

**BBR**

## **Berliner BedRest-Studie**

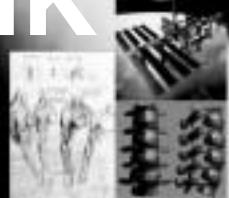
*Vibrations-Muskeltraining unter simulierter Schwerelosigkeit*



Sta t e m e n t

**ZMK**

Zentrum für  
Muskel- und  
Knochen-  
Forschung





Presseveranstaltung anlässlich des Startes der Berliner BedRest-Studie am 14. Februar 2003 in Berlin

## Konzeption der Berliner BedRest-Studie

Wieso macht gerade das Zentrum für Muskel- & Knochenforschung (ZMK) des Universitätsklinikum Benjamin Franklin (UKBF) der Freien Universität Berlin (FUB) eine Studie zur Schwerelosigkeit bei Langzeitaufenthalten im Weltraum?

Das ZMK ist ein interdisziplinäres Forschungsteam, das sich schwerpunktmäßig mit Erkrankungen des Skelettsystems und der Muskulatur auseinandersetzt. Insbesondere das Zusammenspiel der Organsysteme wird seit vielen Jahren untersucht. In diesem Zusammenhang wurde dem Zentrum bereits im Jahre 2000 eine Studie von der ESA (European Space Agency) übertragen, in der ein Konzept zur Verhinderung des Muskel- und Knochenverlustes bei Langzeit-Weltraumflügen erarbeitet werden sollte. Diese Studie wurde vom DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) mitfinanziert und im Bedrest Centre der ESA an der Universität in Toulouse durchgeführt. Dort wurden umfangreiche Erfahrungen in der Durchführung von BedRest Studien gesammelt.

In dem Bestreben, ein eigenes BedRest Zentrum aufzubauen, welches für ganz unterschiedliche Fragestellungen eingesetzt werden kann, hat das ZMK sich um weitere Studien bei der ESA bemüht. Der Erfolg des Bemühens dokumentiert sich in dieser Studie, die sich mit einem neuartigen Muskel-Trainingssystem, dem Galileo-Space, auseinandersetzt. Dieses Gerät wurde in Zusammenarbeit mit Ingenieuren der Fa. Novotec Medical GmbH, Pforzheim, entwickelt, um auch unter Schwerelosigkeitsbedingungen ein dynamisches Krafttraining durchführen zu können.

### Was wird in dieser Studie untersucht?

In einer achtwöchigen Bettruhephase wird die Trainierbarkeit der Muskulatur mit einem neuartigen Muskeltrainingsgerät unter schwerelosigkeits-ähnlichen Bedingungen untersucht. Dazu werden 20 junge Männer für 56 Tage ins Bett gelegt und ein internationales Forschungsteam aus den Niederlanden, Groß Britannien, Australien und Deutschland untersucht das Muskel- und Skelettsystem, Herz- und Kreislauf, das Gleichgewichtsorgan, die Blutgerinnung und die Psyche der Testpersonen. Zwei Untersuchungsgruppen werden gebildet, die erste Gruppe wird einem spezifischen Trainingssystem zugeführt, die zweite Gruppe dient als Vergleichsgruppe ohne Training. Im Vordergrund der Messungen stehen die Effekte der schwerelosigkeits-ähnlichen Bedingungen auf das Muskel- und Skelettsystem.

und die Effizienz des Muskeltrainings bezüglich der Verhinderbarkeit des Muskel- und Knochenverlustes. Ein großer Mitarbeiterstab, bestehend aus Schwestern und Pflegern, medizinisch technischen Mitarbeitern, Ärzten, Physiologen und Ernährungswissenschaftlern, Physikern und Ingenieuren, betreut und versorgt die Testpersonen, die jeweils in Vierer-Gruppen untersucht werden, über den gesamten Zeitraum von 9,5 Wochen im Universitätsklinikum Benjamin Franklin. Die Nachuntersuchungen erstrecken sich aber über ein weiteres Jahr.

