

## Roboter unterstützte Gangtherapie in der Neurologischen Rehabilitation – was können wir erwarten?

Eine Übersichtsarbeit mit aktueller Literatur und Erfahrungswerten aus der Praxis im stationären und ambulanten Setting

Bettina Quentin

Die Lokomotionstherapie hat sich in den letzten 15 Jahren zu einem wichtigen Bestandteil der Gangrehabilitation neurologischer, orthopädischer und pädiatrischer Patienten entwickelt.

Herr Prof. Dr. med. Stefan Hesse (\*23.5.1960 - † 6.8.2016) hat den Ansatz der Geräte gestützten Therapie im Wesentlichen seit den frühen 90iger Jahren geprägt. Er war als Pionier, Arzt und Wissenschaftler der Erfinder u. a. von dem Gangtrainer GT1 und dem Haptik Walker sowie Laufband mit partieller Körpergewichtsentlastung. <sup>(1)</sup>

Ich widme diesen Artikel Stefan Hesse, der für mich ein großes Vorbild, sehr wertvoller Mensch und Freund ist. Er prägte den modernen Ansatz des aufgabenspezifisch repetitiven Übens mit verbesserten Ergebnissen der motorischen Rehabilitation - getreu dem Motto „Wer gehen lernen möchte, muss gehen!“ Ich hatte das große Glück, mit Stefan Hesse zu arbeiten und seinen Weg begleiten und unterstützen zu dürfen. U. a. haben wir in Berlin überprüft, wie Patienten nach einem Schlaganfall im täglichen Leben zurechtkommen, wenn sie beispielsweise die Straße überqueren möchten oder öffentliche Verkehrsmittel, wie U-Bahn und Busse sowie Straßenbahnen benutzen <sup>(2)</sup>. Hierzu sind wir mit bereits gehfähigen Schlaganfall Patienten auf die Straße in Berlin gegangen und haben mit einer Stoppuhr gemessen, wie viel Zeit z.B. benötigt wird, einen Zebrastreifen mit einer Ampel zu überqueren. Das Ergebnis war ernüchternd: die Grün-Phasen der Ampeln waren erheblich kurz!!

Die Ganggeschwindigkeit und die Ausdauer sind zu 80% der Schlaganfall Patienten eingeschränkt.

Nach einer Schädigung des Zentralen Nervensystems (Gehirn und oder Rückenmark) kann es u.a. zu Paresen / Schwäche sowie Sensibilitätsstörungen kommen (Pyramidenbahn-Syndrom / Minussymptom), die so schwer sind, dass die Betroffene ihre Extremitäten nicht selbstständig ohne fremde Hilfe bewegen können. Zusätzlich können Spastiken und gesteigerte Muskelreflexe (Pyramidenbahn-Syndrom / Plusssymptome) auftreten, die die Bewegung beeinträchtigen oder unmöglich machen.

Vereinfacht erklärt, verfügt eine sensomotorische Regulation zur Ausführung einer Zielbewegung über zwei wesentliche Systeme. Dazu gehört zum einem der Cortex mit Netzwerken, subcortikalen Regelkreisen und Bahnen Systemen und zum anderen das *Spinale Netzwerke* mit Nerven und Muskeln. Das Zentrale und das Periphere Nervensystem kompensieren den Ausfall von Funktion der Ausführungsorgane (Muskeln usw.) durch neurologische bzw. neuro-modulatorische Aktivitäten. Dahinter steht jedoch immer das Gehirn, das Bewegung will. In diesem Fall ist eine Therapie oftmals erfolgreich, wenn sie nur genügend intensiv ist. In der Regel werden in der Therapie die gelähmten Extremitäten von Therapeuten geführt und bei der Bewegung unterstützt, soweit dies der Patient nicht alleine kann. Genau diese Unterstützung können Roboter geben. Roboter sind dabei technisch so „intelligent“, dass sie Minus- und Plusssymptome erkennen. So können sie Patienten die Unterstützung geben, die sie individuell benötigen, um realistische Ziele wie z.B. Stehen, Gehen, Aktivierung der Blasen- und Mastdarmfunktion zu erreichen, wenn auch nicht in gleicher Qualität oder Vollständigkeit wie vor einer Diagnose.

