

Ikaros' Epigonen

Die Fallhöhe des *alluntauglichen* Homo sapiens ist groß

Harald Lesch/Harald Zaun

Disclaimer: Wir begrüßen eine bemannte Raumfahrt, weisen aber in diesem Beitrag auf die Gefahren und Unbequemlichkeiten hin, die den Weg zu einer bemannten Mars-Mission erschweren. In diesem Essay, in dem vornehmlich Raumfahrer als Zeitzeugen zu Wort kommen, spiegeln wir deren in situ er- und durchlebte medizinische, psychologische und umweltbedingte Alltagsprobleme wider, die auch spätere Lunanauten und Marsonauten zu bewältigen haben. Überdies könnte der Faktor *menschliche Hybris* nachhaltige Konsequenzen haben. Diese Abhandlung versteht sich nicht als weltraummedizinische Analyse, die alle Facetten und den Diskurs dieser Disziplin reflektiert.

“Any civilization that doesn't develop space travel dies.” (Carl Sagan)



https://de.wikipedia.org/wiki/Daidalos#/media/File:Rubens,_Peter_Paul_-_The_Fall_of_Icarus.jpg
BU: "Der Sturz des Ikaros" von Peter Paul Rubens (1636).
Bild: frei

1. Gefahrenvolle Höhen

Sich wie ein Vogel in die Luft zu erheben, sich von ihr emportragen zu lassen und wie ein Adler in himmlischer Höhe majestätisch und sicher zu gleiten – dieser uralte Menschheits Traum fand erstmals im Okzident in der griechischen Mythologie nachweislich schriftlichen Niederschlag: in der Sage von „Daidalos und Ikaros“. Der literarisch von Ovid (43 v. Chr.–17 n. Chr.) in seinen *Metamorphosen* veredelte und verklärte Absturz des Ikaros nahm seinen Anfang, als der von Heimweh geplagte Vater Daidalos den Plan schmiedete, der von König Milos auferlegten Verbannung auf der Mittelmeerinsel Kreta zu entkommen. Um der Gefangenschaft zu entfliehen, sammelte der

findige Athener Vogelfedern von verschiedener Größe, verknüpfte sie in der Mitte mit Fäden und befestigte sie weiter unten mit Wachs an einem Gestänge. „Flieg immer in der Mitte, wenn du zu tief fliegst, können die Fittiche ans Meerwasser streifen und von der Feuchtigkeit zu schwer werden und dich in die Tiefe ziehen. Wenn du aber zu hochsteigst, könnte dein Gefieder den Sonnenstrahlen zu nahekommen und plötzlich Feuer fangen“, lautete Daidalos' gut gemeinter Rat an seinen Sprössling.

Als beide emporstiegen und problemlos die Inseln Samos und Paros passierten, wurde der fliegende Knirps jedoch übermütig und steuerte, vom Wunsch beseelt, den Göttern nahe zu sein, verwegen in höhere Sphären. Die Quittung für seinen Wagemut erhielt Ikaros flugs: Die heißen Sonnenstrahlen ließen das Wachs in Sekundenschnelle schmelzen. Die Fittiche verloren ihren Halt, woraufhin die beiden Flügel von seinen Schultern abfielen. „Nun ruderte der unglückliche Knabe verzweifelt mit seinen nackten Armen ... und stürzte in die Tiefe. Er versank in den Fluten des Meeres“, heißt es in dem antiken Heldenepos aus dem Sagenzyklus Kreta.

Die Vorstellung, ähnlich den beiden sagenumwobenen Protagonisten der irdischen Gefangenschaft zu entfliehen und die Freiheit über den Wolken auszukosten, faszinierte die Menschen seit jeher und ermunterte einige draufgängerische Bastler und Fantasten sogar, dem Flug der Vögel real zu folgen. Für viele Vorväter der Luftfahrt jedoch, die ihre kühne Idee in die Tat umsetzten, endete der Jungferflug wie bei den mythischen Vorbildern höchst schmerzvoll. Einer dieser waghalsigen Hasardeure war Albrecht Ludwig Berblinger (1770–1829), der als „Schneider von Ulm“ in die deutschen Annalen einging und dessen erste geheime Gleitversuche zum Teil von Erfolg gekrönt waren. Doch als der gewiefte Erfinder im Jahr 1811 die Probe aufs Exempel machen und die Flugtauglichkeit seines Hängegleiters einer größeren Öffentlichkeit präsentieren wollte, geriet die Premiere zum Fiasko. Sein geplanter Sprung über die Donau von einem eigens dafür angefertigten Gerüst endete in selbiger. Viele Demonstrationsflüge anderer Abenteuer scheiterten ebenso sang- und klanglos wie jener von Otto Lilienthal (1848–1896). Auch dieser wurde Opfer seines Übermuts und starb wie Ikaros & Co., weil er zu hoch hinauswollte. In Verkennung der hiesigen Windver-

hältnisse und thermischen Bedingungen überschätzte er an seinem letzten Flugtag die Manövrierfähigkeit seines Gleiters.

2. Feindliches Weltall – feindliche Welten

2.1 Medizinische Folgen der Schwerelosigkeit

Wie viele Zeitgenossen Lilienthals und verwegene Erfinder und Bastler – den Spuren Ikaros' folgend – ihre Waghalsigkeit mit dem Leben bezahlten, ist nicht überliefert. Jedenfalls wurde jedem Pionier beim Versuch, den Luftraum zu erobern, schnell klar, dass der Vogelflug wider die Natur des Homo sapiens ist.

Für den Homo sapiens gilt dies umso mehr, ist doch der Mensch im lebensfeindlichen Milieu des Weltraums mit Abstand das anfälligste Glied, gewissermaßen der größte Risikofaktor, weil er in der scheinbaren Leichtigkeit der Schwerelosigkeit an körperliche und mitunter psychische Grenzen stößt, die gerade bei Langzeitmissionen an Gewicht gewinnen.

Zu guter Letzt ist es der Mensch selbst, der seine Trägersysteme, Raumstationen und Raumschiffe plant und baut. So engagiert, ambitioniert und kreativ er dabei vorgeht und in wissenschaftlich-technischer Hinsicht sein Bestes gibt – sein Handeln ist gemessen an ethisch-moralischen Maßstäben bisweilen fragwürdig (z. B. militärische Nutzung des Alls) und wird oftmals von einer gefährlichen Hybris überlagert (siehe *Challenger-Unglück*).

Während sich im Vorfeld technische Pannen und potenzielle Probleme mit Raumschiff, Equipment und Habitaten noch halbwegs nachvollziehbar simulieren lassen, sind die unabwägbaren physiologischen und psychologischen Reaktionen der Astronauten, die letzten Endes über Erfolg oder Misserfolg einer bemannten Forschungs Expedition entscheiden, die Achillesferse schlechthin. Schließlich weiß keiner so recht, wie insbesondere Marsreisende fernab der Erde die Schwerelosigkeit, Einsamkeit und Verlorenheit im Weltall verarbeiten und verkraften. Dies vermögen auch die besten und aufwändigsten Simulationsprogramme nicht zu prognostizieren, von denen auf der Erde schon einige für Furore sorgten, ohne dabei wirklich gewinnbringende Daten geliefert zu haben. „Selbst mit einer Batterie psychologischer Tests lässt sich nicht zuverlässig vorhersagen, wie – oder ob – Menschen kooperieren“, konstatiert der renommierte New Yorker Physiker Michio Kaku. (Kaku, 2018, S. 103).



[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Mars500/\(result_type\)/images](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Missions/Mars500/(result_type)/images)

Mars-500 war ein in Moskau im Jahr 2010 gestartetes Experiment, bei dem ein sechsköpfiges Team aus Freiwilligen 520 Tage lang in vier Modulen von 243 Quadratmeter Größe eingeschlossen wurden, um einen Hin- und Rückflug zum Mars zu simulieren. Über den Wert dieser Testreihe darf man tunlichst streiten, weil im Notfall eben schnell irdische Hilfe vor Ort gewesen wäre.

Bild: ESA/IBMP–O. Voloshins

In der Unbeschwertheit der Mikrogravitation haben Astronauten real oft mit schweren Problemen zu kämpfen, die *gravierende* Folgen haben. Mindestens zwei Drittel der Raumfahrer, die im Orbit waren, haben die unmittelbaren Folgen der fehlenden Gravitation am eigenen Leib erfahren. Regiert die Schwerelosigkeit, senden das Gleichgewichtsorgan und die Augen widersprüchliche Informationen ans Gehirn. Die Wahrnehmung des Raumes kann als Folge der Weltraumkrankheit, die Raumfahrtmediziniker „Space Adaption Syndrome“ (SAS) oder auch „Space Motion Sickness“ nennen, derart verzerrt sein, dass viele Raumfahrer mit Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen und Gesichtsröte reagieren. Meist verflüchtigen sich diese Symptome nach zwei bis drei Tagen (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 362; Gilles, 2005, S. 131) oder lassen sich medikamentös behandeln. „Es dauert eine Weile, bis das Gehirn das adaptiert“, erklärt NASA-Astronaut Mike Massimino (Massimino, 2016, S. 177).

