

## Beispiele für Wissens- und Technologietransfer aus der astronautischen Raumfahrt

### Inhalt

Kalte Plasmen zur Unterstützung von Wundheilung und zur Desinfektion .....	2
3D-Technik vom All ins Kino .....	2
Feuerlöschen mit Kaltgas .....	2
Raumfahrttechnologie für Augen-OPs .....	3
Cool bleiben, wenn es heiß hergeht .....	3
Sauberes Wasser dank Raumfahrttechnologie.....	3
Vom Weltraum auf die Schiene .....	4
Miniatursensoren für sichere Autos .....	4
Effizienteres Arbeiten durch Augmented Reality (AR) I .....	4
Bioaktive Kontaktkatalysator zur Entkeimung wässriger Systeme .....	5
Schiffsverkehr aus dem All überwachen.....	5
Astronautengetestete Funktionstextilien .....	6
Nicht-invasive Erfassung der Körperkerntemperatur .....	6
Astronautentraining zur Stärkung von Knochen.....	6
Sterile Bedingungen dank Ozon und UV-Licht.....	7
Virtuelles Training für Astronauten .....	7
Effizienteres Arbeiten durch Augmented Reality (AR) II.....	8
Zuverlässige und zeitnahe Luftanalyse in geschlossenen Umgebungen.....	8
Erschnüffeln von mikrobiologischen Verunreinigungen .....	8
Durchatmen im All und unter Wasser .....	9
Weltraumenergiespeicher für zu Hause .....	9
Verteilte Sensornetzwerke.....	10
Die „Unterdruckhose“ .....	10
Plasmafilterung von Luft .....	11
Sauerstoffatome wie Stecknadeln im Heuhaufen .....	11
Ausfilterung und Zurverfügungstellung von Kohlenstoffdioxid .....	11
Tiefsttemperaturen im Weltall .....	12
Überwachung der Vitalfunktionen.....	12
Weltraumstrahlung und sicheres Essen .....	12
Bakterien gegen Cholesterin .....	13
Sanfte Roboter für terrestrische Anwendungen .....	13
Astronautentraining für gesunde Knochen und Muskeln.....	14

Schwerelosigkeit für sparsamere Flugzeuge .....	14
Sich rasend schnell näher kommen.....	14
Frische Luft im All und in Flugzeugen .....	15

### **Kalte Plasmen zur Unterstützung von Wundheilung und zur Desinfektion**

Die Reihe der Plasmakristall-Experimente (PK) auf der ISS haben entscheidend dazu beigetragen das Wissen über verschiedene komplexe Plasmen zu vertiefen. Die aus dieser Arbeit abgeleiteten „Kalten Atmosphärischen Plasmen (KAP)“ wurden erfolgreich in der Medizintechnik erprobt. Nach einer Bestrahlung heilten offene Wunden um bis zu 30 % schneller. Außerdem wirkt das KAP desinfizierend auf sehr viele Keime. Beides geschieht, ohne das umgebende Gewebe negativ zu beeinträchtigen. Die Technologie befindet sich derzeit in der klinischen Erprobung. Anwendungen bestehen in den Feldern Hygiene, Medizin und Landwirtschaft.

Experiment: PK-3, PK-3 Plus

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR, ROSKOSMOS

Anwendungsfirma: terraplasma GmbH

Weiterführende Informationen: [terraplasma.net](http://terraplasma.net)

### **3D-Technik vom All ins Kino**

Mit einer tragbaren 3D-Videokamera nahmen Thomas Reiter und seine Nachfolger auf der ISS Filme über das Leben und Arbeiten auf der Raumstation auf. Diese können heute auf dem Youtube-Kanal der ESA angeschaut werden. Die von einer niederländischen Firma dafür entwickelte Kamera ERB-2 war der Startschuss für diese Firma, sich im 3D-Visualisierungsgeschäft zu etablieren. Die Erfahrungen aus Entwicklung und Betrieb der ERB-2 waren hier elementar.

Mittlerweile vertreibt Cosine fast 20 Produkte in den Feldern Luft- und Raumfahrt, Lebensmittel, Pharmazie und Sicherheitstechnik.

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Cosine Measurement Systems & 3D-ONE

Weiterführende Informationen: [www.cosine.nl/portfolio/erb2](http://www.cosine.nl/portfolio/erb2)

[3d-one.com](http://3d-one.com)

### **Feuerlöschen mit Kaltgas**

Bereits auf der russischen Raumstation Mir wurde Sauerstoff in einer festen chemischen Verbindung gespeichert und konnte dann bei Bedarf mithilfe elektrischer Energie wieder freigesetzt werden und der Kabinenluft zugeführt werden. Inerte Gase werden oft verwendet, um Brände in sensiblen Bereichen (z. B. Rechenzentren) zu löschen. Die Vorrichtungen dafür haben jedoch einen relativ hohen Wartungsaufwand. Eine niederländische Firma brachte die beiden Konzepte zusammen und entwickelte Feuerlöschanlagen, deren Löschgas in Feststoffen gespeichert wird. Diese werden inzwischen kommerziell angeboten.

Projekt: Mir, ISS, Proba-2

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ROSKOSMOS, ESA

Anwendungsfirma: EXXFIRE BV

Weiterführende Informationen: [www.exxfire.com](http://www.exxfire.com)

### **Raumfahrttechnologie für Augen-OPs**

Die für Menschen ungewohnte Umgebung im All stellt für den menschlichen Gleichgewichtssinn eine große Herausforderung dar. Dies kann besonders am Anfang von Raumfahrtmissionen zu Unwohlsein bei den Astronauten führen. Um das Zusammenspiel von Augen und Gleichgewichtssinn besser zu untersuchen und so die negativen Auswirkungen auf die Astronauten zu verringern, wurde ein Gerät entwickelt, das hochpräzise die Bewegung der Augen misst. Dieses Eye Tracking Device (ETD) stellt die technologische Grundlage für ähnliche Geräte in der Augen Chirurgie dar. Wenn man z. B. mit Laserstrahlen das Auge behandelt, ist es enorm wichtig auf jede noch so kleine Bewegung des Auges reagieren zu können. Hier kommt die Technologie des ETD zum Einsatz. Neben der medizinischen Anwendung wird die Technologie auch in Systemen zur Erfassung von Augenbewegungen z. B. für Marketingzwecke eingesetzt.

