



Der Amerikaner Jeffrey Williams ist der erste Astronaut, der auf der Internationalen Raumstation das Projekt ThermoLab unter Fahrradergometrie ausführt. Ein Doppelsensor wird am Kopf, der zweite an der Brust getragen. Die Datenaufnahme erfolgt mit dem am Gürtel befindlichen Gerät.

Built for Space: Das ThermoLab aus Berlin

Das im Jahre 2000 gegründete Zentrum für Weltraummedizin Berlin besitzt mittlerweile auch eine „Außenstelle“ auf der ISS. Sein neuestes Projekt ist ThermoLab, ein System zur Messung der Körperkerntemperatur. Für das entsprechende Produkt zeichnen sich auch auf der Erde gute Marktchancen ab.

Die Astronauten auf der Internationalen Raumstation ISS leben unter Extrembedingungen: Schwerelosigkeit, Isolation und eine tödliche Umgebung machen eine engmaschige medizinische Beobachtung unabdingbar. Zugleich sind die Reaktionen des menschlichen Körpers auf die evolutionär nicht vorgesehene Schwerelosigkeit – genauer gesagt: Mikrogravitation – für die lebenswissenschaftliche Grundlagenforschung hochinteressant.

Ein wesentlicher Parameter ist die Körperkerntemperatur. Das ist die Temperatur der inneren Organe, die der Körper konstant zu halten sucht. „Durch Beobachtung der Körperkerntemperatur können wir beispielsweise Erschöpfungszustände beurteilen“, erläutert Professor Hanns-Christian Gunga, Sprecher des Zentrums für Weltraummedizin Berlin und Leiter der Arbeitsgruppe Physiologie. Das Problem: Bislang konnte die Körperkerntemperatur

nur direkt im Körper gemessen werden, beispielsweise im Rektum. In der Klinik kein Problem, beim Arbeitseinsatz auf der ISS allerdings kaum praktikabel. Die Lösung: Das speziell für den Einsatz im All entwickelte ThermoLab.

Cleverer Technologietransfer im Dienst der Weltraummedizin

Herzstück des ThermoLab-Experiments ist ein Doppelsensor, den die Arbeitsgruppe um Hanns-Christian Gunga in Zusammenarbeit mit dem Sicherheits-



Das ThermoLab-System auf der ISS: Doppelsensor (gelb) mit Kontrolleinheit zur Datenaufnahme

und Medizintechnik-Spezialisten Drägerwerk AG und der Koralewski Industrie-Elektronik oHG entwickelt hat. Auf der Suche nach einer Lösung zur nichtinvasiven Messung der Körperkerntemperatur stießen die Wissenschaftler auf einen technischen Sensor, der eingesetzt wird, um Wärmeflüsse im Abwasser von Reaktoren zu messen. Die Sensortechnologie wurde für den Einsatz am Menschen adaptiert und in jahrelanger Arbeit verfeinert. An Kopf und Brustbein angebracht, misst der so entstandene ThermoLab-Sensor die Hauttemperatur sowie den Wärmefluss unter der Haut. Die ermittelten Daten werden dann anhand ausgefeilter Algorithmen in Körperkerntemperaturen umgerechnet.

ThermoLab auf der ISS

Das ThermoLab-Experiment gelangte mit dem russischen Transportfrachter Progress M-66 im Februar 2009 auf die

ISS. Seit Oktober 2009 läuft die Datenerhebung. An dem Experiment sollen zwölf Langzeitastronauten teilnehmen. Die Weltraummediziner wollen herausfinden, wie sich die Körperkerntemperatur unter Belastung in der Schwerelosigkeit verändert.

