



MIT EXOSKELETT AM PFLEGE- BETT – IST DAS REALISTISCH?

Im Gespräch mit Tanja Pollak
Projektmanagerin im Pflegepraxiszentrum Nürnberg

► Vorwort

Pflege, Handwerk und Industrie stehen gemeinsam vor der großen Herausforderung, Arbeitsplätze so zu gestalten, dass einerseits überhaupt noch genügend Fachkräfte gewonnen werden können, diese dann aber auch die tägliche, körperliche und mentale Beanspruchung langfristig gut bewältigen können (Hold, P. et al., 2020; Lück & Melzer, 2020).

Wenn Unterstützungssysteme für die Arbeitswelt entwickelt werden, durch die sich körperliche und psychische Belastungen reduzieren lassen, dürfte es daher auch für Pflegeeinrichtungen lohnend sein, sich frühzeitig damit auseinanderzusetzen und an der Entwicklung des Themas zu beteiligen.

Dazu passt, dass sich der Fokus in der Forschung zu Exoskeletten mehrfach gedreht hat: bis 2020 war das Geschehen weitgehend technikgetrieben (Hannen, P., 2020). Es folgte eine Zeit zunehmender Nutzerzentrierung, wo gerade auch Forschungsprojekte zum Einsatz von Exoskeletten für Mitarbeitende in Pflegeberufen andocken und Exoskelette im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit erproben konnten.

Erkenntnisse aus diesen Projekten machen deutlich: die Nutzerinnen und Nutzer wären offen für innovative Hilfsmittel, die Technik müsste nun aber nochmals einen Entwicklungssprung machen und dabei neben einer deutlich verbesserten Funktionalität auch arbeitsorganisatorische Aspekte stärker berücksichtigen (Baumgärtner, K. & Schoch, J., 2026).



Text und Interview:

Gabriele Obser

Diplom-Psychologin, freiberuflich tätig in den Themenfeldern Supervision und Coaching, Vorträge, Fortbildungen und Workshops zu fachlichen und strategischen Themen der Pflege.

► Rückblick 2016: Innovative Technik für die Pflege schafft es nicht in den Markt

Mit der Auslobung eines Forschungsprojekts zur Einrichtung von Pflegepraxiszentren im Cluster Zukunft der Pflege wollte das damalige BMBF ein Dilemma auflösen: vielversprechenden, geförderten Produkten (BAuA, 2015; Fraunhofer IIS, 2015, BMBF, 2016) ist der Sprung vom Förderprojekt in den Pflegemarkt einfach nicht gelungen.

Gute Ideen waren vorhanden, wurden aber wohl mit zu geringer Beteiligung der Pflege entwickelt und in eher überschaubaren, kontrollierten Settings getestet. Für einen echten Einsatz im Pflegealltag scheiterten viele Produkte an einer Mischung aus zu kompliziertem Handling, ungeklärter Refinanzierung, nicht berücksichtigten Details im Datenschutz, fehlenden Schnittstellen zu Verwaltungssoftware und Pflegedokumentation, ethischen Fragestellungen oder schlichtweg mangelnder Produktreife (Manzeschke, A. et al. 2013; Theussig, S., 2015). Und obwohl Untersuchungen belegten, dass Mitarbeitende in der Langzeitpflege längst begonnen hatten, sich für

Unterstützung durch Technik und Digitalisierung zu öffnen (Merda, M. et al., 2017), hört man zum Teil bis heute die pauschalierende Annahme, Pflege sei nicht bereit für Veränderung und es fehle allgemein an Technikaffinität. Auf Investoren wirkt der Pflegesektor oftmals kompliziert, schwer einzuschätzen und unattraktiv. Die Auswahl an marktreifen Innovationen für die Langzeitpflege lief damals Gefahr zu stagnieren.

Mit dem neuen Fördervorhaben „Zukunft der Pflege: Mensch-Technik-Interaktion für die Praxis“ (www.cluster-zukunft-der-pflege.de) war beabsichtigt, nunmehr die volle Aufmerksamkeit auf die Praxis zu lenken. Partner aus Wissenschaft und Pflege sollten über einen Zeitraum von 5 Jahren gemeinsam die Implementierung innovativer technischer und digitaler Anwendungen im Echtbetrieb planen, begleiten und evaluieren. Die Erwartung war, dass durch eine von Beginn an enge Zusammenarbeit von Forschung und Praxis, die entscheidenden Stellschrauben für den Erfolg neuer Technologien systematischer identifiziert werden und als Blaupause für künftige Produktentwicklungen und Implementierungsprozesse dienen könnten.

Im Großraum Nürnberg schloss sich eine Gruppe pflegepraktischer, wissenschaftlicher und netzwerkbildender Einrichtungen zu einem Konsortium aus drei Praxispartnern (NürnbergStift, Klinikum Nürnberg, Diakoneo), zwei Hochschulen (Wilhelm Löhe Hochschule/Forschungsinstitut IDC, Hochschule Würzburg-Schweinfurt/Forschungsinstitut IREM) sowie einer Netzwerkplattform (Bayern Innovativ GmbH) zusammen, um sich 2016 mit einem ersten Entwurf auf die Ausschreibung des BMBF zu bewerben.

Anfang 2017 erhielt das Konsortium den Zuschlag als Pflegepraxiszentrum Nürnberg Teil des Clusters Zukunft der Pflege zu werden. Bis Ende 2017 galt es einen detaillierten Projektplan für die gesamte Projektlaufzeit aufzustellen.

Für das Bewerbungsverfahren und die weitere Projektplanung kam den drei Praxispartnern jeweils die Aufgabe zu, für ihre Einrichtungen innovative Technologien auszuwählen, die im Echtbetrieb implementiert, erprobt, weiterentwickelt und evaluiert werden sollten.



► Der Praxispartner NürnbergStift beteiligt sich am PPZ Nürnberg mit der Erprobung von Virtual Reality und Exoskeletten

Als sich das NürnbergStift mit einer ersten Projektskizze am Wettbewerb beteiligte, hatte es sich zunächst mit der Entwicklung und Erprobung von Virtual Reality Anwendungen für Bewohnerinnen und Bewohner in Pflegeeinrichtungen eingebracht – einem Projekt, welches der sozialen Betreuung von Bewohnenden gewidmet war (Obser, G. & Schroll-Würdig, J., 2020). Im Anschluss an dieses Einstiegsprojekt wollte das Projektteam jedoch vor allem Produkte in die Erprobung bringen, welche die Arbeit in der Pflege unmittelbar entlasten sollten. Zum Zeitpunkt der Projektplanung tauchten auch erste Berichte zur Entwicklung von Exoskeletten oder Muscle Suits für die Pflege auf. Aus Sicht der Praxis wirkten diese zwar noch recht exotisch, aber damit wurde konkret und sichtbar ein Thema adressiert, welches für die Arbeit in der Pflege immer eine hohe Relevanz hat: die körperliche Belastung.

