

# SCHWERELOS

Magazin für industrielle Forschung in der Schwerelosigkeit · ISSN 2192-0737 · Heft 8 · 3,00 €



Schwerpunkt  
Weltraummedizin

# Weltraumtechnologie zum Anziehen

*Sensor-T-Shirts, Pulsmessgeräte in Handschuhform, solarstromliefernde Bikinis: Die sogenannten Wearable Technologies (WT) erobern weltweit die Märkte im Sport- und Lifestyle-, aber auch im Gesundheits- und Textilbereich. Wie Beispiele belegen, bietet der WT-Markt auch vielversprechende kommerzielle Potenziale für Technologien, die zunächst für den Einsatz in der Schwerelosigkeit entwickelt wurden.*

„Wearable Technologies“: Das sind im Wesentlichen Bekleidung und Accessoires, die technische Zusatzfunktionen bieten. Hierzu gehören aber auch hochentwickelte Textilprodukte mit besonderen Eigenschaften, beispielsweise leitfähige, thermoregulierende oder selbstreinigende Gewebe.

Eine aktuelle Studie des Marktforschungsinstituts IMS Research (2012) prognostiziert bei den Wearable Technologies selbst bei konservativer Schätzung jährlich zweistellige Zuwachsraten und eine Verdreifung des Marktvolumens bis 2016. Ein boomender Markt also. Sowohl bei der „Elektronik zum Anziehen“ als auch bei den Hightech-Textilprodukten finden sich international interessante Beispiele für erfolgreiche Spin-offs aus der Weltraumtechnologie.

Die folgenden Beispiele könnten auch für deutsche Unternehmen Anreiz sein, sich zu fragen, ob Investitionen in die Schwerelosigkeitsforschung oder in eine Weltraumtechnologie nicht auch für ihre bislang ausschließlich irdische Produktpalette lukrativ wären? Und wenn ja, welche Bereiche dabei interessant sein könnten.

## Textiltechnik aus dem All gegen Affenhitze und Hundekälte

Unter dem Markennamen „Hydro Jacket“ hat der italienische Textilentwickler und -hersteller Grado Zero Espace eine Schutzjacke für Feuerwehrleute, Stahlarbeiter und Personen anderer Tätigkeitsfelder entwickelt, die in extrem heißer und gefährlicher Umgebung arbeiten. Ausgangsbasis war ein Raumanzug-Textilsystem, das im All Astronauten vor direkter Sonneneinstrahlung schützt und zugleich große Mengen Flüssigkeit absorbieren kann. Immerhin verlieren Astronauten bei Außenbordeinsätzen durch Schwitzen bis zu vier Liter Flüssigkeit.

Die Außenhaut der Jacke aus hitzereflektierender Aluminiumfolie ist auf eine flammhemmende Schicht aufgebracht, die bei Hitze aufquillt und so die Hitzeleitfähigkeit reduziert. Darunter liegt eine stark wasseraufnehmende Textilschicht, die den Schweiß des Trägers speichert und ihn erst bei hohen Temperaturen nach außen abdampft, was Kühlung bringt. Ein schwer entflammbarer Polyesterstoff schließt als innerste Schicht das Hightech-Textilsystem ab. Die sich reißverschlussartig ergänzenden drei Schichten bilden die Thermoregulation im menschlichen Körper künstlich nach.

Weltraumtechnologie kommt auch bei der „Absolute Frontiers“-Kälteschutzjacke desselben Herstellers zum Einsatz. Die ursprünglich für Forscher in der Antarktis entwickelte Isolierjacke ist mit Aerogel-Pads ausgestattet. Aerogele sind leichte, extrem poröse Feststoffe, die zu 99,8 Prozent aus Luft bestehen. Wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit von Luft sind Aerogele optimale Isolatoren. In der Raumfahrt wird dieses Material eingesetzt, um Instrumente und Sonden gegen die Tiefstem-

Die auf Basis eines technischen Textils für Raumanzüge entwickelte Hitzeschutzjacke dient Personen, die in extremen Umgebungen arbeiten müssen, wie Feuerwehrleuten, Rettungskräften und Stahlarbeitern. Zur Steigerung ihrer Arbeitssicherheit tragen sie unter der Jacke Sensor-Shirts. Diese überwachen die Vitaldaten der Kräfte im Einsatz, um Hitzschlag und Kreislaufkollaps vorzubeugen.





Polarforscher mit der Aerogel-Kälteschutzjacke der italienischen Firma Grado Zero Espace vor Pinguinen. Aerogele sind Werkstoffe, die extrem viel Luft enthalten und deshalb gut isolieren. Sie werden im All eingesetzt, um Satelliten und wissenschaftliche Instrumente gegen die Kälte des Weltraums zu isolieren.

peraturen des Alls zu isolieren. Eine kommerziell interessante Option wäre der Kälteschutz durch Aerogele sicherlich auch für Hersteller von Taucherequipment und Segler- beziehungsweise Motorradbekleidung.