### Warum sind derartige Forschungsprojekte erforderlich?

In der Schwerelosigkeit werden insbesondere die Muskeln der Beine, des Beckens und des unteren Rumpfes nicht beansprucht, da ein aufrechter Gang, für den diese Muskeln im Wesentlichen verantwortlich sind, nicht erforderlich ist. Im Schwerkraftfeld der Erde oder auch jeden anderen Planeten werden aber diese Muskeln gebraucht, um aufrecht stehen zu können. Die Folge der 'Nichtbenutzung' der Muskulatur ist der weitgehende Abbau mit Verlust der Muskelkraft und der Muskelleistung. Ohne Muskelkraft wird aber auch dem Knochen kein Signal mehr vermittelt, dass er gebraucht wird – die Folge ist, dass auch dieser abbaut und weniger fest wird. Bei fortbestehendem Verlust des Knochens wird dieser brüchiger und schon kleine Verletzungen können zum Knochenbruch führen. Diese pathophysiologischen Zusammenhänge finden wir auch bei Erkrankungen auf der Erde, wie z.B. Osteoporose (deutsch: Knochenschwund) oder Knochenabbau nach Lähmungen oder bei längerer Immobilisation. Die Ergebnisse der Studie sind vor allem auch nutzbar für den Menschen auf der Erde.

Weltraummedizinische Forschung auch nach dem tragischen Unfall der Columbia? Während der gesamten Menschheitsgeschichte war es immer besonders mutigen und kreativen Menschen zu verdanken, dass die menschliche Zivilisation sich fortentwickeln konnte. Ohne den Einsatz dieser Pioniere und Forscher säßen wir noch heute in Höhlen und würden mit Keulen Tiere jagen, um uns zu ernähren. Die Crew der Columbia gehört für uns zu diesen mutigen Pionieren, die bereit waren, ihr Leben für die Erweiterung des menschlichen Horizontes durch die Erforschung des Weltalls einzusetzen.

Ihr Tod darf nicht umsonst gewesen sein. Ein resigniertes Aufgeben dieser Forschungsrichtung bedeutete auch eine verlorene Chance für die Entwicklung wirksamerer Behandlungsmethoden für viele Millionen von Knochenschwund Betroffenen Menschen allein in Deutschland.

---

Prof. Dr. med. Dieter Felsenberg  
Leiter Zentrum für Muskel- und Knochenforschung  
am Universitätsklinikum Benjamin Franklin, FU Berlin  
Radiologische Klinik und Poliklinik  
Hindenburgdamm 30  
12200 Berlin  
Tel. +49-30-8445-3046  
Fax +49-30-8440 9942  
e-mail: felsenberg@ukbf.fu-berlin.de



Presseveranstaltung anlässlich des Startes der Berliner BedRest-Studie am 14. Februar 2003 in Berlin

## Schwerelos im All

Berliner Zentrum für Weltraummedizin (ZWMB) erforscht Einflüsse der Schwerkraft

Deutschland zählt zu den führenden Nationen in der humanphysiologischen Forschung im Weltraum. Dabei nimmt der Wissenschaftsstandort der Freien Universität (FU) in Berlin eine besondere Stellung ein. Denn die medizinische Forschung im All ermöglicht wichtige Rückschlüsse zum Einfluss der Schwerkraft z.B. auf das Herz-Kreislauf-, Muskel- und Skelettsystem sowie auf das Gleichgewichtsorgan des Menschen hier auf der Erde.

In den letzten 20 Jahren hat sich aufgrund intensiver Forschungen sowohl unter Schwerelosigkeit (Mikro-Gravitation) als auch bei terrestrischen Simulationsstudien (Bedrest- und Kopftieflage-Studien, Immersion) gezeigt, dass die Gravitation biologische Systeme auf molekularer, zellulärer und systemischer Ebene mit unterschiedlichem Zeitgang und Ausmaß beeinflusst. Die im Aufbau befindliche Internationale Raumstation (ISS) wird bis ca. 2015 als vielseitiges humanphysiologisch-medizinisches Labor für weiterführende Studien unter Schwerelosigkeit für die internationale Spitzenforschung zur Verfügung stehen.