Für den zweifachen Shuttle-Pionier Joseph P. Allen, der 1982 und 1984 den Beginn der Raumfähren-Ära prägte, sind solcherlei Befindlichkeitsstörungen ebenfalls nur temporärer Natur: „Fast immer verschwinden die Symptome dieser Beschwerden innerhalb eines Tages.“ (Allen/Martin, 1984, S. 66) NASA-Astronaut Chris Hadfield, der 166 Tage im All verbrachte, erlebte andere Reaktionen: „In der Vergangenheit haben sich einige Astronauten während des ganzen Fluges übergeben, ihre Körper akzeptierten die Abwesenheit der Schwerkraft nicht.“ (Hadfield, 2015, S. 175). Sogar Alan Bean, der während seines Apollo-12-Flugs die orbitale Schwerelosigkeit

geradezu genoss, revidierte vier Jahre später sein Urteil, als er auf der NASA-Weltraumstation Skylab intensivere Bekanntschaft mit dem SAS-Phänomen machte. „Wie viele andere Astronauten fühlten meine Besatzung und ich uns in den ersten Tagen weltraumkrank. Meistens wurde uns übel, wenn wir uns bewegten. (...) Nach drei, vier Tagen lief dann alles besser.“ (Bean, 1988, S. 780).

Daneben hingegen ging der erste im Rahmen des Space-Shuttle-Programms angedachte *Weltraumspaziergang*, der den Höhepunkt der STS-5-Mission markieren sollte. Er wurde 1982 kurzfristig abgesagt, weil einer der beiden EVA-Kandidaten von einem nimmer endenden Brechreiz übermannt wurde. „Sich in einem Raumanzug zu übergeben, kann für den Weltraumspaziergänger tödlich sein. Das Erbrochene verschmiert nicht nur das Helminnere und macht den Astronauten blind, sodass er im Raumanzug keine Notfallmaßnahmen mehr einleiten kann. Und weil es keinen Weg gibt, die Flüssigkeit abzuleiten, könnte er diese inhalieren und daran ersticken und versterben“, erklärt Mike Mullane, der bei drei Shuttle-Missionen mit von der Partie war (Mullane, 2006, S. 106) und aus eigener Erfahrung weiß, wie sehr das SAS-Phänomen viele Kollegen in Mitleidenschaft gezogen hat. Aus Angst, beim nächsten Mal nicht mehr dabei zu sein oder einen EVA zu verpassen, hätten viele ihre Übelkeit und ihr Erbrechen überspielt und schönge-redet: „Das Resultat war, dass viele Astronauten weniger ehrlich waren, was ihre Symptome anbelangte. Einige logen unverhohlen. Es gibt Geschichten von Besatzungsmitgliedern, die ernsthaft krank waren, deren Zustand aber niemals in der medizinischen Flugdaten-Statistik auftauchten“, so Mullane (Mullane, 2006, S. 106). Dass solche Vorfälle in der Raumfahrerszene tatsächlich oft aus Karrieregründen unter den Teppich gekehrt werden, bestätigt auch Ulf Merbold, der erste westdeutsche Astronaut: „Es scheint ein ungeschriebenes Gesetz zu geben, den Mantel des Schweigens über die Raumkrankheit auszubreiten.“ (Merbold, 1986, S. 94).

Hinzu gesellen sich noch weitere Probleme, die das Wohlbefinden der Astronauten weitaus länger beeinträchtigen – wie etwa das leidige Thema Rückenschmerzen. Sie entstehen, wenn sich infolge des fehlenden Schwerkraftdrucks die Bandscheiben dehnen. Während sich die Wirbelsäule streckt und dabei der Raumfahrer bis zu sechs Zentimeter länger wird, verkürzen sich fatalerweise die Muskeln umso mehr.

„Meine Wirbelsäule, die von meinem Gewicht nicht mehr zusammengedrückt wurde, verlängerte sich [nach vier Tagen im All] um fast vier Zentimeter. Die daraus resultierenden Rückschmerzen verschwanden nach einigen Nächten Schlaf“, erinnert sich Shuttle-Raumfahrer Tom Jones (Jones, 2016, S. 119f.).

Da im Weltraum Knochen und Haltemuskeln Tag und Nacht nur wenig belastet werden, verkümmern sie und verlieren an Substanz und Kraft, weshalb jeder Shuttle- und ISS-Raumfahrer ein tägliches Sportprogramm von mindestens zwei Stunden zu absolvieren hat. Bei diesem Trainingsmarathon wurden bei einigen Probanden gleichwohl kritische Körpertemperaturen von mehr als 40 Grad Celsius gemessen. Dennoch: „Ohne konstantes Training würde die Schwerelosigkeit (...) nicht nur zu Muskelschwund und einer kardiovaskulären Dekonditionierung, also einer Schwächung des Herz-Kreislauf-Systems, führen, sondern auch zu einem signifikanten Verlust der Knochenmasse, einer Art beschleunigter Osteoporose“, erklärt die italienische ESA-Astronautin Samantha Cristoforetti, die von November 2014 bis Juni 2015 auf der ISS wissenschaftlich tätig war (Cristoforetti, 2019, S. 329).

Doch trotz aller intensiven Trainingseinheiten baut der menschliche Körper im All schlichtweg ab: „Der russische Astronaut Waleri Poljakow konnte nach seinem Weltrekord – 437 Tage im All – bei seiner Rückkehr kaum noch aus seiner Raumkapsel kriechen.“ (Kaku, 2018, S. 101). Einige seiner Kosmonauten-Kollegen verloren darüber hinaus während ihres Ausflugs in die Mikrogravitation derart viel Knochenmasse, dass sie sogar noch Jahre später Nachwirkungen spürten – mitunter auch *organische*, scheiden doch die Nieren infolge des Knochenverlusts vermehrt Kalzium aus, was die Gefahr der Nierensteinbildung stark erhöht (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 366).

Die gravitative Abwesenheit verändert auch das physische Erscheinungsbild der Astronauten. Schließlich zieht die irdische Schwerkraft die körpereigene Flüssigkeit nach unten in die Beine, während sich im All etwa zwei Liter davon in die obere Körperhälfte verlagern. Da sich zudem noch Plasmaflüssigkeit aus dem Gefäßinnern nach außen verschiebt, dickt das Blut ein – mit dem Effekt, dass das Gesicht anschwillt und aufgedunsen aussieht („Puffy Face“). So erlebte es auch Ulrich Walter, der 1993 als Nutzlastexperte und Wissenschafts-astronaut mit der D2-Space-Shuttle-Mission im

Orbit war. Sein Kopf blieb während der gesamten Mission leicht aufgedunsen: „Das führt bei manchen zu Kopfschmerzen, bei allen aber zu einer mehr oder weniger verstopften Nase.“ (Walter, 1997, S. 78). Wenig vorteilhaft ist auch, dass die Beine der Astronauten infolge der Flüssigkeitsumverteilung für jedermann sichtbar auffallend an Umfang verlieren. Nicht ohne Grund bezeichnen Weltraummediziner dieses Phänomen als „Spider Legs“ oder „Bird Legs“ (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 363).

Da ein aufgequollenes Gesicht das Geruchs- und Geschmacksempfinden spürbar mindert, präferieren Raumfahrer vornehmlich pikante und stark aromatische Speisen. „Viele Astronauten – mich eingeschlossen – überkam nach einiger Zeit das Verlangen nach scharf gewürzten Speisen“, erinnert sich Chris Hadfield, dessen Geschmacksknospen und Nebenhöhlen sich im Orbit wie bei einer starken *Erkältung* anfühlten. „Mein Lieblingsgericht war Shrimpscocktail mit Meerrettichsauce. Dieser schmeckte nicht nur gut, sondern half auch, meine Sinusitis zu mildern.“ (Hadfield, 2013, S. 219). Doch so pikant und kulinarisch die Saucen und Gerichte im All auch zubereitet sind – fast alle Astronauten leiden in der Schwerelosigkeit an Appetitmangel, der mit einem reduzierten Durstgefühl einhergeht. Bis zu drei Kilogramm verloren viele Raumfahrer in der ersten Woche im All, während andere bei Langzeitmissionen noch mehr an Körpergewicht einbüßten (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 363), was in Kombination mit dem kontinuierlichen Muskelabbau negative Synergieeffekte bedingen kann – vor allem mit Blick auf eine bemannte Mars-Mission. Allein der Muskelverlust schwankte bei kurzen Aufenthalten im Orbit zwischen 10 und 20 Prozent; bei Langzeitmissionen würde er ohne ein intensives Trainingsprogramm auf bis zu 50 Prozent steigen (Clément, 2005, S. 174).

