

# **Probleme bei Reisen in den Raum**

-

## **Warum waren wir noch nicht auf dem Mars?**

**Carlotta Barth**

**Eine Seminararbeit im Fach Astronomie  
Greselius-Gymnasium Bramsche  
Fachlehrer: Herr Riemer  
Jahrgang 12**

**26.02.2024, Bramsche**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	1
<b>2 Gesundheitliche Probleme</b> .....	1
2.1 Probleme aufgrund der fehlenden Erdanziehungskraft.....	1
2.2 Gesundheitliche Probleme anhand der Kelly-Zwillingsbrüder.....	3
2.3 Kosmische Strahlung.....	4
2.3.1 Lösungsvorschläge zur kosmischen Strahlung.....	5
<b>3 Psychologische Probleme</b> .....	6
3.1 Psychologische Probleme anhand des Mars-500-Projekts.....	6
3.2 Andere psychische Probleme.....	9
<b>4 Probleme bei der Versorgung</b> .....	10
4.1 Allgemeine Versorgungsprobleme.....	10
4.2 Biosphäre 2.....	11
<b>6 Wie kommt man zum Mars?</b> .....	12
6.1 Delta-V.....	13
6.2. Hohmann-Transfer am Beispiel einer Reise zum Mars.....	14
<b>7 Probleme anhand der Saturn V</b> .....	15
7.1 Wie viel Delta-V wird benötigt?.....	16
7.2 Finanzielle Probleme.....	17
<b>8 Schluss</b> .....	18
<b>9 Anhang</b> .....	19
9.1 Literaturverzeichnis.....	19
9.1.1 Elektronische Quellen.....	19
9.1.2 Schriftliche Quellen.....	22
9.2 Abbildungsverzeichnis.....	23
9.3 Abkürzungen.....	24
9.4 Erklärungen.....	25
9.4.1 Versicherung der selbstständigen Erarbeitung und Anfertigung.....	25
9.4.2 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung.....	25

## **1 Einleitung**

Seit jeher hat der Weltraum die Menschen in den Bann gezogen und besonders in den letzten Jahren hat sich die Raumfahrt weiterentwickelt. Aber warum waren wir dann noch nicht auf dem Mars?

Während die Wahrscheinlichkeit auf erfolgreiche Weltraumreisen dennoch immer greifbarer erscheinen, gibt es vor allem bei längeren Reisen, zum Beispiel bis zum Mars, vermehrt Probleme und Hindernisse. So ist es einerseits fraglich, ob es aufgrund von finanziellen Mitteln überhaupt tragbar ist, längere Reisen zu verantworten, aber auch gesundheitliche Probleme oder die Versorgung stellen Hindernisse dar. Insgesamt ist es also fraglich, ob es überhaupt möglich ist, solche Reisen in den Raum zu verwirklichen.

In meiner Seminararbeit „Probleme bei Reisen in den Raum- Warum waren wir noch nicht auf dem Mars?“ beschäftige ich mich also mit den Dingen, die die Menschheit von einer erfolgreichen Marsmission abhalten.

## **2 Gesundheitliche Probleme**

Die Gefährdung der Gesundheit ist wahrscheinlich das Problem, über welches sich die meisten Menschen als erstes Sorgen machen. Dabei kann das All aber ganz unterschiedliche Auswirkungen auf den menschlichen Körper haben.

### **2.1 Probleme aufgrund der fehlenden Erdanziehungskraft**

Zu erst einmal ist wahrscheinlich einer der größten Unterschiede zwischen All und der Erde, die fehlende Erdanziehungskraft, welche unser Körper allerdings braucht, um normal zu funktionieren. Denn wenn diese nicht vorhanden ist, verteilen sich die Flüssigkeiten in unserem Körper anders<sup>1</sup>. So verlagern sie sich unter anderem in Richtung des Kopfes<sup>2</sup> und sorgen somit dafür, dass sich unter anderem der Durchmesser der Arterien und Venen im oberen Bereich des Körpers, besonders im Kopf, vergrößert und zu roten oder geschwollenen Gesichtern führen kann.<sup>3</sup>

Insgesamt kann dies auch einige Auswirkungen auf das Gehirn haben, denn durch die fehlende Schwerelosigkeit nimmt auch der Raum mit Nervenwasser an

---

1 Quarks: Darum kann ein Flug ins All furchtbar ungesund sein  
<https://www.quarks.de/weltall/raumfahrt/flug-ins-weltall-ungesund/>