#### Sensorhemd mit Space-Knowhow

Das spanische Hightech-Unternehmen „emxys embedded instruments“ (emxys) stellt Präzisionsinstrumente für Satelliten her und ist auf eingebaute Schaltungen sowie Instrumente spezialisiert, die analoge und digitale Elektronik kombinieren. Dieses Knowhow hat emxys in den Wearable-Technologies-Bereich transferiert.

Ergebnis ist das TrainGrid-System. Herzstück des für Sportler entwickelten Systems ist ein spezielles T-Shirt, in dessen Gewebe Sensoren eingearbeitet sind, die wichtige Vitalparameter des Trägers erfassen. Die Sensoren sind mit der streichholzschachtelgroßen SenseBox verbunden, einem Mikrorechner, der die Daten aufzeichnet und via Bluetooth in Echtzeit an ein Smartphone senden kann.

So kann der Sportler seine Vitalparameter jederzeit überprüfen. Erfasst werden die Herzspannungskurve (EKG), der Puls und die Körpertemperatur sowie – dank SenseBox und GPS – die Körperposition im Raum und die genaue geographische Position. Zudem berechnet die SenseBox aus diesen Daten weitere Größen wie Schrittzahl und zurückgelegte Entfernung.

Ein spezielles soziales TrainGrid-Netzwerk im Internet ermöglicht den Datenvergleich mit anderen Sportlern sowie den Datenaustausch zwischen Athlet und Trainer. Seit Neuestem vermarktet emxys das TrainGrid-Paket auch als Überwachungs- und Arbeitsschutzsystem für Personen im riskanten Einsatz: für Bergsteiger, Rettungskräfte, Streitkräfte usw.

#### Anziehbares Hightech-Biomonitoring

Mit „Sense“ bietet auch die Schweizer SenseCore AG ein recht ähnlich gelagertes, aber umfassenderes Monitoring-System für Profi- und Freizeitsportler an. SenseCore ist ein Joint Venture des auf Technologie-Transfer spezialisierten Schweizer Zentrums für Elektronik und Mikrotechnik CSEM (Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA) und der Sportmarketing-Agentur SUI.

Das aus Sensor-Shirt und Auswertungssoftware bestehende Produkt fußt auf einem „anziehbares“ Langzeitüberwachungssystem, das das CSEM im Auftrag der ESA entwickelt hat, um den Gesundheitszustand von Astronauten rund um die Uhr zu überwachen. Das in verschiedenen Ausfertigungen angebotene „Sense-Shirt“ ist mit zwei – oder mehr – abnehmbaren Mehrzweck-Sensoren ausgestattet, die sich wie Druckknöpfe

in das Shirt ein- und ausklicken lassen. Die Sensoren messen neben dem EKG auch Atmung, Sauerstoffsättigung im Blut, Körperkerntemperatur sowie Blutdruck und übermitteln die auf dem Sensor selbst gespeicherten Daten via Bluetooth direkt an einen Rechner oder ein Smartphone.

Das kommerzielle Potenzial des kabellosen und benutzerfreundlichen Biomonitoring-Systems geht weit über den Sportbereich hinaus. Derzeit beteiligt sich das CSEM an einem europaweiten Projekt zur Entwicklung eines Systems zur permanenten physiologischen Überwachung psychisch Kranker. Außerdem ist „Sense“ auch zur Überwachung der Vitalparameter von Feuerwehrleuten und Rettungskräften, zur kontinuierlichen Beobachtung älterer Menschen und Pflegebedürftiger sowie in der physiologischen Fernüberwachung und der Telemedizin ganz allgemein einsetzbar.

#### Impulsgeber Schwerelosigkeitsforschung

Weitere Beispiele für weltraumbasierte WT-Konzepte sind ein mit Biomonitoring-Sensoren bestückter Kinderschlafanzug zur Verhinderung des plötzlichen Kindstods („Mamagoose“ von Verhaert), ein Kühlanzug für Formel-1-Mechaniker mit raumzugerprobtem integriertem Wasserkühlkreislauf (Grado Zero Espace/McLaren Mercedes) und ein iPod-Kopfhörer, der beim Musikhören den Puls misst („Pulsear“ von CSEM). Die Beispiele illustrieren, dass Technologien, Systeme und Verfahren, die zunächst für den Einsatz in der Schwerelosigkeit erdacht und entwickelt wurden, auch auf der Erde kommerziellen Nutzen und wirtschaftlichen Erfolg bringen, manchmal absehbar, manchmal aber auch gänzlich unerwartet.

