

## Strahlenschutz bei der Raumfahrt?

Am 21. Juli 1969 landeten **Neil Armstrong** und **Buzz Aldrin** in der Apollo-11-Mission auf dem Mond. Insgesamt 12 US-amerikanische Astronauten haben während der Apollo-Missionen den Mond betreten. Nun planen die „National Aeronautics and Space Administration“ der USA (NASA), aber auch Raumfahrtagenturen weiterer Länder als nächsten Schritt im Rahmen des Artemis-Programms Missionen zum Mond, beginnend mit einer Mond-Orbitalstation bis hin zur erneuten Landung von Astronaut/-innen auf dem Mond. Auch eine temporär bemannte Mond-Station ist in der Planung.

### Mars-Mission

Diese oben genannten Missionen dienen auch der Vorbereitung einer bemannten Mission zum Mars. Alle 2 Jahre stellt sich eine günstige Konstellation zwischen Erde und Mars ein, die einen energetisch optima-

len Transfer zu unserem Nachbarplaneten ermöglichen würde. Das nächste günstige Zeitfenster wäre 2033 und dann erst wieder 2048.

**2033  
günstiges  
Zeitfenster**

Für die Reise von der Erde zum Mars sowie

für die Rückfahrt müssen etwa 7 bis 9 Monate veranschlagt werden und für die Verweildauer auf dem Mars wird mit rund 500 Tagen gerechnet.

Eine Mars-Mission ist in jeder Hinsicht ein außergewöhnliches Wagnis, bei dem lange nicht alle möglichen gesundheitlichen, technologischen, logistischen und weiteren unbekanntem Risiken und Herausforderungen vorhergesehen werden können. Die Crew muss für die ganze Mission in jeder Hinsicht autark sein. Dies betrifft sowohl die Versorgung mit Energie, Sauerstoff, Wasser und Lebensmitteln als auch die Beherrschung aller Arten von technischen, gesundheitlichen und psychischen Problemen, die während der Mission auftreten könnten. Insbesondere in einem Notfall ist die Crew

ganz auf sich selbst gestellt, denn es gibt noch keine „Space Ambulance“, die bei einem Ernstfall Betroffene rasch ins nächste Krankenhaus bringen könnte. Damit werden der technische Support, aber auch eine medizinische Behandlung durch Ferndiagnose zu einer besonderen Herausforderung, denn die Übertragung eines Funksignals von der Erde zur Mars-Mission dauert, je nach Konjunktion Erde-Mars, zwischen einigen bis über 20 Minuten.

### Strahlenschutzrelevante Aspekte

Der Schwerpunkt dieser StrahlenschutzPRAXIS beschränkt sich ausschließlich auf die strahlenschutzrelevanten Aspekte der angesprochenen Missionen. Die Strahlenschutzaspekte bei der Zivilluftfahrt wurden bereits im Heft 2/2014 der StrahlenschutzPRAXIS mit dem Schwerpunktthema „Strahlenexposition beim Fliegen – ein Fall für den Strahlenschutz“ behandelt [1].

### Kosmische Strahlung

Das Magnetfeld und die Atmosphäre unseres Planeten bieten einen äußerst wirksamen Schutz gegen kosmische Strahlung. Nur dadurch wurde Leben auf der Erde erst möglich. Beides fehlt heute auf Mond und Mars. Der Atmosphärendruck auf dem Mars beträgt

gerade mal ein halbes Prozent von demjenigen der Erde und sein Magnetfeld ist rund 4 Größenordnungen schwächer als dasjenige unseres Planeten. Die Hülle der Raumfahrzeuge bietet nur einen beschränkten Schutz gegen die Exposition durch die Strahlung. Eine Behausung auf dem Mars benötigt mehrere Meter dicke Wände, um die Exposition auf das Erdniveau zu reduzieren.

### Strahlungsfeld natürlichen Ursprungs

Im All sind Astronaut/-innen im Rahmen ihrer Mission einem Strahlungsfeld natürlichen Ursprungs ausgesetzt, das von dem auf der Erde sehr verschieden ist. Das im All herrschende Strahlungsfeld ist sehr komplex: Elektronen, Protonen, Alpha-Teilchen und schwere Ionen hoher Energie, galaktischen und solaren Ursprungs sowie Sekundärstrahlung, die aus der Wechselwirkung der primären kosmischen Strahlung mit der Hülle des Raumfahrzeuges erzeugt werden, darunter auch Neutronen. Durch das interplanetare Magnetfeld, den Sonnenwind und das Magnetfeld der Erde werden diese Strahlungsfelder moduliert. So steht etwa die Intensität der kosmischen Strahlen im Sonnensystem in Antikorrelation zur Sonnenaktivität.