Im Rahmen einer Veranstaltung von Bayern Innovativ im Sommer 2017 hat beispielsweise Hiroshi Kobayashi, Professor an der Tokyo University of Science, seine langjährige Entwicklung künstlicher Muskulatur und einen vergleichsweise preiswerten „Muscle Suit“ für die Industrie vorgestellt. Dieser wurde in Japan außerdem im therapeutischen Bereich bei älteren Menschen mit eingeschränkter Mobilität erprobt. Kobayashi sah ihn aber auch für Arbeitsfelder im Gesundheitswesen als mögliche Unterstützung (Kobayashi, H., 2017).

In Deutschland hatte sich wiederum eine Gruppe von jungen Forscherinnen und Forschern der Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr Hamburg am Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik mit dem Projekt smart ASISST (Weidner, R. et al. 2021) zwischen 2014 und 2020 zum Ziel gesetzt, gemeinsam mit Nutzerinnen und Nutzern technische Unterstützungssysteme zu entwickeln, „die die Menschen wirklich wollen“. Hierzu

wurden theoretisch-konzeptionelle Modelle für die Mensch-Technik-Intervention erarbeitet, Gestaltungs- und Bewertungsinstrumente für Technologien untersucht und schließlich verschiedene Ansätze von Exoskeletten für die Anwendungsfelder Produktion, Logistik und Pflege entwickelt. Einer der Prototypen wurde 2017 in Bonn im Rahmen der offiziellen Kick-Off Veranstaltung für das Cluster Zukunft der Pflege vorgestellt.

Als man im NürnbergStift beschloss, beim BMBF für die zweite Projektphase eine Erprobung von Exoskeletten anzumelden, war natürlich nicht absehbar, wie schnell die Weiterentwicklung dieser beiden Unterstützungssysteme voranschreiten würde. Im Rahmen einer späteren Produktvorstellung im NürnbergStift stellte sich zudem heraus, dass der Muscle Suit von Prof. Kobayashi zum damaligen Zeitpunkt über einen Kompressor mit Druckluft betrieben werden musste und zumindest in dieser Version weder für eine Erprobung auf den Pflegebereichen noch in der Geriatrischen Rehabilitation in Frage kommen würde.

Das Projektteam war dennoch optimistisch, dass sich diese und ähnliche Produkte bis Anfang 2020 nochmals deutlich weiterentwickeln würden und behielt mit dieser Annahme auch Recht.



► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

Der Erfahrungsbericht von Tanja Pollak bietet einen Erkenntnisgewinn, der abseits von wissenschaftlichen Studien zentrale Aspekte der Implementierung von Technik- und Digitalisierungsprojekten in der stationären Langzeitpflege anschaulich verdeutlicht.

? Die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift war für Anfang 2020 geplant – also ziemlich genau zu Beginn der Pandemie. Wie seid ihr damit umgegangen?

Nun, die Vorbereitungen hatten natürlich schon vorher begonnen. Im Herbst 2019 wurde erstmal recherchiert, wie sich der Markt zwischenzeitlich entwickelt hatte und welche Produkte tatsächlich für einen Einsatz in der Langzeitpflege in Frage kommen würden.

Wir lernten schnell, dass das Angebot bereits breit gefächert war und man zwischen sogenannten passiven Exoskeletten – also solchen, die ohne zusätzliche Energiequelle auskommen – und aktiven Exoskeletten wählen konnte, also Produkten, die zur Unterstützung einzelner oder mehrerer Körperregionen eine Energiezufuhr mittels Strom, Akkus oder Druckluft benötigen.

? Was war denn mit den Modellen von smart ASSIST und dem Muscle Suit von Hiroshi Kobayashi?

Die Forschungsgruppe von smart ASSIST hatte mehrere eigene Prototypen. Damit haben sie aber vor allem in Labor Settings Grundlagenforschung betrieben – diese Modelle waren auch nicht am Markt verfügbar oder für einen Einsatz im Echtbetrieb bereit. Für ihr eigenes Projekt mit der Pflege haben sie dann auch keinen ihrer Prototypen, sondern ein bereits am Markt käufliches Modell eingesetzt.

Was den Muscle Suit angeht, so waren die skeptischen Reaktionen bei der Produktvorstellung im NürnbergStift ja eine klares Zeichen, dass die damalige Entwicklung nicht reichte. Zum Zeitpunkt unserer erneuten Markterkundung hatte sich der Muscle Suit wie erwartet deutlich weiterentwickelt und kam auch in unsere Vorauswahl.

Zeitgleich haben wir mit Forscherteams Kontakt



Tanja Pollak, examinierte Altenpflegerin mit einem Bachelorstudiengang in Angewandter Pflegewissenschaft und einem Master in Health Business Administration, ist seit September 2019 für das NürnbergStift als Projektmanagerin im Pflegepraxiszentrum Nürnberg tätig und begleitet dort die Implementierung neuer Technologien im Pflegealltag. Auch die Erprobung von Exoskeletten gehörte zu ihren Projekten.

aufgenommen, die sich ebenfalls mit Exoskeletten fürs Gesundheitswesen befasst haben. Die Projekte Expertise 4.0 und Exo@Work waren für uns damals die wichtigsten Referenzprojekte.

? Inwiefern konntet ihr von diesen Projekten profitieren?

Expertise 4.0 war ein Projekt der BruderhausDiakonie in Zusammenarbeit mit der Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA). Sie hatten ein Schulungszentrum – das LebensPhasenHaus Tübingen – und einen Wissenschaftspartner. Expertise 4.0 war 2018 gestartet. Daher hatten sie bereits ausführliche Marktrecherchen vorgenommen und waren die ersten, die einige der am Markt verfügbaren Modelle durch Pflegekräfte – auch im Echtbetrieb – testen und bewerten ließen. Aus

► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

diesem Projekt ging eine Menge an Material hervor, welches uns in der eigenen Vorbereitung sehr geholfen hat.