Die hier entwickelten Geräte sind weltweit im Einsatz.

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA, NASA, ROSKOSMOS

Anwendungsfirma: CHRONOS VISION GmbH, SensoMotoric Instruments (SMI) GmbH

Weiterführende Informationen: [www.chronos-vision.de](http://www.chronos-vision.de)  
[www.eyetracking-glasses.com](http://www.eyetracking-glasses.com)

### **Cool bleiben, wenn es heiß hergeht**

Wenn Astronauten sich auf einen Außenbordeinsatz begeben, sind sie nur durch ihren Raumanzug von der feindlichen Umgebung geschützt. Je nach Situation kann es dort draußen sehr heiß oder eiskalt sein. Viele der im Anzug verwendeten Materialien leisten dabei einen wichtigen Beitrag. Mit einem dieser Materialien, genannt Nomex, hat der schwedische Unterwäschehersteller Björn Borg eine spezielle Unterwäsche für Stahlarbeiter entworfen. Sie schützt die Arbeiter bei Temperaturen bis zu 1.000°C und ist komfortabel zu tragen.

Das Produkt befindet sich derzeit in der Erprobung.

Projekt: ESA-Raumanzug

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA, NASA

Anwendungsfirma: Björn Borg AB

Weiterführende Informationen: [www.facebook.com/permalink.php?story\\_fbid=10152321691134597&id=146418154596](https://www.facebook.com/permalink.php?story_fbid=10152321691134597&id=146418154596)

### **Sauberes Wasser dank Raumfahrttechnologie**

Damit Astronauten auf einer Raumstation leben können, brauchen sie Versorgungsgüter wie Nahrung, Sauerstoff und Wasser. Diese müssen derzeit meist noch per Frachter von der Erde ins All gebracht werden. Das ist aufwendig und teuer. Es ist daher wünschenswert, Verfahren zu entwickeln, die es ermöglichen, solche Stoffe zu recyceln. Wie man Wasser recycelt ist auch an vielen Orten auf der Erde eine wichtige Frage. ESA-Technologien dafür wurden bisher in der Antarktisstation Concordia erprobt. Eine Anlage, die mit Solarenergie Wasser filtert und auf dieser Technologie basiert wurde nun in Marokko installiert, um die Wasserknappheit in einem Dorf dort zu lindern. Das Konzept bietet besonders in Entwicklungsländern ein großes Anwendungspotenzial.

Projekt: ISS, ECLSS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: FIRMUS France, BELECTRIC GmbH

Weiterführende Informationen: [www.firmus.net](http://www.firmus.net)  
[www.belectric.com/de](http://www.belectric.com/de)

### **Vom Weltraum auf die Schiene**

Der Wiedereintritt von Raumflugkörpern in die Erdatmosphäre ist eine sehr komplexe Angelegenheit. Insbesondere wenn es sich um bemannte Systeme handelt. Seit mehr als 20 Jahren wird auf diesem Gebiet in Europa und speziell in Deutschland geforscht. Um in den verschiedenen Versuchen am Boden, aber auch bei Testflügen, das Wissen zu erweitern ist hochpräzise Messtechnik nötig. Ein solcher Durchflusssensor, der in Göttingen entwickelt wurde, wird nun auch verwendet, um die Dichtigkeit in den pneumatischen Bremsen von Zügen zu messen. Das System befindet sich im kommerziellen Einsatz.

Projekt: Express, Mirka

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR, ESA

Anwendungsfirma: Hyperschall Technologie Göttingen (HTG) GmbH, Fahrzeug- und Entwicklungswerk (FEW) Blankenburg GmbH

Weiterführende Informationen: [www.htg-hst.de](http://www.htg-hst.de)  
[www.villmann-gruppe.de/de/few.html](http://www.villmann-gruppe.de/de/few.html)

### **Miniatursensoren für sichere Autos**

Ein bekanntes Problem bei Messungen jeder Art ist, dass sie das zu messende nicht beeinflussen dürfen. Dies ist besonders wichtig, wenn bereits kleinste Veränderungen am zu messenden Objekt, z. B. durch das Anbringen der Sensorgehäuse, dessen Eigenschaften signifikant verändern. Dies ist z. B. der Fall bei der Umströmung von Flügeln. Um die Flugeigenschaften des europäischen Raumgleiters Hermes besonders akkurat zu vermessen, wurden Sensoren entwickelt, die aus piezoelektrischen Folien bestehen. Diese wandeln kleinste Veränderungen der Umgebung in elektrische Signale um und sind dabei hauchdünn. Diese Technologie wurde adaptiert, um genaue Messungen bei KFZ-Crashtests durchführen zu können, ohne dass die Messergebnisse durch die Anwesenheit der Sensoren verfälscht werden. Viele weitere Anwendungen sind inzwischen hinzugekommen.

Das System befindet sich im kommerziellen Einsatz.