2 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.15

3 gesundheitsstadt berlin: Welche Folgen hat ein Langzeitaufenthalt im Weltall für die Gesundheit?  
<https://archiv.gesundheitsstadt-berlin.de/welche-folgen-hat-ein-langzeitaufenthalt-im-weltall-fuer-die-gesundheit-13252/>

Volumen zu<sup>4</sup>, was zu einem Hydrozephalus<sup>5</sup>, umgangssprachlich auch „Wasserkopf“ genannt, führen kann. Dieser kann verschiedene Symptome hervorrufen und von starken Kopfschmerzen über Übelkeit bis hin zum Bewusstseinsverlust reichen.<sup>6</sup>

Auch Auswirkungen auf das Volumen der grauen Substanz im Gehirn muss der Astronaut in Kauf nehmen, denn nach längerem Aufenthalt im All schrumpft das Volumen der grauen Substanz, welche unter anderem für die Verarbeitung von Erlebten und auch für jegliche höhere Leistungen verantwortlich ist<sup>7</sup>. Jedoch bildet sich tatsächlich die graue Substanz auf der Erde wieder, doch kann es sein, dass sie sich nicht vollständig wieder zurückbildet.<sup>4</sup>

Darüber hinaus berichtet Floris Wuyts, Professor für Physik an der Universität Antwerpen und Wissenschaftsminister bei der „Weltraumnation Asgardia“<sup>8</sup>, dass sich die Neuroplastizität im Gehirn verändern könne, also wie Nervenzellen miteinander kommunizieren und Synapsen verknüpft sind.

Ebenso können die falsch verteilten Körperflüssigkeiten zu erhöhten Druck auf den Augäpfeln sorgen und somit die Sehkraft beeinträchtigen. Denn dadurch flachen die Augäpfel ab<sup>9</sup>, was auf längere Sicht zwangsläufig zur Weitsichtigkeit führt. Dieser Prozess ist auch unter dem raumfahrtassoziierten neurookulären Syndrom bekannt<sup>10</sup> oder kurz gesagt SANS<sup>11</sup> bekannt.

Ein weiteres Problem, mit welchem Astronauten zu kämpfen haben, ist der Muskelabbau und der Knochenschwund. Zusätzlich führt ein Aufenthalt im All dazu, dass das Herz geschwächt wird. Auch für diese Probleme ist erneut die fehlende Erdanziehungskraft verantwortlich. Denn im All brauchen die Muskeln weniger Kraft und die Knochen müssen nicht mehr das ganze Körpergewicht tragen. Zwar passiert dem Menschen dies auch auf der Erde, allerdings erst viel später und eher als schleichender Prozess. Eine einfache Lösung hierfür ist für den Astronauten viel Sport zu treiben und sich passend zu ernähren.

---

4 Frankfurter Rundschau: Wie der Weltraum auf den Körper wirkt  
<https://www.fr.de/wissen/raumfahrt-wie-weltraum-auf-koerper-wirkt-zr-13249534.html>

5 Neurochirurgie Basel: Hirnwasserstau (Hydrozephalus)  
<https://neurochirurgie-basel.ch/hydrozephalus-2/>

6 Inselspital Universitätsspital Bern: Hydrozephalus  
<https://neurochirurgie.insel.ch/erkrankungen-spezialgebiete/liquorstoerungen/hydrozephalus>

7 Spektrum.de: Sind die "grauen Zellen" wirklich grau?  
<https://www.spektrum.de/frage/sind-die-grauen-zellen-wirklich-grau/1421089#:~:text=Die%20%22graue%22%20Gro%C3%9Fhirnrinde%20ist%20f%C3%BCr,eine%20h%C3%B6here%20allgemeine%20Intelligenz%20aufweisen>

8 Die „Weltraum Asgardia“ ist eine Organisation, die eine Besiedlung des Weltraums anstrebt.

9 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.15, S.16

10 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.16

11 spaceflight associated neuro-ocular syndrome

Doch ganz verhindert werden kann es nicht, aber so kann man die Auswirkungen einschränken.<sup>12</sup>

Allerdings steigt unter anderem durch die viele sportliche Betätigung die Körpertemperatur auf ungefähr 38 °C an, was auf der Erde schon fast Fieber wäre. Dies liegt vor allem daran, dass der Wärmeaustausch im All deutlich erschwert ist. Der Körper kann die überschüssige Wärme also nicht einfach über Schweiß loswerden, welcher im Normalfall über die Verdunstung für eine Kühlung des Körpers sorgen würde.<sup>13</sup>