Exo@work war wiederum ein Projekt, welches ebenfalls 2018 gestartet war und die Zielsetzung hatte, Handlungshilfen zur Bewertung und zum Einsatz von Exoskeletten für die Arbeitswelt zu entwickeln. Beteiligt waren das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) und die Fakultät für Technische Wissenschaften der Universität Innsbruck. Die daraus hervorgegangenen Empfehlungen wurden zwar nicht für die Pflege entwickelt, aber die Forschergruppe hat alles zum Thema Exoskelett in ihren Veröffentlichungen umfassend aufbereitet, erklärt und diskutiert, was für uns in Bezug auf den Stand der Technik, Testszenarien, Wirksamkeitsforschung und zur Funktionsweise und Biomechanik von Exoskeletten wichtig war – man versteht dadurch sehr eindrücklich, mit welcher Komplexität man es bei diesem Produkt zu tun hat.

? Und wie ging es mit eurem Zeitplan weiter?

Damals wussten wir ja nicht, wie lange sich Corona hinziehen würde – also haben wir versucht unserem Plan zu folgen und diesen schrittweise an die Bedingungen angepasst. Unsere erste Produktvorstellung – zu der wir sechs Hersteller ins Pflegepraxiszentrum nach Nürnberg eingeladen hatten – haben wir kurzfristig als Onlineformat umorganisiert und auch alle Abstimmungsprozesse mit unserem Expertengremium, Fachärzten und dem Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit fanden dann digital statt. Um zu entscheiden, welche Modelle bei uns in die Erprobung kommen sollten, hat dieses Vorgehen ausgereicht. Das Ergebnis war, dass erstmal nur passive Exoskelette – also solche, die ohne weitere Energiezufuhr auskommen – in die Erprobung kommen sollten. Am Ende wurden vier der sechs Modelle als geeignet für die Langzeitpflege eingeschätzt.



► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

? **Aber irgendwann konnte es ja dann nicht mehr online weitergehen...**

Ja genau. Ein wichtiger nächster Schritt sollte unser DemoDay werden – also ein Ausprobier-tag für Mitarbeitende aus der Pflege, wo sie die Möglichkeit bekommen sollten, die vier ausgewählten Modelle selbst anzulegen und in unterschiedlichen Verwendungen zu testen. Wir hatten für alle Teilnehmenden einen Fragebogen vorbereitet, mit dem vorab die Erwartungen abgefragt werden sollten, also grob gesagt, was Exoskelette im Pflegealltag können müssten. Nach dem Aus-

probieren sollte mit einem weiteren Fragebogen erfragt werden, wie gut das jeweils getestete Modell voraussichtlich die vorab geäußerten Erwartungen erfüllen würde und wie sie es insgesamt bewerten – vor allem in Bezug auf das jeweilige Handling, den Tragekomfort und Nutzen. Mit dem DemoDay hatten wir natürlich auch geplant Interesse zu wecken und Kolleginnen und Kollegen zur Teilnahme an der Erprobung zu motivieren.

Um es kurz zu machen: unser Ausprobier-tag für die Pflege konnte tatsächlich erst im Mai 2022 stattfinden! Wir hatten dadurch aber keineswegs



► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

Leerlauf – denn eine bereits erprobte Kommunikations-App für Angehörige, von Heimbewohnenden, die zunächst überhaupt nicht ins Laufen kam, stand plötzlich im Rampenlicht und so hatten wir für dieses Produkt erst durch Corona den passenden Anwendungsfall.

? **Ihr konntet als Forschungsprojekt dann aber weitermachen...**

Ja – zum Glück! Alle Akteure im Cluster Zukunft der Pflege erhielten aufgrund der Pandemie eine Verlängerung ihrer Finanzierung um 13 Monate. Die verbleibende Zeit war dennoch knapp bemessen und wir ahnten zum Glück auch nicht, welche neuen Hürden auf uns zukommen würden.

? **Wie ging es denn weiter?**

Inzwischen hatte auch unser Verbundpartner Diakoneo Interesse an der Erprobung von Exoskeletten und so konnten wir die weitere Planung gemeinsam angehen. Das war für das Projekt natürlich ein großer Gewinn!

? **Magst du noch ein wenig erläutern, welche Hürden hinzukamen?**

Corona war zwar offiziell beendet – aber die Pandemie hatte in vielerlei Hinsicht Spuren hinterlassen. Die Kolleginnen und Kollegen in den Pflegebereichen waren nach einer so langen Zeit mit Regeln, Ängsten und Vorschriften irgendwie erschöpft. Die Bereitschaft „einfach mal“ was Neues auszuprobieren war im Vergleich zu vorher extrem gesunken. Notwendige Klärungen mit allen Stakeholdern zogen sich immer wieder in die Länge und es war viel Werbung und dadurch auch wieder mehr Zeit nötig, bis wir endlich genügend Interessentinnen und Interessenten beisammen hatten. Auch die beiden Projektteams von Diakoneo und NürnbergStift kamen an Grenzen – es zeichnete sich ab, dass es in der verfügbaren Zeit immer schwieriger wurde, Abstimmungsprozesse, die für eine Synchronisierung der Daten notwendig gewesen wären, voran zu bringen und so haben wir dann am Ende unsere Erprobungen doch unabhängig voneinander durchgeführt und auf eine statistische Zusammenführung der Daten verzichtet.

? **Und dann ging es wieder Bergauf?**

(lacht) Nein leider nicht. Wir hatten bis zum Frühjahr 2023 zwar 32 Mitarbeitende gewonnen, die an einer Erprobung interessiert waren. Aber im Rahmen eines Forschungsprojekts, mussten wir die gesundheitliche Eignung der Teilnehmenden vorab besonders sorgfältig abklären und hatten dafür ein strenges Ausschlusskriterium: im Prinzip durften nur diejenigen an der Erprobung teilnehmen, die ohne gesundheitliche Einschränkungen waren.

Hierzu gab es einen Fragebogen zur Selbsteinschätzung, eine anonyme Auswertung seitens des Klinikums Nürnberg und zusätzlich ein offenes Angebot zu einem persönlichen, ärztlichen Gespräch.

Am Ende blieben für die Erprobung im Echtbetrieb leider nur sechs Personen übrig.



► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

Sie konnten dann im Herbst 2023 aus den drei Modellen, die nach dem Ausprobiertag die besten Bewertungen hatten, ihr bevorzugtes Exoskelett auswählen und dieses wurde für sie in der passenden Größe beim Hersteller bestellt. Erst im November konnte ich die Exoskelette im Rahmen einer persönlichen Einweisung an die sechs beteiligten Pflegefachpersonen ausgeben.

