DuEPublico
Duisburg-Essen Publications online

Der folgende Text wird über DuEPublico, den Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt.

Diese auf DuEPublico veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

Bleuler, Hannes; Vouga, Tristan; Baud, Romain; Fasola, Jemina; Pache, Julien; Bouri, Mohamed:

Exoskelett TWIICE für Paraplegiker: Erfahrungsbericht vom Cybathlon

In: IFToMM D-A-CH Konferenz / Dritte IFToMM D-A-CH Konferenz 2017

DOI: http://dx.doi.org/10.17185/duepublico/43388

URN: urn:nbn:de:hbz:464-20170213-103914-5

Link: http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet?id=43388

Exoskelett TWIICE für Paraplegiker: Erfahrungsbericht vom Cybathlon
Exoskeleton for Paraplegics: Report on the TWIICE project for the Cyblathon

Hannes Bleuler, Tristan Vouga, Romain Baud, Jemina Fasola, Julien Pache, Mohamed Bouri,
EPFL Lausanne, Laboratoire de Systèmes Robotiques LSRO; www.twiice.ch, hannes.bleuler@epfl.ch

Kurzfassung

Der Cybathlon, ein weltweiter Wettkampf für Prothesen, Exoskelette und weitere Assistenz-Technologien für Behinderte, fand am 8. Oktober 2016 in Zürich statt. Unser Team hat in der Kategorie „Exoskelett“ mit einer Paraplegikerin, Frau Silke Pan, teilgenommen. Sie erlitt vor 10 Jahren, bei einem Sportunfall, eine vollständige Querschnittlähmung auf der Höhe de Zwerchfells (T10). Wir begannen im Frühjahr 2015 mit der Entwicklung eines Exoskeletts für Querschnittgelähmte, haben aber unsere „Pilotin“, Frau Silke Pan, aber erst im Juli 2016 kennengelernt, als das Exoskelett fertig entwickelt war. Unter diesen Umständen grenzt es an ein Wunder, dass wir ziemlich erfolgreich am Cybathlon teilnehmen konnten, dieser Beitrag ist ein Bericht über diese Entwicklung zusammen mit einem Versuch, die wesentlichen Punkte eines technischen Pflichtenhefts eines Exoskeletts für Paraplegiker herauszuarbeiten.

Es gibt zur Zeit drei kommerziell erfolgreiche Exoskelette, die für Paraplegiker in Frage kommen, Rex (Neuseeland) [1], Rewalk (Israel) [2] und Ekso [3] (USA), andere stehen unmittelbar vor der Kommerzialisierung (zB. Indego [4]von Parker Hanaford), wieder andere sind im Stadium von Forschungsprototypen an Hochschulen (mehre Beispiele weltweit). Ein Vergleich von Rex einerseits und Rewalk/Exo anderseits zeigt sofort, dass die Hilfe von Krücken zur Gleichewichtswahrung sowie zur Assistenz für universelle Beweglichkeit (Treppen, Sitzen, Aufstehen, Drehen usw.) im Fall von vollständiger Paraplegie unerlässlich sind. Der „Rex“ ohne Krücken ist statisch stabil, („senkrechtes Bett“), was ihn extrem schwerfällig, langsam und schwierig zu handhaben macht.

Diese Erkenntnis einmal angenommen, ergibt sich das „kinematische Pflichtenheft“: Da das (laterale) Gleichgewicht mit den Krücken gewährleistet ist, wird die Bewegungsfreiheit der Beine auf die sagittale Ebene beschränkt. Falls Krücken nicht in Frage kommen, beispielsweise bei Myopathen, muss die Abduktion (seitliches Ausschwenken) des Beines zur lateralen Stabilisierung beitragen [5]. Es bleiben in unserem Fall also maximal drei Freiheitsgrade pro Bein: Hüfte, Knie, Ferse. An diesem Punkt ist ein weiterer wichtiger Entscheid zu fällen: Müssen, wie bei einem gesunden Menschen, alle diese drei Freiheitsgrade aktiv sein, oder kann man allenfalls auf zwei Motoren pro Bein reduzieren? Dies ist ein gutes Beispiel dafür, dass „Bio-Inspiration“ nicht immer zu optimalen Entscheiden führt: Wir denken, dass die Wahl, nur Hüfte und Knie zu motorisieren, sich in diesem Fall als richtig erwiesen hat. Das Fussgelenk ist starr mit dem Unterschenkel verbunden, das Abrollprofil der Fusssohle wurde sorgfältig optimiert. Es bleiben also **nur zwei aktive Freiheitsgrade pro Bein**, Hüfte und Knie. Trotz dieser Einschränkung ergibt sich eine natürliche Gangart, gerade eben weil das Gerät sehr leicht und beweglich gestaltet werden konnte. Insbesondere **Treppen Hochsteigen** ist auf sehr natürliche Art möglich, indem jeder Fuss jeweils eine Treppenstufe überspringt, genau so wie beim Treppengang eines Gesunden Menschen. Die Treppe hinunter muss zur Zeit allerdings immer noch rückwärts gewandt und nur mit einer Stufe auf einmal vorgegangen werden.