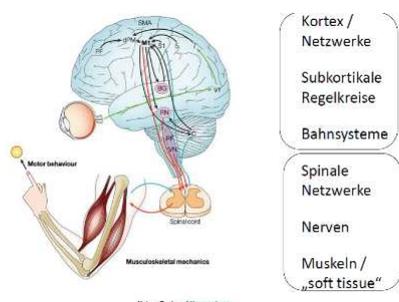


Abbildung 1: Sensomotorische Regulation

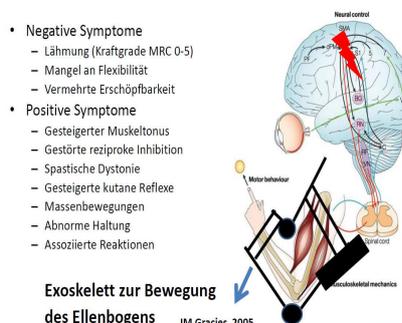


Abbildung 2: Pyramidenbahn-Syndrom

Die Neurologische Rehabilitation hat sich in den letzten Jahren verändert und weiterentwickelt. Das Thema Robotik unterstützende Therapie ist nicht mehr weg zu denken, so dass wir uns den Herausforderungen stellen. Dazu gehört, dass wir als Therapeuten offen die neusten Methoden kritisch annehmen sowie die Evidenz kennen, um mit unseren experimentellen Erfahrungen zur Weiterentwicklung beizutragen. Da wir keine eigenen Daten zur Roboter gestützten Gangtherapie haben, beziehe ich mich in der Bewertung immer auf die EBM-Studien.

Es besteht *nicht* die Gefahr, dass Roboter die Arbeit der Therapeuten ersetzen. Ganz im Gegenteil, Roboter erleichtern unsere Arbeit erheblich. Die Therapieintensität für die Patienten kann gesteigert werden und die körperliche Belastung der Therapeuten reduziert werden. So können wir unsere Ressourcen um ein vielfaches mehr in kürzerer Zeit einsetzen. In Gesprächen mit Ingenieuren wurde besonders deutlich, dass Roboter niemals beispielsweise die taktilen Reize der therapeutischen Hand ersetzen können. Vielmehr sei es das Ziel, den Robotern zu „lernen“, bestmöglich die therapeutische Unterstützung zu imitieren. Es geht darum, eine Bewegung mit hoher Wiederholungsanzahl aufgabenspezifisch und physiologisch zu unterstützen mit Hilfe von Robotern als *ein Baustein* in der Behandlung von neurologischen Patienten im multiprofessionellen Team.

Eine frühestmögliche Therapie beginnt in der Neurologischen Rehabilitation bereits auf der Intensivstation. Gerade im Weaning von beatmeten Patienten spielt die systematische Vertikalisierung und Mobilisation eine große Rolle für den weiteren Verlauf der Rehabilitation und dient gleichzeitig auch dem Training der kardiovaskulären Belastbarkeit <sup>(3)</sup>.

Insbesondere Patienten z.B. nach Schlaganfall, Rückenmarksverletzungen, Schädel-Hirn-Trauma, Parkinson-Krankheit oder Multipler Sklerose (MS) sowie Patienten mit Kleinhirnerkrankungen, die zumindest im Liegen vegetativ stabil sind und keine Kontraindikationen (beispielsweise nicht belastungsstabile Frakturen, instabilen Hirndruck, offene Hautläsionen u.a.) aufweisen, können in Mobilisationsrollstühlen (Tina®, Thekla®) in eine sitzende Position mobilisiert werden. Ebenso können bei bettlägerige Patienten motorunterstützte Mobilisationssysteme wie ein „Bettfahrrad“ (z. B. MOTOMed®letto) sinnvoll - trotz Beatmung - in der Therapie eingesetzt werden, um sowohl für die oberen als auch die unteren Extremitäten ein Training zu realisieren.

Zur Vorbereitung im Hinblick auf die Wiederherstellung der Mobilität werden in der frühesten Behandlungsphase Kipptisch-Lösungen mit verschiedenen Stimulationsverfahren kombiniert. Das Erigo®(Hocoma) z.B. vertikalisiert den Patienten in Verbindung mit Gehbewegungen. Der Patient liegt hierbei auf einem Kipptisch, gesichert mit Rumpf- und Hüftgurten. Zwei integrierte Fußplatten und Beinorthesen ermöglichen eine schrittweise durchgeführte kontrollierte Vertikalisierung mit möglicher Schreitbewegung der Beine. Durch eine integrierte funktionelle Elektrostimulation kann das Training sehr effizient unterstützt werden <sup>(4)</sup>. Zur Förderung der Vigilanz können zusätzlich Vibrationstechniken eingesetzt werden. Das Therapiegerät ist mobil und kann so problemlos an jedem Ort verwendet werden.

Durch diese Mobilisationssysteme können betroffene Patienten schon innerhalb der ersten Tage nach Krankheitsbeginn bei Kreislaufinstabilität und eingeschränkter Kooperationsfähigkeit auf der Intensivstation ein motivierendes Kreislauf-, Steh-, und Gehtraining effizient im multiprofessionellen Team aufgabenspezifisch mit hoher Wiederholungsanzahl der Bewegung beginnen.