? **Wie sah denn Plan zur Erprobung ab diesem Zeitpunkt aus?**

Die Feldphase war für 8 Wochen geplant. Unsere Probandinnen erhielten zum Start einen Fragebogen zur Erfassung ihrer Erwartungen. Innerhalb der 8 Wochen sollte das Exoskelett so oft wie möglich, aber mindestens an zwanzig Tagen genutzt werden. Zur Erfassung dieser Erfahrungen hatten wir ein kurzes Tagesprotokoll vorbereitet, wo zum Ankreuzen vor allem Fragen zum Tragekomfort und zur Handhabung gestellt wurden, aber auch, welche Reaktionen es von Bewohnenden, Angehörigen oder aus dem eigenen Team gab.

Zum Ende des Nutzungszeitraums gab es einen Abschlussfragebogen. Das Exoskelett sollte dann nicht mehr genutzt werden. Nach einer weiteren Woche erhielten die Probandinnen erneut einen Fragebogen mit dem sie gefragt wurden, wie sie die Woche ohne Exoskelett im Vergleich zum Arbeiten mit Exoskelett wahrgenommen haben.

Die Teilnehmerinnen mussten eigentlich davon ausgehen, dass sie das Exoskelett nach Abschluss der Erprobung zurückgeben würden. Unsere Überlegung war jedoch, dass dieser Moment genutzt werden könnte um zu erfahren, ob die Nutzung in der persönlichen Wahrnehmung als echter Vorteil erlebt wurde.

? **Und wie habt ihr das gemacht?**

Ich sagte den Teilnehmerinnen, dass es überraschend nun doch möglich sei, das Exoskelett als Leihgabe weiter zu nutzen und fragte, ob sie daran eventuell Interesse hätten.

Das sollte unser eigentlicher, indirekt erhobener Akzeptanzindikator für Exoskelette werden.



► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

? **Klingt spannend – aber bevor wir zu den Ergebnissen kommen: lief wenigstens dieser Teil der Erprobung wie geplant?**

Nein natürlich nicht. Ich sag nur, Schichtdienst, Urlaub, Krankheit, Arbeitsplatzwechsel. Um genügend Tragezeiten zu erreichen, hat es am Ende länger als acht Wochen gedauert. Von den sechs Teilnehmenden sind für eine Auswertung nur vier übrig geblieben und auch die Fragebögen und Tagesprotokolle dieser vier Personen waren nicht immer vollständig oder aussagekräftig ausgefüllt.

? **Kann man dann überhaupt von Ergebnissen sprechen?**

Wir wollen ja mit jeder Erprobung im PPZ Nürnberg auch grundsätzlich verstehen, wie man die Implementierung eines komplexen, neuartigen Produkts bestmöglich begleiten kann. Das ist vor allem eine qualitative Fragestellung – und hierzu haben wir wirklich viel gelernt – gerade auch aus Fehlern oder Fehleinschätzungen!

Ganz allgemein wollten wir ja herausfinden, ob Exoskelette bei Pflegekräften, Bewohnenden und Angehörigen auf Akzeptanz stoßen, ob sie als nützlich wahrgenommen werden und ob sie einigermaßen bequem in die persönliche Arbeitsroutine eingebaut werden können oder vielleicht als unbequemer Störfaktor erlebt werden. Mit unseren vier Datensätzen konnten wir zu diesen Fragen natürlich keine statistische Auswertung machen. Aber wir hatten ja zusätzlich, über den gesamten Zeitraum zahlreiche Gespräche mit interessierten Kolleginnen und Kollegen, den Pflgeteams und dann natürlich die Erfahrungen und Rückmeldungen aus unseren verschiedenen Workshops und Produktvorstellungen – da lassen sich für unsere Fragestellungen auf jeden Fall Antworten ableiten.

? **Was würdest du denn dann sagen, was bei der Erprobung im NürnbergStift herausgekommen ist?**

Wir dachten ursprünglich, dass es gelingen könnte, das „richtige“ Modell für den Einsatz in der Pflege zu identifizieren. In unseren Workshops wurde aber schnell klar, dass man sehr individuell prüfen muss, welches Modell zu einer Person und ihrer Tätigkeit am ehesten passt und dass

Geschlecht, Körperbau, Gewicht und Körpergröße eine zentrale Rolle für den Tragekomfort gespielt haben.

Dann sind zweitens die Erwartungen an solche Unterstützungssysteme, verglichen mit dem Stand der Entwicklung, immer noch viel zu hoch – Exoskelette unterstützen derzeit jeweils nur bestimmte Körperregionen und nicht den ganzen Körper. Es gibt in der Industrie und Logistik durchaus Arbeitsplätze, bei denen eine solche Eingrenzung für einen Tätigkeitsbereich möglich ist. Der Pflegealltag ist aber extrem vielfältig. Da kann es passieren, dass ein Exoskelett nur für einen sehr kleinen Ausschnitt im Arbeitsprozess hilfreich erscheint – für alle anderen Aktivitäten aber als hinderlich erlebt wird. Da stimmt für die Trägerin oder den Träger dann das Verhältnis von Aufwand und Nutzen nicht.

Was schließlich das Thema Akzeptanz betrifft: das Interesse und die Offenheit für eine solche Technologie waren auf jeden Fall vorhanden – aber wie bei etlichen früheren Erprobungen des PPZ hat sich gezeigt, dass man einen sehr langen Atem braucht. Das wird bei Exoskeletten für die Pflege wohl auch eine Weile so bleiben, denn die Entwicklung ist noch nicht an dem Punkt, wo alle sagen: wow – es ist leicht, komfortabel und in allen möglichen Situationen des Pflegealltags extrem nützlich.

Zur Implementierung kann ich noch ergänzen: um im Pflegealltag eine neue Technologie zügig ins Laufen zu bringen, bräuchte es nach unserer Erfahrung fast immer eine Person, die täglich und direkt vor Ort so lange begleitet und anleitet bis erste Routinen entwickelt sind.

? **War das meiste davon nicht irgendwie absehbar?**

Naja – das PPZ Nürnberg ist ein Forschungsprojekt – und wenn wir möchten, dass die Entwickler von innovativen Produkten sich nicht nur mit der Industrie befassen, sondern auch mit der Pflege, dann sollten wir meiner Meinung nach nicht nur zeigen, dass wir Interesse haben, sondern auch bereit sein, echte Erfahrungswerte und Rückmeldungen aus diesen Bereichen beizusteuern.

► Interview mit Tanja Pollak

Projektmanagement für die Erprobung von Exoskeletten im NürnbergStift

? Was kam denn bei eurem Verbundpartner Diakonie heraus?