Bei alledem fühlen sich vor allem Mikroben und Viren im schwerelosen Zustand und auf engstem Raum pudelwohl. Hier gedeihen und vermehren sie sich sehr schnell, sodass es für sie ein Kinderspiel ist, die geschwächten Körper der Raumfahrer und deren Immunabwehr zu überlisten. So diagnostizierten russische Weltraummediziner seinerzeit bei einigen *Mir*-Kosmonauten einen hartnäckigen Hautpilz (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 364), der ebenso bei interplanetaren Expeditionen langfristig Probleme machen könnte (Antibiotikaresistenz). Anfang der 1970er-Jahre

verzeichneten NASA-Mediziner indes bei der Hälfte der Apollo- und Skylab-Besatzungsmitglieder unvermutet eine Häufung von viralen und bakteriellen Infekten, wobei hier oft latente Entzündungsreaktionen zutage traten, die auf der Erde keine Probleme bereitet hätten. Dass das Immunsystem von Astronauten in der Schwerelosigkeit einen schweren Stand hat, beobachteten Wissenschaftler des Johnson Space Centers in Houston (Texas) sodann bei Shuttle-Astronauten während diverser Testreihen. Ihre Analysen ergaben, dass im Speichel der Raumfahrer das Epstein-Barr-Virus im Vergleich zu *irdischen* Testpersonen um das Vierzigfache höher konzentriert war. Dieser eigentlich ungefährliche Virustyp, der bei vielen Menschen in den weißen Blutkörperchen sitzt, reaktiviert sich nur in bestimmten Stresssituationen. Da insbesondere Marsonauten während ihrer langen Mission vielen Stressphasen ausgesetzt sein werden, dürfte bei ihnen das menschliche Immunsystem schneller runterfahren, zumal bekannt ist, dass in der Mikrogravitation menschliche weiße Blutkörperchen, insbesondere die für die Abwehr so elementar wichtigen Granulozyten, weniger beflissen und aktiv sind, was auch für Killerzellen gilt.

Weltraummediziner rechnen eingedenk ihrer bisherigen Erfahrungen und Beobachtungen damit, dass Astronauten bei Langzeitmissionen noch weitere Gefahren drohen. So erhöht sich bei einem Flug zum Roten Planeten das Risiko für eine Thrombose der Kopfvenen. Ob Infekte der oberen Atemwege, Durchfall, allergische Reaktionen, Dermatitis, Harnwegsinfekte oder zu guter Letzt eine höhere Disposition für Krebserkrankungen infolge erhöhter kosmischer oder solarer Strahlenexposition – die Liste der Unzulänglichkeiten des schwächsten Gliedes der Raumfahrt ließe sich noch beliebig weiter fortsetzen.



https://apod.nasa.gov/apod/image/9807/mir_sts89_big.jpg

BU: Aufnahme von der russischen Raumstation *Mir* aus dem Jahr 1998, die 2001 kontrolliert abstürzte.

Bild: NASA

2.2 Nur scheinbar banal – Lärm, Schlaf und Zahnpflege

Die Erfahrungen in Raumstationen – von Saljut 1 bis 7 (1971–1982), Skylab (1973–1979) über die *Mir* (1986–2001) bis hin zur Internationalen Raumstation ISS (seit 1998) – zeigen auch, dass der Faktor Lärm eine nicht zu unterschätzende enervierende Störquelle ist und dass Orte des Rückzugs, Räume der Ruhe, in denen entspannt oder meditiert werden kann, für eine bemannte Expedition zum Mars unabdingbar sind. Die ISS mag hier als fast schon abschreckendes Beispiel dienen, kann es hier doch bis zu 100 Dezibel laut werden (Clément, Gilles, 2006, S. 105). „Es ist hier laut wie in einem Hospital. Ohne die Schwerkraft kann die Hitze nicht nach oben weichen, sodass sich die Luft nicht vermischt und bewegt. Die Lüfter und Pumpen, die notwendig sind, um einen gewissen Komfort und das Überleben zu gewährleisten, dröhnen, klappern und brummen“, verdeutlicht Chris Hadfield. „Ein fortwährendes Klanggetöse, das gelegentlich von einem lauten Knall, verursacht von Mikrometeoriten, unterbrochen wird, die auf die Station prallen.“ (Hadfield, 2015, S. 199). Auch der erfahrene US-Astronaut Scott Kelly, der zwei Shuttle-Flüge und zwei ISS-Besuche absolvierte und insgesamt 520 Tage im All war, konnte sich an der Lautstärke auf der ISS nicht so recht erfreuen. „Wir öffneten unsere Helme. Der Lärm von dem sich überlagernden Luftgebläse und den Pumpen war so groß, dass wir Schwierigkeiten hatten, uns gegenseitig zu verstehen. Das erinnerte mich zwar an meine letzte ISS-Mission, aber immer noch kann ich nicht verstehen, dass es an Bord so laut war. Ich kann nicht glauben, dass ich mich jemals daran gewöhnen werde.“ (Kelly, 2017, S. 45). Andere Hartgesottene wie Samantha Cristoforetti gewannen der Geräuschkulisse immerhin noch etwas Positives ab. Manchmal sei diese von Vorteil, so die ISS-Astronautin. „Das ständige Summen überlagert die Stimmen, sodass man auch ein privates Gespräch mit der Familie oder mit der Flugmedizinerin führen kann, ohne sich zwangsläufig in die eigene Koje zurückziehen zu müssen.“ (Cristoforetti, 2019, S. 345).

Dass bis heute auf allen Raumstationen die Ventilatoren und anderen Lebenserhaltungssysteme unentwegt auf Hochtouren laufen, hängt mit der fehlenden Luftkonvektion an Bord zusammen. Eine gute Luftzirkulation ist

vor allem für schlafende Raumfahrer unumgänglich, erklärt Ulrich Walter. „Das ausgeatmete Kohlendioxid vermischt sich nicht mit neuem Sauerstoff der umgebenden Raumluft, sondern bildet vor dem Mund eine unsichtbare Blase, in die man ständig ausatmet und aus der man auch immer wieder einatmet. Man droht zu ersticken.“ (Walter, 1997, S. 72).

Wer sich auf die Reise zum Roten Planeten begibt, muss aber nicht nur lärmresistent, sondern auch in puncto Schlaf einen langen Atem haben. Einerseits erreicht in den ersten Tagen einer Mission der Stresspegel der Bordinsassen ungeahnte Höhen (Gerzer/Hemmersbach/Horneck, 2006, S. 364), andererseits fällt im Orbit die „beglückende Bettschwere“ weg, was viele veranlasst, zur chemischen Keule zu greifen (Walter, 1997, S. 73; Massimino, 2016, S. 178; Scott/Leonov, 2004, S. 316; Cristoforetti, 2019, S.440) oder die Sinne mit Augenmasken sowie Ohrstöpseln zu betäuben (Allen/Martin, 1984, S. 83), wobei selbst der beste Gehörschutz gegen die starken Vibrationen an Bord nichts auszurichten vermag (Clément, Gilles, 2006, S. 105). Und wem es gelingt, in seiner beengten Koje im Schlafsack einzunicken, schläft in der Regel kaum mehr als sechs Stunden und durchlebt intensive Träume (Ganse, 2017, S. 126).

Leben heißt aber nicht nur *Überleben!* Denn nicht allein das pure Überleben, sondern auch ein gewisser Luxus und Komfort müssen gewährleistet sein. Ein Muss sind zuverlässige, gut funktionierende Toiletten, weil bereits der Ausfall sanitärer Anlagen laut den Statuten der NASA den Abbruch einer Mission zur Folge haben kann (Walter, 1997, S. 90). Kulinarisch vielseitige Kost, lebendiges Design, bequeme, farbenfrohe Möbel, abwechslungsreiche Freizeitaktivitäten, eine gute Frischluftzufuhr, die üblen Gerüchen vorbeugt und eine schnelle Entsorgung von Kohlendioxid (CO₂) garantiert (um Hypoxien zu verhindern) – das ist das Mindeste, was den Astronauten für die lange Fahrt mit auf den Weg gegeben werden muss. Auf Apollo-Niveau wird die lange Reise zum Mars jedenfalls kaum zu überstehen sein. Ebenso wenig auf ISS-Niveau, wo für Luxus-Accessoires wie Waschmaschinen oder Waserduschen bis heute kein Platz ist. Wer droben im Orbit frische Kleidung benötigt, wirft die alte einfach in den Müllcontainer. Und wer Hunderte Kilometer über den Wolken in den Genuss einer Ganzkörperdusche kommen will, muss sich mit einem feuchten Schwamm begnügen. Dieses Prozedur musste auch NASA-

Astronaut Jerry Linenger über sich ergehen lassen, der ab 1997 für 132 Tage Gast-Astronaut auf der ehemaligen russischen Weltraumstation *Mir* war und dort viele Krisen sowie Beinahe-Unfälle überstand und in Ermangelung einer Dusche, eines Bades und einer Waschmaschine mit den schlechten hygienischen Bedingungen an Bord haderte – nicht zuletzt auch aus einem anderen Grund: „Unglücklicherweise stellten wir nach einer Inventur der Garderobe auf der *Mir* fest, dass wir nicht genügend Raumfahrt-Overalls an Bord hatten, die uns erlaubten, die Kleidung alle zwei Wochen zu wechseln.“ (Linenger, 2000, S. 181) Als der US-Langzeit-Kosmonaut vom *People Magazine* unter die „Ten Sexiest Man of 1997“ in der Kategorie *Forscher und Abenteuer* gewählt wurde und kurz darauf in der von Oprah Winfrey moderierten weltbekannten Talkshow mit der Frage konfrontiert wurde, ob seine Wahl für ihn überraschend gewesen sei, spielte er ironisch auf das große Problem *Körperhygiene* in der Raumfahrt an: „Ja, definitiv! Nach fünf Monaten ohne einen vernünftigen Haarschnitt, ohne eine Duschgelegenheit und ohne eine gründliche Rasur, kam diese Auszeichnung in der Tat unerwartet.“ (Linenger, 2000, S. 183).