Abbildung 3: Frühe Mobilisation mit dem Erigo®(Hocoma) im multiprofessionellen Team (hier Pflege und Therapie)

Nach der Akutphase beginnt bei Indikation die neurologische Frührehabilitation der Phase B. Bei ausreichender kardiovaskulärer Stabilität sind Gangmaschinen unterstützende Verfahren erfolgreich etabliert. Bereits seit vielen Jahren werden das Laufband (Beginn 1990) mit und ohne partieller Körpergewichtsentlastung sowie der elektromechanische Gangtrainer GT1®(RehaStim, Berlin; Beginn 1999) erfolgreich zur Verbesserung der Gehfunktion bei initial nicht gehfähigen Patienten eingesetzt und sind mittlerweile unumstritten <sup>(5)</sup>. Diese Therapiegeräte sind inzwischen ausgereift in deren technischen Entwicklung.

Allerdings hat sich die Rehabilitationslandschaft in Deutschland in den letzten Jahren verändert und zeigt, dass Patienten immer früher und immer kränker aus den Akutkliniken entlassen werden, was eine hohe Zunahme der Behandlungsplätze der Phase B, teilweise mit Beatmungsmöglichkeit bedeutet <sup>(6)</sup>. Für die Patienten hat dies Vorteile für die Behandlung und den Verlauf, da sie früher in ein strukturiertes Rehabilitation-Setting unter Alltagsbezug hineinkommen. So hat sich auch der Ansatz der Robotik unterstützenden Gangrehabilitation in den letzten Jahren weiter entwickelt - was folgend deutlich wird -, um mit schwerstbetroffenen Patienten das Ziel der hohen Wiederholungsanzahl und der Intensität im Rahmen von technisch verbesserten Lösungen weiter zu ermöglichen.



Abbildung 4:  
Gangtrainer End-Effektor-System GT1®(RehaStim)



Abbildung 5:  
Laufbandtherapie mit oder ohne partieller Körpergewichtsentlastung

Bei einer konventionellen Therapie werden ca. 50- 100 Schritte pro Therapieeinheit erreicht. Hierbei ist das Sturzrisiko erhöht und ist bei bis zu 3 Therapeuten für Patient und Therapeut eine Herausforderung mit variabler Qualität. Laut aktueller Studienlage wird keine Verbesserung der Therapieergebnisse erzielt und die Wiederholungsanzahl (Repetition) ist ungenügend (Hesse et al 1994 Stroke 25 (10):1994-2004).

Bei einer Laufbandtherapie mit partieller Körpergewichtsentlastung können ca. 350 Schritte pro Therapieeinheit erreicht werden. Mit 2(-3) Therapeuten und hohem Körperkrafteinsatz deren bleibt die Therapie eine Herausforderung aller Beteiligten. Das Sturzrisiko ist durch die partielle Gewichtsentlastung ausgeschlossen. Die Studienlage konnte darstellen, dass die alleinige Laufbandtherapie mit partieller Körpergewichtsentlastung nicht besser ist als konventionelle Gangtherapie auf der Ebene. (Visintin et al, 1998. N = 100, Kosak and Reding, 2000. N=56; Nisson et al. 2001 N=73).

Bei der Roboter unterstützenden Gangtherapie können ca. 800 Schritte pro Therapieeinheit erzielt werden mit in der Regel 1 Therapeuten. Die Rüstzeiten sind gering und liegen bei erfahrenen und gut geschulten Therapeuten zwischen 5 und 7 Minuten. Ein Sturzrisiko ist ausgeschlossen. Patienten, die hingegen Physiotherapie sowie als auch Roboter unterstützt Therapie erhielten, konnten alleine in der robotischen Therapieeinheit zwischen 800 – 1200 Schritte erreichen (Pohl et al. 2007).