Bei der Diakoneo gab es zwar vergleichbare Probleme in der Akquise für die Feldphase. Das Projektteam hatte jedoch Inhouse mehrere Workshops mit unterschiedlichen Personengruppen nach dem Muster des DemoDays konzipiert und damit über alle Gruppen hinweg die gleichen Datensätze erhoben. Die Workshops wurden getrennt für Mitarbeitende der Langzeitpflege, für Auszubildende und Pflegestudierende durchgeführt.

Was sich im Projekt der Diakoneo als großer Vorteil ausgewirkt hat war, dass sie die Befragungen digitalisiert hatten und dadurch am Ende problemlos vergleichende Statistiken zu allen relevanten Aspekten erstellen konnten. Im NürnbergStift hatten wir uns für Papierfragebögen entschieden. Wir hatten angenommen, dass wir unseren Teilnehmenden damit eine barrierefreie, niedrigschwellige Beteiligungsmöglichkeit bieten wür-



den, mussten aber feststellen, dass wir dadurch viele unvollständige und alles in allem qualitativ schlechtere Datensätze erhalten haben, die sich nicht mehr sinnvoll vergleichen ließen.

Der Werkstattbericht des Diakoneo Teams bietet daher eine sehr gute Zusammenstellung der Erkenntnisse aus den Workshops und ausführliche Beschreibungen der im PPZ-Nürnberg erprobten Exoskelette. Inhaltlich bekräftigen die Ergebnisse der Workshops auch die Ergebnisse der Datenerhebung aus dem Echtbetrieb bei Diakoneo (Fore, M. et al. 2023).

? Haben Exoskelette am Pflegebett also eine Zukunft?

Sowohl im NürnbergStift als auch bei Diakoneo, hat sich bestätigt, dass es für den Einsatz von Exoskeletten eine grundlegende Offenheit bis hin zu Akzeptanz gibt, dass es im Vorfeld jedoch auf eine sorgfältige, individuelle Auswahl und personenbezogene Anpassung ankommt. Wenn sich Exoskelette langfristig entlang der Tätigkeitsprofile in der Pflege weiterentwickeln, werden sie nach unserer Erfahrung für die Pflege einen Mehrwert bringen. Alles in allem sehen wir im PPZ-Nürnberg jedenfalls genügend Anknüpfungspunkte für die weitere Forschung.

? Das klingt nach einer Fortsetzung...

Wir denken aktuell tatsächlich darüber nach. Im Nachgang zur „offiziellen“ Erprobung hatten wir nämlich die ursprünglich interessierten Kolleginnen und Kollegen im NürnbergStift nochmals angeschrieben und gefragt, ob sie in ihrem Berufsalltag eigenverantwortlich ein Exoskelett ausprobieren möchten. Acht Personen haben daraufhin Interesse bekundet und konnten aus dem dafür ursprünglich geplanten Budget ausgestattet werden.

Daher ja – wir überlegen, dieses Jahr eventuell einen Schritt weiter zu gehen und auch aktive Exoskelette in die Erprobung zu bringen! Abgesehen davon wäre es doch schade, wenn wir alles, was wir gelernt haben, nicht nochmal nutzen könnten!

Danke Tanja Pollak und viel Erfolg!

► Hintergrund: Der ewige Traum von Superkräften – und wie es mit Exoskeletten weitergeht

Seit Mitte der 1960er Jahre wird von Seiten der Industrie, des Militärs und der Medizin mit wechselndem Erfolg daran gearbeitet, die körperliche Leistungsfähigkeit des Menschen mit Hilfe von Exoskeletten zu unterstützen, zu verstärken oder nach entsprechenden Erkrankungen wiederherzustellen (Ottobock, 2022; Schick, R., 2018; Somavilla, F., 2019).

Unterschiedlichste Technologien sind seither entwickelt, erprobt und evaluiert worden. Trotz dieser langen Entwicklungszeit finden Exoskelette im Gesundheitswesen aber allenfalls im rehabilitativen Bereich eine gewisse Sichtbarkeit. Im Arbeitsalltag von Industrie, Handwerk und Logistik werden sie an einigen Arbeitsplätzen zwar schon eingesetzt, bisher konnte sich in Deutschland aber noch kein System als fester Bestandteil präventiver Ansätze durchsetzen (DGUV, 2019).

Hierzu trägt insbesondere die 2020 veröffentlichte „Leitlinie zum Einsatz von Exoskeletten im beruflichen Kontext zur Primär-, Sekundär-, und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskelettalen Beschwerden – S2k“ bei. Herausgegeben wird die Leitlinie von der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AMWF), zu der neben der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umwelt Medizin e.V. auch die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., die Deutsche Gesellschaft für Neurologie e.V., die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie e.V., die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V., die Deutsche Gesellschaft für Sozialmedizin und Prävention e.V. sowie die Deutsche Schmerzgesellschaft e.V. gehören – womit die Bedeutung und Tragweite des Papiers deutlich wird (Steinhilber, B. et al., 2020).

Die Herausgeber der Leitlinie sprechen sich bislang gegen einen Regeleinsatz von Exoskeletten am Arbeitsplatz aus, was vor allem mit fehlenden Normierungen und Langzeitstudien zu möglichen Nebenwirkungen und Folgeschäden begründet wird. Demnach können Exoskelette weder als präventiv erforderliche, persönliche Schutzausrüstung (PSA) noch als rehabilitative Unterstützung beispielsweise von leistungsgeminderten Mitarbeitenden am Arbeitsplatz eingesetzt werden.

Das bedeutet, dass Exoskelette lediglich als sogenannte „personenbezogene“ oder „personengebundene“ Maßnahmen eingeordnet werden, die in der Hierarchie von Schutzmaßnahmen an letzter Stelle stehen. Somit müssen vor dem Einsatz eines Exoskeletts als personenbezogene Maßnahme, stets alle technischen und organisatorischen Maßnahmen ausgeschöpft werden, die zur Handhabung schwerer Lasten oder Vermeidung von Zwangshaltungen beitragen (DGUV, Fachbereich Handel und Logistik, Sachgebiet Physische Belastung, FAQs, 2026).

Nachdem die Herausgeber der Leitlinie dennoch Potentiale anerkennen (Steinhilber, B. et al., S. 34 f., 2020), läuft die Entwicklung und Erforschung von Exoskeletten jeder Bauart kontinuierlich weiter. Als Meilenstein für eine künftige Etablierung im Arbeitsbereich darf daher auch der 2021 gegründete Gemeinschaftsarbeitsausschuss Exoskelette (NA 023-00-08 GA), beim Deutschen Institut für Normierungen (DIN) betrachtet werden.