Viele scheinbar banale Probleme können sich auf dem Weg zum Roten Planeten zu komplexen addieren – wie dieses triviale Beispiel zeigt und das der *Zahnreinigung* im All verdeutlicht: Während ihrer mehrtägigen Exkursionen zum Mond mussten die Apollo-Astronauten ein Mindestmaß an Körperhygiene zelebrieren, allein um den Daheimgebliebenen zu demonstrieren, dass trotz der widrigen Bedingungen und der Enge in der Kapsel *Raumfahrt* kein kulturloses Unterfangen ist. Zähneputzen war da Pflicht und Kür zugleich – obwohl mit einem großen Nachteil verknüpft. Mangels Schwerkraft mussten die Astronauten zu einem höchst unangenehmen Trick greifen, um ihren *Wohnraum* einigermaßen sauber zu halten: „Das Zähneputzen war sehr mühevoll, war doch kein Platz da, um die Zahnpasta auszuspucken, sodass wir diese runterschlucken mussten. All diese Dinge sind zwar Nichtigkeiten, aber sie erzeugten, zumindest bei mir, ein Übermaß an Irritation und Ungeduld“, entsinnt sich Apollo-11-Astronaut Michael Collins (Collins, 2009, S. 437).

Selbst 43 Jahre später war Collins' Zahnputztechnik noch im wahrsten Sinne des Wortes in aller Munde. Auch auf der Internationa-

len Raumstation ISS mussten die Crews durchweg das unangenehme Procedere vollziehen. „Die Abwesenheit der Schwerkraft verändert die Art und Weise des täglichen Lebens, weil sie alles beeinflusst, was wir tun. So zum Beispiel das Zähneputzen. Man muss die Zahnpasta runterschlucken. Sie auszuspucken wäre eine schlechte Idee ...“, so Hadfield (Hadfield, 2015, S. 201). Auch auf den Space-Shuttle-Missionen in den Jahrzehnten zuvor bediente man sich offenbar derselben Methode wie Ulf Merbold bestätigt: „Ich schluckte das Zeug einfach hinunter und war fertig. Ich nehme an, meine Gefährten waren auf denselben eleganten Trick gekommen.“ (Merbold, 1986, S. 154). Einer von Merbolds Shuttle-Nachfolgern auf der *Columbia*, Mike Massimino, machte aus seiner Not dieselbe Tugend: „Wenn du es ausspülen willst, musst du entweder in ein Handtuch spucken oder runterschlucken. Ich schluckte es runter.“ (Massimino, 2016, S. 178).



<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/sts111-306-012.jpg>

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/spacewalks/

BU: Ein „Space Walk“ ist kein Spaziergang im Orbit, sondern ein knochenharter Job.

Bild: NASA

2.3 Unwirtliche Arbeitsräume und die Folgen

Stets vor Augen gehalten werden muss dabei auch, dass bislang alle Extra-Vehicular-Activity-Einsätze (EVA), also Außenbordeinsätze in der Erdumlaufbahn, in Mondnähe oder direkt auf dem Mond, alles andere als erholsame Spaziergänge mit meditativem Charakter waren. Vielmehr arteten diese immerfort in strapaziöse Knochenarbeit aus, die den Akteuren alles abverlangte und ihnen unmissverständlich vor Augen führte, wie lebensfeindlich der Weltraum und wie gefährlich ihr Ausflug ins All war. „Die Risiken, einen EVA durchzuführen, sind hoch. Ist man einmal außerhalb des Raumschiffs, kann kein Astronaut vom Commander Hilfe erwarten. Wäre der EVA-Astronaut nicht in der Lage, in die Kapsel zurückzukehren, würde er sterben“, verdeutlicht Weltraumveteran und Mondastronaut David Scott

(Scott/Leonov, 2004, S. 150) in Erinnerung an die Anfänge der Raumfahrt, die insgesamt 28 lunare EVA's erlebte.

Dekaden später zählen EVA's im Orbit nach wie vor zu den riskantesten und auch psychisch und körperlich anstrengendsten Operationen während einer Raumfahrtmission, bei denen die Astronauten mitunter bis zu sechs Stunden am Stück arbeiten und dabei stündlich durchschnittlich 800 Kilokalorien verbrennen und pro Einsatz bis zu 2,2 Kilogramm Gewicht (größtenteils Wasser) verlieren. (Clément, 2005, S. 156) Wie schweißtreibend etwa die Reparaturarbeiten am Hubble-Weltraumteleskop dereinst waren, erfuhr Mike James Massimino am eigenen Leib, der 2002 und 2009 mit zwei Shuttle-Missionen jeweils zweimal im orbitalen Außendienst war und jeden Einsatz so anstrengend wie einen Marathonlauf empfand (Massimino, 2016, S. 199). Die Rückkehr seines Kollegen Richard Linnehan von einem EVA beschrieb er mit eindrucksvollen Worten: „Nachdem er reingekommen war, ging ich zu ihm. Er sah sehr angestrengt aus, physisch wie geistig. Er war durchnässt von Schweiß, seine Finger und Hände waren verschrumpelt von der Feuchtigkeit. Seine Haare waren völlig durcheinander und seine Haut von roten Stellen übersät, die beim Reiben gegen den Raumanzug entstanden waren. Er sah aus wie jemand, der durch eine Schlacht gegangen und wieder zurückgekommen war.“ (Massimino, 2016, S. 182). Mit vier Shuttle-Flügen ins All, insgesamt 53 Tagen im Orbit und drei EVAs zählt NASA-Astronaut Tom Jones zwar zu den Topleuten des Astronautenkorps, stieß aber bei einem der Außeneinsätze selbst an körperliche Grenzen. „Mein rechter Vorderarm begann zu schmerzen. Jeder Kontakt mit dem Druckpunkt innerhalb des Raumanzugs führte zu einer unangenehmen kribbelnden Entladung am Handgelenk und am Arm.“ (Jones, 2016, S. 300).

Bis Mitte Juli 2020 wurden allein von der ISS aus 231 EVAs erfolgreich absolviert, bei denen die Protagonisten immer wieder Erfrierungen, Blutergüsse oder Hautreizungen in Kauf nehmen mussten. Einmal kam es 2013 während einer EVA-Aktivität sogar zu einer lebensgefährlichen Situation, bei der Luca Parmitano beinahe in seinem Raumanzug ertrunken wäre. Damals strömten eineinhalb Liter Wasser in seinen Helm, weil wegen einer verstopften Pumpe Wasser aus dem Lebenserhaltungssystem in den Luftkreislauf eingedrungen war. Gegen das im Helm ansteigende Wasser

ankämpfend und praktisch blind, konnte sich der italienische ESA-Astronaut gottlob noch in letzter Sekunde in die ISS retten. Sein bewusst im Präsens gehaltener Blog-Eintrag legt Zeugnis von der damaligen Dramatik ab: „Das Wasser bedeckt die Vorderseite meines Helmvissiers fast vollkommen (...) und trübt meine Sicht. (...). Mittlerweile ist sogar der obere Teil meines Helms voll mit Wasser, und ich kann mir nicht mehr sicher sein, ob sich beim nächsten Atemzug meine Lungen mit Luft oder mit Flüssigem füllen werden.“ (Parmitano, 2013, Blogs.ESA)

Auch die Apollo-Lande-Crews wurden dereinst bei ihren Außeneinsätzen physisch und mental aufs Äußerste gefordert. „Unsere Arbeit war stressig. Während wir liefen, mussten wir schnaufen und pusten – trotz der geringeren lunaren Schwerkraft.“ (Mitchell, 2014, S. 123).



https://www.nasa.gov/exploration/humanresearch/multimedia/images/hrpg_img_06.html

Staubbedeckter Eugene Cernan während der Apollo-17-Mission im Dezember 1972

Bild: NASA

Oft stellte aber weniger die schweißtreibende Arbeit, sondern vielmehr der sandige Arbeitsplatz die Astronauten vor große Probleme: „Diese beharrlichen, feinen Körner des Mondstaubs haben sich in den beweglichen Teile unserer Werkzeuge festgesetzt und einige Dinge gingen zu Bruch“, erzählt Apollo-17-Astronaut Eugene Cernan. „Und weil wir alles mit unseren Händen fest anpacken mussten, fühlten sich später unsere kompletten Oberkörper, insbesondere unsere Hände und Unterarme, schwer an wie Granit. Der Dreck, der unsere Finger zuvor nur überzogen hatte, war nunmehr unter jedem Fingernagel eingetrocknet.“ (Cernan, 1999, S. 335 f.).