Entscheidend ist aber, dass die Patienten schwerer betroffen geworden sind, so dass in den letzten Jahren zahlreiche neue Geräte auf den Markt kamen mit zwei unterschiedlichen Ansätzen. Ein Ansatz ist eine elektromechanische Lösung, genannt *End-Effektor Ansatz*. Hierbei wird die Bewegungs-Initiierung über die Füße eingeleitet. Der Fuß initiiert die Bewegung des Knies und der Hüfte in Abhängigkeit der momentanen Gangphase für ein natürliches Gangbild mit physiologischer Muskelaktivierung. Hierzu zählen u.a. das Laufband, der Gangtrainer GT1® (Firma RehaStim; Berlin), das Erigo® (Firma Hocoma; Schweiz) sowie der Gangtrainer G-EO® (Firma RehaTechnology; Schweiz 2012). Der G-EO® wurde ursprünglich in der Weiterentwicklung des GT1® als *Haptik Walker* durch Prof. Dr. med. Stefan Hesse 2007 in Berlin im Fraunhofer Forschungsinstitut entwickelt. In einer riesigen Industriehalle mit großen Schaltschränken verwirklichte Herr Stefan Hesse seine Ideen dazu gemeinsam mit Ingenieuren, Forschern, Therapeuten, Patienten und der Industrie. Der G-EO® ist weltweit das modernste End-Effektor-System in der Gangrehabilitation, welcher das Treppen aufwärts und abwärts gehen simulieren kann. Es wird ein Training ermöglicht, in dem der Bewegungsablauf des menschlichen Gehens vollständig simuliert werden kann, sowie auch einzelne Bewegungssequenzen der Stand- und Spielbeinphase. Mit zusätzlicher integrierter funktioneller Elektrostimulation für bis zu sechs Muskelgruppen kann der Muskelaufbau unterstützt werden. Des Weiteren besteht die Option des Bio-Feedback-Trainings. Fußplatten mit integrierten Drucksensoren ermöglichen eine individuelle Einstellung verschiedener Gangparameter (u.a. Schrittlänge, Kadenz, Range of Motion des Sprunggelenks), welche die Gangqualität für jeden einzelnen Patienten angepasst optimiert. Die Maschine ist in der Lage, die Beine des Patienten mit voller Motorkraft aber auch nur mit unterstützender Kraft lateral oder bilateral zu bewegen. Weitere Gangtrainer, wie der Lyra® (Firma Ability; Schweiz) sowie der Gangtrainer Perpedes® (Firma Schepp) wurden insbesondere im Bereich der Ergonomie weiter optimiert.



Abbildung 6 und 7: End-Effektor System Gangtrainer Haptik Walker und G-EO®

Der zweite *Exoskeleton Ansatz*, ist einer Roboterlösung, bei der die Bewegung über Knie und Hüfte mit externen Orthesen durch Motoren und Sensoren initiiert wird, um ein natürliches Gangbild mit physiologischer Muskelaktivierung in den Gangzyklen zu erreichen. Dies kann insbesondere bei hochgradigen Paresen mit einhergehender Instabilität des Kniegelenks notwendig werden. Hier gibt es verschiedene Anbieter. Bei *stationären* Exoskeletonen geht der Patient mit partieller Körpergewichtsentlastung auf einem Laufband auf der Stelle. Die Beine werden mittels Orthesen durch Motoren an den Hüft- und Kniegelenken geführt, wo ebenfalls Sensoren die Bewegung messen und analysieren. Hier wurde der Lokomat®Pro (Hocoma; Schweiz) entwickelt von Colombo und Dietz in Zürich, 2000, anfangs nur für Patienten nach Rückenmarksverletzung mit Paraparese sowie der Lopes® (Perceptual Robotics Laboratory/Pericro).

Der Lokomat®Pro ist inzwischen so weit entwickelt, dass auch Patienten mit Hemiparese behandelt werden können. Die Motoren sind lateral und bilateral einstellbar, in einem Passiv- Assistiv- oder Aktivmodus zu programmieren und erlauben ein physiologisches Gangbild. Ein konstantes Feedback (visuell und / oder akustisch) der wichtigsten Gangparameter und den erzielten Patientenleistungen, sowie Exergames (virtuelle Realität) für die unteren Extremitäten mit Hinterlegung von Zielen und Schwierigkeitsgraden, stellt unter dem Kontext des aufgabenspezifischen Training eine hohe Motivation und Aktivierung bei hoher Repetition für Patienten und Therapeuten da. Bei *mobilen* Exoskeletonen (als Therapiegerät) kann der Patient in der Therapie sich im Raum mobil mit einem Therapeuten von A nach B bewegen.

Hier gibt es verschiedene Anbieter. Ekso bionics® (USA, 2012) arbeitet mit dem „Ekso“ (anfänglich nur für Patienten mit symmetrischer Beinparese nach Rückenmarksverletzung komplett ab C7 oder darunter, sowie inkomplett). Der Ekso ist ein teils als Rucksack tragbares, batteriebetriebenes Exoskelett (Außenskelett) aus Carbon- Glasfasern mit verstellbarer individueller Oberschenkel- und Unterschenkelgröße sowie der Breite des Beckens. Das Eigengewicht des Eksos beträgt 23 Kilogramm. Die Hüft- und Kniegelenke werden von Motoren angetrieben, wobei Unter- und Oberschenkel mit Haltegurten an Orthesen fixiert werden. Der Rücken kann individuell angepasst werden. Bei Instabilität und fehlender Rumpfmuskulatur wird der vordere Rumpf mittels Bauchgurte in verschiedenen Größen gesichert. Der Patient steht mit seinen eigenen Schuhen auf flexiblen Fußplatten mit jeweils 15 integrierten Sensoren, die die Oberfläche des Bodens erfassen.