Vor diesem aktuellen Hintergrund und um die Aktivitäten und Expertise der verschiedenen in Berlin ansässigen Arbeitsgruppen sowie ihre Forschungsaktivitäten auf diesem Spezialgebiet zu bündeln und nach außen hin zu vertreten, wurde im Juli 2000 das Zentrum für Weltraummedizin Berlin (ZWMB) am Institut für Physiologie der FU in Berlin gegründet. Diese Gründung beruhte auf einer Initiativpartnerschaft mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn „Programm Forschung unter Weltraumbedingungen“. Sie entspricht den strategischen Zielen des deutschen biowissenschaftlichen Raumfahrtprogramms des Bundesministeriums für Forschung, Bildung und Technologie (BMBF). Seit Gründung des ZWMB sind rund zwei Millionen Euro an Drittmitteln für raumfahrtmedizinische Projekte durch Mitglieder eingeworben worden. Weitere Zuwendungen sind für die nächsten Jahre in Aussicht gestellt.

Statement

## Forschung mit Tradition

Der Forschungsstandort Berlin hat eine große Tradition in der Luft- und Raumfahrtmedizin. Bereits im 19. Jahrhundert wurden erste Untersuchungen von dem Berliner Physiologen Nathan Zuntz „Zur Physiologie und Hygiene der Luftfahrt“ (1912) vorgenommen.

1950 veröffentlichten Otto H. Gauer und Hans Haber die erste wissenschaftliche Arbeit zum Einfluss der Schwerelosigkeit auf den Menschen. Otto Gauer hatte von 1963 -1979 den Lehrstuhl für Physiologie an der FU Berlin inne. Sein Schüler und Leiter der Arbeitsgruppe für Angewandte Humanphysiologie, Prof. Dr. Karl Kirsch, entwickelte mit seinem Team die weltraummedizinisch-physiologische Forschung weiter. Andere Arbeitsgruppen wie z.B. die Muskel- und Knochenforschung von Prof. Felsenberg und Dr. Rittweger, die Gleichgewichtsforschung unter Leitung von Prof. Scherer und Prof. Clarke, alle Arbeitsgruppen Institute der FU Berlin, kamen hinzu. In den vergangenen 20 Jahren waren Wissenschaftler der FU Berlin an über 30 nationalen und internationalen weltraummedizinischen Studien beteiligt u.a. Space-Shuttle, MIR-Station und der Internationalen Raumstation (ISS).

## Die Mitglieder des ZWMB sind z.Zt.:

- Institut für Anatomie, FU Berlin, Prof. Dr. Dieter Blottner
- Labor für Experimentelle Gleichgewichtsforschung, FU Berlin, Prof. Dr. Andrew Clarke, Prof. Dr. Scherer
- Zentrum für Muskel- und Knochenforschung, FU Berlin, Prof. Dr. Dieter Felsenberg, Dr. Jörn Rittweger
- Institut für Physiologie, FU Berlin, Prof. Dr. Karl Kirsch, PD Dr. Hanns-Christian Gunga
- Institut für klinische Pharmakologie und Toxikologie, FU Berlin, Prof. Dr. Martin Paul, Dr. Daniela Grimm
- Max-Delbrück Zentrum (Franz-Volhard-Klinik), HU Berlin, Prof. Dr. Luft, Dr. Jens Tank, Dr. Jordan