Der weißgraue, feinporige lunare Staub, der die Raumanzüge, Handschuhe und Helme der Mondastronauten benetzte, fand zwangsläufig seinen Weg in das Landemodul, wo kein Raum und nicht genügend Zeit für adäquate Säuberungskationen waren, weshalb sich die Apollo-Teams allesamt mit diesem Problem irgendwie

arrangierten. Als sich beispielsweise John Young 1971 auf seinen zweiten Außeneinsatz vorbereitete, prägte in der kleinen Ladekapsel eine staubige Atmosphäre das Bild: „An diesem Morgen wachten wir früh am Morgen gegen 8 Uhr Houston-Time auf. Wir aßen rasch unser Frühstück und zogen uns an: mit all dem Staub, der auf unserem Raumanzug, den Handschuhen und den Helmen war ...“ (Young/Hansen, 2012, S. 184). Einen nachhaltigen Eindruck machte der lunare Staub auch auf Buzz Aldrin, der im Rahmen der Apollo-11-Mission als zweiter Mensch den Mond betrat: „Einer der stärksten Eindrücke, der mir in Erinnerung geblieben ist, war der Geruch des Mondes. (...) Der Mondstaub verschmutzte unsere Raumanzüge und unser Equipment. Er roch definitiv nach verbrannter Holzkohle oder nach der Asche eines Lagerfeuers, das mit etwas Wasser benetzt wurde (...).“ (Aldrin, 2013, S. 84).

Ein olfaktorisch ähnliches *Wildwest*-Erlebnis hatte auch Apollo-15-Moonwalker James Irwin, der nach einem mehrstündigen Arbeitseinsatz den dunklen Mondstaub mehr schlecht als recht von seinem stark verschmutzten Raumanzug abbürsten konnte. „Als wir unsere Anzüge in der Kabine abgelegt hatten, bemerkten Dave und ich sofort den strengen Geruch von Schießpulver.“ (Irwin, 1989, S. 36).

Dass die NASA ihre lunaren Helden von Apollo 11, 12 und 14 nach dem Splashdown gleich für drei Wochen in Quarantäne schickte, war auch dem Staubproblem geschuldet. Über die Frage, ob in dem Mondgestein oder dem heimischen Staub totbringende Mikroben gedeihen, herrschte große Unsicherheit, die auch Apollo-12-Astronaut Alan Bean teilte. „Wir säuberten die Kabine so gut wir konnten. Das war nicht leicht, weil der Mondstaub praktisch überall war. Wir machten uns Sorgen darüber, dass in dem Staub gefährlichen Bazillen sein könnten und wir diese zur Erde bringen.“ (Bean, 1988, S. 722).

Da marsianer Staub ebenso feinmehlig wie lunarer ist und auf dem Erdnachbarn unberechenbare Sand- und Wirbelstürme fast an der Tagesordnung sind, werden auf dem Roten Planeten während der monatelangen Außenarbeiten lebensgefährliche staubbedingte Situationen entstehen. Nicht auszuschließen ist eine Kontamination mit winzig kleinen Nanopartikeln, die beim Einatmen Lungenkrankheiten verursachen können. Da auf dem Mars kein flüssiges Wasser existiert, das Staub binden o-

der fortspülen könnte, wirbeln Astronauten zudem mit jedem Schritt feinmehlige Staubwolken auf, die Helmvisiere verkratzen, Raumanzüge verkleben, Kurzschlüsse hervorrufen oder sogar die Elektrizitätsversorgung lahmlegen können.



<https://www.nasa.gov/specials/lego/images/mars-astro.jpg>

Quelle: <https://www.nasa.gov/specials/lego/>

Bild: NASA

Der Teufel kann in jedem Staubkorn stecken und sogar an Bord zuschlagen, wo die Augen der Raumfahrer sehr oft mit herumfliegenden Staubpartikeln Bekanntschaft machen. Ohnehin scheint das menschliche Auge in der Schwerelosigkeit Probleme zu haben, sich den veränderten Bedingungen anzupassen. Bekannt ist, dass Raumfahrer aufgrund der höheren Strahlenexposition häufiger und früher am Grauen Star sowie auch an Weitsichtigkeit erkranken als „irdische“ Betroffene (Ganse, 2017, S. 202). Vor allem bei Langzeitmissionen nahm bei vielen Astronauten und Kosmonauten die Sehschärfe sukzessive und spürbar ab – mitunter mit nachhaltigen Folgen. „Bei den meisten verschwanden diese Symptome nach der Mission allmählich, bei einigen hielten sie sich permanent“, erzählt Scott Kelly (Kelly, 2017, S. 139). Möglicherweise könnte dies auf eine genetische Disposition zurückzuführen sein, spekuliert die ESA-Astronautin Cristoforetti. „Das würde erklären, warum dieses Problem nur bei manchen Astronauten auftritt und bei anderen nicht.“ (Cristoforetti, 2019, S. 329). Plausibler hingegen klingt da eher der Einwurf von Michio Kaku: „Wie sorgfältige Scans ihrer Augen gezeigt haben, sind ihre Sehnerven häufig entzündet, wahrscheinlich aufgrund des erhöhten Augendrucks.“ (Kaku, 2018, S. 101).

Der kanadischen Wissenschaftsastronautin Roberta Bondar zufolge veränderte sich bei jedem dritten Raumfahrer im Weltraum das Sehvermögen. „Möglicherweise wirkt sich eine andere Verteilung der Augenflüssigkeit auf die

Form der Netzhaut oder die Kontur der Hornhaut aus“, so Bondar, die als begeisterte Fotografin 1992 während der STS-42-Mission oft zur Kamera griff und dabei lernen musste, dass selbst der Umgang mit künstlichen Augen eine Kunst für sich ist: „Dort draußen schwebt ja wirklich alles und jedes. Nicht nur Körper und Fotoausrüstung machen sich selbstständig, sondern beispielsweise auch Essensreste und selbst Körperfette.“ Abfälle oder andere im Flugdeck herumschwebende Teile können jederzeit die Sicht behindern, betont Bondor (Bondor, 2000, S. 35 u. 38).

Neben solchen *alltäglichen* Banalitäten sorgen sich Weltraummediziner um weitaus gefährlichere Probleme, die sich bereits während der Apollo-Missionen, auf den Raumstationen Saljut-7, Skylab, der *Mir* und der ISS herauskristallisiert haben und die für angehende Reisende zu fernen Welten zu einer ersten Bürde werden könnten: lebensbedrohliche Herzrhythmusstörungen.

Sie traten in der Vergangenheit vor allem bei EVA's auf, in Phasen intensiver körperlicher und psychischer Anstrengungen, vor allem aber auch infolge großer G-Kräfte, die an jeder Zelle, an jedem Organ der Astronauten ziehen und zerren. „Die häufigste Herzrhythmusstörung in der Raumfahrt ist die ventrikuläre Tachykardie (VT). Eine VT ist eine potenziell lebensbedrohliche Rhythmusstörung, die von der Herzkammer ausgeht“, erklärt die Weltraummedizinerin Bergita Ganse (Ganse, 2017, S. 179). Ein Aufenthalt in der Erdumlaufbahn hat auch negative Auswirkungen auf das Herzkreislauf-System und kann eine kardiale Atrophie begünstigen – mit der Folge, dass der untertrainierte Herzmuskel langsam verkümmert und kleiner wird. Dass deshalb die ersten Marsbesucher vor einer großen Herausforderung stehen, vermutet auch der französische Weltraummediziner Gilles Clément. „Welchen Effekt die Mikrogravitation auf das Herzkreislauf-System bei Missionen von mehr als neun Monaten Dauer hat, ist völlig unbekannt. Das macht uns große Sorgen.“ (Clément, 2005, S. 141).

Dass Außeneinsätze selbst auf extraterrestrischen Himmelskörpern mit geringerer Gravitation auf die *Pumpe* gehen, erlebte Apollo-14-Astronaut Edgar Mitchell am eigenen Leib während einer Kraterbesteigung. „Als sich der Tag und unser Sauerstoffvorrat dem Ende zuneigten, stieg unsere Herzfrequenz. (...) Das Klettern zum Krater wurde von Minute zu Minute härter. Alan und ich atmeten immer

schwerer und unsere Herzfrequenz stieg rapide in die Höhe. Mission Control forderte uns auf, zurückzukehren ...“ (Mitchell, 2014, S.123 f.). Bereits eine Apollo-Mission später sahen sich die Apollo-15-Mondspaziergänger David Scott und James Irwin dem gleichen Problem gegenüber – mit nachhaltigen Folgen für einen der beiden. Es geschah während eines siebenstündigen EVA's Anfang August 1971, als ein Defekt in den Space Suits die Wasserversorgung unterbrach und beide Moonwalker dehydrierten. Als Folge des Kalium- und Magnesiummangels schwellen nicht nur deren Finger an; es stellten sich auch Herzprobleme ein. „Was uns nicht gesagt wurde, war, dass wir beide, Jim und ich, leichte Herzrhythmusstörungen hatten, als wir auf der Mondoberfläche waren.“ Er sei sehr besorgt gewesen, so Scott, als ihm die NASA-Ärzte nach dem Flug eröffneten, dass Irwins Herz im EKG Symptome von Bigeminus zeigte. Bei einer solchen Herzrhythmusstörung folgt auf jeden regelmäßigen Puls eine Extrasystole, also zwei schnelle Schläge in Folge. „Dies passierte mehrere Male während unserer EVA's und auch als wir unser Rendezvous-Manöver mit der Endeavour vollzogen.“ (Scott/Leonov, 2004, S. 316). Einige Monate später erlitt Irwin einen Herzinfarkt, den zweiten einige Jahre später, bis er dann am 9. August 1991 infolge einer dritten Herzattacke starb. „Ich habe mehrere Jahre lang erfolglos versucht, von der NASA eine adäquate Erklärung zu bekommen, inwieweit Jims während der Mission entstandene Herzprobleme seinen gesundheitlichen Verfall womöglich beeinflusst haben.“ (Scott/Leonov, 2004, S. 317).

