-Lahmann et al., 2023).

5 Diskussion

Die vorliegende Diskussion ordnet die Ergebnisse der Synthese im Kontext der Einleitung beschrieben Hintergrund und Problemstellung ein. Als theoretischer Rahmen dient das Belastungs-Beanspruchungs-Modell, mit dem die Ergebnisse interpretiert und mögliche Erklärungen für Übereinstimmungen und Unterschiede zwischen den eingeschlossenen Studien abgeleitet werden. Die Gliederung folgt der Synthese. Anschliessend wird die Aussagekraft der Ergebnisse anhand der Studienqualität kritisch eingeordnet, bevor die Forschungsfrage beantwortet wird.

5.1 Diskussion der Hauptergebnisse

5.1.1 Subjektiv wahrgenommene physische Entlastung

In allen vier Studien werden subjektive Angaben zur physischen Entlastung berichtet. Pflegepersonen beschreiben Entlastung insbesondere bei Tätigkeiten in vorgebeugter Haltung sowie bei Transfers und Umpositionierungen (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Diese Tätigkeiten wurden im theoretischen Rahmen als belastend beschrieben, da sie mit ungünstigen Bewegungsabläufen und hohen physischen Anforderungen verbunden sind (Kurowski et al., 2014). Dass Entlastung gerade in diesen Situationen wahrgenommen wird, lässt sich im Belastungs-Beanspruchungs-Modell einordnen. Das Exoskelett kann dabei als zusätzliche Ressource wirken, welche die physische Beanspruchung verringert (Petersen & Melzer, 2022).

Gleichzeitig zeigt die Synthese, dass die Erfahrungen unterschiedlich ausfallen. Während einige Pflegepersonen von klaren Entlastungen berichten, spüren andere keinen Unterschied oder empfinden das Tragen als störend (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Diese Unterschiede lassen sich mit dem Belastungs-Beanspruchungs-Modell erklären, wonach dieselbe Arbeitsanforderung je nach Person und Situation zu unterschiedlicher Beanspruchung führen kann (Petersen & Melzer, 2022). Im theoretischen Rahmen wurde zudem beschrieben, dass die subjektive Wahrnehmung von Belastung individuell verschieden ist und von persönlichen Ressourcen und situativen Faktoren beeinflusst wird (Poppeller, 2012). Für die Fragestellung bedeutet dies, dass Exoskelette in den eingeschlossenen Studien mit physisch belastenden Pflegesituationen verbunden werden und subjektiv als entlastend erlebt werden, die Wahrnehmung jedoch je nach Person und Situation unterschiedlich ausfällt.

5.1.2 Objektiv messbare physische Entlastung

Im Gegensatz zu den subjektiven Rückmeldungen ist die Datenlage zu objektiven Messwerten begrenzt. Nur Saurio et al. (2025) haben im Praxisalltag gemessen, wie sich das Exoskelett physisch auswirkt. Die Muskelaktivität nahm im Durchschnitt um 7 % ab, wobei die stärksten Reduktionen im unteren Rücken mit 20 % und 14 % sowie im vorderen Oberschenkel mit 18 % gemessen wurden. Diese Unterschiede erreichten jedoch keine statistische Signifikanz. Herzfrequenz und Stoffwechselbelastung blieben unverändert (Saurio et al., 2025). Gleichzeitig stieg das subjektiv berichtete Unbehagen nach einer Schicht mit Exoskelett an (Saurio et al., 2025).

Im theoretischen Rahmen wurde beschrieben, dass physische Belastung sowohl objektiv durch verschiedene Messverfahren als auch subjektiv durch Befragungen erfasst werden kann (National Research Council & Institute of Medicine, 2001). Die Ergebnisse von Saurio et al. (2025) zeigen, dass objektive Messwerte und subjektives Wahrnehmen nicht unbedingt übereinstimmen müssen. Die Muskeln wurden zwar weniger beansprucht, gleichzeitig fühlten sich die Pflegepersonen nach der Schicht unwohler. Im Belastungs-Beanspruchungs-Modell bedeutet dies, dass eine Entlastung einzelner Muskelgruppen, beispielsweise im unteren Rücken, nicht automatisch zu einer besseren Gesamtsituation führt, wenn gleichzeitig neue Belastungen durch das Tragen entstehen können (Petersen & Melzer, 2022). Für die Fragestellung bedeutet dies, dass eine objektiv messbare physische Entlastung im Praxisalltag bisher unzureichend belegt ist.

5.1.3 Einsatzbereiche

Die Studien zeigen, dass Exoskelette vor allem in der direkten Pflege eingesetzt werden, insbesondere bei Transfers, Umpositionierungen und Tätigkeiten am Bett (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Diese Tätigkeiten entsprechen insbesondere den im theoretischen Rahmen beschriebenen Belastungsbereichen Transfer und Umpositionieren, die durch ungünstige Bewegungsabläufe gekennzeichnet sind (Kurowski et al., 2014). Auffällig ist zudem, dass die Nutzung häufig in Zeiten mit hoher Arbeitsdichte erfolgt, etwa in der Morgenpflege oder in Morgen- und Abenddiensten (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024). Im Belastungs-Beanspruchungs-Modell ist dies nachvollziehbar, da Entlastungsmassnahmen dort am sinnvollsten eingesetzt werden, wo die Belastung am höchsten ist (Petersen & Melzer, 2022).

Kato et al. (2021) zeigen auch, dass verschiedene Exoskelette für verschiedene Tätigkeiten geeignet sind. Der HAL konnte aufgrund seiner kompakteren Bauweise auch im Sitzen bei der Essensunterstützung getragen werden, während der Muscle Suit dafür zu gross war. Für die

Fragestellung bedeutet dies, dass ein Entlastungspotenzial vor allem dort zu erwarten ist, wo Exoskelette tatsächlich eingesetzt werden, nämlich in der direkten Pflege bei Tätigkeiten mit hoher physischer Belastung und dass der mögliche Nutzen zusätzlich vom Exoskelett-Modell und den Bewegungsanforderungen abhängt (Kato et al., 2021).

5.1.4 Einschränkungen

In allen vier Studien werden Einschränkungen beschrieben, die den Einsatz im Praxisalltag begrenzen (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Besonders genannt werden enge Räume wie Badezimmer, Tätigkeiten im Sitzen oder in der Hocke sowie Situationen, in denen schnelles Handeln erforderlich ist (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Kato et al. (2021) zeigen, dass auch in Einrichtungen mit regelmässiger Nutzung die Hälfte aller Transfers und Toilettenunterstützungen ohne Exoskelett durchgeführt wurden. Dies verdeutlicht, dass Exoskelette auch bei guter Einführung nicht für alle Situationen gleichermassen geeignet sind.

In der Einleitung wurde beschrieben, dass Zeitdruck, Personalmangel und eine unzureichende ergonomische Umsetzung den Pflegealltag erschweren (Hochhauser & Liberman, 2024). Diese Bedingungen könnten erklären, warum die Einschränkungen im Alltag stark gewichtet werden. Im Belastungs-Beanspruchungs-Modell gehören Arbeitsorganisation und Arbeitsumgebung zu den äusseren Belastungsfaktoren (Petersen & Melzer, 2022). Wenn das Exoskelett in engen Räumen nicht getragen werden kann oder das Anziehen im Alltag als zusätzlicher Zeitaufwand erlebt wird, fällt die mögliche Entlastung genau dort weg, wo sie besonders benötigt wird. Für die Fragestellung bedeutet dies, dass Exoskelette nur dann zu einer physischen Entlastung beitragen können, wenn sie in den zentralen belastenden Alltagssituationen auch praktisch einsetzbar sind.

5.1.5 Tragekomfort

Tragekomfort zeigte sich in den Studien als wichtiger Faktor, da es beeinflusst, ob das Exoskelett regelmässig getragen wird. Häufig genannt werden Probleme mit der Passform, Druckstellen, Hitze, Schwitzen und eine eingeschränkte Bewegungsfreiheit (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Roentgen et al. (2024) berichten, dass rutschende Polster zu häufigen Anpassungen des Exoskeletts und zu Druckstellen führten. Strube-Lahmann et al. (2023) beschreiben das hohe Gewicht und drückende Gurte als belastend. Bei Saurio et al. (2025) nahm das subjektiv berichtete Unbehagen nach einer Schicht mit Exoskelett zu (Saurio et al., 2025).

Im Belastungs-Beanspruchungs-Modell bedeutet dies, dass das Tragen selbst zu einer zusätzlichen Belastung werden kann (Petersen & Melzer, 2022). Eine Entlastung bei einzelnen

Bewegungen ist dann begrenzt, wenn gleichzeitig durch das Tragen neue Beschwerden entstehen. Komfortprobleme treten sowohl bei leichten passiven Systemen wie dem Auxivo LiftSuit als auch bei schwereren aktiven Systemen wie dem Cray-X auf (Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Dies deutet darauf hin, dass nicht allein die Bauart entscheidend ist, sondern auch die individuelle Passform und die Tragedauer. Für die Fragestellung bedeutet dies, dass Exoskelette nur dann zu einer physischen Entlastung beitragen können, wenn der Tragekomfort ausreichend ist und keine Zusatzbelastung durch das Tragen entsteht.

5.1.6 Praktikabilität

Die Studien zeigen, dass Praktikabilität davon abhängt, wie gut Exoskelette in Arbeitsabläufe integriert werden können. Als hilfreich werden klare Regeln für Nutzung und Hygiene sowie Training und Gewöhnungszeit beschrieben (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Gleichzeitig wird das Teilen eines Exoskeletts kritisch beurteilt, weil Einstellungen jeweils neu angepasst werden müssen, was den Einsatz erschweren kann (Roentgen et al., 2024). Damit wird sichtbar, dass Exoskelette nur dann zu einer Entlastung beitragen können, wenn sie ohne relevante Zusatzbelastung in Routinen eingebettet werden und im Team zuverlässig handhabbar sind. Dies passt zur Annahme des Belastungs-Beanspruchungs-Modells, dass Arbeitsorganisation ein relevanter Belastungsfaktor ist, der die Beanspruchung wesentlich mitbestimmt (Petersen & Melzer, 2022). Für die Fragestellung bedeutet dies, dass eine potenzielle Entlastung bei Transfer- und Mobilisierungssituationen nicht allein von der technischen Funktion abhängt, sondern davon, ob die Nutzung unter Alltagsbedingungen organisatorisch und praktisch gelingt (Roentgen et al., 2024; Strube-Lahmann et al., 2023).

5.1.7 Einordnung der Studienqualität

Die Aussagekraft der Ergebnisse ist vor dem Hintergrund der methodischen Qualität der eingeschlossenen Studien zu bewerten. Alle vier Studien sind explorativ und pilotierend, was dem frühen Forschungsstand zum Thema entspricht, jedoch die Generalisierbarkeit einschränkt. Die Stichproben sind mit 3 bis 25 Pflegepersonen klein, weshalb keine statistisch gesicherten Aussagen möglich sind. Die Studien unterscheiden sich in den untersuchten Exoskelett-Modellen und den Erhebungsmethoden, was die Vergleichbarkeit einschränkt. Untersucht wurden passive und aktive Exoskelette in Japan, Deutschland, den Niederlanden und Finnland. Diese Heterogenität erschwert eine einheitliche Bewertung der Wirksamkeit, da nicht eindeutig zu trennen ist, ob Unterschiede in den Ergebnissen auf die Exoskelette oder die Erhebungsmethoden zurückzuführen sind. Positiv hervorzuheben ist, dass alle Studien im realen Praxisalltag durchgeführt wurden. Dies stärkt die externe Validität und den Praxisbezug der Befunde.

Mehrere Studien verwendeten etablierte Erhebungsinstrumente und dokumentierten ihr Vorgehen nachvollziehbar. Kritisch ist anzumerken, dass physische Entlastung in drei der vier Studien ausschliesslich über subjektiver Wahrnehmungen erfasst wurde. Nur eine Studie erhob objektive physiologische Messwerte im Praxisalltag. Zusammenfassend ist die Evidenz eher als gering einzustufen. Die Ergebnisse sind als Hinweise auf ein mögliches Entlastungspotenzial unter bestimmten Bedingungen zu verstehen.

5.2 Beantwortung der Forschungsfrage

Die Fragestellung, ob der Einsatz tragbarer Exoskelette bei Transfer- und Mobilisierungsaufgaben zu einer physischen Entlastung des Pflegepersonals in der stationären Langzeitpflege führt, konnte auf Basis der eingeschlossenen Studien nur teilweise evidenzbasiert beantwortet werden. Die Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass Exoskelette unter bestimmten Bedingungen subjektiv als entlastend erlebt werden können, wobei die Rückmeldungen je nach Pflegeperson, Tätigkeit und Exoskelett-Modell variiert (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Für die Fragestellung ist dabei wichtig, dass Faktoren wie Einschränkungen, Tragekomfort und Praktikabilität mitbestimmen, ob Exoskelette in Transfer- und Mobilisierungssituationen im Alltag tatsächlich eingesetzt werden und damit überhaupt zu einer physischen Entlastung beitragen können. Objektive physiologische Daten zur tatsächlichen physischen Entlastung liegen nur in einer Studie vor und zeigen trendartige Veränderungen ohne statistische Signifikanz bei gleichzeitigem Hinweis auf erhöhtes Unbehagen nach einer Schicht (Saurio et al., 2025). Damit bleibt offen, ob die berichtete Entlastung im Pflegealltag zuverlässig einer messbaren Reduktion der physischen Belastung entspricht.