Projekt: Hermes

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: VW AG

Weiterführende Informationen: [www.esa-tec.eu/success-stories/from-space/space-foil-helping-to-build-safer-cars/](http://www.esa-tec.eu/success-stories/from-space/space-foil-helping-to-build-safer-cars/)

### **Effizienteres Arbeiten durch Augmented Reality (AR) I**

Astronauten müssen während ihrer Missionen sehr vielfältige Aufgaben durchführen. Um sie dafür zu schulen durchlaufen sie ein hartes Trainingsprogramm. Checklisten mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen unterstützen sie bei der Durchführung der Aufgaben im All. Um das Training und die

Arbeit von Astronauten effizienter zu machen, wurde ein System entwickelt, mit dem in die Umgebung des Astronauten Hinweise und Anweisungen projiziert werden. Dieses Verfahren nennt sich Augmented Reality (AR). Der Astronaut soll so schneller und besser die nötigen Schritte für seine Aufgaben durchführen können. In unvorhergesehenen Situationen kann ein nicht anwesender Experte zugeschaltet werden, der über das AR-System zusätzliche Hilfestellungen gibt. Eine besonders kompakte Bauweise, die nicht erfordert, dass der Nutzer eine spezielle Ausrüstung trägt, zeichnet dieses System aus. Nicht nur in der Raumfahrt, sondern auch in der Wirtschaft ist Arbeitszeit eine wertvolle Ressource. Der Einsatz des AR-Systems soll auch außerhalb der Raumfahrt helfen, dass Aufgaben vor Ort schneller und besser erledigt werden können.

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Delta Cygni Labs Ltd.

Weiterführende Informationen: [deltacygnilabs.com](http://deltacygnilabs.com)

### **Bioaktive Kontaktkatalysator zur Entkeimung wässriger Systeme**

In der Astrobiologie erforschen Wissenschaftler den Ursprung, die Verteilung und die Entwicklung von Leben sowie Lebensmöglichkeiten außerhalb der Erde. Mikroorganismen können auch unter den harschen Bedingungen im All leben. Solche Besiedlungen auf und in der ISS führen zu Korrosion und können die Gesundheit der Astronauten gefährden. Aber auch auf der Erde verursachen Biofilme in allen Bereichen die mit Wasserqualität in Zusammenhang stehen, also in Krankenhäusern, Altersheimen, Kindergärten, in der Lebensmitteltechnologie, in der Produktion in der Klimatechnik und auch im Haushalt, Probleme. Besondere Schutzmaßnahmen sind also erforderlich. Die Firma Largentec GmbH entwickelte mit AgXX einen völlig neuen antimikrobiellen Kontaktkatalysator – eine speziell strukturierte und beschichtete Edelmetalloberfläche mit einer spezifischen, genau definierten Nachbehandlung. Die antimikrobielle Wirkung findet hauptsächlich an oder in unmittelbarer Nähe der AgXX-Oberfläche durch eine Änderung des Ladungspotentials biologischer Membranen (Depolarisierung) statt. Im Anschluss zerfällt die Zelle durch Schädigung oder Auflösung der Zellmembran (Zelllyse).

Experiment: AgXX

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ROSKOSMOS, DLR

Anwendungsfirma: Largentec Vertriebs GmbH

Weiterführende Informationen: [www.agxx.de/](http://www.agxx.de/)

### **Schiffsverkehr aus dem All überwachen**

ColAIS ist ein experimenteller ISS-Sensor, der die Schiffsbewegungen erfasst, indem er die AIS-Transponder-Signale empfängt, die Schiffe aussenden. Diese Transponder sind für Schiffe mit mehr als 300 Tonnen oder Frachtschiffe mit mehr als 500 Tonnen vorgeschrieben. Über das UKW-Signal können Schiffe über offene Meere verfolgt und über vier Monate kontinuierlich beobachtet werden. Über die ISS-Kommunikation werden die Daten zum Boden übertragen und an die Endempfänger verteilt. Schweden, Norwegen aber auch die EU, die UN sowie internationale Schifffahrtsbehörden zeigen Interesse an ColAIS. Nach ausreichender Testphase auf der ISS könnte ein privates System zur weltweiten Überwachung des Schiffverkehrs in naher Zukunft Wirklichkeit werden.

Experiment: ColAIS, Vessel-ID

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Kongsberg Seatex

Weiterführende Informationen: [www.km.kongsberg.com/seatex](http://www.km.kongsberg.com/seatex)

### **Astronautengetestete Funktionstextilien**

Physische Anstrengung lässt auch Astronauten auf der Raumstation schwitzen. Aufgrund der fehlenden Schwerkraft kann der Schweiß nur eingeschränkt durch Konvektion verdunsten. SPACETEX soll das Grundwissen über den Wärmeaustausch des Körpers unter extremen Umweltbedingungen erweitern und das allgemeine Wohlbefinden der Astronauten durch neue Textilien erhöhen. In der Blue-dot Mission 2014 testete Alexander Gerst die neuen Materialien. Erste Auswertungen stehen noch aus. Weitere Astronautentests sind in Planung.

Experiment: SPACETEX

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Hohenstein Institute, Schoeller Textil AG

Weiterführende Informationen: [www.spacetex-project.de](http://www.spacetex-project.de)

### **Nicht-invasive Erfassung der Körperkerntemperatur**

Die Körperkerntemperatur (Gehirn, Herz, Magen-Darm) kann erstmals nicht-invasiv auf der Haut gemessen werden. Dazu wurde von den Drägerwerke AG, Lübeck ein neuartiger Sensor entwickelt, der es erlaubt, bei Astronauten und in zahlreichen Anwendungen am Menschen auf der Erde die Temperatur im Körperinneren sehr genau zu erfassen. In Zusammenarbeit mit der Charité Universitätsmedizin Berlin wird der Sensor bei der Säuglingsüberwachung, operationsbegleitend (z.B. Herzoperationen) und postoperativ eingesetzt. Vorgesehen ist mehr noch die terrestrische Verwendung in der Arbeitsmedizin, der Sportmedizin und bei der Überwachung in extremen Umwelt- und Arbeitsumgebungen (z.B. Minenarbeiter, Feuerwehr, THW, Sondereinsatzkräfte).