Das Zentrum hat zum Ziel, die anatomischen, physiologischen sowie psychologischen Anpassungen des Menschen an die Schwerelosigkeit zu erforschen. Diese systemische Grundlagenforschung wird in Kooperation mit Life Science-Wissenschaftlern der Raumfahrtbehörden in Europa (ESA), Amerika (NASA), Russland (IBMP) und Japan (NASDA) durchgeführt. Zweck des Zentrums ist die Förderung einer integrativ und interdisziplinär ausgerichteten medizinisch-physiologischen Forschung und Lehre im Dienste der Weltraummedizin. Auf nationaler und internationaler Ebene besteht ein ausgeprägt großer Bedarf an weiterer universitärer Forschung und fundierter Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs. Deshalb ist die Ausbildung in der Raumfahrtmedizin und angrenzenden Gebiete an der Universität eine der herausragenden Aufgaben des Zentrums. Aus diesem Grund und um den Anschluss auf internationaler Ebene auf dem Gebiet der Weltraummedizin zu halten, laufen flankierend zur Einrichtung des Zentrums für Weltraummedizin Berlin die Vorbereitungen zur Einrichtung einer Stiftungsprofessur für „Weltraummedizin und extreme Umwelten“ an der FU Berlin im Jahr 2003. Dieses Vorhaben soll durch finanzielle Unterstützung industrieller Partner (Astrium/EADS, Kayser-Threde, IFLB, Schering AG) ermöglicht werden.

---

PD Dr. med. Dipl. geol. Hanns-Christian Gunga,  
Sprecher des Zentrums für Weltraummedizin Berlin (ZWMB)

Kontakt:  
FU Berlin/UKBF Fachbereich Humanmedizin, Institut für Physiologie,  
Arnimallee 22, 14195 Berlin  
Tel.: 030/8445-1656, Fax: -1658  
E-Mail: [Gunga@zedat.fu-berlin.de](mailto:Gunga@zedat.fu-berlin.de)



Statement Presseveranstaltung anlässlich des Startes der Berliner BedRest-Studie am 14. Februar 2003 in Berlin

## Simulierte Schwerelosigkeit: Physiologie und Klinik

### Simulierte Schwerelosigkeit

Die vielfältigen Einwirkungen der Schwerkraft auf unseren Körper sind auf der Erde nicht völlig auszuschalten. Es gibt jedoch eine Reihe von akzeptierten ‚Modellen‘, mittels derer Teileffekte der Schwerelosigkeit zuverlässig simuliert werden können. Diese Modelle der Schwerelosigkeit erlauben es uns, die Auswirkungen der Schwerelosigkeit auch auf der Erde, d.h. unter ökonomisch und ethisch vertretbaren Bedingungen zu untersuchen.

### Kreislauf und Orthostase

Während wir aufrecht stehen, wirkt die Schwerkraft auf unser Gefäßsystem. Dann muss unser Herz auf der arteriellen Seite einen erhöhten Druck erzeugen, um das Blut bis zum Gehirn zu pumpen. Noch größer ist aber die Auswirkung der Schwerkraft auf der venösen Seite. Hier ist der Blutdruck gering, und der Rückstrom zum Herzen entsprechend verzögert. Um dieses auszugleichen, sind die Venen der Beine mit einer höheren Spannkraft ausgestattet. In der Schwerelosigkeit führt diese erhöhte Spannkraft in den Beinvenen zu Flüssigkeitsansammlungen in der oberen Körperhälfte. Dieser Effekt kann durch die 6° Kopf-Tieflage simuliert werden. Nach Anpassung an diese (simulierten) Schwerelosigkeitsbedingungen leidet der Mensch dann unter der Unfähigkeit, sich im Schwerefeld der Erde aufrecht zu halten.

### Muskel und Knochen

Unser Bewegungsapparat ist von der Natur in ständiger Anpassung an die Bedingungen der Schwerkraft entwickelt worden. Die größten Kräfte, die unsere Knochen erfahren, entstehen aber nicht aus der Schwerkraft per se, sondern – auf Grund der kurzen Hebel, gegen welche unsere Muskeln arbeiten – aus der gegen die Schwerkraft gerichteten Muskelkraft. Knochen passen sich den auftretenden Kräften an. Benutzen wir nun unsere Beinmuskeln nicht, weil uns etwa im Orbit oder im Bett der Boden unter den Füßen fehlt, so werden unsere Knochen abgebaut. Dieser Anpassungsvorgang schützt uns davor, mit unnötig schweren Knochen herumzulaufen.

