

# Intelligente Mechanik hilft auf die Beine

Nach einem Schlaganfall müssen Patienten wieder laufen lernen. Die Physiotherapie wird unterstützt von einem Gangtrainer. Roboter-gestützte Gangtrainer sind aber sehr kostspielig. Ein neuer Ansatz basiert deshalb auf einer Mechanik, die den menschlichen Gang genau abbildet – die Intelligenz steckt im mechanischen Getriebe.



Der neu entwickelte Gangtrainer wird bereits in Kliniken in Österreich, Deutschland und der Schweiz eingesetzt.

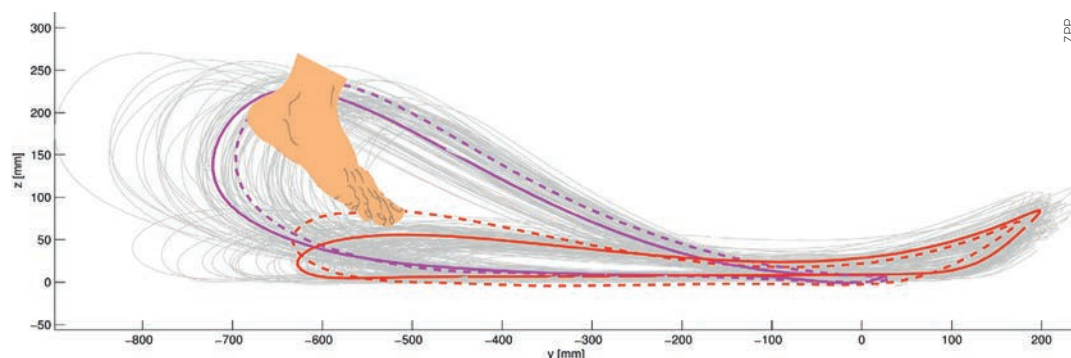
Als Folge eines Schlaganfalls, einer Operation oder neurologischen Erkrankung sind jährlich Millionen von Menschen in ihrer Gehfähigkeit eingeschränkt oder können gar nicht mehr gehen. Um den betroffenen Patienten das Gehen wieder zu lernen, werden in der neurologischen Rehabilitation vermehrt automatisierte Gangtrainer eingesetzt: Roboterarme bewegen die Beine, damit sich der Körper die Bewegung wieder einprägen kann. Solche Geräte sind komplex und teuer anzuschaffen, weshalb sie oft nur in forschungsorientierten Kliniken anzutreffen sind. Die Firma Ability Switzerland und das Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung (ZPP) der ZHAW entwickelten deshalb einen Gangtrainer, dessen Komplexi-

tät wesentlich reduziert ist und nun auch für kleine bis mittel-grosse therapeutische Zentren und Kliniken erschwinglich ist. Statt einen Roboter aufwendig zu programmieren, steckt beim neuen Gangtrainer die Intelligenz in der Mechanik: Sie bildet den menschlichen Gang präzise ab. Als Antrieb ist nur noch ein einfacher Motor nötig.

## Die ersten Ideen

Seinen Anfang nahm das Projekt 2008. Die Gründer des Start-up-Unternehmens Ability wandten sich an das ZPP, das aus der Idee eine Bachelorarbeit formulierte. Das Ergebnis der ersten Arbeiten war ein umgebauter Crosstrainer. Allerdings fiel das Feedback von Ärzten und Physiotherapeuten

ernüchternd aus, da der Prototyp das menschliche Gangbild nur ungenau wiedergeben konnte. In der Folge wurde das Konzept komplett überarbeitet. Von der Neurologie weiss man, dass das Trainieren von Bewegungen positive Wirkungen aufs Gehirn haben kann. Folglich musste das Ziel sein, ein möglichst präzises menschliches Gangbild



Die Kurven visualisieren den menschlichen Gang. Rot ist die Zehengelenkkurve, violett die Fersenkurve.

zu generieren. Zusammen mit Physiotherapeuten des ZHAW-Departements Gesundheit haben das ZPP und die Ingenieure von Ability Untersuchungen im Ganglabor durchgeführt. Sie wollten den Gang des Menschen besser verstehen. Parallel dazu untermauerte ein intensives Literaturstudium die Erkenntnisse aus dem Ganglabor mit theoretischen Grundlagen. Das Resultat war eine Kurvenschar, die als Basis für die Entwicklung des Mechanismus diente.

### Die Mechanik

Die Kurvenschar zeigt die Fussbewegung als Funktion der Schrittlänge in Abhängigkeit von Körpergrösse und Laufgeschwindigkeit: Rot ist die Bahnkurve des Zehengelenks und violett die der Ferse. Die Herausforderung bestand darin, ein mechanisches Getriebe zu designen, das die Kinematik – also den Weg, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung – möglichst genau abbildet. Für diese Anforderungen kommen als mechanische Lösungsansätze nur ungleichförmig übersetzende Getriebe infrage. Diese haben die Eigenschaft, dass die Übertragungsfunktion vom Eingang zum Ausgang des Getriebes nicht linear ist.