2.4 Faktor Psyche

Ein weiteres, recht komplexes Problemfeld, worüber sich Weltraummediziner und Psychologen schon seit geraumer Zeit den Kopf zerbrechen, hängt mit den zu erwartenden psychologischen Schwierigkeiten zusammen, die bei einer langjährigen Mars-Expedition das Zusammenleben an Bord negativ beeinflussen könnten. Bei einer größeren Crew etwa, die über Monate in einer kleinen Kapsel isoliert ist, können negative Gefühlsregungen wie Aggressionen und Depressionen katastrophale Konsequenzen haben. Der Erfolg der Mission hängt daher stark davon ab, ob es gelingt, die Besatzung während der gesamten Mission bei Laune und zeitgleich deren Aufmerksamkeit wach zu halten (Kaku, 2018, S. 108), sie fernerhin zu

unterhalten und ihr genug Möglichkeiten und Freiräume für Freizeit und Entspannung zu gewähren, womöglich sogar die Bordapotheke mit einem guten Vorrat an exquisitem Rotwein auszustatten, so wie es Anfang der 1970er-Jahre für die Skylab-NASA-Missionen angedacht war, aber infolge des Vetos einer christlichen Vereinigung schnell wieder verworfen wurde (Allen/Martin, 1984, S. 77).



<https://images.nasa.gov/details-sl4-143-4706>

BU: Im Vergleich zu den kleinen Raumkapseln des Gemini-, Mercury und Apollo-Programms war die NASA-Raumstation Skylab groß wie ein Reihenhaus. 30 Meter lang und zweigeschossig. Ein 350 Kubikmeter großer Wohnraum mitsamt einer Dusche mit Spezialvorhängen. Hängende Schlafsäcke, eine kleine Bibliothek, aber eben kein Rotwein.

Bild: NASA

Zu guter Letzt steht und fällt eine Expedition zum Roten Planeten mit der richtigen Auswahl der Crew. Es liegt in der Natur einer internationalen Mission (wie bei der ISS oder einer bemannten Mars-Expedition), dass an Bord kulturelle, religiöse, sprachliche und auch politische Unterschiede das Bild prägen und Konflikte schnell aufkeimen können. Damit unerwartet auftretende Probleme gemeinsam schnell und effektiv gelöst werden, sind soziale Kompetenz und Empathie gefragt. Teamfähigkeit steht an erster Stelle.

Wenn Isolation, Langeweile und Streitereien an Bord – gewiss gefördert durch die räumliche Enge und fehlende Privatsphäre – sich anstauen und kein Ventil finden, sind Eskalationen programmiert: Schon frühere Raumflüge haben gezeigt, dass selbst hochmotivierte Besatzungen in der Regel nach 30 Tagen eine gegenseitige Abneigung entwickeln. „Kommt es zu einem zwischenmenschlichen Konflikt in einem solch begrenzten mikrosozialen Umfeld, können die Dinge schnell aus dem Ruder laufen“, konstatiert die NASA-Psychiaterin Patricia Santy (Clément, 2005, S. 206).

So kam es bei der NASA-Mir-Mission (März 1995 bis Juni 1998) zwischen den russischen und amerikanischen Astronauten mehrfach zu Spannungen und kleineren Reibereien,

woran Mission Control in Moskau offenbar einen großen Anteil hatte. Dass sich die an Bord der altersschwachen, hilfälligen *Mir* angestaute negative Energie der Crew, verstärkt durch die zahlreichen Notfälle und Beinahe-Unfälle, nach unten gen Erde entlud, lag nach Ansicht von Jerry Linenger vor allem an dem rigiden, respektlosen Umgangston der russischen Flugingenieure, der das Klima zwischen der Besatzung und dem Kontrollzentrum stark verschlechterte. Das harte Verdikt von Linenger, der 132 Tage lang auf der *Mir* forschte und arbeitete, spricht Bände: „Mission Control in Moskau wurde mehr zum Feind als zu unserem Freund. Mehr zur persönlichen Nemesis als zu unserer helfenden Hand. (...) Wir hatten auch nicht das Gefühl, dass irgendetwas von dem, was sie uns sagten, vertrauenswürdig war.“ (Linenger, 2000, S. 131). Rückblickend fanden Psychologen diverse Gründe, an denen sich die damaligen Streitigkeiten während der NASA-Mir-Mission entzündeten: Schlafprobleme, unklare Befehlsstrukturen, häufiger Crew-Wechsel, Arbeitsüberforderung und Unterforderung, sozialer Rückzug, Tod eines Familienmitglieds daheim; technische Probleme, Feuer an Bord, Dekompression und Energie- und Kommunikationsausfall, sprachliche Probleme, kulturelle Unterschiede und ein limitiertes Nahrungsangebot (Clément, 2005, S. 213 u. 226).

Somit dürfte evident sein, dass eine Mars-Mission nur gelingen kann, wenn die Hierarchien zwischen Besatzung und Mission Control möglichst flach sind. Wer Astronauten als potenzielle Hasardeure oder Müßiggänger hinstellt, büßt selbst an Autorität und Seriosität ein. „Während meiner gesamten Erfahrung mit Russen, war dieser eklatante Mangel an Respekt, mit der die russischen Flugdirektoren ihren Kosmonauten im All begegneten, meine größte Enttäuschung“, bestätigt Linenger (Linenger, 2000, S. 202).

Mit der Rolle des Sündenbocks machte aber auch das amerikanische Pendant in Houston bereits zwei Dekaden zuvor Erfahrung – während der dritten bemannten Skylab-Mission, bei der von November 1973 bis Februar 1974 die NASA-Astronauten Edward George Gibson, William R. Pogue und Gerald P. Carr mit 84 Tagen den ersten amerikanischen Langzeitrekord im Orbit aufstellten. „Sie beklagten sich oft über die ungenügend vorbereiteten Experimente, das fehlerhafte Instrumentarium, die unbequeme Toilettenanlage, das schlechte Licht, die eintönige Kleidung und das fade Essen“, erinnert sich Shuttle-Astronaut Joseph P.

Allen (Allen/Martin, 1984, S. 84). Nicht zuletzt übte die dritte Crew während der laufenden Mission scharfe Kritik an dem ihrer Meinung nach zu ambitionierten von Mission Control vorgegebenen Arbeitspensum. Als eine Reaktion von Houston ausblieb, unterbrach die Mannschaft kurzerhand den Funkverkehr zur Erde und gönnte sich einen eintägigen Kurzurlaub, bis ihre Wünsche von der NASA erhört wurden. Auf dieses Rencontre ging William R. Pogue, der überdies zwei erfolgreiche EVAs absolvierte, in seiner Autobiografie übrigens mit keinem Wort ein (Pogue, 2016).

Doch auch noch andere psychisch belastende Vorkommnisse können das Betriebsklima stark verschlechtern. Was passiert etwa, wenn es fernab der Erde zu sexuellen Übergriffen kommt? Wie reagiert die Mannschaft auf eine schwere Krankheit oder auf das Ableben eines Kollegen? Wie auf den Tod eines engen Verwandten, so wie es dem italienischen ESA-Astronauten Paolo Nespoli 2011 widerfuhr, der 2011 während seines Aufenthalts auf der ISS seine 78-jährige Mutter verlor. Was ist zu tun, wenn es während der Expedition zu einem tödlich endenden Streit oder sogar einem perfiden Mord an Bord kommt? Wer verurteilt, wer bestraft? „Wichtige familiäre Ereignisse wie Todesfälle und Geburten zu verpassen, gilt als besonders schwerer Belastungsfaktor und wird bei Langzeitmissionen zu anderen Planeten vermutlich eine noch größere Rolle spielen“, verdeutlicht Bergita Ganse (Ganse, 2017, S. 147).

Unvorhersehbare Ereignisse wie ein plötzlicher Druckabfall, verursacht von einem aufprallenden Mikrometeoriten oder der Explosion eines Sauerstofftanks, oder der Ausfall des Lebenserhaltungssystems können desgleichen lebensbedrohliche Situationen heraufbeschwören. Austretende giftige Gase oder Flüssigkeiten können jederzeit und unvermutet die Raumstation kontaminieren; unvollständige Verbrennungsprozesse wiederum die Entstehung von tödlichem Kohlenmonoxid begünstigen (Ganse, 2017, S. 143 u. 205). Reagiert hier die Bordbesatzung unangemessen oder zu spät, helfen selbst die besten Notfallprozeduren und Rettungspläne nichts mehr.

Eine andere ernstzunehmende Gefahr ist hochenergetische Strahlung, die auf eine Mars-Besatzung in Form von permanenter kosmischer Strahlung, aber auch infolge zahlreicher Sonneneruptionen niederprasselt. „Im Lauf einer zweijährigen interplanetaren Mission würde ein Astronaut etwa 200 Mal so viel

Strahlung aufnehmen wie sein auf der Erde zurückgelassener Zwilling“, expliziert Michio Kaku. (Kaku, 2018, S. 102). Mittlerweile kursieren Pläne, wonach ausschließlich ältere Menschen zum Mars geschickt werden sollen, da wegen deren geringerer Rest-Lebenserwartung ernsthafte Strahlenschäden nicht mehr zum Tragen kommen.