### Galaktische kosmische Strahlung

Die galaktische kosmische Strahlung, der Astronaut/-innen bei der Raumfahrt ausgesetzt sind, führt zu einer erheblichen Strahlenexposition. Schon ein Aufenthalt von 6 Monaten auf der ISS (International Space Station) führt zu Dosen im Bereich zwischen 80 bis 120 mSv. Vergleichbare Dosen erhalten Astronaut/-innen auf der Mond-Oberfläche. Für den Transfer zum Mars in 180 Tagen muss mit 300 bis 400 mSv gerechnet werden und etwa mit der gleichen

**Elektronen,  
Protonen,  
Alpha-Teilchen,  
schwere Ionen**

**Mars-Mission  
= Strahlen-  
exposition von  
rund 1 Sv**

Dosis bei einem Aufenthalt auf dem Mars von 500 Tagen. Für eine Mars-Mission muss somit mit einer gesamten zusätzlichen Strahlenexposition von rund 1 Sv gerechnet werden. Hinzu kommen Strahlenschauer aus Sonneneruptionen (SPE = Solar Particle Events), die Dosen bis in den Bereich von 1 Sv pro Tag verursachen können, falls die Astronaut/-innen ungeschützt im Raumanzug oder in Raumfahrzeugen ohne Schutzschild exponiert werden. Solche Expositionen können lebensbedrohlich sein. Die genannten Strahlenexpositionen übersteigen die auf der Erde erlaubten Expositionen deutlich und erhöhen bei den Betroffenen das Risiko, an Krebs zu sterben, um einige Prozent.

### Schutzkonzepte und Risikobetrachtungen für Teilnehmer von Space-Missionen

Die gängigen Grundsätze, Schutzkonzepte und Risikobetrachtungen für die berufliche Strahlenexposition auf der Erde und bei der Zivilluftfahrt lassen sich gemäß ICRP nicht eins zu eins auf Teilnehmer von Space-Missionen übertragen.

Grundidee der NASA ist es, das zusätzliche Risiko der Astronaut/-innen vergleichbar mit dem Sterberisiko der Hochstrisikogruppe der auf der Erde Beschäftigten zu machen. Die NASA erlaubt daher

für Astronaut/-innen ein kumuliertes Berufsterberisiko von maximal 3 Prozent. Dies entspricht einer Dosis für das gesamte Berufsleben eines Astronauten/einer Astronautin von höchstens 600 mSv, wie es die Nationale Akademie der Wissenschaften der USA empfiehlt [2].

Auch die Messgrößen, Hilfsgrößen und die Methoden zur Bestimmung der Exposition müssen überdacht wer-

den, etwa der Strahlenwichtungsfaktor  $w_R$ , der zu einer deutlichen Überschätzung des Beitrages für schwere Ionen bis  $Z = 28$  führt. Daher erweist sich der Qualitätsfaktor in Abhängigkeit vom LET als besser geeignet für die Abschätzung der biologischen Wirksamkeit.

Zur besseren Ermittlung der tatsächlichen Exposition dienen Messungen mittels eines Phantoms (Matroschka-Phantom).

Für die Bestimmung der effektiven Dosen oder von individuellen Organ-Äquivalentdosen sind

- Flussdichte und Energieverteilung der Strahlung,
- der lineare Energietransfer,
- die absorbierte Dosis an der Körperoberfläche und
- weitere spezifische Messgrößen zu erfassen.

Transportrechnungen sind erforderlich zur Berechnung der Strahlenfelder (etwa mittels Monte-Carlo-Simulationen) im Inneren der Raumfahrzeuge und zur Berechnung der Organdosen von Astronaut/-innen.

Eine besondere Herausforderung für die NASA (und auch für die Raumfahrtagenturen anderer Länder, die Mars-Missionen planen) bleibt die Suche nach Materialien und Methoden für eine (aktive oder passive) Abschirmung gegen Strahlung, dies sowohl in ei-

ner Raumstation, im Raumfahrzeug während des Transfers zum Mars als auch in Behausungen für einen längeren Aufenthalt, beispielsweise auf dem Mars.

### Fazit

Die menschliche Neugier kennt bekanntlich keine Grenzen und sie ist meist auch stärker als die Angst vor dem Unbekannten. Die Astronaut/-innen, die sich heute auf eine Mars-Mission vorbereiten, sind wahrscheinlich ebenso verrückt und tollkühn wie die

portugiesischen und spanischen Seefahrer, die sich im 15. Jahrhundert auf das unbekannte und gefährliche Meer hinauswagten, um neue Länder und Kontinente zu entdecken. Während damals – nebst der Bedrohung durch das „Mar tenebroso“ – ein durch Vitamin-C-Mangel ausgelöster Skorbut eine der größten Gefahren war, ist es bei der Mars-Mission wohl die kosmische Strahlung.

Heute ermöglicht es uns die Wissenschaft, Überlegungen über die zu erwartenden Strahlendosen und Risiken bereits bei der Planung solcher Expeditionen anzustellen, um die Maßnahmen zum Schutz der beteiligten Personen so weit wie möglich zu optimieren.

Hansruedi Völkle □

Anzeige



### SK UT Strahlenschutzkurse Uni Tübingen

#### Fachkunde- und Inhousekurse im Strahlenschutz

- zum Fachkundeerwerb und zur Fachkundeaktualisierung in Tübingen
- Fachkundeaktualisierung durch Inhousekurse

Besuchen Sie uns auf unserer Homepage und finden Sie den passenden Kurs!

[www.strahlenschutzkurse-UT.de](http://www.strahlenschutzkurse-UT.de)

Kursleiter: Dr. Thomas Haug  
haug@wit-strahlenschutz.de

