



Die Mensch-Maschine

TECHNIK: Exoskelette bei Nissan Im Nissan-Werk in Barcelona werden tragbare mechanische Stützstrukturen getestet, die den Arbeitern das Leben erleichtern sollen. Iron Man am Band? Wir waren vor Ort und haben das Exoskelett probiert.

Ich fühle mich ein wenig wie beim Anlegen einer Ritterrüstung, als man mir die Konstruktion aus Alu- und Karbonstreben an Schultern und Rücken umhängt. Meine beiden Knappen zurren die Gurte an Brust und Bauch anschließend richtig fest. Die Oberarme ruhen bei diesem Modell der Firma Levitate locker auf Schalen und sind nicht wie bei anderen Ausführungen mit zusätzlichen Riemen befestigt. «Wenn die Exoskelette erst einmal individuell angepasst sind, kann man sie ohne Probleme selbst anlegen», erklärt Vanesa Enriquez, technische Koordinatorin in der Chassis-Produktion. Ich lausche ihren Erklärungen und komme mir irgendwie dämlich vor. Nicht etwa, weil ich schwer von Begriff wäre, sondern, weil ich dabei sinnlos die Arme in die Luft reckte, als steckten sie in einem doppelseitigen Gips.

Und genau hier liegt der Trick: Durch eine Kombination aus Stützrahmen, Springfedern und – je nach Modell – Zugseilen werden die Arme durch das Exo-

skelett in Position gehalten – selbst bei gelockelter Muskulatur. Im Unterschied zu sogenannten aktiven Exoskeletten mit kraftverstärkenden Servomotoren funktionieren passive Exoskelette rein mechanisch. Richtig leicht fühlen sich die erhobenen Arme dank der Stützstruktur an. Um sie zu senken, muss ich sie gegen einen Widerstand nach unten drücken. Den Nutzen des Ganzen versteht man aber erst, wenn man sich vorstellt, mit einem schweren Akkuschauber oder anderem Werkzeug längere Zeit Überkopparbeiten zu erledigen. Ohne Hilfsmittel werden die Arme so extrem schnell müde, Nacken-, Schulter- und Rückenmuskeln verspannen sich. Das kennt man vom Malern oder Tapezieren zu Hause. Nur dass diese Arbeiten nicht täglich oder regelmäßig über längere Zeit ausgeführt werden.

Häufige Schulterverletzungen

«23 Tage fehlen europäische Arbeiter im Schnitt aufgrund von Schulterverletzungen», zitiert Lluís Sellarès, Production En-



Besonders anstrengend: Bei Arbeiten am Chassis und Unterboden ermüden Arm-, Rücken- und Schultermuskeln schnell. Hier hilft das Exoskelett.



1. 2.

3.

Fotos: Vesa Eskola

«Über Kopf fällt die Belastung der Schultermuskeln bis zu 65 Prozent geringer aus.»

rund 20 Millionen Euro bedeutet», erklärt Lluís Sellarès.

Tests unter Laborbedingungen

Um den Arbeitern trotzdem Linderung zu verschaffen, entschied man sich nach intensiven Vorrecherchen für Tests mit verschiedenen Exoskellen. Auch die umliegenden Firmen und Zulieferer aus der Branche, die sich im Catalan Automotive Industry Cluster (CIAC) zusammengeschlossen haben, signalisierten grosses Interes-

se und verfolgen das Projekt seither aufmerksam. Begleitet wird die Studie zudem vom katalanischen Institut für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz (ICSSL). «Wir wollten sicherstellen, dass wir gegen keine Regeln verstossen und es keine Nebenwirkungen für unsere Arbeiter gibt», erklärt Sellarès.

Zunächst mussten die drei vorselektierten Exoskelette jedoch unter Laborbedingungen getestet werden. Dazu wurden die Probanden bei

gineering Manager Trim & Chassis, eine entsprechende Studie. 86 Prozent davon gehen auf Überkopftätigkeiten unter dem Fahrzeug zurück.

Auch hier im Nissan-Werk Barcelona, wo 2600 Mitarbeiter Pick-ups wie den Navara oder Renault Alaskan montieren, sah man Handlungsbedarf. Im Rahmen eines Projekts zur Verbesserung der Arbeitsergonomie wurden 30 Arbeitsstationen überprüft. Das Ergebnis: Vor allem dort, wo die Arbeiter unter dem Fahrzeug arbeiten und dabei mehr als 40 Prozent der Zeit die Arme oberhalb der Schulter halten, mussten die Bedingungen optimiert werden: «Eine Option wäre gewesen, die Bänder für sechs Monate anzuhalten und eine komplett neue Fertigungslinie mit drehbaren Hangars zu bauen. Das hätte jedoch eine Investition von

- 1. Ohne Hilfe:** Ist das Exoskelett erst einmal angepasst, kann man es auch allein anlegen.
- 2. Erste Tests:** Sechs Männer und zwei Frauen erprobten die Ausrüstung an verschiedenen Arbeitsplätzen.
- 3. Optimal:** Bei den Überkopfarbeiten profitierten die Arbeiter stärker als auf Schulterhöhe vom Exoskelett.



