

# SWISS ENGINEERING

293/014. 2020. 3

Schweizerische Technische Zeitschrift STZ

SWISS ENGINEERING  
STV UTS ATS

## Technik im Dienst behinderter Menschen Exoskelette: Mobilität auf Augenhöhe

Nr. 03 · März 2020 · 117. Jahrgang · CHF 9.-



Energie und Umwelt  
Strom mit Druckluft im  
Fels speichern

Portrait  
Mirko Kovac: Robotik-  
Chef bei der Empa

Dossier  
Karriere und  
Bildung

Swiss Engineering  
Neue Fachgruppe  
Mobility

[www.swissengineering-stz.ch](http://www.swissengineering-stz.ch)

Beim Cybathlon 2016 belegte Mark Clayton Daniel mit seinem Exoskelett den zweiten Rang.



## «Stehen und gehen – das gehört zum Menschen»

Zwar sind die meisten von ihnen noch im experimentellen Stadium, doch Exoskelette wecken Hoffnungen bei Menschen mit Querschnittslähmungen und schweren Gehbehinderungen. Erste kommerzielle Geräte sind bereits auf dem Markt, und auch Schweizer Unternehmen mischen mit.

«Es ist ein riesiger Krampf mit den Exoskeletten.» Das Zwischenfazit, das SRF-Kommentator Tobias Müller vor vier Jahren nach der Qualifikationsrunde des Cybathlon 2016 in der Swiss Arena in Kloten zog, war wenig ermutigend. Und in der Tat, keiner der Teilnehmer hatte es geschafft, alle Hindernisse des Parcours fehlerfrei zu bewältigen. Schon die erste Aufgabe – Aufstehen aus einem hinterhältig weichen Sessel – hatte einige Teilnehmer mit ihren computergesteuerten Gehapparaten an die Grenzen gebracht.

Im Finale sah es nicht viel besser aus: Silke Pan, unterwegs mit einem an der EPF Lausanne entwickelten nur 16 kg schweren Exoskelett, brauchte mehrere Versuche, um aus dem Sessel aufzustehen. Sie schaffte den Parcours ebenso wenig innerhalb des Zeitlimits wie der Koreaner Byeongwook Kim, der mehrmals von seinen Helfern vor dem Sturz bewahrt werden musste. Besser lief es bei Andre van Rüschen mit seinem Exoskelett «ReWalk». Mit einer Fernbedienung, die aussah wie eine Armbanduhr, gab er dem Roboter Kommandos. Hinsetzen, aufstehen – kein Problem. Auch über die Rampe ging es zügig. Doch an den in wechselnden Abständen platzierten Steinen, über die die Teilnehmer balancieren sollten, lief van Rüschen direkt vorbei. Zeitverschwendung. Das hatte schon in der Quali nicht geklappt. Über eine seitlich geneigte Ebene ging der ReWalk dann wieder souverän. Van Rüschen's härtester Konkurrent Mark Clayton Daniel, dessen übergewichtig wirkendes Exoskelett in einem Non-Profit-Projekt in Florida entstand, liess dagegen dieses Hindernis aus. Gleichstand. Die Entscheidung brachte eine Treppe, die Clayton Daniel rückwärts hinuntergehen musste. Zweimal umdrehen, das kostete Zeit, und von Rüschen sicherte sich den Sieg mit wenigen Sekunden Vorsprung vor Clayton Daniel.

Kein Wunder, das Andre van Rüschen nach seinem Cybathlon ein anderes Fazit zog als Fernsehmoderator Müller: «Stehen und gehen, das gehört einfach zum Menschen dazu», sagte der Deutsche. Und einen Satz, der nachdenklich macht: «Man wird auch wieder akzeptiert bei den Leuten.»

### Augenhöhe ebenso wichtig wie Mobilität

«ReWalk bietet gelähmten Menschen die Möglichkeit, zu stehen und zu gehen, jemandem in die Augen zu schauen, sich zu umarmen und umarmt zu werden. Dies sind einfache Handlungen, von denen viele unserer ReWalker dachten, dass sie nie wieder dazu in der Lage sein würden», sagt auch Jeff Dykan, Chairman des israelischen Unternehmens Rewalk Robotics, das die Gehmaschine herstellt. Das ReWalk ist das erste von der amerikanischen Gesundheitsbehörde FDA zugelassene Exoskelett für Querschnittgelähmte. Im November vergangenen Jahres absolvierte Theresa Vereline, eine ehemalige US-Soldatin, damit den New York City Marathon. Sie benötigte für die 42,195 km lange Strecke etwas mehr als drei Tage. In Deutschland übernimmt die gesetzliche Krankenkasse unter bestimmten Voraussetzungen die Kosten für das rund 70 000 Franken teure Hilfsmittel.