Das Sprunggelenk kann flexibel mechanisch für eine individuelle Abrollphase des Patienten eingestellt werden. Das Prinzip der Schrittauslösung wird hier über Gewichtsverlagerung nach rechts und links sowie über Vorwärtsrotation des Beckens des Patienten ausgelöst. Dabei messen die Sensoren die optimale Standbeinphase ca. 300 Mal pro Minute. Auch bei mobilen Exoskeletts ist ein Passiv- Assistiv- oder Aktivmodus möglich, so dass Patienten mit Halbseitenlähmung auch eine Indikation haben. Als Hilfsmittel zum Gehen im Raum mit dem Ekso stehen ein Gehwagen, Unterarmgehstützen, 4- und 1 Punktstützen sowie Armschlaufen bei Bedarf zu Verfügung. Des Weiteren gibt es das israelische ReWalk™ -System und das japanische HAL - System®(Hybrid Assistive Limb), sowie das Indego® Parker System, was seit Dezember 2016 die Zulassung als Hilfsmittel im häuslichen Setting erhalten hat. Der Nachteil des HAL®- Systems ist, dass es nur für Patienten in Frage kommt, die eine Restfunktion haben (Kraftgrad MRC ab 3/5), da die Restfunktionen der Beinmuskeln über Elektroden mittels elektrische Oberflächen Elektroden stimuliert werden, um Knie – und Sprunggelenk zu bewegen (nicht alle Muskeln sind einfach stimulierbar). Dabei wird der Patient auf dem Laufband beginnend mit einem Gurtsystem gesichert, bevor er später sich im Raum bewegen kann. Bei allen mobilen Exoskeletten besteht weiterhin eine Sturzgefahr während des Gehen und Stehens, wie ebenso Scheuerstellen an den unteren Extremitäten durch Gurtfixierung.



Abbildung 8: Ekso(Ekso bionics®)



Abbildung 9: Lokomat®Pro (Hocoma)

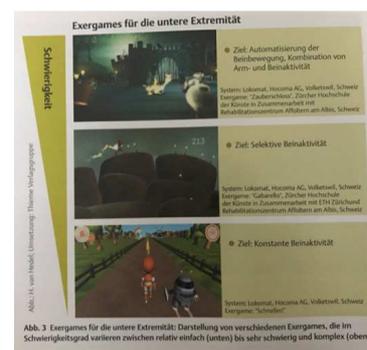


Abbildung 10: Virtuelle Realität

Entscheidend ist, dass intensives Lokomotionstraining *plus* Physiotherapie eine höhere Wirksamkeit hat als alleinige Physiotherapie, mit den Ergebnissen der signifikant besseren Gehfähigkeit und ADL-Kompetenz akuter Schlaganfallpatienten<sup>(7)</sup>. In der „S2e Leitlinie Rehabilitation der Mobilität nach Schlaganfall – ReMoS – (5) gibt die Arbeitsgruppe zusammenfassend *unterschiedliche* Empfehlungen für *verschiedene Zielkriterien*. Um die *Gehfähigkeit zu erlangen* wird ein intensives, möglichst roboterunterstützt Gangtraining empfohlen, zur *Verbesserung der Gehfähigkeit* ein intensives Gangtraining ggf. geräteunterstützt. Um die *Gehgeschwindigkeit zu verbessern* sollte ein progressives (!) Gangtraining durchgeführt werden. Zur *Verbesserung der Gehstrecke* wird ein aufgabenbezogenes Ausdauertraining empfohlen. Zur *Verbesserung der Balance* empfiehlt die Arbeitsgruppe ein Balancetraining eher integriert im Gangtraining als isoliert. Stimulationen (FES, akustisch, visuelles Feedback) sind nur im funktionellen Kontext wirksam. Nicht gehfähige Patienten (schwerbetreffene FAC 0) profitieren am Ehesten von Elektromechanisch- bzw. Roboter-assistiertem Training(End-Effektor, Exoskelett).