Unabdingbar für die Expeditionsteilnehmer dürfte sicherlich auch ein ungestörter Zugang zum World-Wide-Web (Intranet und Internet) sowie eine ständige Verbindung mit den Lieben daheim in Form von regelmäßigen Bildschirmtelefonaten sein, wobei direkte, vertrauliche Gespräche unter vier Augen nicht möglich sind, da sich aufgrund der räumlichen Distanz zum Mars eine zeitliche hinzugesellt, benötigt doch eine Nachricht, abhängig von der Position zum Mars, zwischen vier bis 24 Minuten, um ihren Adressaten zu erreichen. Gleichwohl ist es in der Raumfahrt keine Selbstverständlichkeit, eine stabile Kommunikationsverbindung zu etablieren, die einen flüssigen Datenstrom gewährleistet. Als es beispielsweise 1997 während der NASA-Mir-Mission zur einer nachhaltigen Störung des bordeigenen Kommunikationssystems kam (die zwei Relais-Satelliten waren ausgefallen), konnte die Crew mit ihren Familien nur noch einmal pro Woche reine Audiobotschaften austauschen, die stets von Störgeräuschen überlagert wurden. „Das Kommunikationssystem der *Mir* war schrecklich. (...) Wir konnten unsere Familien nicht mehr regelmäßig sehen“, erinnert sich Jerry Linenger. „Wir konnten immer nur *dann* fünf bis sechs Minuten lang mit der Bodenstation kommunizieren, wenn wir gerade die bodengestützte Radioantenne überflogen.“ (Linenger, 2000, S. 194).

Wer sich als Langzeitastronaut nur einmal in der Woche mit den Lieben auf der Erde für einen kurzen Moment austauschen kann, läuft schnell Gefahr, in eine *Confinement*-Situation zu geraten. Unter diesem Phänomen subsumieren Weltraumpychologen jenen Zustand, bei dem die in ihrem Raumschiff abgekapselten Astronauten sukzessive von dem Gefühl übermannt werden, isoliert und eingeschlossen zu sein. Sie könnten daraufhin überreagieren, ihren Frust an die Bodenstation weiterleiten oder schlimmstenfalls miteinander streiten. Jedenfalls muss bei einem Flug zum Mars garantiert sein, dass die elektronische Nabelschnur zwischen Raumschiff und Erde nicht abreißt oder redundante Backup-Systeme ein Worst-Case-Szenario wie 1997 auf der *Mir* verhindern.

Momentan weiß auch keiner so recht, ob sich bei den interplanetaren Reisenden nach einer gewissen Zeit jener Rauschzustand einstellt, den Flugzeugpiloten, Tiefseetaucher und Fallschirmspringer als Break-off- oder auch Breakaway-Phänomen fürchten. Schon in der Ära des Mercury-Programms der NASA sorgten sich Psychiater der Raumfahrtbehörde um das Seelenwohl ihrer Astronauten. „Sie dachten, sei ein Mensch erst einmal im Weltraum, würde dieser eine so große Euphorie spüren, dass er nicht mehr zurück zur Erde wolle“, erinnert sich John Glenn, der erste US-Amerikaner, der 1962 die Erde umkreiste (Glenn, 2000, S. 314). Glücksgefühle im All durch- und erlebt nahezu jeder Raumfahrer während seiner Mission. So erging es auch Apollo-7-Astronaut Donn Eisele bei seinem Trip in den Orbit im Jahr 1968. Ihn überkam eine beglückende Leichtigkeit in der Schwerelosigkeit: „Ich bin frei. Ich schwebe! Was für ein Gefühl! (...) Dieses Gefühl, völlig schwerelos zu sein, war wunderschön! (...) Schwerelos zu sein, machte wirklich viel Spaß.“ (Eisele, 2017, S. 49 u. 50). Auch Alan Bean, der als vierter Mensch den Mond betreten sollte, genoss zumindest *beim ersten Mal* den besonderen Augenblick der Unbeschwertheit. „Zuerst ist die Schwerelosigkeit angenehm. Ich fühlte mich so, als würde ich in einem Swimmingpool schweben. Mein 75 Kilogramm schwerer Körper schien federleicht zu sein.“ (Bean, 1988, S. 651). Auch so manch hartgesottener *Spacewalker*, der trotz seines intensiven Arbeitspensums den Blick nach unten oder oben riskierte, geriet beim Anblick von Mutter Erde bisweilen ins Schwärmen. Einer von ihnen war William R. Pogue, der während der Skylab-Mission 1973 zwei EVAs durchführte und zu den wenigen im All freischwebenden Astronauten zählt, dessen Sicht auf die Erde seinerzeit noch nicht von einer stark verschmutzten Atmosphäre getrübt war. „Der Anblick war atemberaubend. Als ich mich zurücklehnte, sah ich die Erde unter mir – ohne eine Struktur in meiner Sichtlinie. (...) Ich habe von anderen gehört, die dieses magische Gefühl beschrieben haben. Und nun erlebte ich es selbst.“ (Pogue, 2016, S. 254).

Angesichts der Ausnahmesituation, dass Marsonauten zum ersten Mal die Nabelschnur zur Erde komplett durchtrennen, könnte allerdings ein Übermaß an Enthusiasmus oder ein gegenteiliges Gefühl nachhaltige Folgen haben. Es könnte zu einem interplanetaren Break-off kommen, der noch stärkere Reaktionen provoziert. Wie reagiert ein Mensch, wenn er sich

von seinem Planeten über Monate hinweg entfernt und seine Welt nur noch als kleinen Punkt wahrnimmt? Was fühlt er, wird ihm erstmals bewusst, wie unerreichbar fern seine Heimatwelt ist? Welche langfristigen und tiefergehenden Auswirkungen hätte ein solches *Earth-out-of-View*-Phänomen, dem sich jeder Marsonaut unabwendbar gegenübersehen und ihm möglicherweise ein Gefühl der exoplanetaren Verlorenheit gäbe? Dass auch anfangs hochgestimmte Raumfahrer im All nicht frei von depressiven Episoden sind, belegt das Beispiel von Valentin Lebedev, der 1982 insgesamt 211 Tage mit der Soyuz T-5 in der Erdumlaufbahn war und seinem Tagebuch seinen Frust anvertraute: „Ich surre vor mich hin und fliege durch die Raumstation. Ist es denkbar, dass ich eines Tages wieder zurück auf der Erde und bei meinem Liebsten sein werde und alles wieder in Ordnung ist?“ (Clément, 2005, S. 239).

Es sind aber nicht allein die körperlichen Defizite und psychisch-psychologisch unvorhersehbaren Verhaltensweisen, die künftige Marsbesucher zu einem Risikofaktor machen, ebenso wenig die Anfälligkeit der technischen Apparaturen, der elektronischen Systeme mit samt Soft- und Hardware. Nein, über den Raumfahrerhelmen der Astronauten schwebt ein noch weitaus gefährlicheres Damoklesschwert, das jedwede interplanetare oder sogar interstellare Raumfahrt gefährden kann. Es ist schlichtweg der Mensch selbst. Seine Hybris. Sein allzu oft an den Tag gelegtes anmaßendes Verhalten. Sein offen zur Schau gestellter Optimismus, sein vielleicht zu naives Vertrauen in Technik und Wissenschaft. Seine von materiellen Interessen geleitete Denk- und Handlungsweise, die oft im Sternzeichen *Pecunia* steht und daher Missmanagement sowie fehlerhafte Informationspolitik begünstigt – mit fatalen Folgen, wie die Ereignisse rund um den Absturz der US-Raumfähre *Challenger* zeigen, die eine raumfahrtshistorische Wende einleiteten.



https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_gallery_2437.html

BU: Die Besatzung der STS-51L-Mission. Das Foto wurde am 9. Januar 1986 aufgenommen. Von links nach rechts sieht man: Christa McAuliffe, Gregory Jarvis, Judith Resnik, Mission Commander Dick Scobee, Ronald McNair, Pilot Mike Smith und Ellison S. Onizuka.

https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_gallery_2437.html

3. Challenger-Schock als warnendes Beispiel

Werfen wir einen Blick zurück auf den 28. Januar 1986. An diesem Tag soll die Mission STS-51L nach sechstägiger Verspätung von Cape Canaveral in Florida (USA) endlich ins All starten. Technische Pannen und wechselhaftes Wetter verzögern jedoch den zehnten Flug der Raumfähre *Challenger* mehrfach. Doch als alle Störungen beseitigt scheinen, verschlechtert sich das Wetter schlagartig. Eine in diesen Gefilden höchst ungewöhnliche Kaltwetterfront zieht über den Sonnenstaat Florida hinweg. Die Temperatur fällt in der Nacht bis auf minus sechs Grad Celsius. Über den Startkomplex 39B, auf dem die US-Raumfähre seit Wochen steht, legt sich ein Film aus Eis.