5.3 Limitationen, Stärken und methodische Reflexion

5.3.1 Limitationen

Die Ergebnisse dieser Literaturübersicht sind vorsichtig zu interpretieren. Die Synthese basiert auf vier Studien mit kleinen Stichproben von drei bis 25 Pflegepersonen, wodurch die Aussagekraft begrenzt ist und nur zurückhaltende Schlussfolgerungen möglich sind. Die eingeschlossenen Studien unterscheiden sich in den untersuchten Exoskelett-Modellen, den Versorgungsbereichen und den Erhebungsmethoden, weshalb die Ergebnisse nur thematisch zusammengeführt werden konnten und keine eindeutigen Aussagen zu Ursache und Wirkung möglich sind. Inhaltlich wurde die Arbeit bewusst auf die stationäre Langzeitpflege eingegrenzt, wodurch mögliche Erkenntnisse aus anderen Versorgungsbereichen wie der ambulanten Versorgung nicht berücksichtigt werden konnten. Zudem stammte keine der eingeschlossenen Studien aus der Schweiz, weshalb die Übertragbarkeit auf den Schweizer Kontext nur eingeschränkt möglich ist. Die Suche wurde auf deutsch- und englischsprachige Studien beschränkt, weshalb relevante Literatur in anderen Sprachen fehlen kann. Trotz systematischer Recherche in mehreren Datenbanken ist nicht auszuschliessen, dass Studien in weiteren Datenbanken oder nicht veröffentlichte Publikationen nicht erfasst wurden. Eine Verzerrung durch bevorzugte Veröffentlichung positiver Ergebnisse kann deshalb nicht ausgeschlossen werden. Die Recherche, die Auswahl der Studien und die Qualitätsbewertung wurden durch eine Person durchgeführt und es erfolgte keine zweite unabhängige Prüfung der Resultate. Damit kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Treffer übersehen wurden oder dass Entscheidungen beim Ein- und Ausschluss anders ausgefallen wären.

5.3.2 Stärken

Die Arbeit weist trotz dieser Einschränkungen auch mehrere Stärken auf. Die Literaturrecherche wurde systematisch geplant, in mehreren Datenbanken durchgeführt und im Rechercheprotokoll nachvollziehbar dokumentiert. Die Kriterien für den Ein- und Ausschluss wurden vorab definiert und der Auswahlprozess im PRISMA-Flowchart transparent dargestellt, sodass das Vorgehen überprüfbar bleibt. Die Qualität der eingeschlossenen Studien wurde mit standardisierten Bewertungsinstrumenten nach Mayer et al. (2023) und Hong et al. (2018) beurteilt. Die Ergebnisse der Qualitätsbewertung wurden in die Interpretation einbezogen, wodurch sichtbar wird, auf welcher methodischen Grundlage die Aussagen der Synthese beruhen und wie belastbar die einzelnen Befunde sind. Die Arbeit weist einen klaren Praxisbezug auf, da sie Tätigkeiten fokussiert, die im Pflegealltag als physisch belastend sind. Durch die Verbindung mit dem Belastungs-Beanspruchungs-Modell werden die Ergebnisse theoriegeleitet eingeordnet. Damit wird nachvollziehbar, unter welchen Bedingungen Exoskelette als entlastend wahrgenommen werden und welche Faktoren den Praxiseinsatz begrenzen.

5.3.3 Methodische Reflexion

Die Festlegung der Fragestellung nach dem PICO-Schema erwies sich als hilfreich, um die Suche zu strukturieren und die Relevanz von Treffern systematisch zu beurteilen. Rückblickend hätte eine präzisere Vorrecherche vor der definitiven Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien geholfen, die Trefferzahl besser einzuschätzen. Zudem hätte eine breitere Formulierung der Population möglicherweise mehr Studien eingeschlossen, jedoch wäre dadurch der spezifische Fokus auf das Pflegepersonal der stationären Langzeitpflege verloren gegangen. Die Entscheidung für eine thematische Synthese war angemessen, da die heterogenen Studiendesigns keine quantitative Zusammenführung erlaubten. Die Bildung der sechs Themenbereiche erfolgte induktiv aus den Studienergebnissen. Alternativ wäre eine stärker deduktive Kategorienbildung auf Basis des Belastungs-Beanspruchungs-Modells möglich gewesen, was zu einer engeren theoretischen Anbindung geführt hätte. Herausfordernd war die Abgrenzung zwischen inhaltlich verwandten Kategorien wie Einschränkungen und Praktikabilität, die in den Originalstudien teilweise überlappend beschrieben wurden. Im Screening zeigte sich eine gewisse Unsicherheit, besonders bei Studien aus anderen Versorgungsbereichen. Diese wurden durch mehrmaliges Lesen der Volltexte und konsequente Anwendung der vorab definierten Kriterien reduziert. Für zukünftige Arbeiten wäre es sinnvoll, solche Grenzfälle systematisch zu dokumentieren und eine externe Rücksprache einzuplanen. Die vorliegende Arbeit zielte auf physische Entlastung, fand jedoch überwiegend subjektive Daten vor. Eine Differenzierung zwischen subjektiver und objektiver Entlastung bereits in der Fragestellung hätte die Ergebnisdarstellung und die Diskussion erleichtert. Diese Erfahrung zeigt, dass bei der Formulierung der Fragestellung berücksichtigt werden sollte, welche Art von Evidenz realistisch verfügbar ist.

.

6 Theorie-Praxis-Transfer

Im Folgenden Kapitel wird dargelegt, wie die gewonnenen Erkenntnisse in die Pflegepraxis, die Pflegebildung und die Pflegeforschung übertragen werden können.

6.1 Schlussfolgerungen für die Pflegepraxis

Die Ergebnisse zeigen, dass Pflegepersonen Exoskelette vor allem bei wiederkehrenden Tätigkeiten mit vorgebeugten Haltungen sowie bei Transfers und Umpositionierungen als entlastend wahrnehmen können (Kato et al., 2021; Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Daraus ergibt sich für die Praxis, dass vor einer Einführung eine Bedarfsanalyse durchgeführt werden sollte, welche die tatsächlich belastendsten Tätigkeiten identifiziert und prüft, ob diese mit den Einsatzmöglichkeiten von Exoskeletten übereinstimmen. Zukünftige Implementierungen sollten mehrwöchige Praxistests unter realen Arbeitsbedingungen ermöglichen, bei denen verschiedene Modelle erprobt werden. Die Ergebnisse zeigen ausserdem, dass enge Räume, Tätigkeiten in der Hocke, Notfallsituationen sowie Tragekomfortprobleme die Nutzung erheblich einschränken können (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Daraus ergibt sich für Einrichtungen, dass Exoskelette als ergänzendes Hilfsmittel innerhalb bestehender ergonomischer Massnahmen wie Schulungen, Hilfsmittel oder No-Lift-Policys zu verstehen sind (Noble & Sweeney, 2018; Petersen & Melzer, 2022; Sousa et al., 2023). Eine erfolgreiche Einführung erfordert individuelle Anpassung, ausreichend Eingewöhnungszeit, klare Leitlinien sowie organisatorische Unterstützung.

6.2 Schlussfolgerungen für die Bildung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Nutzung von Exoskeletten Lernzeit und praktische Übung erfordert und dass Pflegepersonen durch die Auseinandersetzung damit ihr Körperbewusstsein und ihre ergonomische Arbeitsweise reflektieren (Roentgen et al., 2024; Saurio et al., 2025; Strube-Lahmann et al., 2023). Daraus ergibt sich für die Bildung, dass Exoskelette im Kontext ergonomischer Arbeitstechniken thematisiert werden sollten, wobei der Bezug zu bestehenden Entlastungsansätzen wie pflegerischen Bewegungskonzepten hergestellt wird. Schulungen sollten nicht nur die technische Handhabung, sondern auch die kritische Reflexion über Einsatzbereiche, Möglichkeiten und Grenzen umfassen.

6.3 Schlussfolgerungen für die Forschung

Die vorliegende Arbeit verdeutlicht die Notwendigkeit methodisch robusterer Studien. Die eingeschlossenen Studien umfassen kleine Stichproben und sind überwiegend explorativ und

pilotierend angelegt. Zukünftige Forschung sollte grössere Stichproben und längere Beobachtungszeiträume einsetzen, um die physische Entlastung zuverlässiger zu erfassen. Die Befunde von Saurio et al. (2025) zeigen, dass trendartige Veränderungen der Muskelaktivität messbar sind, jedoch keine statistische Signifikanz erreichen. Mit grösseren Stichproben liesse sich prüfen, ob dies tatsächlich auf eine Entlastungswirkung hindeutet. Die Heterogenität der untersuchten Exoskelett-Modelle erschwert Vergleiche zwischen den Studien. Zukünftige Untersuchungen sollten entweder einzelne Modelle systematisch evaluieren oder Vergleichsstudien zwischen verschiedenen Typen durchführen. Schliesslich fehlen Studien aus dem Schweizer Pflegekontext. Die eingeschlossenen Studien stammen aus Japan, Deutschland, den Niederlanden und Finnland. Ob die Befunde auf die Rahmenbedingungen der stationären Langzeitpflege in der Schweiz übertragbar sind, bleibt offen und wäre ein Thema für weitere Forschung.[1][2]

[1] Für die Rechtschreibkorrektur wurde in der ganzen Arbeit Open AI (2025). ChatGPT Dezember Version GPT- 5.2. https://chat.openai.com/ verwendet.
[2] Für die Verbesserung der Sprache wurde in der ganzen Arbeit Open AI (2025). ChatGPT Dezember Version GPT- 5.2. https://chat.openai.com/ verwendet.

7 Literatur- und Quellenverzeichnis

Caponecchia, C., Coman, R. L., Gopaldasani, V., Mayland, E. C., & Campbell, L. (2020). Musculoskeletal disorders in aged care workers: A systematic review of contributing factors and interventions. *International Journal of Nursing Studies, 110*, 103715. https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2020.103715

de Looze, M. P., Bosch, T., Krause, F., Stadler, K. S., & O'Sullivan, L. W. (2015). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics, 59*(5), 671–681. https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1081988

Flor-Unda, O., Casa, B., Fuentes, M., Solorzano, S., Narvaez-Espinoza, F., & Acosta-Vargas, P. (2023). Exoskeletons: Contribution to occupational health and safety. *Bioengineering, 10*, 1039. https://doi.org/10.3390/bioengineering10091039

Freiberg, A., Girbig, M., Euler, U., Scharfe, J., Nienhaus, A., Freitag, S., & Seidler, A. (2016). Influence of the Kinaesthetics care conception during patient handling on the development of musculoskeletal complaints and diseases – A scoping review. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 11*, 24. https://doi.org/10.1186/s12995-016-0113-x

Hochhauser, M., & Liberman, E. (2024). Health status and ergonomics education: A comparison between student nurses and first-year nursing staff. *Nursing Open, 11*, e2239. https://doi.org/10.1002/nop2.2239

Hong, Q. N., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., Gagnon, M.-P., Griffiths, F., Nicolau, B., O'Cathain, A., Rousseau, M.-C., Vedel, I., & Pluye, P. (2018). The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) version 2018 for information professionals and researchers. *Education for Information, 34*(4), 285–291. https://doi.org/10.3233/EFI-180221

Kato, K., Yoshimi, T., Tsuchimoto, S., Mizuguchi, N., Aimoto, K., Itoh, N., & Kondo, I. (2021). Identification of care tasks for the use of wearable transfer support robots – an observational study at nursing facilities using robots on a daily basis. *BMC Health Services Research, 21*, 652. https://doi.org/10.1186/s12913-021-06639-2

Krishnanmoorthy, G., Rampal, S., Karuthan, S. R., Baharudin, F., & Krishna, R. (2025). Effectiveness of participatory ergonomic interventions on work-related musculoskeletal disorders, sick absenteeism, and work performance among nurses: Systematic review. *JMIR Human Factors, 12*, e68522. https://doi.org/10.2196/68522

Kurowski, A., Buchholz, B., ProCare Research Team, & Punnett, L. (2014). A physical workload index to evaluate a safe resident handling program for nursing home personnel. *Human Factors, 56*(4), 669–683. https://doi.org/10.1177/0018720813509268

Langzeitpflege.ch. (o. J.). *Berufe in der Langzeitpflege.* https://langzeit-pflege.ch/berufe-langzeitpflege/

Läubli, T. (2014). *Gesundheitskosten hoher Arbeitsbelastungen: Analyse der Daten der Europäischen Erhebung über die Arbeitsbedingungen und Gesundheit – Schweizer Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer* (Ausführlicher Bericht). Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO). https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/Publikationen_Dienstleistungen/Publikationen_und_Formulare/Arbeit/Arbeitsbedingungen/Studien_und_Berichte/gesundheitskosten-hoher-arbeitsbelastungen.html

Liebers, F., & Schust, M. (2023). Gefährdungen durch physische Belastung (Kapitel 8). In M. Kittelmann, L. Adolph, A. Michel, R. Packroff, M. Schütte, & S. Sommer (Hrsg.), *Handbuch Gefährdungsbeurteilung* (Teil 2). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Abgerufen am 19. Oktober 2025, von https://www.baua.de/DE/Themen/Arbeitsgestaltung/Gefaehrdungsbeurteilung/Handbuch-Gefaehrdungsbeurteilung/Expertenwissen/Physische-Belastung

Lögdal, N., Jackson, J. A., Mathiassen, S. E., Svensson, S., & Hallman, D. M. (2025). Occupational physical demands in eldercare workers: A systematic scoping review of studies reporting quantitative data. *European Journal of Applied Physiology*. https://doi.org/10.1007/s00421-025-05962-4

Mayer, H., Raphaelis, S., & Kobleder, A. (2023). *Literaturreviews für Gesundheitsberufe: Recherchieren – Bewerten – Erstellen* (2. Aufl.). facultas Verlag.