Ebenso wird das Immunsystem von der fehlenden Erdanziehung beeinflusst, so bewegen sich gewisse Immunzellen anders<sup>14</sup> und das gesamte Immunsystem arbeitet träger als im Normalfall. Darüber hinaus altert dieses schneller als auf der Erde.<sup>15</sup>

Insgesamt scheint der Mensch, wie aus den vorherigen Problemen deutlich wird, nicht für die Schwerelosigkeit gemacht zu sein.

## **2.2 Gesundheitliche Probleme anhand der Kelly-Zwillingsbrüder**

340 Tage von März 2015 bis Februar 2016, das ist die Zeit, in welcher Scott Joseph Kelly im Weltraum war, während sein Zwillingsbruder Mark Edward Kelly am Boden blieb. Größtenteils blieb Scott gesund, wobei er im direkten Vergleich zu seinem Bruder Unterschiede aufwies.

So verlängerten sich unter anderem seine Telomere<sup>16</sup>, also die Endstücke der Chromosomen, welche bei Veränderungen in Zusammenhang mit Krankheiten und dem Alterungsprozess gebracht werden. Allerdings wurden viele der Telomere auf der Erde wieder normal, wobei einige aber auch kürzer wurden.<sup>17</sup> Auch wurden weitere Schäden an seiner DNA entdeckt. Insgesamt wird davon ausgegangen, dass längere Aufenthalte im All die DNA schädigen.

Darüber hinaus veränderte sich sein Augapfel, indem die Netzhaut dicker wurde.<sup>18</sup>

---

12 Quarks: Darum kann ein Flug ins All furchtbar ungesund sein

13 Welt: Darum haben Astronauten ständig Fieber  
<https://www.welt.de/gesundheit/article172171778/Gesundheit-im-All-Darum-haben-Astronauten-staendig-Fieber.html>

14 gesundheitsstadt berlin: Welche Folgen hat ein Langzeitaufenthalt im Weltall für die Gesundheit?

15 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.16

16 Sich wiederholende DNA-Sequenzen

17 Welt: Diese Zwillinge zeigen, was im All mit dem Körper passiert  
<https://www.welt.de/gesundheit/article191779495/Nasa-Diese-Zwillinge-zeigen-was-das-All-mit-dem-Koerper-macht.html>

18 National Geographic: Einzigartige Zwillingsstudie zeigt Gesundheitsrisiken von Weltraumreisen  
<https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2019/04/einzigartige-zwillingsstudie-zeigt-gesundheitsrisiken-von-weltraumreisen>

Zusätzlich nahm die geistige Leistungsfähigkeit bei Scott ab, was aber primär nicht unbedingt auf den Aufenthalt im All zurückzuführen ist, dennoch ist dies durchaus denkbar.

Auch das Mikrobiom<sup>19</sup> kann bei einem Aufenthalt im All Schäden nehmen.<sup>20</sup> So wies sein Darmmikrobiom Veränderungen im Gegensatz zu dem seines Bruders auf.

Im Nachhinein wurden allerdings mehr als 90 Prozent von Scotts Genen wieder normal und dennoch blieben einige Veränderungen. So blieb unter anderem die Verringerung der kognitiven Leistung. Auch die Telomere, die nach seiner Ankunft auf der Erde kürzer wurden, könnten weitere Schäden verursachen, da verkürzte Telomere mit verringerter Fruchtbarkeit, Demenz, Herz-Kreislauf Erkrankungen und einigen Krebsarten in Verbindung stehen. Das Krebsrisiko wird zusätzlich erhöht, da einige Chromosomen-Inversionen blieben, welche zur genomischen Instabilität beitragen könnten.