Experiment: Thermo, Circadian Rhythm

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR, ESA, NASA

Anwendungsfirma: Drägerwerke AG & Co. KGaA, Koralewski Industrie-Elektronik oHG, Institut für Physiologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin

Weiterführende Informationen: [www.esa.int/ger/ESA\\_in\\_your\\_country/Germany/ThermoLab\\_Temperatur-Check\\_auf\\_der\\_ISS](http://www.esa.int/ger/ESA_in_your_country/Germany/ThermoLab_Temperatur-Check_auf_der_ISS)  
[www.koralewski.de/GOS10001\\_S1215.pdf](http://www.koralewski.de/GOS10001_S1215.pdf)

### **Astronautentraining zur Stärkung von Knochen**

Wenn Astronauten eine lange Zeit in der Schwerelosigkeit verbringen, passt sich ihr Körper der neuen Umgebung an. Auf Grund der geringeren Belastung nimmt dabei unter anderem auch die Dichte und Stärke der Knochen ab. Damit die Astronauten sowohl während ihrer Mission als auch nach ihrer Rückkehr zur Erde möglichst wenig körperlich beeinträchtigt werden, untersucht man verschiedene Möglichkeiten diesen Veränderungen durch regelmäßiges Training entgegenzuwirken. Dabei wurde ein Gerät entwickelt, das während des Trainings in leichte Stöße auf den Astronautenkörper abgibt. Dies fördert eine positive Entwicklung der Knochendichte. Einige

Krankheiten auf der Erde, insbesondere Osteoporose, verursachen ähnliche Veränderungen in der Knochenstruktur. Es ist daher denkbar, den hier entwickelten Mechanismus auch für die Behandlung dieser Patienten einzusetzen.

Experiment: EBOB

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma:

Weiterführende Informationen: [www.esa-tec.eu/space-technologies/from-space/exercising-for-bone-benefits-ebob-a-new-kind-of-exercise-equipment-with-inbuilt-impact-generator/](http://www.esa-tec.eu/space-technologies/from-space/exercising-for-bone-benefits-ebob-a-new-kind-of-exercise-equipment-with-inbuilt-impact-generator/)

### **Sterile Bedingungen dank Ozon und UV-Licht**

Die Microgravity Science Glovebox (MSG) ist eine Experimentvorrichtung für die ISS. In der MSG können Experimente verschiedenster Art in einer geschützten Umgebung durchgeführt werden. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf Versuchen im Bereich Biologie. Um zu verhindern, dass Rückstände früherer Experimente neue Experimente verunreinigen, wurde ein System entwickelt, das die MSG mit UV-Licht und Ozon flutet und so zu einer Sterilisierung nicht nur der Oberflächen, sondern auch der Luft führt. Anschließend wird das Ozon wieder in herkömmlichen Sauerstoff zurückgeführt. Ähnliche Verfahren zur Sterilisierung von Oberflächen sind bereits terrestrisch im Einsatz. Die Erweiterung dieser Verfahren auf Gase könnte zahlreiche Anwendungsfelder bieten.

Experiment: MSG

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Wakati VZW

Weiterführende Informationen: [www.esa-tec.eu/space-technologies/from-space/ozone-technology-to-disinfect-and-sterilise-air/](http://www.esa-tec.eu/space-technologies/from-space/ozone-technology-to-disinfect-and-sterilise-air/)  
[www.wakati.org](http://www.wakati.org)

### **Virtuelles Training für Astronauten**

Astronauten müssen bei ihren Einsätzen hochkomplexe Tätigkeiten ausführen. Ein intensives Training ist dafür nötig. Für eine Vielzahl von Fällen kann jedoch nicht direkt in der späteren Ausführungsumgebung trainiert werden. Virtual Reality-Systeme (VR) können diese darstellen und es so den Astronauten ermöglichen möglichst realitätsnah zu trainieren. VR-Systeme können zudem auch eingesetzt werden, wenn Astronauten robotische Elemente außerhalb ihres Raumfahrzeuges aus der Ferne bedienen sollen. Als terrestrische Anwendungen sind eine Vielfalt an Trainingsszenarios sowie Situationen, in denen Roboter in Umgebungen gesteuert werden müssen, in die Menschen sich nicht aufhalten können (z. B. Katastrophengebiete) vorstellbar.

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: RIF e.V.

Weiterführende Informationen: [www.ciros-engineering.com/de/produkte/virtuelle-realitaet/projektive-vr/](http://www.ciros-engineering.com/de/produkte/virtuelle-realitaet/projektive-vr/)

## Effizienteres Arbeiten durch Augmented Reality (AR) II

Astronauten müssen während ihrer Missionen sehr vielfältige Aufgaben durchführen. Um sie dafür zu schulen durchlaufen sie rigoroses Trainingsprogramm in ihrer Ausbildung. Checklisten mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen unterstützen sie bei der Durchführung der Aufgaben im All. Um das Training und die Arbeit von Astronauten effizienter zu machen, wurde ein System entwickelt, mit dem in die Umgebung des Astronauten Hinweise und Anweisungen projiziert werden. Dieses Verfahren nennt sich Augmented Reality (AR). Der Astronaut soll so schneller und besser die nötigen Schritte für seine Aufgaben durchführen können. In unvorhergesehenen Situationen kann ein nicht anwesender Experte hinzugeschaltet werden, der über das AR-System zusätzliche Hilfestellungen gibt. Der Astronaut trägt das System dabei auf den Augen und hat so die Hände zum Arbeiten frei. Nicht nur in der Raumfahrt, sondern auch in der Wirtschaft ist Arbeitszeit eine wertvolle Ressource. Der Einsatz des AR-Systems soll auch außerhalb der Raumfahrt helfen, dass Aufgaben vor Ort schneller und besser erledigt werden können.