Für die Wearable Technologies sind Weltraumtechnologien insofern gute Ideen- und Impulsgeber, als beiden dieselben Tugenden abverlangt werden: Sie müssen klein, leicht, flink, effizient, autark, robust, zuverlässig und benutzerfreundlich sein. Tugenden also, die an jedem Markt kommerziellen Erfolg versprechen.



Das Sensor-Shirt erfasst die Vitaldaten von Sportlern und speichert sie in einer streichholzschachtelgroßen Verarbeitungseinheit. Die Daten können auf einen Rechner oder ein Smartphone übertragen werden.

Erste deutsch-chinesische Kooperation im Shenzhou-Programm, dem Kernstück der bemannten chinesischen Raumfahrt: Das Raumschiff Shenzhou 8 (rechts) dockte im November 2011 an die Raumstation Tiangong 1 an. An Bord befand sich die deutsche Simbox-Apparatur mit 17 Experimenten aus den Bereichen Biologie und Medizin.



#### Menschliches Immunsystem in der Schwerelosigkeit

## Immuncrash auf Zellebene

Immundefekte durch Schwerelosigkeit könnten im Extremfall die gesamte bemannte Raumfahrt gefährden. Aus diesem Grund stehen schwerelosigkeitsinduzierte Veränderungen des Immunsystems im Fokus der Zellforschung. Diese immunologische Grundlagenforschung eröffnet aber auch neue Wege für die klinische Praxis und kommerzielle Perspektiven für die Industrie.

Im menschlichen Körper wimmelt es von winzigen Eindringlingen wie Viren, Bakterien oder Pilzen. Wir nehmen die „Invasoren“ über die Nahrung, die Atemluft, aber auch über Verletzungen der Haut auf. Im Normalfall ist das kein Problem. Unser Immunsystem mit seinen unterschiedlichen Wächterzellen spürt die Eindringlinge auf und vernichtet sie.

Seit den bemannten Raumfahrtmissionen in den 1960er-Jahren weiß man jedoch, dass das menschliche Immunsystem offenbar Schwierigkeiten mit der Schwerelosigkeit hat. Über die Hälfte der Apollo-Astronauten kehrte mit bakteriellen oder viralen Infektionen zurück. Gewissheit brachten 1973 Studien sowjetischer Forscher sowie Untersuchungen von Blutproben der Skylab-Astronauten. Diese belegten, dass sich deren Immunabwehr im All verändert hatte.

#### Immunzellen im Halbkoma

Ein richtungsweisendes Experiment von Augusto Cogoli von der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich fand auf der ersten Spacelab-Mission 1983 statt. Es zeigte, dass sich bei T-Lymphozyten – also den spezifischen an der Immunreaktion beteiligten Zellen – die Zellproliferation, also Wachstum und Vermehrung, in der Schwerelosigkeit drastisch vermindert. Seitdem ist die Schwerelosigkeitsforschung an Immunzellen einen weiten Weg gegangen. Weitere Veränderungen wurden nachgewiesen. So vermehren sich die Zellen des Immunsystems unter Schwerelosigkeit nicht nur viel langsamer, sie werden auch unzureichend aktiviert. Darüber hinaus sind sie durch drastische Veränderungen des Zellskeletts kaum noch bewegungsfähig. Dieses wiederum hemmt die Fresszellen des Immunsystems (Makrophagen), die durch die Körpergewebe patrouillieren. Zudem funktionieren die Signalprozesse in der Schwerelosigkeit wesentlich schlechter. Die Kommunikation und Interaktion der Zellen untereinander nimmt rapide ab. Auch die Phagozy-



Zellforscher Oliver Ullrich in Schwerelosigkeit während eines Parabelmanövers im Rahmen der 16. DLR-Parabelfluggkampagne im November 2010.

tose genannte intrazelluläre „Verdauung“ körperfremder Partikel durch die Fresszellen ist stark eingeschränkt. Fazit: In der Summe führen all diese Effekte dazu, dass das menschliche Immunsystem in der Schwerelosigkeit mit den Keimen im Körper kaum noch klarkommt. Für Astronauten auf Langzeitflügen im Orbit oder beispielsweise zum Mars entstehen dadurch Risiken, die untersucht, eingeschätzt und beispielsweise durch medikamentöse Gegenmaßnahmen minimiert werden müssen.

#### Mehrstufige Schwerelosigkeitsforschung

„Bevor wir uns Gedanken über das „Warum?“ machen können, gilt es zunächst einmal genau zu verstehen, was alles auf der Zellebene passiert“, konstatiert der Zellforscher Prof. Oliver