Jedoch muss man die Studie insgesamt eingeschränkt betrachten, da Scott immer nur geringe Blutmengen abgenommen werden durften.<sup>21</sup> Ebenso muss beachtet werden, dass sich die ISS nicht im weit entfernten Weltraum befindet, sondern in der Nähe zur Erde und dadurch zusätzlich vor der schädlichsten kosmischen Strahlung geschützt ist. So gab auch der Biologe Markus Löbrich von der Technischen Universität Darmstadt zu bedenken, dass die Strahlenbelastung bei einer Marsmission deutlich höher sei als bei Aufhalten auf der ISS.<sup>22</sup>

### **2.3 Kosmische Strahlung**

Eines der größten Probleme bei langen und weiten Reisen in den Raum scheint allerdings die kosmische Strahlung zu sein. Diese besteht zu einem Großteil aus Protonen, Alphateilchen und im geringen Teil aus Kernen wie Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff bis zu Eisen und Nickel.<sup>23</sup>

---

19 Die Gesamtheit der Mikroorganismen, die auf und in einem mehrzelligen Wirt leben.

20 Welt: Diese Zwillinge zeigen, was im All mit dem Körper passiert

21 National Geographic: Einzigartige Zwillingsstudie zeigt Gesundheitsrisiken von Weltraumreisen

22 Welt: Diese Zwillinge zeigen, was im All mit dem Körper passiert

23 Spektrum.de: kosmische Strahlung

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/kosmische-strahlung/8412#:~:text=Die%20prim%C3%A4re%20kosmische%20Strahlung%20besteht,den%20Kernen%20der%20irdischen%20Atmosph%C3%A4re>

Zwar ist man hier auf der Erde auch nicht vollständig vor der Strahlung geschützt, doch man bekommt pro Tag nur eine Strahlendosis von 0,0025 Millisievert<sup>24</sup> pro Tag ab, während die Dosis für Astronauten zum Beispiel auf der ISS deutlich höher ist. Sie bekommen ungefähr 0,8 Millisievert pro Tag ab.<sup>25</sup>

Dies ist 320-mal mehr als auf der Erde. Auf dem Mars hingegen ist die Strahlung etwa 260-mal so hoch wie auf der Erde. Dies ergibt sich aus Daten des Curiosity Rovers, welcher am 06. August 2012 im Gale-Krater auf dem Mars landete und einen Tag später am 07. August 2012 mit den Messungen begann. Die RAD-Daten wiesen auf, dass der Curiosity Rover auf dem Weg zum Mars 1,82 mSv/Tag und auf der Oberfläche 0,65 mSv/Tag ausgesetzt war. Wenn man diese Daten nun auf die NASA-Referenzmission überträgt, welche aus 500 Tagen auf der Marsoberfläche und jeweils 180 Tagen für den Hin- und Rückweg besteht, dann erhält man als Gesamtdosis für eine Person etwa 1Sv. Wenn es zu keinem besonderen Solarereignis kommt.<sup>26</sup>

$$500d \times 0,65 \text{ mSv} + 360d \times 1,82 \text{ mSv} = 980,2 \text{ mSv} \approx 1\text{Sv}$$

Die kosmische Strahlung ist dadurch besonders bei längeren Reisen eine der größten medizinischen Sorgen. Dorit Donoviel, Professorin für Raumfahrtmedizin am Baylor College of Medicine in Houston, gibt zu bedenken, dass man dabei eine akute Strahlenerkrankung davontragen könne.<sup>27</sup> Zwar ist die Dosis, welche man auf dem Weg zum Mars abbekäme, zu jedem Zeitpunkt zwar gering, jedoch kann sie bei einem Aufenthalt über einen längeren Zeitraum das Krebsrisiko bedrohlich erhöhen.<sup>28</sup>

### **2.3.1 Lösungsvorschläge zur kosmischen Strahlung**

Dorit Donoviel schlägt vor, dass sich Astronauten in der Zukunft unter anderem mit Wasser vor der Protonen Strahlung abschirmen könnten, welches in die Wände eines Schutzraumes gepumpt wird.

---

24 mSv- ist die Einheit der Äquivalentdosis und dient im Strahlenschutz zur Quantifizierung von stochastischen Risiken, wie Krebs. Sie ist benannt nach Rolf Sievert.

25 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: Kosmische Strahlung auf der ISS in 3D  
[https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2016/20161214\\_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d\\_20443](https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2016/20161214_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d_20443)

26 ScienceDirect: Life Sciences in Space Research - Medical countermeasures for the hematopoietic-subsyndromes of acute radiation syndrome in space 35 S.36-43  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214552422000372>

27 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.16

28 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.14, S.15

Die galaktische kosmische Strahlung kann allerdings nicht durch Wasser abgehalten werden. Zusätzlich würde der Versuch, dies zu tun, nur noch zu mehr Problemen führen, da sie dadurch mehr Teilchen hervorrufen würden.