Experiment: WEAR++

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: VISICS KU Leuven

Weiterführende Informationen: [www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Augmented\\_reality\\_to\\_help\\_astronauts\\_make\\_sense\\_of\\_space](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Augmented_reality_to_help_astronauts_make_sense_of_space)

## Zuverlässige und zeitnahe Luftanalyse in geschlossenen Umgebungen

Damit Menschen im All überleben können, muss eine für sie passende Umgebung geschaffen werden. Die so genannten Lebenserhaltungssysteme sorgen dafür, dass Temperatur und Luftfeuchtigkeit sich in einem angenehmen Bereich bewegen, sowie dass die Zusammensetzung der Luft einer atembaren Zusammensetzung entspricht. Dabei ist es nicht nur wichtig die Anteile von Kohlendioxid, Sauerstoff und Stickstoff zu überwachen, sondern auch mögliche gefährliche Verunreinigungen in der Atemluft schnell aufzuspüren. Dies ist besonders wichtig, da viele der technischen Systeme um die Astronauten herum, gesundheitsgefährdende Stoffe enthalten, die bei einem Störfall in die Kabinenluft entweichen können. Bisher mussten dazu meist Luftproben genommen werden, die dann erst am Boden analysiert werden konnten. Mit ANITA wurde ein Sensor entwickelt, der eine Vielfalt an möglichen Verunreinigungen in Echtzeit detektieren kann. Das System wurde erfolgreich auf der ISS erprobt. Das gleiche Verfahren könnte auch zur Überwachung der Luft in geschlossenen Umgebungen auf der Erde eingesetzt werden. Beispiele dafür wären U-Boote und Minenschächte.

Experiment: ANITA

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA, NASA

Anwendungsfirma: OHB System AG

Weiterführende Informationen: [www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1303\\_read-9348/#/gallery/13514](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1303_read-9348/#/gallery/13514)

## Erschnüffeln von mikrobiologischen Verunreinigungen

Wie in jeder Wohnung auf der Erde kann es auch in der Raumstation ISS zu mikrobiellen Verunreinigungen durch Pilze, Keime und Sporen kommen. Besonders in einer so geschlossenen

Umgebung wie einer Raumstation kann dies zur Beeinträchtigung der Gesundheit der Crew führen. Es ist also wichtig, festzustellen wo es zu Kontaminierungen kam und ob krankheitserregende Keime dabei sind. Bisher mussten dafür Abstriche von betroffenen Stellen gemacht werden, die dann erst auf der Erde in Labors ausgewertet werden konnten. Die elektronische Nase (E-Nose) ist ein einfach zu handhabendes System, das direkt vor Ort die Verunreinigung identifizieren kann. Sie baut dabei auf ein bereits terrestrisch angewandtes Verfahren auf. Der Einsatz im All hat wichtige Ansätze zur Weiterentwicklung dieser Technologie geliefert. Ein Einsatz in der klinischen Diagnostik wird derzeit erprobt.

Experiment: E-Nose & E-Nose II

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR, ROSKOSMOS

Anwendungsfirma: AIRSENSE Analytics GmbH, Airbus Defence & Space, Klinikum der Universität München

Weiterführende Informationen: [www.airsense.com/de/news/unsere-elektronische-nase-auf-space-tour-zur-iss](http://www.airsense.com/de/news/unsere-elektronische-nase-auf-space-tour-zur-iss)  
[www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22830412](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22830412)

### **Durchatmen im All und unter Wasser**

Die Zusammensetzung der Atemluft in der Kabine ist für das Überleben von Astronauten auf ihrer Mission essentiell. Die so genannten Lebenserhaltungssysteme müssen dabei die Zusammensetzung der Luft überwachen und gegebenenfalls gegensteuern. Die Entfernung von giftigem Kohlendioxid ist dabei eine der wichtigsten Aufgaben dieser Systeme. Um den Bedarf an Nachschub zu verringern, wird angestrebt, dass solche Filtersysteme möglichst regenerativ arbeiten, das bedeutet, dass sie beim Betrieb nicht verbraucht werden. Für das europäische Labormodul Columbus wurde ein solches Lebenserhaltungssystem in Europa entwickelt. Die Technologien zum Entziehen des Kohlendioxids wurden inzwischen auch erfolgreich für lange Unterwasserfahrten von militärischen U-Booten adaptiert.

Projekt: Columbus, ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Airbus Defence & Space

Weiterführende Informationen: [www.naval-technology.com/contractors/hvac/dornier/](http://www.naval-technology.com/contractors/hvac/dornier/)  
[www.ecls.de](http://www.ecls.de)

### **Weltraumenergiespeicher für zu Hause**

Wie alle technischen Systeme brauchen auch Raumsonden und Rover auf anderen Planeten Energie damit sie funktionieren. Meist wird diese über Solarpaneele erzeugt. Es gibt jedoch auch Situationen, in denen die Sonneneinstrahlung nicht ausreicht, um dauerhaft genügend Energie zu erzeugen. Dann muss Energie zwischengespeichert werden. Eines dieser Speicherverfahren ist die Reversible Brennstoffzelle (RFCZ). In ihr wird Energie in Form von Wasserstoff und Sauerstoff gespeichert. Wird die Energie benötigt, reagieren die beiden Stoffe in einer Brennstoffzelle und erzeugen Energie. Dabei entsteht Wasser. Will man Energie speichern wird das Wasser über einen Hochdruckelektrolyseur wieder in Wasserstoff und Sauerstoff gewandelt. Dezentrale Energiespeicherung ist inzwischen auch auf der Erde ein wichtiges Thema geworden. Der erhöhte Anteil an erneuerbaren Energien und deren Schwankungen machen neue Speicherkonzepte nötig.

Die regenerative Brennstoffzelle aus der Raumfahrt könnte hier einen Beitrag leisten. Aber auch ein Einsatz in entlegenen Gebieten der Erde wäre denkbar.