- 1. Schulterröhre** zur Entlastung der Schulter- und Nackenmuskeln.
- 2. Austauschbare Kassetten** mit Metallfedern, die die Arme oben halten.
- 3. Rücken-Pad** zur Stabilisierung und Verteilung der Kräfte.
- 4. Künstliches Rückgrat** zur Versteifung. Die Kräfte, die auf die oberen Muskeln wirken, werden abgeleitet.
- 5. Der Hüftgurt** sorgt für einen optimalen Sitz des Exoskellts.



Austauschbar: Das Exoskelett namens «Airframe» von Levitate verfügt über Kassetten mit unterschiedlich starken Metallfedern.



Expertenrunde: Vanesa Enriquez, technische Koordinatorin Trim & Chassis Production (mi.), präsentiert die Ergebnisse der Tests mit den Exoskellen. Ausgewertet wurden diese von Professor Joseph Maria Font von der Polytechnischen Universität Kataloniens (UPS) und Sebastian Idelsohn, Chef der eHealth Unit am Eurecat Technology Centre (v. l.).

verschiedenen Bewegungen mit und ohne die Hilfsmittel vermessen. Im Vergleich zu früheren Versuchen, zum Beispiel bei Toyota in Kanada, wurden dabei erstmals 16 statt nur vier Muskelpartien an Schultern, Nacken, Oberkörper und Beinen mittels Elektromyografie gemessen. Das Verfahren überprüft anhand von elektrischen Strömen die Muskelaktivität bei bestimmten Bewegungen.

100 Stunden

trugen die Arbeiter in der aktuellen Testphase die Exoskelette.

Ab ans Band!

Extrembeweglich fühle ich allerdings nicht in meinem Harnisch. Das Modell «Airframe» des amerikanischen Herstellers Levitate unterstützt durch die starken Verstrebungen zwar Rücken und Schultern sehr gut, aber die Beweglichkeit ist eingeschränkt, vor allem, wenn ich mich bücke, um etwas vom Boden aufzu-

Engagiert: Lluís Sellarès, Leiter der Trim & Chassis-Produktion, erklärt voller Begeisterung das Exoskelett-Projekt.



«Ziel ist es, Belastungen der Arbeiter und gleichzeitig das Verletzungsrisiko zu verringern.»

Lluís Sellarès

festgestellt habe, ist es extrem mühsam, sich mit dem Exoskelett zu bücken. Daher müssten optimalerweise alle Tätigkeiten auf einer Ebene stattfinden und die Materialien ebenfalls nicht zu tief gelagert sein.

Ermutigende Ergebnisse

Nur eine der Erkenntnisse aus den Praxistests. Darüber hinaus strich man relativ früh zwei der acht Arbeitsstationen aus dem Programm. Grund: Bei einer mussten die Arbeiter nur 25 Prozent ihrer Zeit die Arme über Schulterhöhe heben, weshalb der Nutzen der Exoskelette relativ gering war. An einer anderen, schlechter zugänglichen Station konnten sie mit der etwas sperrigen Rahmenstruktur nicht richtig arbeiten.

Abgesehen davon fielen sowohl das Feedback der Arbeiter als auch die Messungen vielversprechend aus. Ausgewertet wurden die Daten von Experten des Eurecat Technology Centre und der Polytechnischen Universität Kataloniens (UPC). Der einzige Muskel, bei dem die Belastung mit Exoskelett minimal höher als ohne ausfiel, war der rückseitige Oberschenkelmuskel. Das war jedoch zu erwarten, da die Stützstrukturen die Belastung bewusst auf untere Muskeln ableiten. Mit der laufenden Verbesserung der Exoskelette reduzierte sich das Gewicht bereits von 2,5 auf nur noch 1,5 bis 1,7 Kilogramm, womit auch diese Belastung geringer ausfallen dürfte. Massive Verbesserungen zeigten sich bei Schulter- und Nackenmuskeln, die im Schnitt mehr als 40 Prozent weniger belastet wurden. In gewissen Positionen, in denen die Arbeiter die Arme besonders weit oben halten mussten, erzielte das Modell Skelex sogar eine Reduzierung um 65 Prozent.

heben. Allgemein agiler fühle ich mich im Konkurrenzmodell der holländischen Firma Skelex, das sich wie ein Rucksack umschnallen lässt und etwas leichter ist. Die Rückenverstärkung ist ausserdem nicht so steif wie bei Levitate. Weiterer Vorteil: Durch die variablen Seilzüge lässt sich der Widerstand ganz einfach einstellen. Beim Levitate-Airframe muss man hierfür Kassetten wechseln, in denen sich unterschiedlich starke Federn befinden. Skelex erzielte bei Tests ausserdem die besten Ergebnisse.

Adrian Gil hat im Umgang mit dem Exoskelett deutlich mehr Erfahrung. Er ist einer von acht Arbeitern, darunter zwei Frauen, die im Wechsel drei verschiedene Exoskelette in jeweils 50-Minuten-Schichten erproben. Dabei werden die Muskelaktivitäten der Freiwilligen abermals gemessen, parallel filmen Kameras, wie sie mit den verschiedenen Anzügen umgehen und zurechtkommen.