Darüber hinaus gibt sie an, dass eine Abschirmung vor einer solchen Strahlung nicht realistisch wäre und sie zusammen mit ihrem Institut aus diesem Grund daran arbeiten würde, wie der menschliche Körper besser mit dieser Strahlung auskommen könnte.

Dabei erläutert sie, dass es sinnvoller wäre, wenn man präventive Methoden nutzt anstatt ein Problem, welches bereits besteht, beheben zu wollen.<sup>29</sup>

Zusätzlich werden in Darmstadt mit dem GSI-Teilchenbeschleuniger vom ESA-Team verschiedene Materialien auf ihren Strahlenschutz getestet. So werden auch hier Materialien wie Wasser beobachtet, aber auch Metalle und sogar simulierte Mond- und Marsmaterialien getestet. Wobei auch bei dem versuchten Schutz aus Metall Strahlenschauer aus sekundär Teilchen entstehen, die wieder schädlicher wären als die eigentliche Strahlung. So kommen sie auf den Schluss, dass leichtere Materialien wie Kunststoff und Wasser eine bessere Abschirmung bieten. Wobei sich besonders neue wasserstoffreiche Materialien, die in Großbritannien entwickelt wurden, als sehr geeignet herausstellen könnten.<sup>30</sup>

Es lässt sich also sagen, dass zwar noch an dem Strahlenschutz weiter geforscht werden muss, aber auch, dass die Wissenschaft auf einem gutem Weg in die richtige Richtung ist.

### **3 Psychologische Probleme**

Häufig beschäftigt man sich zwar mit der Gesundheit des menschlichen Körpers, lässt die psychologischen Aspekte dabei aber in den Hintergrund rücken. Dies bedeutet allerdings nicht, dass sie nicht auch vorhanden sind, so kann es bei längeren Reisen in den Raum auch zu psychischen Problemen kommen.

#### **3.1 Psychologische Probleme anhand des Mars-500-Projekts**

Das Mars-500-Projekt begann am 03. Juni 2010, bei dieser Isolationsstudie wurden sechs Männer für 520 Tage eingesperrt.<sup>31</sup>

---

29 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.17

30 ESA kids: Mars-und Mondgestein als Strahlungsschutz im Test  
[https://www.esa.int/kids/de/lernen/Leben\\_im\\_Weltraum/Leben\\_im\\_Weltraum/Mars-\\_und\\_Mondgestein\\_als\\_Strahlungsschutz\\_im\\_Test](https://www.esa.int/kids/de/lernen/Leben_im_Weltraum/Leben_im_Weltraum/Mars-_und_Mondgestein_als_Strahlungsschutz_im_Test)

31 Spektrum.de: Mars500-Mission geht zu Ende  
<https://www.spektrum.de/news/mars500-mission-geht-zu-ende/1127778>

Das Projekt sollte Aufschluss darüber liefern, inwiefern Hindernisse wie Isolation, Hypostimulation und Langeweile sich auf die Astronauten auswirken würden. Darüber hinaus wurde auch eine Kommunikation in Echtzeit verhindert, da diese auf einer Marsmission ebenfalls nicht möglich wäre. Auch gab es für sie einen ähnlichen Ernährungsplan wie auf der ISS.<sup>32</sup> Auch muss man bedenken, dass, obwohl das gesamte Modul 243 Quadratmeter betrug, dass das Wohnmodul, in welchem die Astronauten untergebracht waren, nur 72 Quadratmeter hatte und somit für jeden Astronauten nur 2,8 – 3,2 Quadratmeter übrig blieben.<sup>33</sup>



<sup>34</sup> *Abbildung 1: Das Mars500-Habitat in Moskau von S. Corvaja*

Besonders ist das Mars-500-Projekt von anderen Isolationsexperimenten dadurch abzugrenzen, dass es weitaus länger als ein Jahr gedauert hat.<sup>35</sup>

Eine große Erleichterung bei dem Mars-500-Projekt war die gut ausgesuchte Gruppe, welche untereinander sehr harmonisch zusammenlebte, was einem Idealfall gleicht. So sagt auch der Leiter des Experiments, Dr. Bernd Johannes, dass sie eine erfreuliche und unerwartete Harmonie in der Crew festgestellt hätten und dass das Beziehungsgefüge die gesamte Zeit über relativ stabil geblieben sei.