Obgleich einige Mitarbeiter der Herstellerfirma der Feststoffraketen einen Tag vor dem Start explizit darauf hinweisen, dass der Flug STS-51L gestrichen werden müsse („We shouldn't fly“), da die Dichtungsringe in den Feststoffraketen bei Nachtfrost an Qualität und Elastizität einbüßen und somit ein Gefahrenpotenzial darstellen könnten, halten die NASA-Manager und Ingenieure nach einer ad hoc anberaumten Telefonkonferenz unverständlicherweise an dem anvisierten Starttermin fest (Feynman, 1988, S. 30f.). Die NASA steht unter großem Erfolgsdruck. Ein weiterer Aufschub kostet Zeit und Geld.

Um 11:37 Uhr Ortszeit (17.37 Uhr MEZ) hebt die *Challenger* bei einer Temperatur von zwei Grad Celsius mit ihrer siebenköpfigen Besatzung ab. Mühsam, aber in gewohnt zuverlässiger Manier arbeitet sich die Fähre mit samt ihrem externen Treibstofftank und den beiden Feststoffraketen Meter für Meter nach oben und gewinnt rasch an Höhe. An Bord der STS-51L staut sich eine technisch kostbare Fracht: ein Kommunikationssatellit und verschiedene Instrumente zur Beobachtung des Kometen Halley. Das Rollmanöver, mit dem sich die Fähre in die richtige Lage bringt, um den weiteren Aufstieg zu meistern, verläuft wunschgemäß. Die erste Startphase scheint mit Bravour bewältigt.

Eigentlich sollte jetzt nichts mehr schiefgehen. Schließlich beförderte die NASA seit April 1981 auf 24 Shuttle-Flügen 125 Menschen sicher ins All und zurück. Dass sich im Kontrollzentrum der NASA in Houston die Mitarbeiter schnell wieder ihrer Arbeit widmen, ist der Routine geschuldet. Doch nur 73 Sekunden nach dem Start geschieht in einer Höhe von 15 Kilometern ohne jede Vorwarnung das Undenkbare: Von einem Moment auf den nächsten stirbt der amerikanische Traum von einer sicheren bemannten Raumfahrt. Der wolkenfreie Himmel über Cape Canaveral erzittert und verliert seine strahlende Bläue. Ein mächtiger Feuerball erhellt den Himmel. Die *Challenger* verschwindet hinter einer großen Nebelwolke aus Explosionsgasen. Weiße undefinierbare Strukturen fliegen ungeordnet in verschiedene Richtungen. Rauchspuren überlagern die Szenerie. Was den Zuschauern in Florida und vor den Fernsehern zu diesem Zeitpunkt noch nicht bewusst ist – sie sind soeben Zeitzeugen der bis dahin größten Katastrophe in der Geschichte der bemannten Raumfahrt geworden. Als die *Challenger* vor 35 Jahren explodierte und dabei sieben Astronauten ihr Leben verloren, sahen Millionen von Menschen erstmals via TV eine Hightech-Katastrophe live und in Farbe.



<https://www.nasa.gov/centers/kennedy/about/history/50thgallery/1979-03-24.html>

BU: Am 1. Februar 2003 explodierte die US-Raumfähre „Columbia“ (STS-107) über dem Himmel von Texas in rund 60 Kilometer Höhe und riss dabei sieben Raumfahrer in den Tod, nur weil ein vom Außentank abgeplatztes Stück Isolierschaum beim Start den Hitzeschild des Space Shuttle beschädigt hatte.

Bild: NASA

Als sich dank des großen Einsatzes des Physiknobelpreisträgers Richard Feynman (1918–1988) herausstellte, dass die *Challenger*-Mission nur wegen eines in einem der wiederverwendbaren Feststoffraketen installierten spröde gewordenen Gummidichtungsringes so tragisch scheiterte (was zum Austreten von Treibstoff führte), erreichte der Imageschaden

der NASA seinen Höhepunkt. Für das offensichtliche Missmanagement der US-Raumfahrtbehörde fand Feynman deutliche Worte: „Wären alle Dichtungen undicht gewesen, hätte selbst die NASA das Problem ernst nehmen müssen. Da aber nur einige Dichtungen bei einigen Flügen undicht geworden waren, hatte sich die NASA auf den sonderbaren Standpunkt gestellt: Wenn eine der Dichtungen etwas leckt und der Flug trotzdem erfolgreich verläuft, kann die Sache nicht so schlimm sein. Eine neue Variante des russischen Roulettes.“ (Feynman, 1991, S. 132 f.). Fehlentscheidungen, die vornehmlich auf kommunikativer Ebene bewusst begangen wurden, führten zu dem vermeidbaren Unglück. Die NASA habe seinerzeit im Vorfeld nichts von technischen Problemen hören wollen und alle Warnungen der Techniker in den Wind geschlagen. „Meine Theorie ist daher, dass der Verlust an Kommunikation und Gemeinschaftsgeist zwischen den Ingenieuren, Wissenschaftlern und dem Management und anderen NASA-Verantwortlichen die Gründe dafür waren, dass sich die Zusammenarbeit verschlechterte, die – wir wie gesehen haben – eine Katastrophe herbeiführte.“ (Feynman, 1988, S. 37).

Der amerikanische Traum vom permanenten Zugang ins All geriet zum nationalen Albtraum. Manager, getriggert von pekuniär-wirtschaftlichen Motiven, spielten mit dem Leben ihrer kosmischen Botschafter. Eine supranationale Tragödie, die im kollektiven Gedächtnis der Menschheit verankert bleibt – so wie der *fabelhafte* Flug und Sturz des Ikaros' in der klassischen Mythologie, der einst im Übermut seinem Heimatstern zu nahekam. Möge sein Schicksal ein Menetekel für all jene Sternsüchtigen sein, die in ferner Zukunft in die Tiefen und Weiten des Alls vordringen wollen, um vielleicht wie Ikaros der irdischen Gefangenschaft zu entfliehen.

Literatur:

Aldrin, Buzz: Mission to Mars. My Vision for Space Exploration, Washington D.C. 2013.

Allen, Joseph P./Martin, Russel: Entering Space. An Astronaut's Odyssey, New York 1984.

Bean, Alan: My Life as an Astronaut, New York 1988 [E-Book].

Bondar, Roberta: Eine Frau an Bord der Raumfähre Discovery. Touching the Earth, München 2000.

Cernan, Eugene: The Last Man on the Moon, New York 1999.

Collins, Michael: Carrying the Fire. An Astronaut's Journeys, London 2009.

Cristoforetti, Samantha: Die lange Reise. Tagebuch einer Astronautin, München 2019.

Eisele, Donn: Apollo Pilot. The Memoir of Astronaut Donn Eisele, Lincoln/London 2017.

Feynman, Richard P.: An Outsider's Inside View of the Challenger Inquiry, in: Physics Today (Februar 1988), S. 26-37.

Feynman, Richard P.: Kümmert Sie, was andere Leute denken? Neue Abenteuer eines neugierigen Physikers, München 1991.

Ganse, Bergita und Urs: Das kleine Handbuch für angehende Raumfahrer. Raketen, Hyper-G und Shrimpscocktail, Berlin 2017.

Gerzer, Rupert / Hemmersbach, Ruth / Horneck, Gerda: Life Science, in: Utilization of Space. Today and Tomorrow. Hrsg.: Feuerbacher, Berndt / Stoewer, Heinz, Berlin/Heidelberg 2006.

Gilles, Clément: Fundamentals of Space Medicine, Dordrecht 2005.

Glenn, John/Taylor, Nick: A Memoir, New York 2000.

Hadfield, Chris: An Astronaut's Guide to Life on Earth. Life Lessons from Space, London 2015.

Irwin, James: Destination: Moon, Portland 1989.

Jones, Tom: Sky Walking: An Astronaut's Memoir, Washington, D.C. 2016.

Kaku, Michio: The Future of Humanity. Transforming Mars, Interstellar Travel, Immortality, and our Destiny Beyond Earth, New York 2018.

Kelly, Scott: Endurance. A Year in Space. A Lifetime of Discovery, New York 2017.

Linenger, Jerry M.: Off the Planet: Surviving Five Perilous Months Aboard the Space Station Mir, New York 1999.

Massimino, Mike: Spaceman. An Astronaut's unlikely Journey to Unlock the Secrets of the Universe, New York 2016.

Merbold, Ulf: Flug ins All. Von Spacelab 1 bis zur D1-Mission. Der persönliche Bericht des ersten

Astronauten der Bundesrepublik, Bergisch-Gladbach 1986.

Mitchell, Edgar: Earthrise. My Adventures as an Apollo 14 Astronaut, Chicago 2014.

Mullane, Mike: Riding Rockets. The Outrageous Tales of a Space Shuttle Astronaut, New York/London/Toronto/Sydney 2006.

Parmitano, Luca: EVA 23: Exploring the Frontier (Blogs.ESA, 20.08.2013): (<http://blogs.esa.int/luca-parmitano/2013/08/20/eva-23-exploring-the-frontier/>)

Pogue, William R.: But for the Grace of God. An Autobiography of an Aviator and Astronaut. Leipzig 2016.

Scott, David/Leonow, Alexei: Two sides of the moon. Our Story of the Cold War Space Race, New York 2004.

Walter, Ulrich: In 90 Minuten um die Erde, Würzburg 1997.

Young, John W./Hansen, James R.: Forever Young. A Life of Adventure in Air and Space, Gainesville 2012.