Projekt: RFCS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR

Anwendungsfirma: Airbus Defence & Space, Linde AG

### **Verteilte Sensornetzwerke**

Sowohl in der Raumfahrt als auch am Boden gibt es zahlreiche Situationen, in denen Netzwerke aus verteilten Sensoren von Nutzen sein können. Während die meisten technischen System bereits mit einer gewissen Sensorik ausgestattet sind, ist es doch oft wünschenswert, ein zweites, unabhängiges System zu haben. Das Experiment WiSe-Net verwendet Miniatursender, die unabhängig voneinander platziert werden können und über eine Drahtlose Datenverbindung miteinander kommunizieren. Sie überwachen die Umweltbedingungen innerhalb des Columbus-Labors auf der ISS. Die Arbeiten zu WiSe-Net helfen, diese Technologie robuster, kleiner und energieeffizienter zu machen. So werden auch viele terrestrische Anwendungsgebiete weiter erschlossen.

Experiment: WiSe-Net

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Airbus Defence & Space

Weiterführende Informationen: [www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1338\\_read-10509/#/gallery/14967](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1338_read-10509/#/gallery/14967)

### **Die „Unterdruckhose“**

In ihrer normalen Schwerkraftumgebung auf der Umgebung befindet sich bei Menschen ein Großteil ihres Blutes in der unteren Körperhälfte. Befindet man sich nun in der Schwerelosigkeit, ändert sich dies signifikant. Das Blut wandert vermehrt in die obere Körperhälfte. Daran muss sich auch das Herz-Kreislaufsystem anpassen. Bereits seit den 1980ern wird auf diesem Gebiet geforscht. Im Auftrag des DLR wurde von Airbus Defence & Space dafür das Lower Body Negative Pressure Device (LBNP), auch Unterdruckhose genannt, entwickelt. Über Unterdruck wird damit das Blut wieder in die untere Körperhälfte gedrückt. Zusammen mit einer Erfassung der Herz-Kreislaufparameter kann so auf der ISS an diesem Komplex geforscht werden. Teilweise kommt ein vom LBNP abgeleitetes Gerät auch in der terrestrischen Forschung am Herz-Kreislaufsystem zum Einsatz.

Inzwischen wird das System auch bei der Rehabilitation von Patienten, die in Folge einer lange Bettlägerigkeit an einem Leistungsabfall des Herz-Kreislaufsystems leiden, eingesetzt.

Experiment: LBNP

Projekt: ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: DLR, ESA, NASA

Anwendungsfirma: Weyergans High Care AG

Weiterführende Informationen: [vacusport.de/img/media/f1097358cb2460bad134e1048e3a1627.pdf](http://vacusport.de/img/media/f1097358cb2460bad134e1048e3a1627.pdf)  
[www.weyergans.de](http://www.weyergans.de)

### **Plasmafilterung von Luft**

Eine Atemluft, die frei von biologischen Verunreinigungen ist, ist in geschlossenen Umgebungen wie der ISS besonders wichtig. Sowohl auf der alten Raumstation Mir als auch auf der ISS wird ein System eingesetzt, das Plasma verwendet, um die Atemluft zu reinigen. Diese Technologie wurde angepasst, um sie auch in Krankenhäusern oder in Flugzeugen einzusetzen.

Projekt: Mir, ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA, ROSKOSMOS

Anwendungsfirma: AirInSpace SAS

Weiterführende Informationen: [www.airinspace.com/fr/page/12](http://www.airinspace.com/fr/page/12)

### **Sauerstoffatome wie Stecknadeln im Heuhaufen**

Eigentlich denkt man bei der Außenumgebung der ISS an Schwärze und Leere. Das Vakuum des Weltalls nennt man dies. Jedoch ist auch dies kein Perfektes Vakuum. Letzte Reste unserer Atmosphäre sind auch in 350 km Höhe noch vorhanden. So z. B. auch einzelne Sauerstoffatome, die dann mit der Außenhaut der Raumstation interagieren können und diese dabei beschädigen. Um damit die Alterung der ISS-Module zu bestimmen und um für das Design künftiger Raumstationen zu lernen, wurde in einem Experiment dieser Restsauerstoff gemessen. Dafür wurden hochsensible, miniaturisierte und dabei noch widerstandsfähige Sensoren entwickelt. Auch auf der Erde gibt es viele Anwendungen, bei denen man Gaszusammensetzungen messen möchte. Atemgasanalyse für die Gesundheitsforschung oder die Steuerung von Verbrennungsprozessen sind Beispiele dafür.

Experiment: FIPEX, Wiedereintrittsforschung

Projekt: ISS

Agentur: DLR, ESA, NASA

Anwendungsfirma: LAMTEC Meß- und Regeltechnik für Feuerungen GmbH & Co. KG

Weiterführende Informationen: [www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1303\\_read-9360/#/gallery/15065](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10337/1303_read-9360/#/gallery/15065)  
[www.lamtec.de](http://www.lamtec.de)

### **Ausfilterung und Zurverfügungstellung von Kohlenstoffdioxid**

In der Erdatmosphäre beträgt der Anteil an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) ungefähr 0,04 %. Wir Menschen haben uns im Laufe der Evolution daran angepasst. Steigt der CO<sub>2</sub>-Anteil in unserer Atemluft an, kann dies zu gefährlichen Vergiftungserscheinungen und schlussendlich zum Tod führen. Da der Mensch beständig CO<sub>2</sub> ausatmet, ist es besonders in geschlossenen Umgebungen, wie z. B. einer Raumstation, den CO<sub>2</sub>-Anteil zu kontrollieren und zu regulieren. Dafür werden verschiedene Technologien eingesetzt. Eines dieser Systeme bindet das CO<sub>2</sub> an einem Feststoff und speichert es so. Die Firma Skytree hat diese Technologie weiterentwickelt, um sie auf der Erde einzusetzen. Mit ihr kann das CO<sub>2</sub> aus der Luft gefiltert werden, es kann gespeichert und konzentriert werden und, wenn es notwendig sein sollte, wieder abgegeben werden. Von Gewächshäusern bis zur Nahrungsmittelindustrie sind dafür viele Anwendungsmöglichkeiten möglich.