«ReWalk bietet gelähmten Menschen die Möglichkeit, zu stehen und zu gehen, jemandem in die Augen zu schauen, sich zu umarmen und umarmt zu werden.»

Jeff Dykan, Rewalk Robotics

### Bewegung mit Schweizer Motoren

Der ReWalk-Nutzer steuert die Bewegung durch kleine Veränderungen des Schwerpunkts. Eine Vorwärtsneigung des Oberkörpers wird vom System erfasst, das den ersten Schritt einleitet. Durch wiederholtes Verschieben des Körpers wird eine Schrittfolge erzeugt, die einen funktionalen, natürlichen Gang der Beine nachahmt. Auch Schweizer Technologie steckt im ReWalk. Die Motoren, die Knie und Hüfte bewegen, stammen von Maxon aus Sachseln. Die bürstenbehafteten RE40-Gleichstrommotoren mit Planetengetriebe sind mit Keramikkomponenten gefertigt und dadurch für eine Betriebsdauer von bis zu fünf Jahren oder einer Million Schritten ausgelegt.

Neben dem ReWalk gibt es eine Reihe weiterer kommerziell verfügbarer Exoskelette für Menschen mit Behinderungen. Die meisten der Geräte sind allerdings nicht dazu gedacht, Gelähmten das Stehen und Gehen zu ermöglichen. Sie unterstützen Menschen mit weniger schwerwiegenden Einschränkungen, beispielsweise Gelenkschäden, oder sind für den Einsatz in der Rehabilitation vorgesehen, etwa nach Schlaganfällen.

In die letztgenannte Kategorie fallen auch die Roboter der Firma Hocoma aus Volketswil. Bereits seit Anfang des Jahrtausends vertreibt das ETH-Spin-off beispielsweise den Lokomat, ein stationäres Exoskelett, das in der Rehabilitation der unteren Extremitäten zum Einsatz kommt, beispielsweise nach Schlaganfall, Rückenmarksverletzung, Zerebralparese (Bewegungsstörungen durch Hirnschädigung) und Multipler Sklerose.

Das Zürcher Unternehmen MyoSwiss, ein weiteres Spin-off der ETH, hat ebenfalls eine robotische Bewegungshilfe entwickelt: den MyoSuit. Als «Exomuskel» bietet der Anzug Menschen mit Mobilitätseinschränkungen Kraft und Stabilität wie eine zusätzliche Muskelschicht. Tätigkeiten wie Treppen hinauf- oder herabsteigen, von einem Stuhl aufstehen oder das Zurücklegen längerer Strecken werden wieder möglich, verspricht der Hersteller. Der MyoSuit kombiniert Roboter- mit Textiltechnologie. Er kann als Trainingsgerät in der Rehabilitations- und Physiotherapie für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen eingesetzt werden. Genau wie das ReWalk-Exoskelett ist auch der MyoSuit bereits



Silke Pan testet das an der EPFL entwickelte Exoskelett TWIICE.

marathonerprobt: Lorenz Schwärzler und Michael Hagmann haben damit im vergangenen Jahr am Zürich Marathon teilgenommen und dabei eine Teilstrecke von fünf Kilometern absolviert. Beide leiden an unterschiedlichen Mobilitätseinschränkungen. Hagmann hat eine Muskeldystrophie, Schwärzler eine inkomplette Querschnittlähmung.

die Studenten darauf bedacht, das Exoskelett und das Wissen dahinter so zu übergeben, dass die Forscher nahtlos daran weiterarbeiten konnten. Das Rennexoskelett Varileg enhanced ist speziell für die Hindernisse des Cybathlon 2020 konzipiert. Dafür wurden die Bewegungsabläufe einer gehenden Person auf den Hindernissen aufgezeichnet, und

**«Das Gehen erfordert weniger Kraft, aber man muss sich trotzdem ziemlich stark konzentrieren, um den Körper aufrecht zu halten.»**

Silke Pan, Team TWIICE

anschliessend wurde die Software entsprechend programmiert. Auch die Fussgelenke kann das Exoskelett bewegen.

Das Team der EPFL geht beim Cybathlon 2020 mit «TWIICE One», einer neuen Version seines Exosketts TWIICE, an den Start. Im Gegensatz zum Varileg enhanced wurde TWIICE One nicht speziell im Hinblick auf den Cybathlon konstruiert. Das Forscherteam der EPFL will sein Exoskelett weiterentwickeln und mit einem Start-up vermarkten.