Statement

Unter diesem Knochenabbau in den unteren Extremitäten leiden dann die Astronauten, die während ihrer Missionen die Arme praktisch genau so benutzen wie auf der Erde, die Beine jedoch weitgehend still halten. Sie haben beim Wiedereintritt in das Schwerefeld der Erde einen Verlust von Muskelleistung und Knochenmineral in den Beinen, der die Funktion des Bewegungsapparates stark beeinträchtigt. Ein akzeptiertes Modell der Schwerelosigkeit hinsichtlich des Bewegungsapparates ist darum die Immobilisierung der Beine entweder durch Krücken, Gehgips, oder Bettlägerigkeit.

### Anpassung an die Schwerelosigkeit

Praktisch alle unsere Körperfunktionen sind anpassungsfähig – auch an die Bedingungen der Schwerelosigkeit. Das Kreislaufsystem, das bislang im Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses bei der bemannten Raumfahrt stand, reagiert zum Beispiel mit einer Verringerung der Blutmenge, mit einer Verringerung der Spannkraft der Beinvenen und mit einer Abschwächung von (orthosatischen) Kreislaufreflexen. Der Bewegungsapparat reagiert – quasi spiegelbildlich etwa zu den Zuwächsen bei Kraft-Training – mit einer Reduktion der Muskelmasse und Muskelleistung in den Muskeln, die auf der Erde vorwiegend gegen die Schwerkraft wirken, mit einer verringerten Ausdauerfähigkeit der Muskulatur und mit einem Abbau von Knochenstrukturen in den Beinen. Die Anpassungsvorgänge in den verschiedenen Organsystemen verlaufen jedoch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit: Während die Anpassung des Kreislaufsystems binnen Wochen abläuft, dauern sie in der Muskulatur über Monate an, und im Knochen noch darüber hinaus. Und umgekehrt gilt: je langsamer der Deconditioning-Prozess, desto länger die vollständige Wiederherstellung.

### Kraftraining als Gegenmaßnahme

Natürlich ist es ein naheliegender Gedanke, den Dekonditionierungs-Prozess durch ein geeignetes Muskeltraining zu unterdrücken. Lange Zeit wurde auf den Raumfahrt-Missionen jedoch ein Ausdauer-Training (und kein Kraft-Training) absolviert, von dem wir heute wissen, dass es für den Erhalt von Muskulatur und Knochenmasse nicht ausreichend ist. Folgerichtig verfolgen wir heute die Entwicklung von möglichst effektiven Formen des Kraft-Trainings. Eine Form des Kraft-Trainings, das sog. „Fly-Wheel“ Training, wurde von uns im MEDES in Toulouse im Rahmen der Long-Term BedRest (LTBR) Studie während 3-monatiger Immobilisierung getestet. Es zeigte sich, dass die trainierte Gruppe weniger als 10% ihrer Sprungleistung einbüßte, während die Kontrollgruppe (= unbehandelt) mehr als 30% verlor (Messung unmittelbar nach dem Aufstehen!). Das Fly-wheel Training zwar am Oberschenkel sehr effizient, nicht jedoch am Wadenmuskel. Vermutlich ist dies auch der Grund, warum der Knochenabbau am Sprunggelenk in der Trainingsgruppe zwar verlangsamt, nicht jedoch unterbunden war. Immerhin zeigen die Ergebnisse der LTBR Studie in beeindruckender Weise, dass Muskulatur und Knochen auch während Immobilisation durch Training günstig beeinflusst werden können.