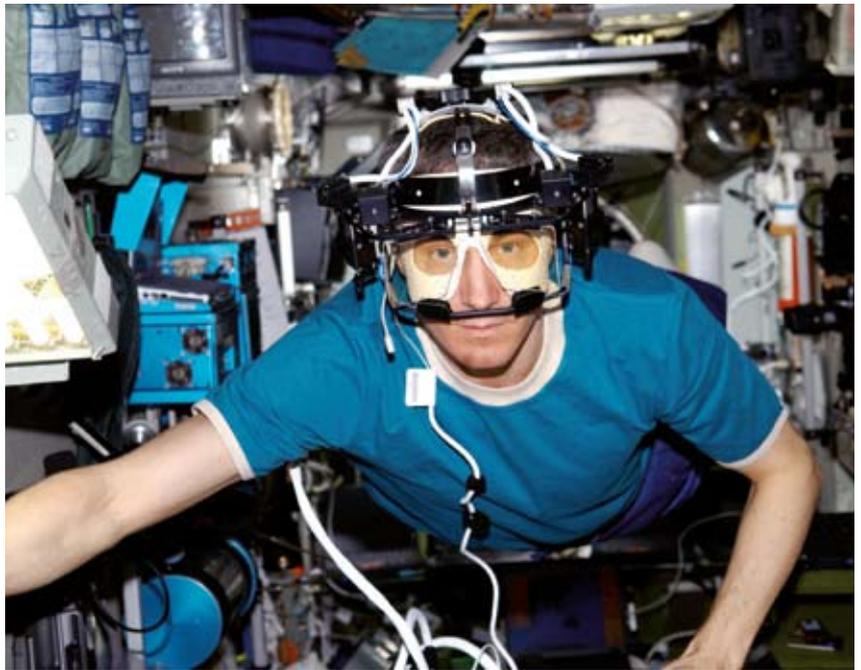
„Die Probanden trainieren alle 30 Tage jeweils 15 bis 20 Minuten lang auf dem Ergometer im Destiny-Modul. Dabei misst das ThermoLab die Temperaturverläufe“, erläutert der Physiologe Andreas Werner aus dem Gungateam. „Uns liegen bislang Daten von vier Astronauten vor. Danach steigt die Körperkerntemperatur unter Belastung auf der ISS schneller an als auf der Erde. Wahrscheinlich wird der veränderte Wärmefluss durch die schwerelosigkeitsbedingte Flüssigkeitsverschiebung im Körper hervorgerufen“, erläutert Werner. Auch die mangelnde Kühlung des Körpers durch fehlende Luftströmungen kann eine Rolle spielen.

Bevor es in den Orbit ging, wurde das ThermoLab auf der Erde intensiv erprobt und optimiert: Hierzu gehören eine Bedrest-Studie zur Simulation von Schwerelosigkeit an der Berliner Charité, eine Studie mit Feuerwehrleuten im SINTEF-Forschungszentrum in Norwegen und Klimakammersversuche am Flugmedizinischen Institut der Luftwaffe in Manching. 2007 und 2008 folgten dann Tests auf drei Parabelflügen des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

Gute Marktchancen auf der Erde

Nicht nur im All, sondern auch im irdischen Leben wird eine benutzerfreundliche nichtinvasive Technologie zur Messung der Körperkerntemperatur dringend benötigt. Erprobt wurde beispielsweise der Einsatz des Doppelsensors zur Beobachtung von Patienten bei schweren Herzoperationen und von Jetpiloten der Bundeswehr.

„Auch die Potenziale für die Arbeitsmedizin und den Arbeitnehmerschutz sind immens. Mit dem Sensor lassen sich beispielsweise Feuerwehrleute im Löscheinsatz überwachen, um Erschöpfung und Überhitzung frühzeitig erkennen und so einem Hitzeschlag vorbeugen zu können“, berichtet Andreas Werner. Neben Astronauten und Feuerwehrleuten arbeiten auch Bergleute, Stahlarbeiter, Soldaten im Kampfeinsatz, Taucher, Bergsteiger, Polarforscher und Hochseefischer unter extremen



Der russische ISS-Kommandant Sergei Krikaljow mit dem 3D-Eye-Tracker aus Berlin. Im Fokus der Forschungen: die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auf das menschliche Gleichgewichtssystem

Bedingungen und könnten von der neuen Messtechnologie profitieren.

Berliner Weltraummediziner forschen im Weltall

Das Zentrum für Weltraummedizin Berlin (ZWMB) wurde im Juli 2000 in Partnerschaft mit dem DLR gegründet. Es vereint die weltraummedizinischen