TWIICE One ist schmaler und effizienter als die Vorgängerversion. Und das neue Modell gibt seinen Trägern mehr Unabhängigkeit, denn sie können das Exoskelett nun selbst an- und ablegen. Wie die Vorgängerversion verfügt TWIICE One über zwei Elektromotoren an jedem Bein, die es den Nutzern ermöglichen, ihre Hüft- und Kniegelenke zu bewegen. Bei der neuen Konstruktion sind die Antriebe in die Struktur integriert. Das neue Design verfügt über doppelt so viel Drehmoment wie das alte, ist dabei nur halb so voluminös. Das Gewicht von 16 kg entspricht dem Vorgängermodell und auch die Batterielaufzeit ist mit 3,5 Stunden die gleiche. Eine Steuervorrichtung in einer der Krücken ermöglicht es den Anwendern, zwischen drei Gehgeschwindigkeiten zu wählen und Treppen hinauf- und hinabzusteigen. «Das Gehen erfordert weniger Kraft, aber man muss sich trotzdem ziemlich stark konzentrieren, um den Körper aufrecht zu halten», berichtet Silke Pan. Die ehemalige Akrobatin, die nach einem Trapezunfall querschnittgelähmt ist, wird das Exoskelett beim Cybathlon 2020 pilotieren. ●

Hendrik Thielemann

### Cybathlon 2020 mit zwei Schweizer Exoskeletten

Vier Jahre nach der Erstauflage des Wettbewerbs gehen erneut zwei Schweizer Teams an den Start des Exoskelett-Rennens beim Cybathlon 2020 im Mai: das Team «Varileg enhanced» der ETH Zürich und der Hochschule Rapperswil sowie das Team «TWIICE» der EPF Lausanne.

Varileg enhanced, ein Team aus 15 Bachelorstudenten der ETH Zürich und der HSR, stellte in nur acht Monaten ein Exoskelett auf die Beine. Inzwischen besteht das Team nicht mehr aus den Studenten. Nach dem Rollout im Mai 2019 übergaben sie das Exoskelett an das Rehabilitation Engineering Lab sowie die Gruppe für Produktentwicklung der ETH Zürich und das Institut für Laborautomation und Mechatronik an der HSR. Dabei waren

### Mehr Kampfkraft mit Exoskeletten?

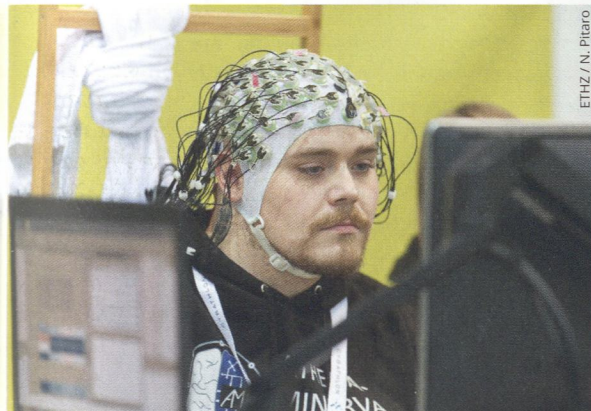
Nicht nur für Menschen mit Behinderungen können Exoskelette hilfreich sein. So hat beispielsweise die Industrie Interesse an ihnen, um Mitarbeiter von schweren körperlichen Arbeiten zu entlasten. Und auch das Militär verspricht sich von Exoskeletten die Möglichkeit, «übermenschliche» Soldaten zu erschaffen.

Am aktivsten bei der militärisch motivierten Entwicklung von Exoskeletten ist die US-Armee. Die amerikanischen Streitkräfte investieren schon seit Jahren Millionen, bisher allerdings mit begrenztem Erfolg. Mehr als 80 Millionen Dollar sind in den Tactical Assault Light Operator Suit, TALOS geflossen, bevor das Projekt im vergangenen Jahr eingestellt wurde. Und auch das militärische Exoskelett Onyx von Lockheed Martin ist bisher nicht über das Prototypen-Stadium hinausgekommen. Nicht viel besser steht es um den russischen Supersoldaten «Ratnik 3», der bei Demonstrationen zwar mit beeindruckenden Fähigkeiten aufwarten konnte, dem aber für einen längeren Kampfeinsatz bisher noch viel zu schnell der Strom ausgeht – ein Schicksal, das er mit seinen amerikanischen Kollegen teilt.