Diese Entscheide zeigen die allgemeine Tendenz des TWIICE Projektes an: So **einfach und so leicht wie möglich** („not hi-tech, not low-tech, the right tech“). Das Exoskelett „TWIICE“ ist tatsächlich halb so schwer (14 kg alles inkl.) und potenziell halb so teuer als die nächsten Konkurrenten (Ekso & Rewalk), beide deutlich über 20 kg Gesamtgewicht. Die Bauweise folgt dieser Idee: Kohlefaser-Verbund-Platten, mit Wasserstrahl zugeschnitten, Sandwichbauweise (Leichtes Holz als Zwischenschicht), Kompakte Hochleistungsmotoren (250W, Sonceboz), Riemenantrieb & Harmonic drives für Kompaktheit, schmale Breite für optimale Beweglichkeit in engen Durchgängen.

Im Fall von Paraplegikern ist die **Regelung** relativ einfach: Vorprogrammierte Betriebsmodi, durch Druckknopf an der Krücke anzuwählen. Die wichtigsten Betriebsmodi sind: Langsames Gehen, rasches Gehen, Treppe hoch, Treppe hinunter, Aufstehen, Absitzen, Schrittlänge durch den Piloten durch einen Auslöser zu wählen. Die vorprogrammierten Trajektorien sind auf den individuellen Piloten und das zu erwartende Gelände feingetrimmt.
Dieses Gesamtkonzept hat sich bewährt, wie durch den erfolgreichen Betrieb in erstaunlich kurzer Trainingszeit eindrücklich belegt. Wir hatten kaum ein bis zwei Dutzend Trainingsnachmittage im September, also nur fünf Wochen vor dem Cybathlon. Leider stürzte unsere Software zweimal während des Wettbewerbs ab, wir wissen noch nicht genau warum, da es beim Üben nie geschah. Trotzdem hat TWIICE es ins Final geschafft (4. Platz), ohne das Software Problem wäre TWIICE auf jeden Fall auf dem ersten oder zweiten Platz gelandet, gegen Konkurrenten, die Monatelang oder sogar Jahrelang trainiert hatten. Im Vergleich zu ähnlichen Programmen weltweit ist das TWIICE Team mit nur drei Personen in anderthalb Jahren sehr weit gekommen. Es laufen zur Zeit vier Dissertationen über diese Erfahrungen, weitere Publikationen mit mehr technischen Einzelheiten werden folgen.

Bild: Silke Pan mit dem Exoskelett TWIICE [7]

Ausblick

Es zeigt sich, dass mit relativ einfachen und potenziell kostengünstigen Exoskeletten ein **Riesensprung in der Lebensqualität** von Paraplegikern **im Alltag** möglich ist. „**Hausgebrauch**“, ausserhalb von Spital und ohne ständige Begleitung durch Fachpersonal scheint ebenfalls möglich. Die Hürden finden sich vor allem in den Bereichen Zertifizierung, Kommerzialisierung, IP, Produktehaftpflicht, Klinische Studien. Im klinischen Rahmen könnten dieselben Exoskelette sehr wirkungsvoll als Rehabilitationsgeräte eingesetzt werden, es eröffnen sich dadurch neue Perspektiven in Rehabilitation die in enger Zusammenarbeit mit Kliniken erforscht werden sollten.

Literatur

[1] REX Bionics www.rexbionix.com
[2] Katharina Raab, Karsten Krakow, Florian Tripp, Michael Jung: „Effects of training with the ReWalk exoskeleton on quality of life in incomplete spinal cord injury“, Spinal Cord Series & Cases (2016) 3, 15025;
[3] Arnell, Svensson, Nilsson, Elmgren Frykberg: „Effects of overground gait training using therobotic exoskeleton Ekso™ .“ Int. Spinal Cord Soc. Meeting, Vienna, September14, 2016.
[4] Parker-Indego www.indego.com
[5] Amalric Ortlieb, Mohamed Bouri, Hannes Bleuler: „AUTONOMYO, Design challenges of lower limb assistive device for elderly people, multiple sclerosis and neuromuscular diseases“, WeROB 2016, int. Conf. On wearable robotics, Segovia, October 2016
[6] www.cybathlon.ch
[7] www.twiice.ch
[8] www.silkepan.ch