Merçay, C., Grünig, A., & Dolder, P. (2021). *Gesundheitspersonal in der Schweiz – Nationaler Versorgungsbericht 2021: Bestand, Bedarf, Angebot und Massnahmen zur Personalsicherung* (Obsan Bericht 03/2021). Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan). https://www.obsan.admin.ch/de/publikationen/2021-gesundheitspersonal-der-schweiz-nationaler-versorgungsbericht-2021

National Research Council, & Institute of Medicine. (2001). *Musculoskeletal disorders and the workplace: Low back and upper extremities*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10032

Noble, N. L., & Sweeney, N. L. (2018). Barriers to the use of assistive devices in patient handling. *Workplace Health & Safety, 66*(1), 41–48. https://doi.org/10.1177/2165079917697216

palliative.ch. (2024). *Strukturkriterien zur Zertifizierung für das Label «Qualität in Palliative Care» – stationäre Langzeitpflege (SLZP), Version 1.0.* palliative.ch. https://www.qualitepalliative.ch/public/qualitepalliative/dokumente/zertifizierung/kriterien/Strukturkriterien_stationaere_Langzeitpflege_SLZP_01.pdf

Petersen, J., & Melzer, M. (2022). *Belastungs- und Beanspruchungssituation in der ambulanten Pflege* (baua: Fokus). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). https://doi.org/10.21934/baua:fokus20220516

Pellegrini, S., Dutoit, L., Pahud, O., & Dorn, M. (2022). *Bedarf an Alters- und Langzeitpflege in der Schweiz: Prognosen bis 2040* (Obsan Bericht 03/2022). Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan). https://www.obsan.admin.ch/de/publikationen/2022-bedarf-alters-und-langzeitpflege-der-schweiz

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Pahud, O., Pellegrini, S., Dorn, M., Dutoit, L., & Zufferey, J. (2025). *Bedarf an Alters- und Langzeitpflege in der Schweiz: Aktualisierung der Bedarfsprognosen bis 2040 mit Blick bis 2050* (Obsan Bericht 09/2025). Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (Obsan). https://www.obsan.admin.ch/de/publikationen/2025-bedarf-alters-und-langzeitpflege-der-schweiz

Pons-Vignon, N., & Schneck, J. (2024). *Putting workers at the heart of the promotion of quality care*. University of Applied Sciences and Arts of Southern Switzerland (SUPSI). https://www.supsi.ch/documents/d/deass/finalgutepflege-report

Poppeller, B. (2012). *Subjektive Belastungsempfindung in der mobilen Pflegearbeit in Abhängigkeit vom Kohärenzgefühl: Eine empirische Studie in Zusammenarbeit mit mobil tätigen Pflegepersonen im Bezirk Lienz* [Masterarbeit, Interuniversitäres Kolleg für Gesundheit und Entwicklung]. https://inter-uni.net/publikationen/psychotherapie-psychosoziales-gesundheitsfoerderung/

Reicherzer, L., & Graf, E. (2024). *Benefits and limitations of exoskeletons for the prevention of musculoskeletal disorders in occupational settings: A scoping review* (Final report on behalf of the State Secretariat for Economic Affairs [SECO]). Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Institut für Physiotherapie. https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/Publikationen_Dienstleistungen/Publikationen_und_Formulare/Arbeit/Arbeitsbedingungen/Studien_und_Berichte/studie_exoskeletons_prevention_musculoskeletal.html

Remira. (o. J.). *Exoskelett.* https://www.remira.com/de/glossar/exoskelett

Rüegger, H., Roulet Schwab, D., & Eggert, N. (2016). *Ethische Aspekte im Umgang mit assistierender Technologie in Institutionen der Langzeitpflege*. CURAVIVA Schweiz, Fachbereich Alter. https://www.curaviva.ch/files/W32CJ6L/ethische_aspekte_im_umgang_mit_assistierender_technologie_in_institutionen_der_langzeitpflege__themenheft__curaviva_schweiz__201.pdf

Rigaud, A.-S., Dacunha, S., Harzo, C., Lenoir, H., Sfeir, I., Piccoli, M., & Pino, M. (2024). Implementation of socially assistive robots in geriatric care institutions: Healthcare professionals' perspectives and identification of facilitating factors and barriers. *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering, 11,* 1–19. https://doi.org/10.1177/20556683241284765

Roentgen, U., Lexis, M., Roost, F., & Daniëls, R. (2024). Experiences of using an exoskeleton by care professionals in elderly care: A descriptive qualitative study. *Technology and Disability, 36*, 171–182. https://doi.org/10.3233/TAD-240002

Saurio, R., Pekkarinen, S., Säynäjäkangas, P., Mänttäri, S., Rauttola, A.-P., Oksa, J., & Melkas, H. (2025). Social and health impacts of exoskeleton use on care workers. *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation, 82*(1), 205–219. https://doi.org/10.1177/10519815251336912

Schwartz, M., Theurel, J., & Desbrosses, K. (2021). Effectiveness of soft versus rigid back-support exoskeletons during a lifting task. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 18*, 8062. https://doi.org/10.3390/ijerph18158062

Shafer, B. A., Powell, J. C., Young, A. J., & Sawicki, G. S. (2023). Emulator-based optimization of a semi-active hip exoskeleton concept: Sweeping impedance across walking speeds. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 70*(1), 271–282. https://doi.org/10.1109/TBME.2022.3188482

Sousa, A. D., Baixinho, C. L., Presado, M. H., & Henriques, M. A. (2023). The effect of interventions on preventing musculoskeletal injuries related to nurses' work: Systematic review. *Journal of Personalized Medicine, 13*(2), 185. https://doi.org/10.3390/jpm13020185

Steinhilber, B., Luger, T., Schwenkreis, P., Middeldorf, S., Bork, H., Mann, B., von Glinski, A., Schildhauer, T. A., Weiler, S., Schmauder, M., Heinrich, K., Winter, G., Schnalke, G., Frener, P., Schick, R., Wischniewski, S., & Jäger, M. (2020). *Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Prävention arbeitsassoziierter muskuloskelettaler Beschwerden* (S2k-Leitlinie; AWMF-Register Nr. 002/046). Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin. https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/002-046.html

Strube-Lahmann, S., Müller, F., Naumann, B., Müller-Werdan, U., & Lahmann, N. A. (2023). Pilotierung eines aktiven Exoskelettes in der stationären Akut- und Langzeitpflege. *Neurologie & Rehabilitation, 29*(1), 56–61. https://doi.org/10.14624/NR2301009

Vallée, A. (2024). Exoskeleton technology in nursing practice: Assessing effectiveness, usability, and impact on nurses' quality of work life, a narrative review. *BMC Nursing, 23*, 156. https://doi.org/10.1186/s12912-024-01821-3

Zúñiga, F., Favez, L., Baumann, S., Kindlimann, A., Oeri, A., Benkert, B., Blatter, C., Renner, A., Baumgartner-Violand, S., Serdaly, C., Ausserhofer, D., Mabire, C., & Simon, M. (2021). *SHURP 2018 – Schlussbericht: Personal und Pflegequalität in Pflegeinstitutionen in der Deutschschweiz und Romandie.* Universität Basel, Institut für Pflegewissenschaft. https://shurp.unibas.ch/wp-content/uploads/2021/05/SHURP-2018-Schlussbericht-April-21-1.pdf

Anhang A: Rechercheprotokoll

HSLU Hochschule Luzern

Soziale Arbeit
Institut für Pflege und Interprofessionalität

Protokoll Datenbankrecherche

Datenbank	Nr.	Suchbegriffe und Verknüpfung	Treffer	Aufnahme ins Flowchart
PubMed	1	nursing staff OR caregiver OR nurse OR long-term care staff OR elderly care staff **Filters applied:** in the last 10 years, Clinical Study, Clinical Trial, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Evaluation Study, Multicenter Study, Observational Study, Randomized Controlled Trial, English, German, Humans	24'140 14.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	2	exoskeleton OR passive exoskeleton OR active exoskeleton OR hybrid exoskeleton OR wearable exoskeleton OR wearable robotic device OR exosuit OR exoskeleton on robot assisted OR exoskeleton or powered exoskeleton for wearable exoskeletons **Filters applied:** in the last 10 years, Clinical Study, Clinical Trial, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Evaluation Study, Multicenter Study, Observational Study, Randomized Controlled Trial, English, German, Humans	387 14.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	3	transfer OR mobilisation OR patient handling OR manual handling OR patient transfer OR patient mobilisation **Filters applied:** in the last 10 years, Clinical Study, Clinical Trial, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Evaluation Study, Multicenter Study, Observational Study, Randomized Controlled Trial, English, German, Humans	17'569 14.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	4	physical relief OR back relief reduction OR physical workload OR perceived relief OR perceived exertion OR musculoskeletal disorders OR work-related complaints OR back pain OR	51'006 14.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um

FH Zentralschweiz

Seite 1/7

		musculoskeletal fatigue **Filters applied:** in the last 10 years, Clinical Study, Clinical Trial, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Evaluation Study, Multicenter Study, Observational Study, Randomized Controlled Trial, English, German, Humans		einen Überblick zu erhalten
	5	exoskeleton AND nurse **Filters applied:** in the last 10 years, English, German	18 15.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	6	exoskeleton AND long-term care **Filters applied:** in the last 10 years, English, German	33 15.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	7	exoskeleton* AND nurse AND long-term care **Filters applied:** in the last 10 years, English, German	4 15.11.2025	Ja **Grund:** Titel zeigen mögliche passende Artikel
	8	(exoskeleton* OR "wearable robot*" OR "assistive exoskeleton") AND (transfer* OR "patient handling" OR "manual handling" OR "manual patient transfer" OR mobilisation OR mobilization) **Filters applied:** in the last 10 years, Clinical Study, Clinical Trial, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Evaluation Study, Multicenter Study, Observational Study, Pragmatic Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, English, German.	21 15.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	9	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (ergonomic* OR "workload reduction" OR "physical workload" OR "work-related musculoskeletal disorders") AND (nurs* OR caregiver* OR "healthcare staff")	11 15.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende

		Filters applied: in the last 10 years, English, German.		Artikel vorhanden
	10	(exoskeleton* OR "robotic exoskeleton*") AND (nurs* OR caregiver*) AND ("nursing home*" OR "long-term care" OR "elderly care") **Filters applied:** in the last 10 years, English, German	4 15.11.2025	Ja **Grund:** Titel zeigen mögliche passende Artikel
	11	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (nurs* OR caregiver* OR "healthcare worker*") AND ("patient handling" OR "manual transfer" OR mobilisation) AND ("physical strain" OR "physical workload" OR musculoskeletal OR "back pain") **Filters applied:** in the last 10 years, English, German	2 15.11.2025	Ja **Grund:** Titel zeigen mögliche passende Artikel
CINAHL	1	nursing staff OR caregiver OR nurse OR long-term care staff OR elderly care staff **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	213'875 15.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	2	exoskeleton OR passive exoskeleton OR active exoskeleton OR hybrid exoskeleton OR wearable exoskeleton OR wearable robotic device OR exosuit OR exoskeleton or robot-assisted OR exoskeleton or powered exoskeleton or wearable exoskeleton **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	3' 215 15.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	3	transfer OR mobilisation OR patient handling OR manual handling OR patient transfer OR patient mobilisation **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	37'960 15.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	4	physical relief OR back relief reduction OR physical workload OR perceived relief OR perceived exertion OR musculoskeletal disorders OR work-related complaints OR back pain OR	26'454 15.11.2025	Nein **Grund:** diente der

		musculoskeletal fatigue **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years		Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	5	(MH "exoskeletons") OR exoskeleton* AND (MH "nurses") OR nurs* **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	239'062 16.11.2025	Nein **Grund:** zu viele Treffer mit Headings
	6	exoskeleton* OR "robotic exoskeleton*") AND (nurs* OR caregiver*) AND ("nursing home*" OR "long-term care" OR "elderly care") **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	960 17.11.2025	Nein **Grund:** zu viele treffer
	7	(exoskeleton* OR "wearable robot*" OR "assistive exoskeleton" OR "back-support exoskeleton" OR "lumbar exoskeleton") AND (transfer* OR "patient handling" OR "manual handling" OR "manual patient transfer" OR mobilisation OR mobilization) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	61 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	8	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (transfer* OR "patient handling" OR mobilisation) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	42 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	9	(exoskeleton* OR "wearable robot*") AND ("physical workload" OR "musculoskeletal disorders" OR "physical strain") **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	31 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden

	10	(exoskeleton* NOT ("gait training" OR rehabilitation)) AND (nurs* OR caregiver*) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	21 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	11	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (nurs* OR caregiver* OR "healthcare personnel") AND ("physical strain" OR "physical workload" OR musculoskeletal) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	6 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	12	(exoskeleton* OR "assistive exoskeleton") AND (nurs* OR caregiver*) AND ("patient handling" OR transfer* OR mobilisation) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	4 17.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	13	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (nurs* OR caregiver*) AND ("long term care" OR "nursing home*") AND ("patient handling" OR transfer* OR mobilisation) **Filters applied:** Wissenschaftliche Zeitschriften, CINAHL Complete, English, German, Peer-Reviewed, in the last 10 years	1 17.11.2025	Ja **Grund:** Titel zeigt einen möglich passenden Artikel
OVID Medline	1	nursing staff OR caregiver OR nurse OR long-term care staff OR elderly care staff **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	258'867 19.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	2	exoskeleton OR passive exoskeleton OR active exoskeleton OR hybrid exoskeleton OR wearable exoskeleton OR wearable robotic device OR exosuit OR exoskeleton or robot-assisted OR exoskeleton or powered exoskeleton or wearable exoskeleton	17.524 19.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu

		Filters applied: Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German		erhalten
	3	transfer OR mobilisation OR patient handling OR manual handling OR patient transfer OR patient mobilisation	380'654 19.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	4	physical relief OR back relief reduction OR physical workload OR perceived relief OR perceived exertion OR musculoskeletal disorders OR work-related complaints OR back pain OR musculoskeletal fatigue **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	61'414 19.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	5	(exoskeleton* OR "wearable robot*" OR "assistive exoskeleton" OR "back-support exoskeleton" OR "lumbar exoskeleton") AND (transfer* OR "patient handling" OR "manual handling" OR "manual patient transfer" OR mobilisation OR mobilization) **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	252 19.11.2025	Nein **Grund:** zu viele Treffer
	6	(exoskeleton* OR "wearable robotic device") AND (transfer* OR "patient handling" OR mobilisation) **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	215 19.11.2025	Nein **Grund:** zu viele Treffer
	7	(exoskeleton OR robotic exoskeleton) AND (nurse OR caregivers) AND (nursing home OR long-term care OR elderly care) **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	10 19.11.2025	Ja **Grund:** geringe Trefferzahl mögliche passende Artikel vorhanden
	8	(exoskeleton* NOT ("gait training" OR rehabilitation)) AND (nurs* OR caregiver*) AND (long-term care) **Filters applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	5 19.11.2025	Nein **Grund:** enthält gleiche Artikel wie vorherige Suche

	9	(exoskeleton OR wearable robotic device) AND (nurse OR caregiver) AND (long term care OR nursing home) AND (patient handling OR transfer OR mobilisation) **Filter applied:** Peer-Reviewed, in the last 10 years, English, German	1 19.11.2025	Nein **Grund:** Ist ein Review Artikel
IEEEXplore	1	("exoskeleton" OR "wearable robot" OR "assistive exoskeleton") **Fliters applied:** Journals, Early Access Articles	1733 20.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	2	("nurse" OR "caregiver" OR "healthcare worker") **Fliters applied:** Journals, Early Access Articles	182 20.11.2025	Nein **Grund:** diente der Vorrecherche, um einen Überblick zu erhalten
	3	("exoskeleton" OR "wearable robotic device") AND ("nurse" OR "caregiver") AND ("long-term care" OR "nursing home") AND ("patient handling" OR "transfer")	1 20.11.2025	Nein **Grund:** Konferenzbeitrag
fitNursing	1	exoskelett **Filter:** Geriatrie	0 20.11.2025	Keine weitere Suche da keine Treffer vorhanden
Google Scholar	1	Exoskelett und Langzeitpflege und Pflegepersonal	53 25.11.2025	Ein Artikel wurde ins Flowchart aufgenommen: Strube-Lahmann et al., (2023) *Pilotierung eines aktiven Exoskelettes in der stationären Akut- und Langzeitpflege*

(Quelle: Mayer et al., 2023, S. 178)

HSLU

Seite 7/7

Anhang B: Kritische Bewertung Kato et al., 2021

Checkliste für quantitative Studien

Checkliste für die kritische Bewertung von quantitativen Studien

(adaptiert nach Mayer et al., 2023, S. 145)

Beurteilende Person: Melda Delic

Datum: 19.11.2025

Autor*innen: Kato, K., Yoshimi, T., Tsuchimoto, S., Mizuguchi, N., Aimoto, K., Itoh, N., & Kondo, I.

Jahr: 2021

	Adäquat	Unklar	Problematisch
1. Forschungsproblem Wurde die Ausgangslage so geschildert, dass die Problemstellung klar ist?	X	☐	☐
2. Forschungsfrage(n) und Ziel(e) Ist/sind die Forschungsfrage(n) klar erkennbar und präzise formuliert? Ist das Ziel/sind die Ziele auf die Problemstellung ausgerichtet?	X	☐	☐
3. Aufarbeitung des Forschungsstands Wurde ein Literaturreview durchgeführt? Wenn ja, ist die Literaturübersicht in strukturierter und systematischer Weise dargestellt? Werden aktuelle Forschungserkenntnisse zur betreffenden Thematik dargestellt? Werden die verwendeten Begrifflichkeiten konzeptuell definiert?	☐	☐	X
4. Design Passt das Design zur Forschungsfrage und zu den Zielen und ist es plausibel begründet?	X	☐	☐
5. Stichprobe Ist die Population beschrieben? Wurden Ein- und Ausschlusskriterien genannt? Wie wurden die Teilnehmer*innen rekrutiert? Ist die Auswahlstrategie der Stichprobe nachvollziehbar und begründet? Wird eine Berechnung der notwendigen Stichprobengröße durchgeführt und wie wird die Stichprobengröße begründet?	☐	☐	X
6. Datenerhebung Sind die gewählten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage geeignet?	X	☐	☐

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA119.02.2025

Checkliste für quantitative Studien

Ist die Vorgehensweise der Datenerhebung nachvollziehbar? Welche Variablen wurden erhoben und mit welchem Assessmentinstrument? Wurde das Instrument von den Autor:innen selbst erstellt oder von anderen Personen übernommen? Wird die Auswahl des Instruments begründet? Werden die Reliabilität und die Validität des Instruments diskutiert?			
7. Ethische Diskussion Wurden die Teilnehmer:innen vollständig informiert („informed consent“)? Werden Vorgehensweisen zum Schutz der Teilnehmer:innen aufgezeigt? Wurden die Teilnehmer:innen vor möglichen Schäden geschützt? Wurde die Anonymität der Teilnehmer:innen gewahrt? Wurde das Votum einer Ethikkommission eingeholt?	X	☐	☐
8. Datenanalyse Werden die statistischen Tests, die für die Datenanalyse verwendet wurden, genannt und begründet? Wird rein deskriptiv ausgewertet oder erfolgen komplexere statistische Berechnungen? Wird das Signifikanzniveau genannt? Entsprechen die jeweiligen Methoden dem Messniveau jeder Variablen?	X	☐	☐
9. Ergebnisdarstellung Bezieht sich die Ergebnisdarstellung auf die Forschungsfrage(n)? Wird die Stichprobe ausreichend beschrieben? Sind die präsentierten Informationen ausreichend, um die Forschungsfrage(n) zu beantworten?	X	☐	☐
10. Diskussion und Schlussfolgerung Wurden die Ergebnisse unter Berücksichtigung des bisherigen Forschungsstands diskutiert und interpretiert?	X	☐	☐

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA219.02.2025

Checkliste für quantitative Studien

Werden Empfehlungen für Praxis, Lehre und Forschung basierend auf den Resultaten der Studie abgegeben? Werden etwaige Limitationen der Studie aufgezeigt?			
11. Literaturangaben Wurden alle Quellen nachvollziehbar und den wissenschaftlichen Kriterien entsprechend angegeben? Ist die verwendete Literaturliste umfassend und aktuell?	X	☐	☐

Quelle: Mayer, H., Raphaelis, S. & Kobleder, A. (2023). *Literaturreviews für Gesundheitsberufe: Recherchieren - Bewerten - Erstellen* (2. Auflage). Facultas

Kommentare zur kritischen Beurteilung von quantitativen Studien

1. **Forschungsproblem**

Das Problem wurde klar und sinnvoll beschrieben. Die Autor*innen benennen den Personalmangel, den demografischen Wandel, Gesundheitliche Folgen des Pflegepersonals hauptsächlich die physischen Belastungen, den Mangel am Einsatz solcher Assistenzsysteme auf.

2. **Forschungsfrage(n) und Ziel(e)**

Eine klare Forschungsfrage ist nicht vorhanden. Das Ziel wurde jedoch klar beschrieben. Das Ziel der Studie war es in zwei Langzeitpflegeinrichtungen Pflegeaufgaben zu identifizieren in denen das Pflegepersonal die beinen Exoskelette Muscle Suit und HAL- Lumbar type for care support trugen, um den Einsatz der Assistenzsysteme für die zukünftige Pflege aufzuzeigen.

3. **Aufarbeitung des Forschungsstands**

Die Autor*innen benennen einzelne Studien zu Muskelaktivität, physischer Belastung, Rückenschmerzen, Hebehilfen sowie den beiden Exoskeletten auf, jedoch ohne ein ersichtliches strukturiertes oder systematisches Literaturreview. Aktuelle Forschungserkenntnisse wurden reduziert erwähnt und zentrale Begriffe wurden wenig definiert. Daher wurde die Aufarbeitung des Forschungsstands als problematisch eingestuft.

4. **Design**

Das gewählte Design ist eine eine quantitative, nicht-randomisierte Beobachtungsstudie ohne Kontrollgruppe in zwei Pflegeheimen. Für die genannte Zielsetzung ist das Design passend gewählt.

5. **Stichprobe**

Die Population ist bekannt und wurde beschrieben. Für den Einsatz des Muscle Suits wurden 18 Pflegepersonen elf Männer und sieben Frauen mit einem Durchschnittsalter von 38 +/- 9 Jahre und einer Berufserfahrung von 9 +/- 6 Jahren rekrutiert. Für den HAL Einsatz wurden sieben Pflegepersonen davon drei Männer und vier Frauen mit einem Durchschnittsalter von 39 +/- 15 Jahren und einer Berufserfahrung von 8 +/- 8 Jahren rekrutiert. Klare Ein- und Ausschlusskriterien sowie die Rekrutierungs- und Auswahlstrategie der Pflegepersonen werden nicht beschrieben. Eine Fallzahlberechnung oder Begründung der Stichprobengrösse ist ebenfalls nicht ersichtlich, deshalb wurde die Stichprobe als problematisch bewertet.

6. **Datenerhebung**

Um das Ziel zu erreichen, führten die Autor*innen eine One-Minute-Time-Motion-Analyse durch. Wobei Pflegetätigkeiten systematisch beobachtet und in Kategorien eingeordnet wurden. Diese Methode ist geeignet, um den Einsatz und die Anwendungsdauer der Exoskelette im Pflegealltag zu dokumentieren. Die

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA419.02.2025

Checkliste für quantitative Studien

Vorgehensweise wurde nachvollziehbar beschrieben. Erfasst wurden die Art der Pflegetätigkeit, die benötigte Zeit pro Tätigkeit sowie die Durchführung mit oder ohne Exoskelett. Dafür wurde ein standardisiertes Codesystem des japanischen Gesundheitsministeriums Survey of Elderly Care aus dem Jahr 2006 verwendet und mit einer Klassifikation aus einer früheren Time-Motion-Studien kombiniert. Angaben zur Reliabilität und Validität des verwendeten Instruments fehlen. Die Time-Motion-Methode ist jedoch ein etabliertes Verfahren in der Pflegeforschung. Die Datenerhebung wird als adäquat bewertet.

7. Ethische Diskussion

Die Studie zeigt mehrere Hinweise auf die Einhaltung ethischer Standards auf. Ein Ethikvotum der Ethics and Conflicts of Interest Committee des National Center for Geriatrics and Gerontology Acceptance No. 1275 wurde eingeholt und alle Teilnehmenden gaben eine schriftliche Einwilligung ab. Die Autor*innen betonen, dass die Methoden nach relevanten Richtlinien durchgeführt wurden, gehen aber nicht näher darauf ein. Personenbezogene Daten wurden nicht erhoben, die Darstellung der Ergebnisse erfolgte anonymisiert. Die ethischen Aspekte wurden eingehalten und werden als adäquat bewertet.

8. Datenanalyse

Die Datenanalyse erfolgt deskriptiv über Häufigkeiten, Zeitanteile und Prozentangaben zu Pflegetätigkeiten mit und ohne Exoskelett und werden in Kreisdiagrammen mit Prozentangaben dargestellt. Statistische Tests werden nicht aufgezeigt und ein Signifikanzniveau wurde nicht genannt. Für die Zielsetzung ist diese Vorgehendweise passend, erlaubt aber keine klaren statistischen Aussagen. Die Datenanalyse gibt daher eingeschränkte Aussagen. Dennoch wird die Datenanalyse als adäquat bewertet.

9. Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse werden klar und nachvollziehbar dargestellt. Tätigkeiten, Zeitanteile und die Anwendung der Exoskelette werden in Tabellen, Kreisdiagrammen und im Text übersichtlich beschrieben und die Darstellung folgt der Struktur der Datenerhebung. Es werden Unterschiede zwischen Tätigkeiten mit und ohne Exoskelett sowie zwischen Muscle Suit und HAL aufgezeigt. Es werden aber keine Angaben zu Unsicherheiten gemacht und es fehlen statistische Werte, was die Interpretierbarkeit einschränkt. Für diese Studie ist die Ergebnisdarstellung jedoch adäquat und nachvollziehbar und wird so bewertet.

10. Diskussion und Schlussfolgerung

In der Diskussion interpretieren die Autor*innen die Ergebnisse und setzen sie in Bezug zum bestehenden Forschungsstand vor allem zu bisherigen Erkenntnissen zu Exoskeletten, physischer Belastung und pflegerischen Tätigkeiten. Die Ergebnisse werden nachvollziehbar eingeordnet und es wird aufgezeigt, für welche Aufgaben die Geräte im Pflegealltag potenziell geeignet sind. Die Limitationen der Studie wie die geringe Stichprobe, das Beobachtungsdesign, die eingeschränkte Generalisierbarkeit werden zwar erwähnt aber nur knapp reflektiert. Die Diskussion und Schlussfolgerungen werden als adäquat bewertet.

11. Literaturangaben

Die Literaturangaben sind vollständig und entsprechen den wissenschaftlichen Qualitätskriterien. Die verwendeten Quellen stammen aus peer-reviewten Fachzeitschriften und sind für die Zielsetzung relevant. Die Literaturliste enthält aktuelle Arbeiten und einige ältere Quellen und ist genügend breit aufgestellt. Die Literaturangaben werden als adäquat bewertet.