Das Training nach Schlaganfall sollte bei subakuten Patienten 5x pro Woche und bei chronischen Patienten 3-4x pro Woche durchgeführt werden. Für Patienten, die bereits mit Hilfsmitteln oder Unterstützung gehen können, wird Laufbandtraining mit intensiven Einheiten empfohlen. Besonders die Gehgeschwindigkeit und Gehstrecke war signifikant besser! (8) . In dieser jüngsten Meta-Analyse wurde herausgefunden, dass die Verwendung von Roboter unterstützten Gangtherapie die Chance, bis zum Studienende (OR 1.94, 95% CI(1.139-2.71)) die unabhängige Gehfähigkeit wieder zu erlangen, erhöht und jede siebte Gehunfähigkeit nach Schlaganfall vermieden werden könnte.

In der praktischen Umsetzung der zuvor beschriebenen Empfehlungen der verschiedenen Arbeitsgruppen und Studien kann ich die Ergebnisse prinzipiell mit unseren Patienten bestätigen. Dennoch haben wir die Erfahrung gemacht, dass bereits gefähige Patienten mit und ohne Hilfsmitteln von der Roboter unterstützenden Therapie (End- Effektor – Systeme sowie Exoskelett-Systeme) plus Physio- und Ergotherapie profitieren. Die gleichmäßige, rhythmische Gangbewegung mit durchgehender Geschwindigkeit - mit oder ohne partielle Körpergewichtsentlastung - wirkt sich sehr positiv auf den Muskeltonus aus. Die spastische Muskeltonuserhöhung reduziert sich oftmals in wenigen Minuten und hält über mehrere Stunden an. Die Patienten berichten, dass sie sich wesentlich lockerer und sicherer beim anschließenden Gehen in der Ebene fühlen. Dies wird auch an verbesserten Gangparametern (Spurbreite, Schrittlänge, Ganggeschwindigkeit und Gangstrecke) sichtbar. Die Gefahr von Knochenbrüchen durch Osteoporose in den Robotern muss aus unserer Sicht zwingend durch diagnostische Verfahren zuvor ausgeschlossen werden! Spastik sollte vorbereitend bei Bedarf behandelt werden, um Voraussetzungen für ein Roboter unterstützendes Training zu schaffen.

Als Voraussetzung der Roboter unterstützten Gangtherapie ist diese immer als ein Teil eines Gesamtbehandlungskonzeptes zu betrachten und sollte nicht alleinig eingesetzt werden! Sie sollte im multiprofessionellen Team mit erfahrenen Ärzten der Rehabilitation, Neurochirurgen, Orthopäden, Pflege, Angehörigen, Sozialdienst, Hilfsmitteltechnikern und den Therapeutischen Berufsgruppen Physiotherapie, Ergotherapie, Logopädie, Neuropsychologie u.a. gemeinsam mit dem Patienten umgesetzt werden. Zu dem Gesamtkonzept kann auch bei Bedarf Ernährungsberatung dazu gehören. Hierzu ist es entscheidend wichtig, Ziele auf der ICF- Ebene (Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit) *smart* (spezifisch, messbar, erreichbar, relevant, zeitlich festgelegt) zu formulieren sowie den Therapieverlauf in seinen Ergebnissen zu dokumentieren. Hilfreich kann eine Videodokumentation zur Bewegungsanalyse sein, die nicht nur die Veränderungen zeigt, sondern oftmals auch sehr motivierend als Erfolgserlebnis für die Patienten sein kann. Die Therapien müssen, ebenso wie in allen anderen Behandlungen, in den Gangrobotern nach dem Shaping Prinzip durchgeführt werden.

Die Maschinen geben einen großen Spielraum, hier eine intensive Therapie an der individuellen Leistungsgrenze des Patienten durchzuführen mit Hilfe der Einstellung von Gangparametern (Geschwindigkeit, Schrittlänge, Kadenz, Gewichtsentlastung, Unterstützung der Motoren u.a.). Sehr zu empfehlen ist, nach dem Gehen in Robotern, das Erlernte direkt anschließend in der Ebene umzusetzen. Daraus resultiert, dass der Ablauf und die Reihenfolge sowie der Personalbedarf der Therapien pro Tag /Woche individuell bei jedem Patienten geplant und auch immer wieder angepasst werden muss.

Die Therapeuten müssen sehr gut geschult werden und Erfahrung in der neurologischen Gangrehabilitation haben oder erlernen. Medizinische Notfallsituationen müssen in jeglicher Art in Gangrobotern beherrscht werden, sowie ein dahinter stehendes Notfallmanagement implementiert sein. Mit das wichtigste ist die Motivation des Patienten *und* der Therapeuten / Behandlungsteams! Patienten in Ihrer Motivation zu stärken, bedeutet auch in der Behandlung im Roboter, taktile therapeutische Reize zu verwenden sowie auch verbales „Anfeuern“.