## Die Berliner BedRest Studie

Im Zentrum der Berlin BedRest Studie steht der Versuch, den Abbau von Knochenstrukturen im Unterschenkel während Bettlägerigkeit durch das sog. Vibrationstraining (s.u.) zu verhindern. Da der Knochenabbau vergleichsweise langsam vonstatten geht, beträgt der Beobachtungszeitraum acht Wochen. Ein kürzerer Zeitraum würde zu unsicheren oder falschen Ergebnissen führen. Eine Gruppe wird täglich trainieren, und eine zweite (aus wissenschaftlichen Gründen absolut notwendige Gruppe) wird zur Kontrolle strenge Bettruhe ohne Training halten. Die Veränderung des Knochens wird dabei vor allem durch die moderne Methode der peripheren Quantitativen Computer-Tomographie (pQCT), einem hochpräzisen Schichtbildverfahren, erfasst.

Um den Zusammenhang zwischen Muskulatur und Knochen zu dokumentieren, wird ein zweiter Schwerpunkt auf der Messung von Muskelmorphologie und Muskelfunktion liegen. Anders als in früheren Studien wird die Untersuchung des Calcium-Stoffwechsels und des Hormonsystems nur ergänzend (und nicht zentral) erfolgen.

Neben der Fokussierung auf die Einheit von Muskel und Knochen bietet die Berliner BedRest Studie darüber hinaus Forschungsmöglichkeiten für zahlreiche andere Disziplinen, die sich der Motorik, dem Kreislaufsystem oder psychologischen Fragestellungen widmen.

### Vibrationstraining

Die Entwicklung einer geeigneten Trainingsmethode war ein essentieller Punkt bei der Planung der Berliner BedRest Studie. Diese Entwicklung wurde durch die Fa. Novotec Medical (Pforzheim) vorangetrieben. In der Studie wird eine speziell für den Einsatz in der Schwerelosigkeit entwickelte Version eines kommerziellen Trainingsgerätes eingesetzt. Bei dieser Entwicklung wird die Schwerkraft durch elastische Spanngurte nachempfunden. Gegenüber einem Kraft-Training mit herkömmlichen Expandern zeichnet sich das Vibrationstraining durch eine Reihe von Vorzügen aus. Es löst reflektorische Muskelkontraktionen aus – dadurch sind Kraftspitzen möglich, die vermutlich auf üblichen Kraftmaschinen nicht erreicht werden. Wahrscheinlich hat es neben seiner Wirkung auf die Muskulatur einen direkt auf den Knochen wirkenden Effekt, der nicht mit der Kraft per se, sondern mit der Kraft-Anstiegsrate zu tun haben dürfte. Und schließlich ist es vermutlich eher geeignet, auch die Faser-Zusammensetzung des Muskels und damit seine Ausdauerfähigkeit zu erhalten.

### Ethische Bedenken

Zwei Monate Bettlägerigkeit sind kein Spaziergang. Darf man es jungen gesunden Männern zumuten, sich dem Protokoll der Berlin BedRest Studie zu unterziehen? Wir glauben: ja. Zum einen ist die Teilnahme an der Studie freiwillig. Wir haben ausschließlich Versuchspersonen ausgewählt, die vom Sinn der Studie überzeugt sind. Die erwarteten Veränderungen sind zwar wissenschaftlich bedeutsam, werden jedoch für die Versuchspersonen keine Relevanz haben. Ferner zeigen die bekannten Daten, dass alle Veränderungen vollständig rückbildungsfähig sind. Dem steht gegenüber, dass es ethisch unvertretbar wäre, Astronauten auf Langzeitmissionen, möglicherweise mit Einsatz ohne Interventionsmöglichkeit (z.B. Mars), zu schicken, ohne dass ihr Bewegungsapparat durch geeignete Maßnahmen dazu auch befähigt wäre. Darüber hinaus werden die Erkenntnisse dieser Studie auch direkt der Krankenversorgung zugute kommen.