Seit knapp einem Jahr ist Adrian beim Projekt dabei: «Am Anfang war es schon etwas komisch», erzählt der junge Spanier. «Ich habe nicht gedacht, dass es einen praktischen Nutzen hat.» Dann habe er gemerkt, dass vor allem Schulter- und Nackenmuskeln weniger angestrengt sind. Gibt es auch Nachteile? «Ich schwitze etwas mehr, und in manchen Positionen brauche ich aufgrund des Gewichts etwas mehr Kraft», berichtet Adrian. Insgesamt zieht er aber positive Bilanz. Er würde dauerhaft ein Exoskelett am Arbeitsplatz benutzen, sofern das Gewicht etwas reduziert würde und die Arbeitsplätze angepasst würden. Denn wie ich selbst

23
Tage
fehlen europäische Arbeiter durchschnittlich aufgrund von Schulterverletzungen.



Fixiert: Beim Skelex verbessern zusätzliche Riemen an den Armen den Halt.



Mehr Zugkraft: Im Gegensatz zum Levitate-Modell kann man den Widerstand ganz einfach via Zugseil verstellen.

Leicht und flexibel: Das Modell «Skelex» lässt sich wie ein Rucksack anlegen und erlaubt mehr Bewegungsfreiheit.

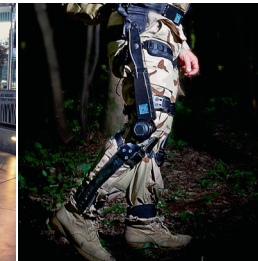
Ebenfalls signifikante Verbesserungen zeigten sich bei der Brustmuskulatur und beim Trizeps.

Kommt der Iron Man?

In einer letzten Phase werden die Arbeiter den ganzen Tag ein Exoskelett tragen. Stützen diese Tests die bisherigen Ergebnisse und gibt das Institut für Arbeitssicherheit und Gesundheit anschliessend sein Okay, könnten die Anzüge in einigen Monaten flächendeckend eingeführt werden – natürlich nur auf freiwilliger Basis. «Der Arbeiter hat das letzte Wort», stellt Lluís Sellarès klar. Eine letzte Frage habe ich noch: Wenn man schon so weit ist, wäre es nicht denkbar, die Kraft und Arbeitsfähigkeit der Arbeiter durch aktive Exoskelette mit elektronischer Unterstützung zu steigern? Sellarès winkt ab: «Es geht darum, die Arbeitsbedingungen zu verbessern und das Verletzungsrisiko zu verringern. Wir wollen mit dem Exoskelett keine Supermänner erschaffen.» Schade, nix mit Iron Man. Oder vielleicht doch: zum Glück!

Text: Michael Lux

Fotos: Audi, Hyundai, Lockheed Martin



Was sind Exoskelette?

Exoskelette, auch Roboteranzüge genannt, sind vom Menschen getragene mechanische Strukturen, die die Bewegung des Trägers unterstützen oder ihn entlasten. Man unterscheidet daher zwischen aktiven und passiven Exoskeletten. Zum Einsatz kommen sie vor allem in der Medizin oder der industriellen Fertigung. Aber auch das Militär forscht in diesem Bereich: Der US-amerikanische Rüstungskonzern Lockheed Martin hat zum Beispiel ein Exoskelett für die Beine entwickelt, das mittels Servomotoren die Tragfähigkeit des Soldaten erhöht und ihn beim Marschieren oder Klettern weniger schnell ermüden lässt. Nach einem ähnlichen Prinzip funktioniert das aktive System für den Rücken, das derzeit am Flughafen Stuttgart (D) bei der Gepäckbeladung erprobt wird. Das Modell Cray X von German Bionic unterstützt die Arbeiter beim Heben schwerer Koffer mit Elektromotoren und leitet die Belastung vom unteren Rücken auf den Oberkörper und die Beine.

In der Medizin kommen sogenannte Orthesen zur Stabilisierung von Gliedmassen schon lange zum Einsatz. Darauf bauen motorisierte Exoskelette auf, die sogar Querschnittsgelähmten das Gehen ermöglichen. Projekte dazu gibt es an der ETH Zürich oder der HSR Rapperswil. Auch Hyundai hat auf dem Genfer Salon 2017 einen tragbaren Roboter vorgestellt, der Alten und Kranken das Gehen erleichtern soll.

In der Industrie setzt man dagegen wie im Nissan-Werk in Barcelona überwiegend auf passive Exoskelette, die den Arbeiter bei Tätigkeiten in anstrengenden Körperhaltungen entlasten und Verletzungen vermeiden sollen. Audi testet eine ergonomische Struktur, die den Rücken beim Heben und Tragen schonen soll, und VW erprobte bereits den «Chairless Chair» des Schweizer Unternehmens Noonee. Wie die Nissan-Studie zeigt, profitieren Arbeiter, die lange über Kopf arbeiten müssen, am meisten. Entsprechende Tests laufen unter anderem bei Toyota, Ford oder BMW.