Die Indikation einer Roboter unterstützenden Therapie wird durch einen erfahrenen Arzt mit Wissen der Ein- und Ausschlusskriterien verordnet. Die aktuell bestehende Gesundheitsversorgung in Deutschland im Gesundheitssystem zeigt den Fokus auf die Akut- und Frühbehandlung. Hier werden modernste medizinische Geräte eingesetzt, um immer mehr Leben zu erhalten, sowie modernste Therapieformen umgesetzt. Hingegen findet in der derzeitigen ambulanten Nachsorge eine notwendige und zeitgemäße Versorgung nicht ausreichend statt. Neueste, effektive Therapiemöglichkeiten bleiben Betroffenen verwehrt, da diese Therapiemöglichkeiten zu wenig bekannt sind oder noch nicht von Kostenträgern anerkannt werden. Dieser Versorgungslücke folgt oftmals ein Leben als vermeidbarer und kostenintensiver Pflegefall.

Therapieerfolge in der Spätrehabilitation sind immer möglich. Modernste wissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen bieten vielfältige zeitgemäße Möglichkeiten in der Therapie, wie auch die Roboter gestützte Therapie in Kombination mit anderen Maßnahmen, abzuwägen im individuellen Kontext des Patienten.

Zusammenfassend ist die Roboter unterstützende Gangtherapie in der Neurologischen Rehabilitation nicht „grundsätzlich indiziert“. Vielmehr ist diese immer im individuellen Kontext jedes Patienten abzuwägen wobei die Entscheidung auf den EBM-Grundlagen basiert. Der Ansatz des repetitiven, aufgabenorientierten und kardiovaskulärem Trainings an der Leistungsgrenze mittels End-Effektor-Geräte, stationären / mobilen Exoskeletons als ein Baustein der Therapie, haben sich in den letzten Jahren technisch sehr weiterentwickelt.

Hinweisen möchte ich darauf, dass Roboter die Individualtherapie unterstützen, indem sie die Therapieintensität der Patienten steigern und die körperliche Belastung der Therapeuten reduzieren. Keinesfalls aber kann die gerätegestützte Therapie die Individualtherapie vollständig ersetzen. Die Roboter müssen in einem sinnvollen klinischen Behandlungskonzept eingebunden werden mit klar definierten Ein- und Ausschlusskriterien.

Besonders bei den Exoskelett – Ansatz besteht die Gefahr von Knochenbrüchen bei Osteoporose als Nebenwirkung. Ebenso bleibt eine Sturzgefahr beim Gehen im Raum ohne sichernde Gewichtsentlastung des Patienten bestehen. Trotz der rasanten technischen Weiterentwicklung der Gangroboter in den letzten Jahren betrachte ich die Entwicklung als einen Anfang. Es bleibt abzuwarten, wie die Roboter sich gerade für eine realistische Nutzung im Alltag, für den Patienten weiter entwickeln. Derzeit bleiben es größtenteils Therapiegeräte (keine Hilfsmittel) mit abschreckenden Preisen, die möglicherweise bei zunehmender Anzahl der Produktion erschwinglicher werden. Da die Kostenträger bisher Roboter gestützte Therapie nicht im Heil- und Hilfsmittelkatalog anbieten, bleiben vorerst Hürden zu überwinden, um keine Zwei- Klassenmedizin zu erzielen.

Daraus resultierend wäre zu überdenken, mit allen Kostenträgern gemeinsam die Möglichkeit der Finanzierung von einem Roboter gestütztem Behandlungskonzept auch im ambulanten weiterführend zu realisieren. Ebenso könnte es sinnvoll sein, Netzwerke und Kompetenzzentren zu schaffen, die in der weiterführenden ambulanten Versorgung von chronischen Patienten intensive Blocktherapien im Intervall dazu anbieten. In den therapiefreien Blöcken könnten die Patienten ein erlerntes individuell angepasstes Eigentaining durchführen. Ziel wäre es hierbei, die wieder gewonnenen Fähigkeiten nicht wieder zu verlieren, bzw. bei der nächsten intensiven Blocktherapie diese zu erfrischen und aufzubauen. Möglicherweise könnten so Sekundärschäden, verbunden mit dann Einnahme von teuren Medikamenten und auch Operationen, minimiert werden. Weitergehend sollten realistische Ziele mit dem Patienten vereinbart werden. Die aktuelle Forschung ermöglicht der Zeit z. B. *keine* Wiederherstellung der Gehfähigkeit bei kompletter Durchtrennung des Rückenmarks nach einem Unfall. Hierzu gibt es erfolgsversprechende Ansätzen, dass beispielsweise in der Genforschung Nasenzellen in das Rückenmark transplantiert werden, die nach Schädigung des Rückenmarks mit Bildung von Narbengewebe trotzdem eine Verbindung der Nerven schafft. Unter diesen Aspekten sollten Patienten zur Roboter unterstützten Therapie aufgeklärt sein, da das primäre Ziel hier nicht das Wiedererlernen vom Gehen ist! Ziele könnten hier vielmehr sein, dass der Patient sich für die Zukunft und deren Möglichkeiten fit hält, so wie sekundäre Komplikationen (Kontrakturen, Osteoporose, bindegewebiger Umbau der Muskulatur, vermehrte Harnwegsinfekte usw.) entgegenzuwirken. Unsere Erfahrungen zeigen, dass sich intensive Roboter gestützte Therapie plus Physiotherapie sehr positiv auf die Blasen- Mastdarmfunktionen insbesondere bei Querschnittsyndrom auswirkt, was ein primäres Ziel für diese Patienten ist, genauso wie im Alltag nicht auf fremde Hilfe angewiesen zu sein.