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA419.02.2025

Anhang C: Kritische Bewertung Strube-Lahmann et al., 2023

Part I: Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018

Category of study designs	Methodological quality criteria	Responses			
		Yes	No	Can't tell	Comments
Screening questions (for all types)	S1. Are there clear research questions?	X			Die Forschungsfragen sind klar formuliert und beziehen sich auf die Anwendung, Nutzungserfahrungen und Herausforderungen beim Einsatz des Exoskeletts.
	S2. Do the collected data allow to address the research questions?	X			Die verwendeten Daten aus Beobachtung, offene Befragungen, teilstandardisierten Fragebögen sind geeignet, um die Forschungsfragen zu beantworten.
	Further appraisal may not be feasible or appropriate when the answer is 'No' or 'Can't tell' to one or both screening questions.				
1. Qualitative	1.1. Is the qualitative approach appropriate to answer the research question?	X			Die qualitative Beobachtung und die offenen Befragungen passen zur explorativen Zielsetzung.
	1.2. Are the qualitative data collection methods adequate to address the research question?	X			Die Erhebungsmethoden bestehend aus Beobachtungsprotokollen und Freitextantworten sind klar beschrieben und zur Fragestellung passend.
	1.3. Are the findings adequately derived from the data?	X			Die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring ist nachvollziehbar beschrieben und die Ergebnisse sind erkennbar aus den Daten abgeleitet.
	1.4. Is the interpretation of results sufficiently substantiated by data?	X			Die Interpretationen stützen sich auf konkrete qualitative Aussagen und bleiben innerhalb der Datenbasis.
	1.5. Is there coherence between qualitative data sources, collection, analysis and interpretation?			X	Die Schritte sind passend, aber es fehlen Angaben zu qualitativen Gütekriterien. Aufgrund dessen ist keine eindeutige Beurteilung möglich.
	2.1. Is randomization appropriately performed?				

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

2. Quantitative randomized controlled trials	2.2. Are the groups comparable at baseline?				
	2.3. Are there complete outcome data?				
	2.4. Are outcome assessors blinded to the intervention provided?				
	2.5 Did the participants adhere to the assigned intervention?				
3. Quantitative non-randomized	3.1. Are the participants representative of the target population?				
	3.2. Are measurements appropriate regarding both the outcome and intervention (or exposure)?				
	3.3. Are there complete outcome data?				
	3.4. Are the confounders accounted for in the design and analysis?				
	3.5. During the study period, is the intervention administered (or exposure occurred) as intended?				
4. Quantitative descriptive	4.1. Is the sampling strategy relevant to address the research question?	X			Die Rekrutierung fand über bestehende Netzwerke für die Teilnahme von den n=7 Pflegexpert*innen im Workshop sowie über eine Einrichtungsleitung für die n=3 Pflegepersonen aus dem Feldtest statt. Die Beschreibung der Stichprobe ist nachvollziehbar und für die Fragestellung passend.
	4.2. Is the sample representative of the target population?			X	Die Stichprobe ist sehr klein und es fehlen Angaben über die Grundgesamtheit, Rekrutierungsquote oder Ablehnungen. Die Repräsentativität kann deshalb nicht beurteilt werden.
	4.3. Are the measurements appropriate?	X			Die Studie verwendet validierte Skalen zur Technikaffinität TA-EG Technikbereitschaft nach Neyer. Dies ist geeignet, um die Einstellungen und Kompetenzen zu erfassen. Angaben zur Reliabilität in fehlen jedoch.
	4.4. Is the risk of nonresponse bias low?			X	Einige Fragebögen wurden nicht vollständig ausgefüllt und es fehlen Angaben zur Grundgesamtheit der kontaktierten Personen. Der

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

					Nonresponse-Bias kann daher nicht klar beurteilt werden.
	4.5. Is the statistical analysis appropriate to answer the research question?	X			Die Ergebnisse werden deskriptiv kurz beschrieben und in der Tabelle aufgezeigt. Inferenzstatistische Verfahren wurden nicht durchgeführt. Es ist ausreichend für die Forschungsfragen.
5. Mixed methods	5.1. Is there an adequate rationale for using a mixed methods design to address the research question?			X	Es wird keine explizite Begründung für die Wahl Designs angegeben. Das zweiphasige Vorgehen ist nachvollziehbar, aber methodisch nicht ausführlich begründet.
	5.2. Are the different components of the study effectively integrated to answer the research question?	X			Die Ergebnisse aus Phase 1 dem Workshop werden in Phase 2 dem Feldtest genutzt und qualitative sowie quantitative Daten sowie Fragebogen werden miteinander verknüpft.
	5.3. Are the outputs of the integration of qualitative and quantitative components adequately interpreted?	X			Die Interpretation der qualitativen und quantitativen Ergebnisse ist erkennbar.
	5.4. Are divergences and inconsistencies between quantitative and qualitative results adequately addressed?		X		Die Studie berichtet nicht, ob divergierende Ergebnisse zwischen qualitativen und quantitativen Daten auftraten oder wie damit umgegangen wurde.
	5.5. Do the different components of the study adhere to the quality criteria of each tradition of the methods involved?			X	Die qualitativen und quantitativen Elemente sind grundsätzlich nachvollziehbar umgesetzt, aber es fehlen Angaben zu qualitativen Gütekriterien und stichprobenspezifischen Reliabilitätsangaben. Eine vollständige Beurteilung ist daher nicht möglich.

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

Anhang D: Kritische Bewertung Roentgen et al., 2024

Checkliste für qualitative Studien

Checkliste für die kritische Bewertung von qualitativen Studien

(adaptiert nach Mayer et al., 2023, S. 147)

Beurteilende Person: Melda Delic

Datum: 22.11.2025

Autor*in: Roentgen et al.

Jahr: 2024

	Adäquat	Unklar	Problematisch
1. Forschungsproblem Wurde die Ausgangslage so geschildert, dass die Problemstellung klar ist?	X	☐	☐
2. Forschungsfrage(n) und Ziel(e) Ist/sind die Forschungsfrage(n) klar erkennbar und präzise formuliert? Ist das Ziel/sind die Ziele auf die Problemstellung ausgerichtet?	X	☐	☐
3. Aufarbeitung des Forschungsstands Werden aktuelle Forschungserkenntnisse zur betreffenden Thematik dargestellt? Werden die verwendeten Begrifflichkeiten konzeptuell definiert? Ist die Literaturübersicht in strukturierter und systematischer Weise dargestellt? Besteht ein nachvollziehbarer Zusammenhang zwischen der aufgearbeiteten Forschungs-literatur und dem Forschungsproblem?	X	☐	☐
4. Design Passt das Design zur Forschungsfrage und zu den Zielen und ist es plausibel begründet?	X	☐	☐
5. Sample Wurden Ein- und Ausschlusskriterien genannt? Wie wurden die Teilnehmer:innen rekrutiert? Ist die Auswahlstrategie des Samples nachvollziehbar und begründet?	X	☐	☐
6. Datenerhebung Sind die gewählten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfrage bzw. zur Erfassung des betreffenden Phänomens geeignet? Ist die Vorgangsweise der Datenerhebung nachvollziehbar?	X	☐	☐

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA113.02.2025

Checkliste für qualitative Studien

Wird die Studie mit den übereinstimmenden Vorgaben des jeweiligen Ansatzes (z. B. Grounded Theory) methodisch stringent durchgeführt?			
7. Ethische Diskussion Wurden die Teilnehmer:innen vollständig informiert („informed consent")? Werden Vorgehensweisen zum Schutz der Teilnehmer:innen aufgezeigt? Wurden die Teilnehmer:innen vor möglichen Schäden geschützt? Wurde die Anonymität der Teilnehmer:innen gewahrt? Wurde das Votum einer Ethikkommission eingeholt?	X	☐	☐
8. Datenanalyse Werden die zur Analyse der Daten eingesetzten Strategien beschrieben? Sind sie nachvollziehbar? Werden Aussagen zur Berücksichtigung von Gütekriterien qualitativer Forschung getroffen?	X	☐	☐
9. Ergebnisdarstellung Werden das Sample und sein Kontext ausreichend beschrieben? Ist die Ergebnisdarstellung verständlich und nachvollziehbar? Wird das betreffende Phänomen ausreichend beschrieben? Konnte die Forschungsfrage beantwortet werden?	X	☐	☐
10. Diskussion und Schlussfolgerung Wird in der Diskussion ein Bezug zum theoretischen Hintergrund hergestellt (wird darauf Bezug genommen, was bereits über das Phänomen bekannt ist)? Welchen Beitrag zur Theorie- bzw. Konzeptentwicklung über das betreffende Phänomen leistet die Arbeit? Werden Empfehlungen für Praxis, Lehre und Forschung basierend auf den Resultaten der Studie abgegeben? Werden etwaige Limitationen der Studie aufgezeigt?	X	☐	☐

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA213.02.2025

Checkliste für qualitative Studien

11. Literaturangaben Wurden alle Quellen nachvollziehbar und den wissenschaftlichen Kriterien entsprechend angegeben? Ist die verwendete Literaturliste umfassend und aktuell?	X	☐	☐

Quelle: Mayer, H., Raphaelis, S. & Kobleder, A. (2023). *Literaturreviews für Gesundheitsberufe: Recherchieren - Bewerten - Erstellen* (2. Auflage). facultas.

Kommentare zur kritischen Beurteilung von qualitativen Studien

1. Forschungsproblem

Die Problemstellung ist klar und die Relevanz ist sinnvoll. Die Autor*innen beschreiben, dass arbeitsbedingte Muskel- und Skeletterkrankungen unter Pflegefachpersonen weit verbreitet sind. Transfer, Positionierung und Arbeiten in gebeugten Haltungen gehen häufig mit Rückenschmerzen einher. Passive Exoskelette zeigten in anderen Arbeitsbereichen positive Ergebnisse. Der Einsatz in der Langzeitpflege ist bisher kaum untersucht worden. Insgesamt wird das Forschungsproblem als adäquat bewertet.

2. Forschungsfrage(n) und Ziel(e)

Eine klare Forschungsfrage wurde nicht formuliert aber ein klares Ziel, nämlich die Erfahrungen von Pflegefachpersonen in der Langzeitpflege mit chronischen Rückenschmerzen bei der Nutzung eines Exoskeletts zu dokumentieren. Das Ziel passt zur Problembeschreibung und zum qualitativen Forschungsansatz. Deshalb wird dies als adäquat bewertet.

3. Aufarbeitung des Forschungsstands

Aktuelle Forschungserkenntnisse zu Exoskeletten in verschiedenen Settings wie Logistik, Industrie, Operationssaal, Laborstudien zu Exoskeletten Laevo werden aufgezeigt. Es ist aber nicht ersichtlich, ob eine systematische Literaturübersicht stattgefunden hat. Es werden keine Suchstrategie oder Datenbanken beschrieben. Das Exoskelett wird technisch beschrieben, aber nicht konzeptuell definiert. Der Zusammenhang zwischen der aufgearbeiteten Literatur und dem Forschungsproblem ist aber nachvollziehbar und wird als adäquat bewertet.

4. Design

Das deskriptive qualitative Design passt zur Forschungsfrage und wurde begründet. Das Vorgehen in vier Testphasen mit drei verschiedenen Exoskelett-Versionen über 16 Monate ist für die Zielsetzung sinnvoll und ermöglicht eine ganzheitliche Erfassung der Erfahrungen und wird daher adäquat bewertet.

5. Sample

Ein- und Ausschlusskriterien wurden klar formuliert. Eingeschlossen wurden Pflegefachpersonen mit Morgen und Abendpflege, Arbeitsvertrag mindestens 24h die Woche und chronischen Rückenschmerzen über drei Monate. Ausgeschlossen wurde man bei Red Flags, Bandscheibenvorfall oder Beschwerden bei der Anpassung des Exoskeletts. Die Rekrutierung wurde über Social Media, interne Kommunikationskanäle und direkte Ansprache gemacht. Die Auswahlstrategie ist nachvollziehbar. Es nahmen 22 Pflegefachpersonen aus zwei Einrichtungen teil. Die Stichprobengrösse ist für eine qualitative Studie angemessen. Die Autor*innen äussern, dass eine Datensättigung erreicht wurde. Die Rekrutierungsstrategie könnte zu einem Selection Bias geführt haben, was die Autor*innen auch selbst betonen. Das Sample wird als adäquat eingestuft.

6. Datenerhebung

Die halbstrukturierten Einzelinterviews sind zur Erfassung subjektiver Erfahrungen geeignet. Die Vorgehensweise ist nachvollziehbar beschrieben. Der Interviewleitfaden wurde nach etablierten Instrumenten D-QUEST und Technology Acceptance Model) geführt. Der Interviewleitfaden wurde von einer Ergotherapeutin sowie zwei Physiotherapeut*innen auf Verständlichkeit, Struktur und inhaltlichem Aufbau geprüft. Dies trägt zur Qualität der Datenerhebung bei. Die Audioaufnahmen wurden zusammengefasst und den Teilnehmenden zur Überprüfung gestellt Member-Check. Ein spezifischer qualitativer Ansatz wird nicht benannt. Die Datenerhebung wird als adäquat bewertet.