Eine lineare Umwandlung entspricht einer konstanten Übersetzung, wie wir sie beispielsweise bei einem Kettenantrieb vorfinden – das Getriebe eines Fahrrads. Unter «ungleichförmig übersetzende Getriebe» versteht man in der Technik Getriebe, welche die Eingangsgrösse, eine Drehzahl oder ein Drehmoment, nicht linear umwandeln, d.h. die Getriebeübersetzung ist über einen Maschinentakt nicht konstant. Typische Beispiele sind Kurvenscheibengetriebe oder Koppelgetriebe.

Der Zweck dieser Getriebe kann in zwei Arten unterteilt werden: Umwandlung einer gegebenen in eine gewünschte Bewegung (Führungsgetriebe) und die Übertragung von Kräften und Momenten (Übertragungsgetriebe). Die Lösungsfindung bei solchen Aufgaben stellt sich meist als sehr anspruchsvoll her-

aus. In der Konzeptphase sollte daher als Erstes ein Weg-Zeit-Diagramm der Maschine erstellt werden.

### Bewegung definieren

Nun wird die Bewegungsaufgabe in den Randpunkten definiert. Das kann ein Punkt sein, wo der Fuss des Patienten rastet, also sowohl Geschwindigkeit als auch Beschleunigung gleich null sind. Andere Punkte haben eine konstante Geschwindigkeit oder es wird ein Umkehrpunkt definiert, mit der Geschwindigkeit null und einer Beschleunigung. Im nächsten Schritt wird das Bewegungsgesetz festgelegt: Wie fahren wir von A nach B? In der Praxis haben sich Polynome 5. Grades bewährt. Diese sind mathematisch einfach zu handhaben und sind stoss- und ruckfrei. Dabei fliesst natürlich auch die Erfahrung aus anderen Anwendungen ein.

In einem Morphologischen Kasten wurden die verschiedensten Lösungsvarianten aufgezeigt, geometrisch im CAD aufgezeichnet und die Kinematik mit speziellen Berechnungsprogrammen nachgerechnet.

### Funktionsmuster testen

Im Rahmen einer weiteren Bachelorarbeit mit Studierenden des Studienganges Maschinentechnik an der ZHAW School of Engineering wurde nun ein Funktionsmuster des Gangtrainers entwickelt. Im Gegensatz zum ersten Prototyp konnte dieses Funktionsmuster 19 verschiedene Gangmuster abbilden, die exakt dem Gang eines Menschen entsprechen. Durch einen einfachen Umbau der Mechanik konnten die Physiotherapeuten bei den Praxisversuchen die Gangmuster an die Patienten anpassen. Nun waren die Physiotherapeuten zufrieden mit der Bewegung! Allerdings bemängelten sie, dass die Konstruktion den Zugang zu den Beinen des Patienten einschränkt und somit die Arbeit erschwert.


### Zum fertigen Produkt

Im nächsten Schritt ging es im Rahmen eines KTI-Projekts also darum, die Technik weg vom Patienten in kompakten Konsolen zu verstauen, um die Usability des Gerätes zu erhöhen. Auf Basis des funktionierenden Prinzips aus der Bachelorar-

beit erfolgte ein Redesign der Konstruktion. Im Lauf der Entwicklung folgten zwei weitere KTI-Projekte, wovon eines bis 2015 weiterläuft.

Eines der Kernstücke des Therapierätes ist der Mechanismus, der die Drehbewegung in das komplexe menschliche Gangmuster übersetzt. Das Gerät besitzt zwei Fussplatten, die den nachgebildeten Gang auf den Patienten übertragen (Endeffektor-Prinzip). Da der Patient in der Regel nicht selbständig auf den Fussplatten stehen kann, wird er mit dem dynamischen Gewichtsentlastungssystem – einer Art Korsett um Brust und Bauch – aus dem Rollstuhl angehoben und während dem Training gehalten. Dank der durchdachten Mechanik und der Antriebstechnik müssen nur die Schrittlänge und die Geschwindigkeit für den Bewegungsablauf angepasst werden. In weniger als fünf Minuten ist der Gangtrainer auf den Patienten eingestellt.

### CE-zertifiziert

Seit Mitte 2014 ist der Gangtrainer unter dem Namen «Lyra» CE-zertifiziert und in der Klinik Bad Zurzach im Einsatz. Auch das Hegau-Jugendwerk in Gailingen (D) und die Tiroler Landeskrankenanstalten (Tilak) in Hochzirl nutzen den Gangtrainer im Klinikalltag. An der ZHAW School of Engineering fliesst die Entwicklungsarbeit in den Unterricht ein und auch in Zukunft werden Studierende an der Optimierung und Erweiterungen des Gangtrainers arbeiten. Ability-Mitgründer Serge Weydert schätzt die Zusammenarbeit mit der Hochschule: «Das ZPP war der Schlüsselpartner in der Entstehungsphase unserer Firma. Zusammen haben wir die technische Vision verwirklicht und ebneten den Weg für einen erschwinglichen Gangtrainer.» 

Prof. Adrian Fassbind  
Dozent für Produktentwicklung am  
Zentrum für Produkt- und Prozessentwicklung (ZPP) der ZHAW  
School of Engineering  
[www.zhaw.ch/zpp](http://www.zhaw.ch/zpp)



Das Redesign der Konstruktion ermöglicht den Physiotherapeuten besseren Zugang zu den Beinen des Patienten.