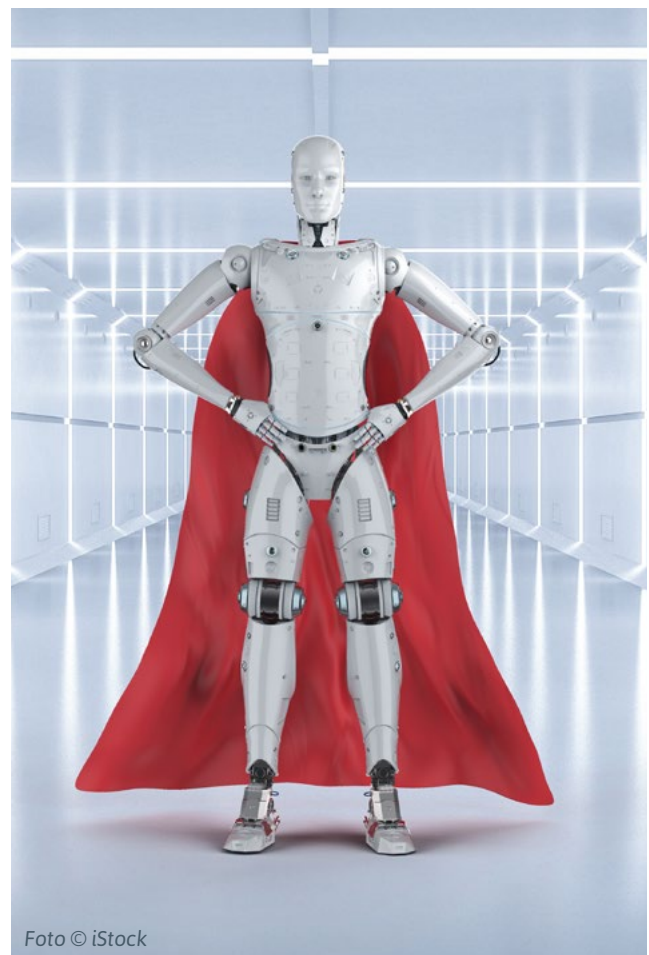


Foto © iStock

► Hintergrund: Der ewige Traum von Superkräften – und wie es mit Exoskeletten weitergeht

Hinsichtlich der Fragestellungen und der Art der erprobten Systeme entwickelt sich die Studienlage breit gefächert, basiert aber weiterhin vor allem auf Testeinsätzen in der Industrie und Logistik.

Inzwischen rücken auch Produktentwicklungen, die sich durch den Einsatz von künstlicher Intel-

ligenz (KI) und Sensorik anbieten, in den Vordergrund. Modelle, die sich mittels sensorischem Feedback an individuelle Bewegungen und Erfordernisse ihrer Nutzer anpassen, könnten dazu beitragen, das Problem der personen-, und tätigkeitsbezogenen Anpassung durch die Lernfähigkeit des Unterstützungssystems zu lösen – das



Foto © Professor Ph.D. Hiroshi KOBAYASHI

► Hintergrund: Der ewige Traum von Superkräften – und wie es mit Exoskeletten weitergeht

Redaktionsteam des Internetportals *Roboterwelt* formuliert jedenfalls: die Richtung sei klar, KI mache Exoskelette nicht nur nutzbarer – sie mache sie menschlicher (*Roboterwelt.de*, 2025). An anderer Stelle werden dennoch bekannte Grenzen und absehbare Herausforderungen als Limitierungen genannt: mangelnde Erklärbarkeit von Wirkungen bremsen die Zulassung, Sicherheit müsse verlässlich und normkonform sein, die erforderliche Rechenleistung für komplexe Echtzeitanwendungen sei noch nicht verfügbar, eine Verarbeitung biosensibler Daten müsse DSGVO-konform erfolgen und physiologische Unterschiede zwischen Nutzerinnen und Nutzern müssten weiterhin berücksichtigt werden (*Roboterwelt.de*, 2025).

Was sich für die Grundlagenforschung als spannende Entwicklung darstellt, wirft für die Arbeitswelt dennoch die Frage auf, ob eine maximal ausgereifte Biomechanik nicht ausreichen könnte um passgenaue Bewegungen und hohen Tragekomfort zu erzielen, denn durch KI und Sensorik dürften für den praktischen Einsatz von Exoskeletten auch neue Hürden des Datenschutzes und der Refinanzierung entstehen.

Spartenübergreifend wird als zentrale und plausible Determinante für einen erfolgreichen Einsatz von Exoskeletten stets die Auswahl des „richtigen“ Modells für jeden Anwender und jede Anwenderin bei gleichzeitiger Berücksichtigung der jeweils spezifischen Tätigkeitsprofile genannt. Daher hat sich ein Teil der Forschung gezielt damit beschäftigt, die Auswahl der „richtigen“ Modelle methodisch zu verbessern (*Holly, F.*, 2021), und daran gearbeitet trotz fehlender Erkenntnisse aus Langzeitstudien, Empfehlungen und Checklisten zu Themen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes, aus der Grundlagenforschung abzuleiten (*Weidner, R.*, 2022).

Aus diesem Ansatz hervorgegangen ist inzwischen eine kompakte Publikation des Spitzenverbandes der Deutschen Gesellschaft für Unfallversicherung (DGUV), die unter dem schlichten Titel „Auswahl und Einsatz von Exoskeletten“ (DGUV, 2025), anschaulich und verständlich die wesentlichen Grundlagen zum Einsatz von Exoskeletten aufbereitet und detaillierte Empfehlungen und

Checklisten für die Praxis bietet. Beschrieben wird darin auch ein Aspekt, der eine vergleichbar wichtige Rolle spielt, wie die Auswahl des passenden Modells, nämlich die Frage der persönlichen Akzeptanz eines Exoskeletts. Ausschlaggebend seien hierfür vor allem der individuelle Tragekomfort, die Einfachheit des Handlings und die subjektiv wahrgenommene Wirksamkeit. Zusätzlich spielen individuelle Präferenzen und unternehmensspezifische Besonderheiten im Umgang mit Innovationen eine Rolle (*Peters, M. & Wischniewski, S.*, 2019) – was letztlich die Erfahrungen im PPZ-Nürnberg bestätigt.