Projekt: ISS

Agentur: ESA

Anwendungsfirma: Skytree

Weiterführende Informationen: [www.skytree.eu](http://www.skytree.eu)

### **Tiefsttemperaturen im Weltall**

Für ein Magnetfeldexperiment an Bord der ISS war es nötig die Apparatur auf sehr niedrige Temperaturen herunter zu kühlen. Wie immer bei der astronautischen Raumfahrt waren Kompaktheit, geringe Masse, geringer Energieverbrauch und Robustheit elementar für den Einsatz des Geräts im All. Dafür wurde ein kommerziell erhältlicher Kühler mit einer zusätzlichen Wasserkühlung versehen. Dies erhöhte die Effizienz des Geräts beträchtlich und ermöglichte es, das Experiment erfolgreich durchzuführen. Der Hersteller des ursprünglichen Kühlers war von der Verbesserung der Leistung so angetan, dass er die neue Funktionsweise für eine verbesserte Version des Kühlers übernahm und vermarktete.

Experiment: MFX

Projekt: ISS

Agentur: DLR

Anwendungsfirma: AIM INFRAROT-MODULE GmbH

Weiterführende Informationen: [www.aim-ir.com](http://www.aim-ir.com)

### **Überwachung der Vitalfunktionen**

Für viele humanphysiologische Experimente auf der ISS müssen die Vitalfunktionen der Astronauten möglichst lückenlos überwacht werden. Hierfür wurde ein Set an Sensoren für Hirnaktivität, Atmung, Puls und Körperkerntemperatur entwickelt. Diese Sensoren kommen heute auch in der Sportforschung zum Einsatz. Auch die Anwendung in Krankenhäusern ist denkbar.

Projekt: ISS

Agentur: ESA

Anwendungsfirma: SenseCore AG

Weiterführende Informationen: [www.senseyourcore.com](http://www.senseyourcore.com)

### **Weltraumstrahlung und sicheres Essen**

Wenn sich Astronauten im All befinden sind sie einer höheren Strahlung als auf der Erdoberfläche ausgesetzt. Ihre Strahlendosis über den Verlauf der Mission zu messen ist daher für Erhaltung ihrer Gesundheit essentiell. Gleichzeitig liefern uns diese Messwerte wichtige Daten für wissenschaftliche Experimente über die Strahlungsumgebung im Weltall. Damit die Astronauten bei ihrer täglichen Arbeit durch die Messung der Strahlung möglichst wenig beeinträchtigt werden, wurden kleine, zuverlässige und genaue Messgeräte, so genannte Dosimeter, entwickelt. Diese tragen die Astronauten an ihrer Kleidung. Auch auf der Erde ist es wichtig Strahlung messen zu können. Sie stammt dabei aus verschiedenen Quellen. Die Aufnahme der Strahlung durch den Verzehr kontaminierter Lebensmittel stellt z. B. ein Gesundheitsrisiko für alle Menschen dar. Daher werden Lebensmittel nicht nur auf mikrobiologische Verunreinigungen, sondern auch auf Strahlung getestet. Die Firma Condi Food hat dafür die Weltraumtechnologie angepasst, um damit handliche und leicht zu bedienende Dosimeter für die Lebensmittelsicherheit zu entwickeln.

Projekt: ISS

Agentur: ESA

Anwendungsfirma: Condi Food

Weiterführende Informationen: [www.condifood.com](http://www.condifood.com)

### **Bakterien gegen Cholesterin**

Sogenannte Lebenserhaltungssysteme sorgen in Raumschiffen dafür, dass Menschen in Ihnen leben können. Sie regulieren die Atemluft in der Kabine, versorgen die Astronauten mit Nahrung und Wasser und sorgen dafür, dass die Temperatur angenehm ist. Wie auch Menschen auf der Erde verbrauchen Astronauten die Ressourcen, die ihnen zur Verfügung stehen. So wird z. B. aus Sauerstoff Kohlenstoffdioxid und Nahrung wird verzehrt. Da es jedoch sehr aufwendig und teuer immer wieder neue Ressourcen ins All zu bringen, wird viel daran geforscht, wie man Lebenserhaltungssysteme zu gestaltet, dass sie möglichst viele Ressourcen recyceln können und somit weniger oft Nachschub brauchen. So sollen innerhalb eines Raumschiffes möglichst geschlossene Kreisläufe entstehen. Das ESA-Projekt MELiSSA forscht an solchen Kreisläufen. Für einen Teilaspekt wurde ein Bakterium untersucht, das organische Substanzen verarbeiten kann. Dabei wurde festgestellt, dass das gleiche Bakterium den Level an LDL-Cholesterin in Lösungen verringern kann. Diese Art Cholesterin ist oft für gesundheitliche Beeinträchtigungen bei Menschen verantwortlich. Die neugegründete Firma EzCOL BV untersucht nun, in wie weit dieses Bakterium im allgemeinen Gesundheitsbereich eingesetzt werden kann.

Experiment: MELiSSA

Projekt: ISS

Agentur: ESA

Anwendungsfirma: EzCOL BV

Weiterführende Informationen: [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Human\\_Spaceflight/Research/Red\\_bacteria\\_fighting\\_cholesterol\\_for\\_you](http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/Red_bacteria_fighting_cholesterol_for_you)

### **Sanfte Roboter für terrestrische Anwendungen**

Auch auf der Internationalen Raumstation ISS werden Roboterarme eingesetzt, um die Astronauten an Bord zu unterstützen. Diese Roboterarme wurde beim Aufbau der Station eingesetzt, sie fangen Frachtraumschiffe ein und docken diese an die Station, sie helfen beim Entladen dieser Frachter und sie kommen bei Außenbordeinsätzen von Astronauten unterstützend zum Einsatz. Der Roboterarm der ISS, Canadarm2 wurde im Auftrag der kanadischen Raumfahrtagentur CSA entwickelt. Damit er beim Betrieb nicht mit der ISS kollidiert und diese so beschädigt, ist er mit speziellen Sensoren (Kinotex genannt) ausgestattet, die spüren sobald sie etwas anderes berühren. Diese künstliche Haut kann auch bei Anwendungen auf der Erde zum Einsatz kommen. Sie kann für den gleichen Zweck bei Produktionsrobotern verwendet werden, oder sie misst z. B., ob ein Sitz im Auto besetzt ist, damit der Airbag im Falle eines Unfalls punktgenau auslösen kann.