7. Ethische Diskussion

Die Teilnehmenden wurden vollständig informiert und gaben ihre Einwilligung. Zum Schutz der Teilnehmenden wurde

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA413.02.2025

Checkliste für qualitative Studien

eine physiotherapeutische Begleitung in den ersten Nutzungstagen angeboten. Die Teilnahme war freiwillig und konnte jederzeit bei Beschwerden beendet werden. Die Anonymität wurde gewahrt. Audioaufnahmen wurden nach der Zusammenfassung gelöscht, Teilnehmende werden mit Codes bezeichnet P1-P22. Das Forschungsprotokoll wurde von einer Ethikkommission genehmigt METC Zuyderland-Zuyd, Nr. METCZ20200037. Die Ethische Diskussion wird als adäquat bewertet.

8. Datenanalyse

Die Analysestrategie wurde benannt, jedoch nur oberflächlich. Details zur Kategorienbildung fehlen. Positiv ist aber die klare Diskussion von Gütekriterien, Glaubwürdigkeit durch Member-Check, Übertragbarkeit, Zuverlässigkeit durch Datensättigung, und Bestätigbarkeit. Daten- und Forschertriangulation wurden angewendet. Die Datenanalyse wird als adäquat bewertet.

9. Ergebnisdarstellung

Das Sample und der Kontext werden ausreichend beschrieben. Die Merkmale der 22 Teilnehmenden wurden in Form einer Tabelle aufgezeigt. Die Ergebnisdarstellung ist verständlich und nachvollziehbar. Die Ergebnisse werden nach fünf Hauptthemen präsentiert. Das Phänomen Erfahrungen mit dem Exoskelett wird differenziert dargestellt und durch Zitate ergänzt. Die vielen Erfahrungen 13 positive, vier ambivalente und fünf negative werden deutlich gemacht. Das Forschungsziel wurde erreicht.

10. Diskussion und Schlussfolgerung

Ein Bezug zum theoretischen Hintergrund wird hergestellt. Vergleich mit anderen Studien eine aus Finnland und eine aus Frankreich. Die Autor*innen beschreiben ihre Studie als die bisher umfassendste Untersuchung im realen Pflegekontext und wird mit Studiendauer, Stichprobengrösse und Setting begründet. Empfehlungen für Praxis wie Implementierung, Verbesserungsvorschläge und Forschung wie Langzeitstudien werden formuliert. Die Limitationen werden transparent benannt.

11. Literaturabgaben

Die Literaturangaben wurden vollständig angegeben und entsprechen wissenschaftlichen Zitierstandards. Die verwendeten Quellen stammen aus peer-reviewed Zeitschriften oder anerkannten Fachbüchern. Die Autor*innen verwenden aktuelle Studien bis 2022.

Füssenich-Blum Sandra HSLU SA413.02.2025

Anhang E: Kritische Bewertung Saurio et al., 2025

Part I: Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018

Category of study designs	Methodological quality criteria	Responses			
		Yes	No	Can't tell	Comments
Screening questions (for all types)	S1. Are there clear research questions?	X			Die Forschungsfrage ist klar formuliert und in zwei Teilfragen zu sozialen/gesundheitlichen Auswirkungen sowie physiologischen Belastungen untergliedert.
	S2. Do the collected data allow to address the research questions?	X			Die verwendeten Daten aus Interviews, Tagebüchern und physiologischen Messungen (EMG, HR, MET) sind geeignet, um die Forschungsfragen zu beantworten.
	Further appraisal may not be feasible or appropriate when the answer is 'No' or 'Can't tell' to one or both screening questions.				
1. Qualitative	1.1. Is the qualitative approach appropriate to answer the research question?	X			Die qualitative Beobachtung, Interviews und Tagebücher passen zur explorativen Zielsetzung der Erfassung subjektiver Erfahrungen.
	1.2. Are the qualitative data collection methods adequate to address the research question?	X			Die Erhebungsmethoden bestehend aus Pre- und Post-Interviews sowie Nutzertagebüchern sind klar beschrieben und zur Fragestellung passend.
	1.3. Are the findings adequately derived from the data?	X			Die qualitative Inhaltsanalyse mit dem HuIA-Ansatz ist nachvollziehbar beschrieben und die Ergebnisse sind erkennbar aus den Daten abgeleitet.
	1.4. Is the interpretation of results sufficiently substantiated by data?	X			Die Interpretationen stützen sich auf konkrete Zitate der Teilnehmenden und bleiben innerhalb der Datenbasis.
	1.5. Is there coherence between qualitative data sources, collection, analysis and interpretation?			X	Die Schritte sind passend und es besteht eine klare Verbindung zwischen Datenquellen, Analyse und Interpretation. Die Kohärenz ist gegeben.

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

2. Quantitative randomized controlled trials	2.1. Is randomization appropriately performed?				
	2.2. Are the groups comparable at baseline?				
	2.3. Are there complete outcome data?				
	2.4. Are outcome assessors blinded to the intervention provided?				
	2.5 Did the participants adhere to the assigned intervention?				
3. Quantitative non-randomized	3.1. Are the participants representative of the target population?		X		Die Stichprobe aus n=8 Pflegeassistent*innen aus einem Pflegeheim in Finnland ist klein und basiert auf freiwilliger Teilnahme. Die Repräsentativität für die breitere Population der Langzeitpflege ist eingeschränkt.
	3.2. Are measurements appropriate regarding both the outcome and intervention (or exposure)?	X			EMG, HR und MET sind validierte und etablierte Verfahren zur Erfassung physiologischer Belastung. Die Messprozesse entsprechen wissenschaftlichen Standards
	3.3. Are there complete outcome data?	X			Bis auf eine krankheitsbedingt abwesende Person liegen alle Messungen vollständig vor. Dies wird transparent angegeben.
	3.4. Are the confounders accounted for in the design and analysis?		X		Es gibt keine systematische Kontrolle von Störfaktoren wie Tagesform, Arbeitslast oder individueller Belastbarkeit. Im Feldsetting ist jedoch nur begrenzte Kontrolle möglich.
	3.5. During the study period, is the intervention administered (or exposure occurred) as intended?	X			Die Exoskelette wurden im realen Arbeitsalltag wie vorgesehen eingesetzt. Die Anwendung entsprach den Instruktionen.
4. Quantitative descriptive	4.1. Is the sampling strategy relevant to address the research question?				
	4.2. Is the sample representative of the target population?				
	4.3. Are the measurements appropriate?				
	4.4. Is the risk of nonresponse bias low?				

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

	4.5. Is the statistical analysis appropriate to answer the research question?				
5. Mixed methods	5.1. Is there an adequate rationale for using a mixed methods design to address the research question?	X			Die Kombination aus qualitativen und quantitativen Methoden wird explizit begründet. Subjektive Erfahrungen und objektive Messwerte ergänzen sich zur Beantwortung der Forschungsfragen.
	5.2. Are the different components of the study effectively integrated to answer the research question?	X			Die Ergebnisse werden gemeinsam interpretiert. Qualitative und quantitative Daten werden miteinander verknüpft und integriert dargestellt.
	5.3. Are the outputs of the integration of qualitative and quantitative components adequately interpreted?	X			Die Interpretation der qualitativen und quantitativen Ergebnisse ist erkennbar. Qualitative Erkenntnisse kontextualisieren die quantitativen Resultate
	5.4. Are divergences and inconsistencies between quantitative and qualitative results adequately addressed?	X			Die Studie thematisiert Divergenzen zwischen den Datenarten, z.B. subjektive Entlastung versus fehlende statistische Signifikanz sowie erhöhte Beschwerden trotz unveränderter MET-Werte.
	5.5. Do the different components of the study adhere to the quality criteria of each tradition of the methods involved?	X			Die qualitativen und quantitativen Elemente sind nachvollziehbar umgesetzt. Die qualitative Analyse folgt dem HuIA-Ansatz, die physiologischen Messungen entsprechen wissenschaftlichen Standards

Hong QN, Pluye P, Fàbregues S, Bartlett G, Boardman F, Cargo M, Dagenais P, Gagnon M-P, Griffiths F, Nicolau B, O'Cathain A, Rousseau M-C, Vedel I. Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), version 2018. Registration of Copyright (#1148552), Canadian Intellectual Property Office, Industry Canada.

Anhang F: Tabellarische Zusammenfassungen der eingeschlossenen Studien

Zusammenfassung der Studie

Studie 1: Kato et al. (2021) - Identification of care tasks for the use of wearable transfer support robots– an observational study at nursing facilities using robots on a daily basis

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
Problembeschreibung Die Autor*innen beschreiben, dass die alternde Bevölkerung zu einem Mangel an Pflegekräften führt. Gleichzeitig steigen chronische Rückenschmerzen beim Pflegepersonal. Repetitive Bewegungen wie Transfers und Umpositionierung erhöhen das Risiko für Rückenschmerzen. In Japan sind tragbare Roboter zur Transferunterstützung verfügbar, jedoch gibt es laut den Autor*innen wenig Informationen über die Nutzung im realen Pflegealltag. Eine Umfrage in 1347 japanischen Pflegeeinrichtungen zeigte, dass 7,6% solche Roboter eingeführt haben und mehr als die Hälfte davon nicht effektiv genutzt wird. **Forschungsfrage** Das Ziel war die Identifikation von Pflegeaufgaben und -abläufen, die für den Einsatz von tragbaren Transfer-Unterstützungsrobotern geeignet sind. **Bezugsrahmen** Die Autor*innen bennen frühere Studien welche zeigen, dass die untersuchten Roboter die Muskelermüdung und die Muskelaktivität reduzieren können.	**Design** Es handelt sich um eine eine explorative Beobachtungsstudie. Soweit einzuschätzen ist quantitativ. **Methode** Es wurde eine 1-Minuten-intervall Zeit-Bewegungs-Analyse durchgeführt. Zusätzlich wurden Fragebögen und Interviews eingesetzt. **Stichprobe** Die Studie fand in zwei japanischen Pflegeheimen statt, welche die Roboter seit über 24 Monaten nutzen. In der MS-Einrichtung arbeiteten 18 Pflegepersonen im Alter von 38 +/-9 Jahren mit Berufserfahrung von 9 +/-6 Jahren mit 59 Pflegebedürftigen und 3 Robotern Muscle Suit. In der HAL-Einrichtung arbeiteten 7 Pflegepersonen im Alter von 39 +/-15 Jahren mit Berufserfahrung von 8 +/-8 Jahren mit 9 Pflegebedürftigen und 1 Roboter HAL Lumbar Type. Beobachtet wurden 2 Tage (MS) und 3 Tage (HAL) während Tagschichten. **Datenerhebung/Messverfahren** Ein oder zwei Beobachter begleiteten jeweils eine Pflegeperson während der	**Ergebnisse** Die Autor*innen berichten, dass die Gesamtarbeitszeit 1431 min/Tag (MS) und 1168 min/Tag (HAL) betrug. Die Roboter wurden 131 min/Tag (MS) und 129 min/Tag (HAL) getragen. Dies macht 9-11% der Gesamtarbeitszeit aus. Beide Roboter wurden mehrheitlich für die direkte Pflege genutzt MS: 73,6%, HAL: 74,1%. Am häufigsten bei Transfer und Toilettengang. Der MS wurde hauptsächlich für Transfer 20,3% und Toilettengang 32,6% eingesetzt. Der HAL wurde auch für Mahlzeitenunterstützung 21,8% genutzt, da er im Sitzen getragen werden kann. Die Nutzung fand vor allem am Morgen statt. Die Gerätewartung benötigte etwa 5 Minuten pro Tag. Im Fragebogen gaben alle (MS) und 66,6% (HAL) der Pflegekräfte an, dass die physische Belastung reduziert wurde. Eine Reduktion der psychischen Belastung bestätigten 61% (MS) und 50% (HAL). In den Interviews zeigte sich, dass die Roboter als Teil der Routinearbeit von vorher zugewiesenen Trägern genutzt werden. Der MS ist laut den Befragten für Mahlzeitenunterstützung	**Diskussion/ Interpretation der Ergebnisse** Die Autor*innen interpretieren, dass beide Roboter intensiv für Tätigkeiten mit hoher Rückenbelastung genutzt werden. Die Nutzung vor allem am Morgen zeigt ihrer Ansicht nach, dass Roboter besser in planbare Routinearbeiten integriert werden können. Durch langfristige Nutzung verstehen Einrichtungen die Eigenschaften der Roboter und entwickeln passende Einsatzgebiete. **Limitationen** Die Autor*innen nennen mehrere Limitationen. Es wurden nur zwei Robotertypen untersucht. Nur Einrichtungen mit über 24 Monaten Erfahrung wurden einbezogen. Die 1-Minuten-Auflösung verhinderte die Erfassung kürzerer Ereignisse. Die Stichprobe war klein und die Beobachtungsdauer zu kurz. **Schlussfolgerungen/Praxisbezug** Die Autor*innen äussern, dass die Studie nützliche Informationen für die Einführung und nachhaltige Nutzung von Pflegerobotern liefert. Die Nutzung könnte Rückenschmerzen reduzieren

Diese Erkenntnisse stammen jedoch aus experimentellen Umgebungen wie Laboren. Die Studie orientiert sich an Zeit-Bewegungs-Studien im Pflegebereich.	gesamten Schicht. Alle 60 Sekunden wurde die aktuelle Tätigkeit mittels einem standardisiertem Codesystem erfasst. Das Codesystem basiert auf dem Survey of Elderly Care des japanischen Gesundheitsministeriums von 2006. Zusätzlich wurde dokumentiert, ob ein Roboter getragen wurde. Nach der Beobachtung füllten alle Pflegepersonen einen Fragebogen zur physischen und psychischen Belastung aus. Die Antworten wurden in Form einer Likert Skala "Stimme zu", "Stimme eher zu", "Stimme eher nicht zu" und "Stimme nicht zu" erfasst. Zusätzlich führten die Autor*innen Interviews mit Pflegepersonen durch. **Datenanalyse** Die Auswertung erfolgte deskriptiv. Es wurden Zeitanteile in Minuten und Prozent berechnet. Die Fragebogenergebnisse wurden als Häufigkeitsverteilungen dargestellt. Die Interviews wurden in der Ergebnis-/Diskussionsdarstellung festgehalten. **Ethik** Die Studie wurde vom Ethics and Conflicts of Interest Committee des National Center for Geriatrics and Gerontology genehmigt Nr. 1275. Alle Pflegepersonen gaben ihre schriftliche Einwilligung.	unpraktisch, da Sitzen mit diesem Exoskelett nicht möglich ist. Der HAL wurde im Badezimmer nur begrenzt genutzt, weil das Gerät an Wände stossen kann. Der MS wurde ebenfalls wenig im Badezimmer benutzt da er nicht wasserfest ist.	und damit die Fluktuation bei Pflegekräften reduzieren. Zukünftige Forschung sollte die Einführungsphase untersuchen und automatische Analysemethoden mit höherer zeitlicher Auflösung entwickeln.