Einflussfaktoren, die zur „Akzeptanz“ beitragen bleiben in der Forschung und Entwicklung jedoch vor allem deswegen von zentralem Interesse, weil selbst im Fall einer künftigen Verpflichtung zur Nutzung von Exoskeletten als Bestandteil des Arbeitsschutzes, die Akzeptanz am Ende darüber entscheidet, ob Mitarbeitende die Vorgaben im Arbeitsalltag umsetzen oder im schlechtesten Fall Vermeidungsstrategien entwickeln (*Oberst, B.*, 2025).

Ergänzend sei erwähnt, dass sich aus den Praxiserprobungen des PPZ-Nürnberg heraus für Hersteller und Entwicklungsabteilungen auch ein Blick auf die Forschung zum sogenannten „Gender Data Gap“ (*Criado-Perez, C.*, 2020) lohnen könnte. Zahlreiche Rückmeldungen von Pfleger*innen lassen jedenfalls vermuten, dass Exoskelette bisher überwiegend für den männlichen Körperbau entwickelt wurden – was bei einem Produkt für einen Arbeitsmarkt, in dem noch immer überwiegend Frauen arbeiten, ein bedeutender Nachteil wäre.

Die jüngste Meldung zum Thema Exoskelette betrifft schließlich die zitierte Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.: unter Berücksichtigung eines neueren Forschungsstandes zu Langzeitfolgen und Wirksamkeit in der Primärprävention ist für das Frühjahr 2026 eine neue Version angekündigt. Allerdings wird es in der Hierarchie von Maßnahmen zum Arbeitsschutz, für den Einsatz von Exoskeletten wohl vorerst bei der bisherigen Einordnung als „personenbezogene Maßnahme“ bleiben müssen (*Kern, D.*, 2026).

► Ausblick

Forschung und Entwicklung sind weiterhin aufgerufen, die Funktionalität von Exoskeletten durch eine nutzerorientierte Weiterentwicklung zu erhöhen und mit sorgfältig konzipierten Studien wissenschaftlich zu untermauern (vgl. Heinrich, K., 2024). Als hilfreich könnte sich hierbei auch ein neues Instrument zur „Analyse Digitalisierter Mensch-Maschinen-Interaktionen und Relationen (ADMIRE)“ erweisen. Dahinter steht ein angeleiteter Reflexionsprozess, durch den Personen aus dem Bereich der Entwicklung, mit künftigen Nutzerinnen und Nutzern frühzeitig in einen Dialog treten. Mit Hilfe eines Baukastens aus systemischen Leitfragen, werden die Teilneh-

menden im Rahmen eines gemeinsamen Workshops dazu angeleitet, den Einfluss ihrer unhinterfragten Annahmen, Gefühle und persönlichen Vorstellungswelten gegenüber Mensch-Maschine Beziehungen zu erkennen und sich hierzu miteinander abzustimmen. ADMIRE wurde im PPZ-Nürnberg mit großem Erkenntnisgewinn bereits für innovative Hilfsmittel im NürnbergStift eingesetzt (Assadi, G. et al., 2026) und soll voraussichtlich auch für die kommende Erprobung von aktiven Exoskeletten in der Langzeitpflege zum Einsatz kommen.

Fazit: Fortsetzung folgt!