Experiment: Canadarm2

Projekt: ISS

Agentur: CSA

Anwendungsfirma: Kinotex Sensor GmbH

Weiterführende Informationen:

### **Astronautentraining für gesunde Knochen und Muskeln**

Dass sich Schwerelosigkeit auf den Aufbau von Knochen und Muskeln negativ auswirkt, ist seit längerem bekannt. Viel Forschung wird betrieben, um diese Phänomene besser zu verstehen. Krankheiten wie Osteoporose zeigen ähnliche Erscheinungen und daher kann die Forschung im Weltraum auch auf der Erde etwas bewirken. Ein Mittel gegen die Schwächung von Muskeln und Knochen der Astronauten ist ein effizientes Training. Da die Zeit der Astronauten während ihrer Missionen sehr kostbar ist, soll dieses Training natürlich in kurzer Zeit möglichst viel erreichen. Aus diesem Grund wurde das Galileo-System entwickelt. Dieses besteht auf einer regelbaren Vibrationsplatte, auf der die Astronauten trainieren sollen. Untersuchungen auf der Erde haben gezeigt, dass bereits wenige Minuten Galileo-Nutzung ein viel längeres konventionelles Training ersetzen können. Inzwischen wird die Galileo-Technologie auch ausgiebig auf der Erde eingesetzt: in Fitnessstudios, in der Geriatrie und in der Rehabilitationsmedizin.

Experiment: Galileo

Projekt: ISS

Agentur: ESA

Anwendungsfirma: Novotec Medical GmbH, Stratec Medizintechnik GmbH

Weiterführende Informationen: [www.galileo-training.com](http://www.galileo-training.com)

### **Schwerelosigkeit für sparsamere Flugzeuge**

Materialforschung ist schon immer ein großes Thema in der Mikrogravitationsforschung gewesen. So ist es auch auf der ISS. Indem man mithilfe der Schwerelosigkeit Prozesse in Metallschmelzen sichtbar macht, die sonst von der Schwerkraft überlagert werden, kann man einiges über Metalle und ihre Legierungen lernen. Neben dem Material Science Laboratory der NASA gibt es seit kurzem im europäischen Labormodul Columbus den Electro Magnetic Levitator (EML), der ebenfalls Experimente in diesem Bereich ermöglicht. Zusammen mit der Forschung aus Parabelflügen und von Höhenforschungsraketen haben die Erkenntnisse von der ISS dazu geführt, dass eine Titanaluminid genannte Legierung nun in modernen Flugzeugtriebwerken eingesetzt werden kann. Sie ist um einiges leichter als die bisherigen Materialien, hat aber ähnliche Eigenschaften. So lässt sich Gewicht einsparen und das kommt in der Luftfahrt natürlich auch immer der Umwelt zu Gute.

Experiment: MICAST

Projekt: ISS

Agentur: DLR, ESA, NASA

Anwendungsfirma: Access e.V.

Weiterführende Informationen: <http://www.access.rwth-aachen.de/>

### **Sich rasend schnell näher kommen**

Wenn man im All unterwegs ist, braucht man dafür meist sehr hohen Geschwindigkeiten. So verhält es sich auch mit der Internationalen Raumstation ISS. Mit ca. 27.000 km pro Stunde rast sie um die Erde. Wenn dann ein Frachter an der ISS anlegen will, ist höchste Präzision gefragt. Das europäische Automated Transfer Vehicle (ATV) hat auf seinen fünf Missionen genau dies gemeistert. Eine vergleichbare Situation liegt bei der automatischen Betankung von Militärflugzeugen in der Luft vor. Dabei sind Präzision und eine genaue Koordinierung der beteiligten Fahrzeuge essentiell. Derzeit gibt es zwei wesentliche Systeme, die entweder die Aktivitäten auf Seiten des zu betankenden Flugzeuges oder des Tankers vorsehen. Bei letzterem wird dieses mit Hilfe von Teleskopstangen durchgeführt, die aktiv von einem im Tankflugzeug

befindlichen Bediener gesteuert werden. Im Rahmen eines Airbus Defence & Space internen Innovationsprojektes wird derzeit untersucht, ob die Relativnavigationstechnologie des ATV hier eingesetzt werden kann.

Projekt: ATV

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Airbus Defence & Space

### **Frische Luft im All und in Flugzeugen**

Die Lebenserhaltungssysteme in Raumstationen sorgen unter anderem dafür, dass schädliches Kohlenstoffdioxid aus der Kabinenluft gefiltert wird. So kann die vorhandene Luft wieder aufbereitet werden. Das ist wichtig, da in der Raumfahrt der Nachschub mit „neuer“ Luft aufwendig und teuer ist. Bei Flugzeugen wird diese frische Luft in der Regel aus den Turbinen abgezweigt. Das kostet Energie und geht zu Lasten der Reichweite. Eine Luftaufbereitung wie wir es an Bord der Internationalen Raumstation ISS haben, kann hier eine effiziente Lösung darstellen. Die gestiegenen Anforderungen im Bereich der Effizienz an Flugzeugbauer macht dieser Raumfahrttechnologie auch für die Luftfahrt attraktiv.

Projekt: Columbus, ISS

Beteiligte Raumfahrtagenturen: ESA

Anwendungsfirma: Airbus Defence & Space

Weiterführende Informationen: [www.ecls.de](http://www.ecls.de)