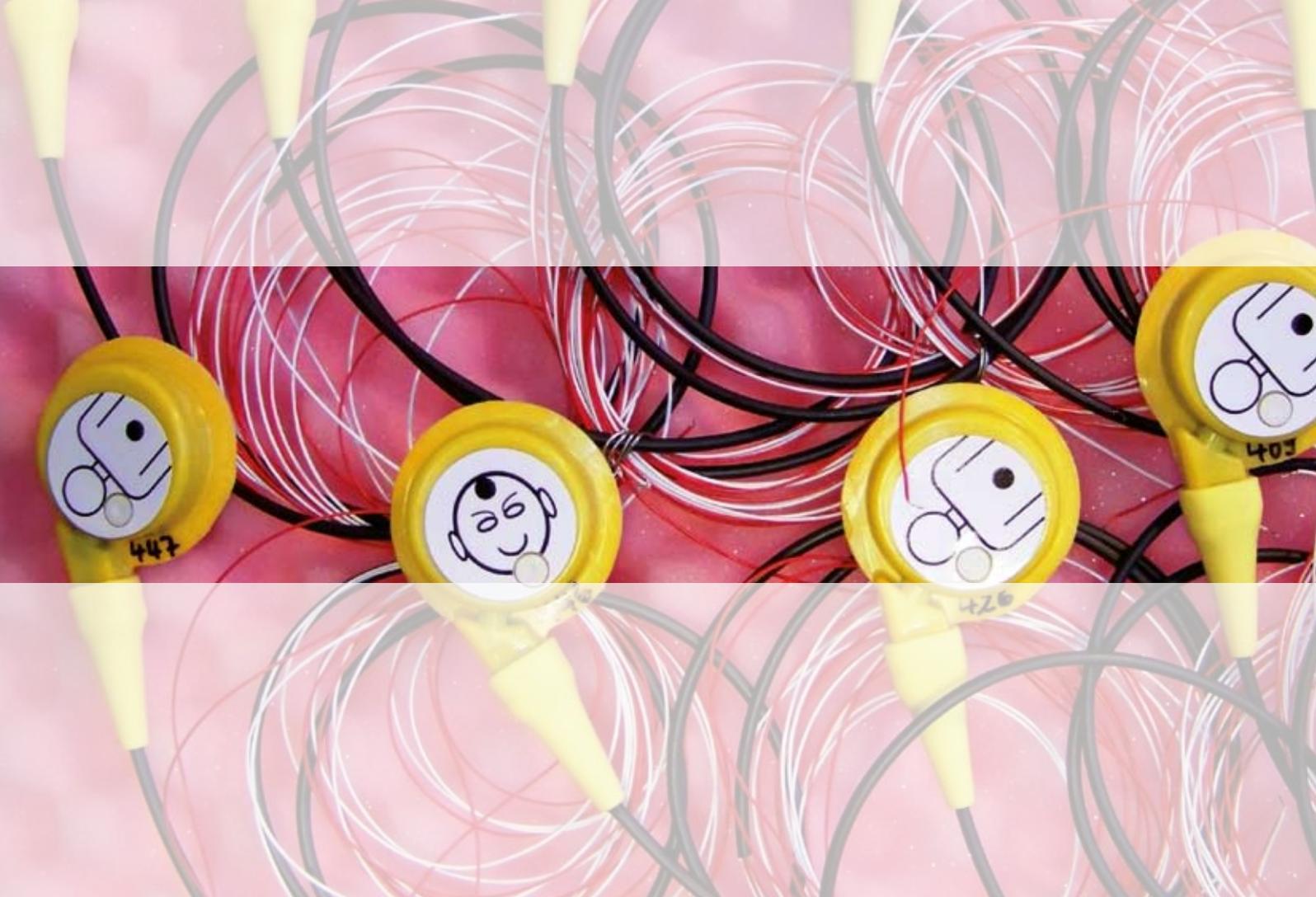
Aktivitäten an der Berliner Charité unter einem Dach und arbeitet eng mit den Raumfahrtagenturen Europas (ESA), Russlands (Roskosmos), Japans (JAXA) und der USA (NASA) zusammen.

Das interdisziplinäre Zentrum bündelt sechs Arbeitsgruppen, die die anatomische, physiologische und psychische Anpassung des Menschen an



Bei einer Liveschaltung in den Orbit anlässlich der Feierlichkeiten zum 300. Geburtstag der Berliner Charité stellt der erste europäische ISS-Kommandant Frank De Winne das ThermoLab-Experiment des Zentrums für Weltraummedizin Berlin vor. Die anwesende Prominenz aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft folgt gebannt den Erläuterungen des belgischen ESA-Astronauten.





die Schwerelosigkeit erforschen: das Institut für Anatomie, das Labor für experimentelle Gleichgewichtsforschung, das Zentrum für Muskel- und Knochenforschung (ZMK), die Arbeitsgruppe Chronobiologie, das Institut für Pharma- und Toxikologie und das Institut für Physiologie.

Der ZWMB-Sprecher Hanns-Christian Gunga ist zugleich auch Ansprechpartner für Fragen der Lebenswissenschaften im Team der GoSpace-Initiative „Industrielle Forschung in Schwerelosigkeit“.

Das ZWMB blickt auf eine fast 100-jährige Tradition zurück. Bereits 1912 legte der Berliner Physiologe Nathan Zuntz seine Untersuchung „Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt“ vor. Otto Gauer und Heinz Haber veröffentlichten 1950 die erste Arbeit zum Einfluss der Schwerelosigkeit auf den Menschen. Kurzzeitig waren sie auch für das frühe US-Weltraumprogramm tätig.