## Klinische Implikationen

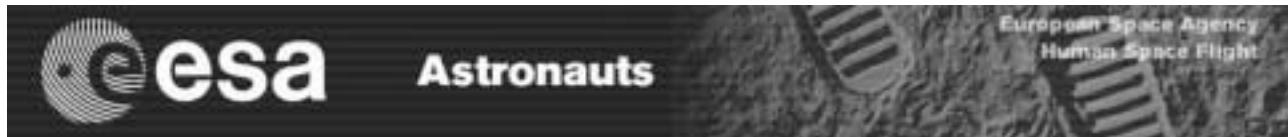
Ein persönlicher Eindruck aus der LTBR-Studie, der sich derzeit wissenschaftlich erhärtet, ist, dass einige der Veränderungen, die wir als mit dem Alter assoziiert ansehen, in Wahrheit auch während Immobilisierung auftreten. Knochenabbau während (teilweiser) Immobilisation (Beispiel: Kreuzband-Plastik) ist vermutlich häufiger als bisher angenommen..

In der medizinischen Versorgung einer alternden Gesellschaft ist der Bewegungsapparat von fundamentaler Bedeutung. Osteoporose, Schenkelhals- und Wirbelkörperfrakturen und die Unfähigkeit, sich selber zu versorgen, sind bereits heute bedeutende Faktoren im Etat der Sozial- und Krankenkassen. Effiziente Methoden zum Training immobilisierter Patienten und alter Menschen werden in der Zukunft Lebensqualität und Ressourcen sichern.

---

Dr. med. Jörn Rittweger  
FU-Berlin, Inst. für Physiologie, Bereich Humanmedizin  
Arnimallee 22  
14195 Berlin  
Germany

Tel.: 49 30 8445 1696  
Fax: 49 30 8445 1602  
e-mail: ritmus@zedat.fu-berlin.de



Statement Presseveranstaltung anlässlich des Startes der Berliner BedRest-Studie am 14. Februar 2003 in Berlin

## Fit für lange Zeit Astronauten auf der Internationalen Raumstation

Gutes Training kann viel bewirken – und Leistungssportler unter Anleitung von Betreuerteams und Trainer vollbringen Wunderdinge gerade zum rechten Zeitpunkt des Wettkampfs. Aber wie erhält man die mentale und körperliche Fitness von Leuten, die ohne frische Luft und ausreichend Auslauf 400 km entfernt vom Betreuerteam ihrem stressvollen Alltag nachgehen? So ungefähr stellt sich die Situation für die Astronauten auf der Internationalen Raumstation dar. Von ihnen wird konzentrierte Arbeit verlangt, gelegentlich auch körperliche Schwerstarbeit bei Ausstiegen ins All, die alles andere als Weltraum“spaziergänge“ sind, dabei ist der trainierende Faktor Erdschwere nicht spürbar und das Leben in der Station von leichtem Schweben geprägt.

Mit den Langzeitaufenthalten im All wurde auch diese Frage wissenschaftlich angegangen, die regelmässige Fitnessstunde und andere vorbeugende Massnahmen sind zum Standard bei Weltraumaufenthalten geworden. Sie werden durch Parallelforschung auf der Erde stetig und zielgerichtet verbessert.

Die Internationale Raumstation hat aber noch ein anderes Thema in den Focus gebracht: die Fähigkeit und Bereitschaft, in einer multinationalen und damit auch multi-kulturellen Crew in Interaktion mit über den Globus verteilten Kontrollzentren gute Arbeit unter nicht immer optimalen Bedingungen zu leisten. Hier ist eine ganz besondere Vorbereitung gefragt, aber auch ständige Begleitung durch die Raumflugmission. Natürlich trägt eine gute körperliche Verfassung zur Stimmungslage der Crew entscheidend bei. Ein integriertes Konzept unter „Human Behaviour and Performance“ Gesichtspunkten rundet die rein sportmedizinische Betreuung ab.