► Quellen

- Assadi, G., Preutenborbeck, J., Manzeschke, A., Klemm, M. (2026, S. 69) Reflexion digitaler Mensch-Maschine-Relationen in der Pflegepraxis – das Analyse-Instrument ADMIRE zur Gestaltung, Implementierung und Evaluation technischer Innovationen am Beispiel von Qwiek Embrace.
- In: Iftner, M., Pollak, T., Klemm, M., Büchner, A. (Hrsg.), Konferenzband Zukunft der Pflege, Digitale Transformation: smart, sicher, souverän! DOI: <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-4677>
- Baumgärtner, K. & Schoch, J., (2026): Evaluation des Einsatzes von Exoskeletten in der stationären Pflege (Poster im Rahmen der Clusterkonferenz Zukunft der Pflege 2026 in Nürnberg), Institut für Innovation, Pflege und Alter; Evangelische Heimstiftung GmbH, Stuttgart
- Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege BGW (2026): BGW sieht den Einsatz von Exoskeletten beim Bewegen von Menschen kritisch, bgw-online.de, Themenbereich Gesund im Betrieb – Gesunder Rücken, zuletzt abgerufen 16.02.2026
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2015): Intelligente Technik in der beruflichen Pflege – Von den Chancen und Risiken einer Pflege 4.0, Bonifatius Druckerei, Paderborn
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF) (2016): Hilf mir mal! Wie Roboter den Alltag der Menschen erobern. Broschüre. Referat Demografischer Wandel, Mensch-Technik-Interaktion, Bonn
- Brandt, H. (2024): Exoskeletale Unterstützung in der Pflege – Evaluation der muskuloskeletalen Belastung des unteren Rückens und der Akzeptanz von Exoskeletten beim passiven Transfer Sitz-Stand. Eine Mixed-Methods-Studie, Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Humanwissenschaften, Fakultät für Medizin der Universität Regensburg
- Criado-Perez, C. (2020): Unsichtbare Frauen: Wie eine von Daten beherrschte Welt die Hälfte der Bevölkerung ignoriert, btb Verlag, München, 2020
- Daub, U. (2019): Chancen und Risiken von aktiven Exoskeletten zur körperlichen Entlastung bei der Arbeit, Tagung: Exoskelette im Betrieb – Forschung-Praxis-Regelsetzung, Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung Tübingen, 09.05.2019
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Fachbereich Handel und Logistik (2019): Einsatz von Exoskeletten an gewerblichen Arbeitsplätzen, www.dguv.de, zuletzt abgerufen 16.02.2026
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Spitzenverband (2025): Mensch und Arbeitsplatz – Auswahl und Einsatz von Exoskeletten – DGUV Information 208-062, Berlin
- Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen (Fraunhofer IIS) (2015): Assistierte Pflege von morgen. Ambulante technische Unterstützung und Vernetzung von Patienten, Angehörigen und Pflegekräften, Tagungsband zur Abschlussveranstaltung am 10.12.2015, Erlangen-Nürnberg
- Fore, M., Brödel, L., Konrad, R., Güttler, C. (2023): Werkstatt Bericht Exoskelett – Einsatz von Exoskeletten in der stationären Langzeitpflege, PPZ Nürnberg
- Hannan, Petra (2020): Einsatz von Exoskeletten, <https://www.siba-sibe.de/gesundheitschutz/ergonomie/einsatz-von-exoskeletten/>
- Heinrich, K. (2024): Exoskelette: Entlasten sie wirklich?, Arbeit und Gesundheit – Das Portal für Gesundheitsbeauftragte, <https://aug.dguv.de>, zuletzt abgerufen 16.02.2026
- Hold, P., Ranz, F., Holly, F., Cato, M., Markis, A., Oberweger, A., Baumann, W. M. (2020): Exoskelette in Produktion und Logistik – Grundlagen, Morphologie und Vorgehensweise zur Implementierung, Fraunhofer Austria Research GmbH, Wien
- Holly, Fabian (2021): Vorgehensmodell zur Auswahl von Exoskeletten für den Einsatz in Produktion und Logistik, Diplomarbeit, Technische Universität Wien
- Initiative Neue Qualität der Arbeit – INQA (2021): Expertise 4.0 testete Exoskelette in der Pflege, <https://www.inqa.de>, zuletzt abgerufen 16.02.2026
- Kern, D. (2026): Exoskelette im betrieblichen Einsatz, Impulsvortrag im Rahmen der Fachveranstaltung für Betriebsärztinnen und Betriebsärzte der Berufsgenossenschaft Holz und Metall am 03.02.2026
- Kern, D. (2026): Exoskelette im betrieblichen Einsatz, Präsenzforum I im Rahmen der Fachveranstaltung für Betriebsärztinnen und Betriebsärzte der Berufsgenossenschaft Holz und Metall am 03.02.2026
- Knappertsbusch, I., Von Gilsa, L. (2025): New Work und Arbeitsschutz – Sicherheit und Gesundheit in der neuen Arbeitswelt, S. 149 ff, Springer Gabler, Wiesbaden
- Kobayashi, H. (2017): From Power Assist to Functional Training by Exo Muscle (Muscle Suit), Vortrag, MedTech Summit, 21.07.17, Nürnberg
- Kobayashi, H. (2019): Developer Prof. Hiroshi Kobayashi, Tokyo University of Science – Interview, innohys.net, zuletzt abgerufen 16.02.2026
- Lück, M., Melzer, M. (2020): Arbeitsbedingungen in der Alten- und Krankenpflege – Höhere Anforderungen, mehr gesundheitliche Beschwerden. BIBB/BAuA-Faktenblatt 31
1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2020. Seiten 2, PDF-Datei, DOI: 10.21934/baua:fakten20200108
- Manzeschke, A., Weber, K., Rother, E., Fangerau, H. (2013). Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme, Druckerei Thiel Gruppe Ludwigsfelde
- Merda, M., Schmidt, K., Kähler, B. (2017): Pflege 4.0 – Einsatz moderner Technologien aus der Sicht professionell Pflegenden Forschungsbericht, Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege BGW, Hamburg
- Oberst, B. (2025): Exoskelette: Warum sie im Handwerk kaum genutzt werden – dhz.net, <https://www.deutsche-handwerks-zeitung.de>, zuletzt abgerufen 16.02.2025
- Obser, G., Schroll-Würdig, J. (2020): Innovationen für die Pflegepraxis – Projektbericht zur Entwicklung und Erprobung eines Virtual Reality Spiels für Menschen in Pflegeeinrichtungen des NürnbergStift, PPZ Nürnberg
- Obser, G., Würdig, J. (2022): Der Corona-Effekt – wie eine Kommunikations-App in der Krise ihren Nutzen unter Beweis stellte, Praxisbericht PPZ-Nürnberg
- Ottobock Bionic Exoskeletons (abgerufen 12/2022): Studien zu Exoskeletten, <https://ottobockexoskeletons.com/studien-zu-exoskeletten/>
- Peters, M. (2018): Zusammenfassung des Workshops Exoskelette, Beitrag zum 4. Workshop „Mensch-Roboter-Zusammenarbeit – Gestaltung sicherer, gesunder und wettbewerbsfähiger Arbeit“ am 04./05.09.2018 in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in Dortmund
- Peters, M. und Wischniewski, S. (2019): Diskussionspapier – Der Einfluss von Exoskeletten auf die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, im Auftrag der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA), <http://osha.europa.eu>
- Roboterwelt (2025): Wie künstliche Intelligenz Exoskelette intelligenter und anpassungsfähiger macht, Roboterwelt, Rubrik Bildung & Forschung, <https://roboterwelt.de>, 18.09.2025
- Schick, R. (2018) Einsatz von Exoskeletten in Arbeitssystemen: Stand der Technik – Entwicklungen – Erfahrungen, 135. Sicherheitswissenschaftliches Kolloquium am 08.05.2018 im Institut ASER, Wuppertal-Vohwinkel
- Schick, R. (2023): Exoskelette in der Arbeitswelt: Aktueller Kenntnisstand
- Fachveranstaltung des SMWA Sachsen, Wie Muskel-Skelett-Erkrankungen im Arbeitsleben vermeiden? 28. Juni 2023, Technisches Hilfswerk (THW) Dresden
- Sommavilla, Fabian (2019): Wie Exoskelette den Menschen künftig die Arbeit erleichtern, <https://www.derstandard.at/story/>
- 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 Primär-, Sekundär-, und Tertiärprävention von arbeitsassoziierten muskuloskeletalen Beschwerden, S2k-Leitlinie, 1. Auflage, Version 1, Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e.V., München
- Theussig, S. (2015). Nutzerakzeptanzsteigerung von altersgerechten Assistenzsystemen (AAL) in: Weber, K., Frommeld, D., Manzeschke, A., Fangerau, H., Technisierung des Alltags. Beitrag für ein gutes Leben? Franz Steiner Verlag, Stuttgart, S. 131 ff
- Weidner, R., Argubi-Wollesen, A., Basmer-Birkenfeld, S.-V., Karafillidis, A., Otten, B., Yao, S. (2021): smart ASSIST (Smart, AdjuStable, Soft and Intelligent Support Technologies) Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen, Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik, Laboratorium Fertigungstechnik, Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg
- Weidner, R. (2022): Bewertung exoskelettaler Systeme in der Arbeitswelt, Abschlussbericht – Kurzfassung BGHW-Studie Exo@Work, Innsbruck

Impressum

Herausgeber:
Pflegepraxiszentrum Nürnberg
Stadt Nürnberg, NürnbergStift
Regensburger Str. 388, 90480 Nürnberg
Redaktion: NürnbergStift

Gestaltung:
Ulrich Matz Kommunikationsdesign
Fotos © NürnbergStift

Zur Autorin:
Gabriele Obser ist Diplom-Psychologin,
Supervisorin, Coach und freie Autorin.

Stand: 03/2026



NürnbergStift



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

www.ppz-nuernberg.de