Ab 1979 führte der Gauer-Schüler Karl Kirsch die weltraummedizinische Tradition an der Freien Universität

Berlin fort. Auf Kirsch gehen auch die ersten deutschen Herz-Kreislauf-Experimente unter Schwerelosigkeitsbedingungen zurück. 1987 stieß dann Hanns-Christian Gunga zur Forschungsgruppe um Kirsch.

Auch die Forschung im All hat nicht erst auf der ISS begonnen: Bereits auf der ersten Spacelab-Mission 1983, den Spacelab-Missionen D1 (1985) und D2 (1993) sowie auf verschiedenen MIR-Missionen waren medizinische Experimente aus Berlin dabei.

Forschung im Orbit: Eine lohnende Investition

Dass sich die weltraummedizinische Forschung auszahlt, zeigt nicht nur das ThermoLab. Auch der vom ZWMB gemeinsam mit den Firmen Kayser-Threde und Chronos Vision speziell für die Gleichgewichtsforschung im Orbit entwickelte 3D-Eye-Tracker ist ein voller Erfolg. Das Diagnosegerät zeichnet horizontale, vertikale und drehende Bewegungen des Auges auf. Es wird inzwischen weltweit in der Forschung eingesetzt, aber auch zur Lasersteuerung bei Augenoperationen genutzt.

Und der von den Muskel- und Knochenforschern des ZMK entwickelte Weltraum-Vibrationstrainer „Galileo Space“ hat sich insbesondere für den beteiligten Industriepartner Novotec



Professor Hanns-Christian Gunga ist Sprecher des Zentrums für Weltraummedizin Berlin und Ansprechpartner für Fragen der Lebenswissenschaften im Team der GoSpace-Initiative.



Großes Foto (links): Das ThermoLab-System kommt auch auf der bislang längsten Isolationsstudie Mars500 über 520 Tage zum Einsatz, um Veränderungen der Biorhythmen zu studieren. Das Messinstrumentarium wird die ganze Zeit getragen, also auch beim Schlafen.

Links unten: der ESA-Proband Diego Urbina
Rechts unten: der russische Mars500-Kommandant Alexei Sitew



Rechts: ThermoLab an Kopf und Brust: Der Physiologe Dr. Andreas Werner vom ZWMB (2. v. rechts) im Kreise russischer Spezialisten des Moskauer Instituts für medizinisch-biologische Probleme IMBP

bezahlt gemacht. Das Unternehmen bietet heute eine breite Palette von Galileo-Trainingsgeräten für Mediziner, Sportstudios und sogar für den Hausgebrauch an.

Die Zukunft im Visier: Raumstation und Mars

Die Berliner Weltraummediziner haben aber auch die Zukunft im All fest ins Visier genommen: Der Vibrationstrainer und das ThermoLab-System sind derzeit bei der Isolationsstudie Mars500 im Einsatz, die vom Moskauer Institut für medizinisch-biologische Probleme (IMBP) in Zusammenarbeit mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA und dem DLR durchgeführt wird. Am 3. Juni 2010 traten sechs Freiwillige in einem hermetisch abgeschlossenen Habitat bei Moskau eine simulierte 520-

tägige Marsmission an. Ziel der Studie ist die Beobachtung der auftretenden psychologischen und physiologischen Prozesse unter klar definierten Rahmenbedingungen. Zur Bordausrüstung des virtuellen Marsraumschiffs gehört auch der Galileo-Vibrationstrainer, der die Probanden während der anderthalbjährigen Isolation fit halten soll. Zugleich soll mit dem Trainingsprogramm die Effektivität des am ZMK entwickelten Vibrationstrainings für den Muskel- und Knochenhalt und die körperliche Fitness getestet werden. Mit dem ebenfalls zum Einsatz kommenden ThermoLab-System soll herausgefunden werden, ob und wie sich die innere Uhr der „Astronauten“ während der Mission verstellt. „Inwieweit verändern sich in der Isolation die für Gesundheit und Leistungsfähig-

keit wichtigen zirkadianen Rhythmen, die normalerweise durch den natürlichen Tag-Nacht-Wechsel getaktet sind? Um diese Frage zu beantworten, beobachten wir mit dem Doppelsensor die zirkadianen Schwankungen der Körperkerntemperatur“, erläutert der Physiologe Andreas Werner. Alle zwei Monate müssen die Mars500-Probanden den ThermoLab-Sensor für 36 Stunden anlegen, um den Temperaturverlauf während dieser Zeit zu messen. Die Wissenschaftler des ZWMB haben aber bereits die nächste Etappe auf dem Weg zum Mars fest im Blick. Ab 2012 ist eine Folgestudie mit demselben Versuchsdesign vorgesehen. Diesmal allerdings mit echten ISS-Langzeitastronauten – auf der orbitalen Außenstelle der Weltraummediziner in 350 Kilometer Höhe.