Die aktuelle Studienlage ist noch nicht ausreichend. Fragestellungen u.a., ob die Roboter gestützte Gangtherapie nur in der der Therapiesituation verbesserte Gangparameter auf zeigt oder ob die Patienten langfristig die teilweise wiedererlernten Fähigkeiten im Alltag umsetzen können, sind unzureichend geklärt. Ebenso sollte überprüft werden, in wie weit noch mehr Patienten von Roboter gestützter Therapie profitieren könnten, wenn Spastizität vorbereitend dafür gut behandelt wird. Auch bleibt ungeklärt bisher, welche neurologischen Krankheitsbilder von welchem Ansatz der Robotik-Systeme am meisten profitieren, da die unterschiedlichen Maschinen alle unterschiedliche Ziele im Behandlungsansatz ermöglichen.

Ich bedanke mich vor allem bei meinem Team und bei meinem Patienten, die mir es ermöglicht haben, zum Thema der Roboter unterstützenden Therapie meine Erfahrungen zu veröffentlichen sowie allen, die mich in meiner Arbeit unterstützen.

**Literaturnachweise:**

- 1.-Treadmill Training with partiell body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients /S Hesse et.al/Stroke 1995; 26:976-981 (653 citations)  
- Restoration of gait nonambulatory hemiparetic patients by treadmill training with partial body weight support /Hesse et.al/ Arch Phys Med Rehabil 1994(392 citations)
2. Recommendation for street and subway transit / Pedestrians in Berlin Hesse S, Welz A, Assmann E Medical Park Berlin, Germany, Quentin B Vivantes Klinikum Nord Berlin, Germany Waldner A. Klinik Villa Melita Bozen, Italy Nervenarzt 2009; 80: 953-8).
3. Rollnik J, Adolphsen J, Bauer J et al. Prolongiertes Weaning in der neurologisch-neurochirurgischen Frührehabilitation – S2k-Leitlinie. Nervenarzt 2017; 88: 652-674
4. Luther MS, Krewer C, Müller F et al. Comparison of orthostatic reactions of patients still unconscious within the first three months of brain injury on a tilt table with and without integrated stepping. A prospective, randomized crossover pilot trial. Clin Rehabil 2008; 22:1024 – 1041
5. Dohle C, Tholen R, Wittenberg H et al. ReMoS Arbeitsgruppe. Rehabilitation der Mobilität nach Schlaganfall (ReMoS). Neurol Rehabil 2015; 21: 355 – 494
6. Pohl M, Bertram M, Bucka C et al. Patientenkontext und Rehabilitationsverlauf in der neurologischen-neurochirurgischen Frührehabilitation – ein Vergleich der Jahre 2002 und 2014. Akt Neurol 2016; 43: 534 – 540
7. DEGAS – DEutsche GANgtrainer Studie M. Pohl, M. Holzgraefe, G. Kroczeck, J. Mehrholz, I. Wingendorf, G. Hölig, R. Koch, S. Hesse Neurol Rehabil 2006; 12 (5): 262 – 269
8. Electromechanical-assisted training for walking after stroke: A Meta-Analysis Mehrholz et al., Cochrane Database Syst Rev. 2017 The Cochrane Library, Issue 5

**Korrespondenzadresse:**

Bettina Quentin  
Physiotherapeutin  
Multiprofessionelle Therapeutische Leitung  
Vivantes Nord (Klinikum Spandau; Humboldt Klinikum)  
Neue Bergstraße 6  
13585 Berlin  
E-Mail: [bettina.quentin@vivantes.de](mailto:bettina.quentin@vivantes.de)