Das bisher wohl erfolgreichste militärische Exoskelett ist dann auch eines, das keinen Strom verbraucht, sondern welchen produziert: Der PowerWalk Kinetic Energy Harvester des US-Unternehmens Bionic Power gewinnt aus den Bewegungen des Soldaten Strom, um damit Akkus aufzuladen. Immerhin ein paar Hundert dieser Geräte befinden sich derzeit im Testbetrieb.

# Cyathlon 2020 am ersten Maiwochenende in der Swiss Arena

Als zweitägige Veranstaltung wird der Cyathlon 2020 am ersten Maiwochenende in der Swiss Arena Kloten ausgetragen. Die Veranstalter haben den Wettbewerb organisatorisch und inhaltlich weiterentwickelt.



ETHZ / N. Pitaro

Beim Brain-Computer Interface (BCI) Race steuern Piloten, die vom Hals abwärts gelähmt sind, mittels Gehirn-Computer-Schnittstellen Avatare in einem speziell entwickelten Computerspiel.

Am 2. und 3. Mai öffnen sich die Tore der Swiss Arena bei Zürich für die zweite Auflage des Cyathlon. Teams aus aller Welt bereiten sich intensiv auf das Rennen vor. Rund 70 Prozent der Teams stammen aus einem universitären Umfeld, bei den anderen 30 Prozent handelt es sich um privatwirtschaftliche Unternehmen oder NGOs. Allen gemein ist, dass sie sich immer aus einer Person mit einer körperlichen Behinderung, dem sogenannten Piloten, und einem Entwicklerteam zusammensetzen. Die Schweiz wird mit allen drei Landesteilen vertreten sein. Aus dem

Umfeld der ETH Zürich treten gleich vier Teams an: das ETH-Spin-off Scewo im Parcours mit motorisierten Rollstühlen, das Studierendenprojekt Varileg enhanced in Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Rapperswil (HSR) in der Disziplin Exoskelett und zwei Forschungsprojekte in den Disziplinen Beinprothesen und virtuelles Rennen mit Gedankensteuerung – Letzteres in Zusammenarbeit mit Forschenden der Technischen Universität Nanyang in Singapur.

**«Unser Ziel ist es, Technologien zu fördern, die alltagstauglich sind und von den Menschen auch gerne benutzt werden.»**

Roland Sigrist, Geschäftsleiter Cyathlon.

Aufgrund des grossen Interesses an der Premiere findet der Wettkampf neu an zwei Tagen statt. Der erste Tag beinhaltet die Qualifikationsrennen, der zweite die Finalläufe. Aber nicht nur die organisatorische, sondern

auch die inhaltliche Ausgestaltung des Wettbewerbs wurde überarbeitet. «Unser Ziel ist es, Technologien zu fördern, die alltagstauglich sind und von den Menschen auch gerne benutzt werden. Dafür ist der stete Austausch mit Menschen mit Behinderungen und den Entwicklern essenziell», sagt Roland Sigrist, Geschäftsleiter Cyathlon.

So wurde im Armprothesen-Parcours beispielsweise eine Aufgabe eingebaut, bei der die Piloten in eine Jacke schlüpfen müssen – denn selbst die raffinierteste Prothese ist nicht alltagstauglich, wenn sie zu gross und damit eine Jacke zu schwierig an- oder ausziehen ist. Neu wird es in der Kategorie Armprothesen auch eine Aufgabe sein, Gegenstände zu erfüllen. Dies soll die Entwicklung von Prothesen mit sensorischem Feedback weiter fördern. Piloten in der Disziplin Beinprothesen müssen neuerdings beim Treppesteigen zusätzlich Gegenstände auf einem Tablett balancieren. Damit soll verhindert werden, dass die Teilnehmer vor allem auf das gesunde Bein setzen – wie man das punktuell beim Cyathlon 2016 beobachten konnte. Damit sollen Beinprothesen gefördert werden, die dem Träger eine möglichst Körpersymmetrische Gangart erlauben. ●

► [www.cyathlon.ethz.ch](http://www.cyathlon.ethz.ch)

Anzeige

**Jetzt Offerte bestellen unter 0848 820 820**

**Weniger Sorgen für Selbstständige.**

Die Unternehmensversicherung der Suva bietet Selbstständig-erwerbenden einzigartigen finanziellen Schutz bei Unfällen in Beruf und Freizeit sowie bei Berufskrankheiten. Übrigens: Auch mitarbeitende Familienmitglieder, die keinen AHV-pflichtigen Lohn beziehen, können sich versichern lassen. Weitere Informationen erhalten Sie unter [www.suva.ch/unternehmensversicherung](http://www.suva.ch/unternehmensversicherung).

**suva**