Zusammenfassung der Studie

Studie 2: Strube-Lahmann et al. (2023) **-** Pilotierung eines aktiven Exoskelettes in der stationären Akut- und Langzeitpflege

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
Problembeschreibung Die Autor*innen beschreiben, dass Pflegepersonen häufig grossen physischen Belastungen ausgesetzt sind. Ein Grossteil dieser Belastungen entsteht bei der direkten pflegerischen Versorgung. Die Berufsgruppe der Pflegepersonen ist besonders von Berufskrankheiten betroffen, die durch mechanische Einwirkungen verursacht werden. Muskel- und Skeletterkrankungen stehen dabei im Vordergrund, insbesondere chronisches Rückenleiden. Diese werden durch Tätigkeiten begünstigt, bei denen schwere Lasten bewegt, gehoben oder getragen werden. Hebe- und Mobilisationssysteme werden wegen unhandlicher Bedienung oder räumlicher Einschränkungen oft nicht genutzt. Die bisherige Studienlage zum Einsatz von Exoskeletten in der Pflege ist begrenzt. **Forschungsfrage** Die Autor*innen benenn zwei Forschungsfragen. Die erste lautet: «*Für welche Pflegetätigkeiten, Pflegesettings und Nutzergruppen ist der Einsatz eines Exoskelettes grundsätzlich vorstellbar bzw. potenziell geeignet?*»	**Design** Es handelt sich um eine zweiphasige Pilotstudie. Phase 1 bestand aus einem Workshop mit Pflegeexpert*innen. Phase 2 bestand aus einem Feldtest in der pflegerischen Praxis. **Methode** In Phase 1 wurden Pflegeexpert*innen mit einem teilstandardisierten Fragebogen befragt. In Phase 2 trugen Pflegepersonen das Exoskelett während der Arbeit. Da wurden eine qualitative Beobachtung und Befragung mit Fragebogen durchgeführt. **Stichprobe** In Phase 1 nahmen sieben Pflegeexpert*innen aus der geriatrischen Akut- und Langzeitversorgung in Berlin teil. In Phase 2 nahmen drei Pflegepersonen teil. Diese waren zwei Gesundheits- und Krankenpfleger*innen sowie eine Altenpfleger*in. Die Berufserfahrung lag zwischen 7 und über 10 Jahren. Zwei Pflegepersonen waren weiblich, einer männlich. Ausgeschlossen wurden Personen mit Vorerkrankungen oder Beschwerden im Rücken. Das Mindestalter betrug 18 Jahre. Die	**Ergebnisse** *Phase 1 Workshop Pflegeexpert*innen* Die Autor*innen berichten, dass sieben Fragebögen ausgewertet werden konnten und dass kein Fragebogen vollständig ausgefüllt war. Als geeignete Pflegetätigkeiten wurden am häufigsten Mobilisation und Transfer genannt. Auch die Versorgung schwerer oder immobiler Menschen, Arbeiten in gebeugter Haltung sowie Lagern und Positionieren wurden genannt. Als geeignete Settings wurden Krankenhaus vor allem Intensivstation und Geriatrie und Pflegewohnheime genannt. Zusätzlich wurden Krankentransporte, ambulanter Pflegedienst und Physiotherapeut*innen als mögliche Berufsgruppen angegeben. Bezüglich der Verbesserungen wurden eine einfache und schnelle Bedienbarkeit als wichtigste Voraussetzung genannt. Kritisiert wurden eine zu hohe Rüstzeit, Gewicht, Grösse und Breite des Systems. Die Brustgurte sollten für weibliche Personen angepasst werden. Auch die Reinigung und Minimierung der Lautstärke wurden gewünscht.	**Diskussion/ Interpretation der Ergebnisse** Die Autor*innen interpretieren, dass neue Tätigkeitsbereiche für den Einsatz identifiziert werden konnten. Die Pflege schwerer, immobiler Pflegebedürftiger und Arbeiten in gebeugter Haltung wurden als neue Einsatzbereiche genannt. Der Einsatz sollte in zeitlich langwierigen und physisch belastenden Arbeitsfeldern erfolgen. Auch bei adipösen und mobilitätseingeschränkten Pflegebedürftigen scheint der Einsatz sinnvoll. Das Exoskelett sollte leichter und schmaler werden. Das Gurtsystem sollte an weibliche Personen angepasst werden. Um die Akzeptanz zu erhöhen, müssen regelmässige Schulungen und feste Ansprechpartner*innen vorhanden sein. **Limitationen** Die Autor*innen nennen mehrere Limitationen. Aufgrund der COVID-19-Pandemie musste die Anzahl der Pflegepersonen reduziert werden. Bestimmte Pflegeinterventionen konnten auch nicht validiert werden. Auf die knappen zeitlichen Ressourcen der Pflegepersonen musste Rücksicht genommen werden.

Und die zweite Frage war: *«Was muss an einem für Industriezwecke entwickelten Exoskelett adaptiert werden, um es in der pflegerischen Versorgung einsetzen zu können?»* **Bezugsrahmen** Die Autor*innen verweisen auf digitale Technologien als mögliche Unterstützung in der Pflege. Exoskelette stammen ursprünglich aus der Wehrtechnik und werden mittlerweile in Industriezweigen wie Logistik und Fertigung eingesetzt.	Rekrutierung wurde über die Einrichtungsleitungen gemacht. **Datenerhebung/Messverfahren** In Phase 1 füllten die Pflegeexpert*innen nach dem Ausprobieren des Exoskelettes einen teilstandardisierten Fragebogen aus. Dieser enthielt 15 Fragen zu Zielgruppe, Pflegesituationen, Bewegungsabläufen und Adaptionsbedarf. In Phase 2 wurden die Pflegepersonen mehrere Stunden vom Studienpersonal beobachtet. Dazu wurde ein offenes Beobachtungsprotokoll geführt. Danach füllten die Pflegepersonen einen Fragebogen aus. Dieser beinhaltete Angaben zur Person, Berufserfahrung, Technikbereitschaft und Technikaffinität. Für die Technikbereitschaft verwendeten die Autor*innen eine Skala von Neyer et al. (2012) Für die Technikaffinität verwendeten sie die TA-EG Kurzskala von Karrer et al. (2009) Die Anwenderkompetenz wurde auf Grundlage des UTAUT-Modells beurteilt. **Datenanalyse** Die Autor*innen bereiteten die Angaben aus den Befragungen tabellarisch auf. Die Freitextantworten wurden mit qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) interpretiert, kategorisiert und quantifiziert.	*Phase 2 Feldtest* Die Autor*innen berichten, dass drei Pflegepersonen das Exoskelett mehrere Stunden trugen. Die Ergebnisse zeigen eine gute Unterstützung bei Mobilisation und Positionierung auch eine Erleichterung bei Hebetätigkeiten wurde festgestellt. Als geeignete Einsatzbereiche wurden Mobilisation adipöser Pflegebedürftiger, Positionierung in der Nacht und Transport vorgeschlagen. Kritisiert wurden das hohe Gewicht und der Tragekomfort. Vorgeschlagen wurden ein flexibleres Gurtsystem, atmungsaktive Materialien, Seitengriffe für Pflegebedürftige, eine Sitzfunktion und Spritzwasserschutz. Positiv wurde die Hilfestellung zur aufrechten Körperhaltung genannt. Die Pflegepersonen gaben an, eine bessere Körperhaltung einzunehmen. Sie äusserten ausserdem, dass Schulungen und kontinuierliche Ansprechpartner*innen notwendig wären. **Beobachtung des Studienpersonals:** Es wurden Schwierigkeiten bei der Bedienung des Displays festgestellt. Auch schnelles Schwitzen wurde beobachtet. Die Bewegung wurden durch die Breite des Exoskelettes in engen Räumen eingeschränkt. Das selbstständige Anziehen war nicht möglich und lag bei 2–3 Minuten mit Hilfe. Auch nach der Einführung wurde ein unsicherer Umgang festgestellt.	**Schlussfolgerungen** Die Autor*innen äussern, dass der Einsatz eines Exoskelettes für bestimmte Pflegeinterventionen, Arbeitsfelder und Berufsgruppen sinnvoll sein kann. An der verfügbaren Technologie müssen jedoch Anpassungen gemacht werden. Ein gut angepasstes Exoskelett hat laut den Autor*innen das Potenzial, die Sicherheit zu erhöhen, die Versorgungsqualität zu verbessern und Pflegepersonen bei schwerer Arbeit zu entlasten. Somit könnte es typische Berufskrankheiten vorbeugen.

	Ethik Ein Ethikvotum der Charité Universitätsmedizin Berlin lag vor Nr. EA4/089/21. Die Datenerhebung wurde anonym und freiwillig gemacht. Die Teilnahme war auch freiwillig. Die Einwilligung wurde mündlich und schriftlich gemacht.		

Zusammenfassung der Studie

Studie 3: Roetgen et al. (2024) - Experiences of using an exoskeleton by care professionals in elderly care: A descriptive qualitative study

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
Problembeschreibung Die Autor*innen beschreiben dass Arbeitsbedingte Muskel- und Skeletterkrankungen unter Pflegepersonen weit verbreitet sind. Transfers, Positionierung und Arbeiten in gebeugten oder verdrehten Haltungen gehen mit Rückenschmerzen einher. Passive Exoskelette zur Unterstützung des unteren Rückens zeigten in anderen Bereichen wie Logistik, Landwirtschaft, Bauwesen und Industrie positive Ergebnisse. Der Einsatz von Exoskeletten in der Langzeitpflege wurde bisher kaum untersucht. **Forschungsziel** Die Studie dokumentiert die Erfahrungen von Pflegepersonen in der Altenpflege mit chronischen	**Design** Die Autor*innen wählten ein deskriptives qualitatives Forschungsdesign nach Polit und Beck (2021). **Stichprobe** Es nahmen 22 Pflegepersonen aus zwei niederländischen Langzeitpflegeeinrichtungen teil, Sevagram n=19, Zuyderland n=3. Die Einschlusskriterien beinhalteten Pflegehilfskraft, Pflegeassistent*in oder Pflegeperson, Durchführung von Morgen- und Abendpflege; Arbeitsvertrag von mindestens 24 Stunden pro Woche, chronische Rückenschmerzen länger als drei Monate. Ausgeschlossen wurden Personen mit Red Flags nach der niederländischen physiotherapeutischen	**Ergebnisse** Die Erfahrungen der 22 Pflegepersonen wurden in folgenden Hauptthemen beschrieben. *Anziehen und Anpassen* Das selbstständige An- und Ausziehen wurde als einfach empfunden. Die Anpassung durch Ergo- oder Physiotherapeut*innen dauerte etwa eine Stunde. Bei einigen Pflegepersonen konnte trotz mehrfacher Anpassung keine passende Einstellung gefunden werden. *Bewegung und Komfort* Das Tragen erfordert eine Anpassung der Bewegungen. Einige Pflegepersonen fühlten sich beim Bücken, Knien oder Sitzen eingeschränkt. Der Komfort bei der Bewegung hatte grossen Einfluss	**Diskussion/ Interpretation der Ergebnisse** Die Autor*innen diskutieren, dass Aussehen, Komfort, Bewegungseinfluss, Integration in Arbeitsabläufe und wahrgenommene Wirkung entscheidend für die Akzeptanz eines Exoskeletts sind. Sie Vergleichen ihre Ergebnisse mit einer anderen finnischen Studie zum Laevo-Einsatz und kamen zum Entschluss das diese übereinstimmen. **Stärken** Die Autor*innen benennen die Stärken der Studie. Unter anderem das die Projektphasen die Einbeziehung von Verbesserungsvorschlägen der Weiterentwicklung des Exoskeletts ermöglichten. Es wurden verschiedene Formen der Triangulation angewendet

Rückenschmerzen bei der Nutzung eines Exoskeletts während ihrer Pflegetätigkeiten. **Bezugsrahmen** Die Autor*innen beziehen sich auf das Technologieakzeptanzmodell und das Dutch Quebec User Evaluation of Satisfaction with assistive Technology (D-QUEST). Ein spezifischer theoretischer Rahmen für qualitative Forschung wird nicht explizit benannt.	Leitlinie für Rückenschmerzen, Bandscheibenvorfall oder Beschwerden bei der ersten Anpassung des Exoskeletts. Die Pflegepersonen wurden über die sozialen Medien, interne Kommunikationskanäle und direkte Ansprache rekrutiert. **Datenerhebung** Die Datenerhebung wurde von Oktober 2020 bis Dezember 2022 durchgeführt. Das Laevo-Exoskelett wurde in vier Testphasen mit drei verschiedenen Versionen getestet Version 2.57, Prototyp Laevo FLEX und das neue Laevo FLEX. Nach der Anpassung des Exoskeletts und einer Nutzungsperiode nahmen die Pflegepersonen an halbstrukturierten Einzelinterviews teil. Der Interviewleitfaden basierte auf dem D-QUEST und dem Technologieakzeptanzmodell. Die Interviews dauerten etwa 30 Minuten und fanden am Arbeitsplatz, telefonisch oder online statt. Die Audioaufnahmen wurden schriftlich zusammengefasst und den Pflegepersonen zur Überprüfung gegeben (Member-Check). **Datenanalyse** Die Interviewdaten wurden induktiv mit konventionellen Inhaltsanalysen nach Hsieh und Shannon (2005) analysiert. Die Daten wurden zu verschiedenen Zeitpunkten an verschiedenen Standorten von drei Forschenden erhoben und analysiert.	auf positive oder negative Erfahrungen. Als häufigster Nachteil wurde genannt, dass bequemes Sitzen nicht mehr möglich war. Mehrere Pflegepersonen empfanden das Exoskelett als zu warm und sperrig. *Aussehen* Die meisten waren mit dem Aussehen zufrieden oder sahen es als zweitrangig an. Für andere war das Aussehen der Hauptgrund, die Nutzung zu beenden. Bewohner*innen reagierten oft überrascht oder amüsiert. Bei Menschen mit Demenz wiederholten sich die Reaktionen ständig. Skeptische Reaktionen von Kolleg*innen führten bei einigen zu reduzierter Nutzung. *Integration in die Arbeit* Die Pflegepersonen nutzten das Exoskelett hauptsächlich bei Morgen- und Abendschichten bei physisch belastenden Tätigkeiten wie Transfer, Waschen, Duschen und Ankleiden. In der Studie wird die Hauptnutzung vor allem bei Morgen- und Abendpflege bei Spitzenbelastungen beschrieben. *Wahrgenommene Wirkung* 13 Pflegepersonen waren positiv, vier waren ambivalent und fünf waren negativ. Die positiven Erfahrungen beinhalteten Haltungskorrektur, erhöhtes Bewusstsein für ergonomisches Arbeiten und weniger Rückenermüdung. Einige berichteten, keine Rückenschmerzen mehr zu haben.	wie Datentriangulation, verschiedene Zeitpunkte und Standorte und Forschertriangulation durch drei Forschende. Die Datenerhebung über einen längeren Zeitraum und die Durchführung des Member-Checks erhöhen die Glaubwürdigkeit. Die ausführliche Kontextbeschreibung fördert die Übertragbarkeit. Die Sättigung der qualitativen Daten wurde erreicht. Die Ergebnisse wurden regelmässig im Projektteam diskutiert. **Limitationen** Die Rekrutierung war schwierig, was zu einer kleineren Stichprobe als geplant führte. Die Rekrutierungsart könnte zu einem Selection Bias geführt haben, da hauptsächlich technologieinteressierte Personen angesprochen wurden. Die COVID-19-Pandemie beeinflusste die Durchführung und Qualität der Studie zusätzlich. Die hohe Arbeitsbelastung der Pflegepersonen während der Pandemie erschwerte die Teilnahme aufgrund mangelnder Zeit. **Schlussfolgerungen** Die Studie leitet wertvolle Erkenntnisse zu Erfahrungen mit Exoskeletten in der Langzeitpflege her, vor allem im Hinblick auf das Potenzial der Linderung und Prävention von Rückenschmerzen. Es werden Vorschläge zur Weiterentwicklung von Exoskeletten für den Einsatz in der Pflege formuliert. Die Autor*innen empfehlen weitere Studien

	Ethik Das Forschungsprotokoll wurde von einer medizinischen Ethikkommission genehmigt METC Zuyderland-Zuyd, Nr. METCZ20200037. Die Pflegepersonen erhielten ein Informationsschreiben und gaben ihre Einwilligung.	Negative Erfahrungen beinhalteten eingeschränkte Bewegungen und erhöhte Belastung anderer Muskelgruppen. Die Pflegepersonen und beteiligten Therapeut*innen formulierten neun Verbesserungsvorschläge für das Exoskelett und sechs Empfehlungen zur Implementierung in der Langzeitpflege.	zu Langzeiteffekten sowie zur Wirksamkeit in Bezug auf Produktivität.

Zusammenfassung der Studie

Studie 4: Saurio et al. (2025) - Social and health impacts of exoskeleton use on care workers

Einleitung	Methode	Ergebnisse	Diskussion
Problembeschreibung Die Autor*innen beschrieben, dass in vielen Ländern ein wachsender Mangel an Pflegepersonen besteht bei gleichzeitig steigender Anzahl pflegebedürftiger Menschen. Arbeitsbedingte Muskel- und Skeletterkrankungen sind unter Pflegepersonen weit verbreitet und eine Hauptursache für Krankschreibungen. Mehr als ein Drittel der Arbeitstätigkeiten von Pflegepersonen sind physisch belastend. Exoskelette wurden als Mittel zur Unterstützung bei physisch anspruchsvoller Pflegearbeit eingeführt. Die bisherige Forschung zu Exoskeletten konzentrierte sich hauptsächlich auf andere Branchen und Laborsettings. Qualitative und	**Design** Die Autor*innen wählten ein Mixed-Methods-Design, das qualitative und quantitative Forschung kombiniert. **Exoskelett** Das Auxivo LiftSuit 2.0, ein passives Schweizer Exoskelett, wurde verwendet. Elastische Textilfedern am Rücken speichern Energie und unterstützen die Bewegungen. Das Gerät wiegt 0.9–1.0 kg und ist waschbar und desinfizierbar. **Stichprobe** Acht Pflegeassistent*innen sieben Frauen, ein Mann aus dem Pohjola-Pflegeheim in Tampere, Finnland, wurden auf freiwilliger Basis rekrutiert. Das Alter lag zwischen 19 und 61 Jahren, die Berufserfahrung zwischen	**Qualitative Ergebnisse** Vier Arten von sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen wurden aufgezeigt. *Erlebte physische Auswirkungen* Als positiv wurde berichtet, dass das Exoskelett die Haltung verbesserte und das Bewusstsein für Ergonomie erhöhte. Es war besonders nützlich bei der Bettpflege (Waschen, Positionswechsel, Inkontinenzversorgung). Eine Pflegeperson berichtete, dass die bestehende Rückenschmerzen nach der Testphase nicht mehr vorhanden waren. Als negativ wurde das Gefühl von einer zusätzlichen Last am Körper beschrieben, dass die Bewegung einschränkte. Das Sitzen wurde als	**Diskussion/ Interpretation der Ergebnisse** Die Autor*innen diskutieren, dass sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Ergebnisse Potenzial für den Exoskelett-Einsatz in der Pflege zeigen, wenn einige Voraussetzungen beachtet werden. Das Exoskelett war besonders bei Tätigkeiten nützlich, die ein Vorbeugen erforderten. Die physiologischen Messungen unterstützten die qualitativen Ergebnisse die Pflegepersonen berichteten in den Interviews, dass das Exoskelett bei der Bettpflege hilfreich war und die Messungen bestätigten dies.

quantitative Ansätze wurden bisher selten kombiniert. **Forschungsziel** Die Studie untersuchte die sozialen und gesundheitlichen Auswirkungen der Exoskelett-Nutzung in der Langzeitpflege. Die Forschungsfragen lauteten: Wie wird die Exoskelett-Nutzung von Pflegepersonen in ihrer täglichen Arbeit erlebt? Welche messbaren Auswirkungen hat die Nutzung auf die physische Belastung? **Bezugsrahmen** Die Autor*innen beziehen sich auf verschiedene theoretische Ansätze zur Technologieintegration, darunter das Technologieakzeptanzmodell und die Implementierungsforschung. Für die qualitative Analyse wurde der Human Impact Assessment Ansatz verwendet, der positive, negative und neutrale Auswirkungen auf verschiedene Personengruppen identifiziert.	1.5 und 40 Jahren. Für die qualitativen Daten nahmen alle acht teil, für die physiologischen Messungen sieben (eine Person war krank). Die Pflegepersonen wurden in zwei Gruppen aufgeteilt, jede Person konnte das Exoskelett drei Wochen lang nutzen. **Datenerhebung** *Qualitative Daten* wurden durch Interviews vor und nach der Testphase sowie durch Tagebücher erhoben. Die Interviews behandelten Erwartungen, erlebte Auswirkungen, Einführungsbedarf und die Reaktionen anderer. Die Tagebücher erfassten zeitnahe Erfahrungen, Nutzungszeiten und -zwecke. Vor den Interviews erhielten die Pflegepersonen eine Einführung in die Exoskelett-Nutzung durch eine Forschungsperson mit Pflegehintergrund. *Quantitative Daten* wurden durch physiologische Messungen während zwei Arbeitsschichten erhoben. Einmal ohne Exoskelett und einmal mit Exoskelett. Die Messungen umfassten Elektromyographie (EMG) von acht Muskeln, Herzfrequenz (HF) und metabolisches Äquivalent (MET). Die subjektive Anstrengung wurde mit der Borg-Skala gemessen, das Unbehagen mit einer 11-Punkte visuellen Analogskala.	unbequem empfunden. Das Gerät drückte auf Brust und Oberschenkel. *Erlebte mentale Auswirkungen* Positiv war, dass das Exoskelett unauffällig war und von Bewohner*innen und Angehörigen kaum beachtet wurde. Es wurde als normales Arbeitsmittel betrachtet. Negativ war die erhöhte kognitive Belastung durch das Erinnern an Aktivierung und Deaktivierung. *Auswirkungen auf Arbeitspraktiken* Die Sichtbarkeit und Verfügbarkeit des Geräts am Arbeitsplatz wurde als notwendig erachtet. Eine ordentliche Einführung und Orientierung wurde betont. Hygienefragen (Waschen, Desinfektion) wurden als praktische Herausforderung gesehen. *Auswirkungen auf den Lernbedarf* Die dreiwöchige Testphase wurde als zu kurz bezeichnet. Praktische Informationen und individuelle Anleitung während der Arbeitsschicht wurden gewünscht. Die Pflegepersonen empfahlen eine Testphase von mindestens sechs Wochen bis drei Monaten. **Quantitative Ergebnisse** Die physiologischen Messungen zeigten eine trendartige Reduktion der Muskelaktivität mit dem Exoskelett. Die durchschnittliche EMG-Aktivität betrug 9.3±1.6%MEMG ohne und	**Stärken** Die Studie kombiniert qualitative und quantitative Methoden. Die physiologischen Messungen wurden in realen Arbeitsumgebungen durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen frühere Laborstudien. **Limitationen** Die Anzahl der Pflegepersonen und ein einzelnes Exoskelett-Modell werden als Limitationen genannt. Die kurze Testphase von drei Wochen wird kritisch gesehen die Pflegepersonen empfahlen längere Testphasen. Während der Studie waren nur wenige Exoskelette für Pflegeanwendungen auf dem Markt verfügbar. **Schlussfolgerungen** Die Voraussetzungen für den Exoskelett-Einsatz umfassen die Art der Pflegearbeit, die Interessen und Kompetenzen der Pflegepersonen, die Umgebung, die Planung und Organisation der Arbeit, Führungspraktiken und die Gesundheit der Bewoner*innen. Die Ergebnisse liefern Orientierung für Pflegeorganisationen und ebnen den Weg zur Identifizierung von bewährten Praktiken für den Exoskelett-Einsatz in der Pflege.

	<u>Datenanalyse</u> *Qualitative Daten* wurden mit qualitativer Inhaltsanalyse und Datenkategorisierung nach Zhang und Wildemuth analysiert. Der Human Impact Assessment-Ansatz wurde zur Identifizierung der verschiedenen Auswirkungen verwendet. *Quantitative Daten* wurden mit SPSS analysiert. Die Daten wurden in fünf Arbeitstätigkeiten unterteilt. Unterschiede zwischen REF und EXO wurden mit dem gepaarten t-Test verglichen. Das Signifikanzniveau wurde auf $p<0.05$ festgelegt. Die Normalverteilung wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. **Ethik** Die ethische Genehmigung wurde von der Regionalen Ethikkommission des Tampere University Hospital erteilt Nr. R22026. Die Pflegepersonen gaben ihre Einwilligung. Die Daten wurden anonymisiert.	8.6±1.4%MEMG mit Exoskelett, das entspricht einer durchschnittlichen Reduktion von 7%. Die grössten Reduktionen 14–20% wurden im unteren Rücken und vorderen Oberschenkel erhoben. Bei pflegerischen Verrichtungen im Bett war die Reduktion am deutlichsten zu sehen. Die Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei Herzfrequenz, MET oder wahrgenommener Anstrengung. Das wahrgenommene Unbehagen stieg jedoch signifikant an, wenn das Exoskelett getragen wurde $p=0.022$.	

Anhang G: Deklaration Verwendung Künstlicher Intelligenz

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ChatGPT (OpenAI) zur Textbearbeitung eingesetzt.

Die Nutzung umfasste konkret die Rechtschreibkorrektur und Verbesserung der Sprache über die gesamte Arbeit. Die Vorschläge wurden nicht wörtlich übernommen, sondern jeweils fachlich geprüft, angepasst und in den Gesamtkontext integriert.

Alle inhaltlichen Aussagen und theoretischen Grundlagen basieren auf wissenschaftlicher Literatur gemäss den Zitierregeln der Hochschule Luzern.

Die Verantwortung für Inhalt und wissenschaftliche Richtigkeit liegt bei der Autorenschaft. Datenschutzbestimmungen wurden eingehalten, personenbezogene Daten wurden nicht eingegeben.

Verwendetes Tool: OpenAI. (2025). ChatGPT Dezember Version GPT- 5.2. https://chat.openai.com/