<sup>32</sup> ESA: Mars500: Ein erfolgreicher Schritt auf dem Weg zum Mars  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Mars500\\_Ein\\_erfolgreicher\\_Schritt\\_auf\\_dem\\_Weg\\_zum\\_Mars](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Mars500_Ein_erfolgreicher_Schritt_auf_dem_Weg_zum_Mars)

<sup>33</sup> Spektrum.de: einmal zum Mars und zurück  
<https://www.spektrum.de/news/einmal-zum-mars-und-zurueck/1034997>

<sup>34</sup> ESA: Das Mars500-Habitat in Moskau von S. Corvaja  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Das\\_Moskauer\\_Mars-Habitat](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Das_Moskauer_Mars-Habitat)  
Datei:[https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa\\_multimedia/images/2011/11/das\\_mars500-habitat\\_in\\_moskau/10297615-2-eng-GB/Das\\_Mars500-Habitat\\_in\\_Moskau\\_pillars.jpg](https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2011/11/das_mars500-habitat_in_moskau/10297615-2-eng-GB/Das_Mars500-Habitat_in_Moskau_pillars.jpg)

<sup>35</sup> ESA: Mars500: Ein erfolgreicher Schritt auf dem Weg zum Mars

Die Forscher, welche an diesem Experiment beteiligt waren, stellten die These auf, dass hoher Leistungsdruck bei monotoner Arbeit das Immunsystem des Körpers schwächen würde. Und tatsächlich konnte bereits nach der ersten Bilanz festgestellt werden, dass die Veränderung vergleichbar war mit der, die auch bei Weltraummissionen wahrgenommen werden konnten. Diese immunologische Veränderung hat zur Ursache, dass sich die Probanden in einer gesteigerten Stressphase befinden.<sup>36</sup>

Interessant ist es zu beobachten, dass die Männer an den Tagen, welche die Rückreise symbolisierten, fast 700 Stunden länger im Bett verbrachten als auf der Hinreise. Ebenso ist zu beobachten, dass vier der Besatzungsmitglieder unter Schlafstörungen oder psychischen Problemen litten.

So sagt auch Mathias Basner von der University of Pennsylvania, der die Auswirkungen von Schlafmangel untersucht, dass sie einige Probleme gesehen hätten, auch wenn es keine größeren unerwünschten Ereignisse gegeben hatte.

Auch laut der in PNAS<sup>37</sup> veröffentlichten Studie erging es einigen Besatzungsmitgliedern schlechter als anderen. Einer von ihnen begann zum Beispiel in einem 25-Stunden-Tag Rhythmus zu leben, wodurch er schnell aus der Routine mit den anderen geriet. Ein anderer Mann hingegen schlief zwar nachts, doch machte auch tagsüber immer wieder längere Nickerchen. Daraufhin entgegnete Basner, dass dies nicht gut für die Mission sein könne, da für den Tag bestimmte Aufgaben geplant wären. Darüber hinaus schlief ein weiteres Besatzungsmitglied so schlecht, dass es unter chronischem Schlafmangel litt. Er wäre in Bezug auf sein Aufmerksamkeitssystem am Versagen, so Basner. In einer weiteren Studie wurde sogar auch beschrieben, dass ein Besatzungsmitglied eine leichte Depression entwickelt hätte.

Als Fazit sagt Basner, dass sich nur zwei der Männer gut angepasst hätten. Wobei man sich fragen sollte, ob wir wirklich jemanden auf so eine lange Mission schicken sollten<sup>38</sup>

Jedoch ist dieses Projekt auch mit Einschränkungen zu bedenken, da die Psychologie hier ja einfach sagt, ich kann rausgehen und dann bin ich wieder daheim, wie der Vorstandschef des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Johann-Dietrich Wörner sagt.<sup>39</sup>

---

36 ESA: Riesiges Forschungsfeld für Psychologen  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Riesiges\\_Forschungsfeld\\_fuer\\_Psychologen](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Riesiges_Forschungsfeld_fuer_Psychologen)

37 Proceeding of the national Academy of Sciences

38 The Guardian: Fake mission to Mars leaves astronauts spaced out  
<https://www.theguardian.com/science/2013/jan/07/fake-mission-mars-astronauts-spaced-out>

39 Deutschlandfunk: Marsstation auf der Erde  
<https://www.deutschlandfunk.de/marsstation-auf-der-erde-100.html>

### **3.2 Andere psychische Probleme**

Außerdem führte auch die Biosphäre 2 unter anderem zu psychologischen Problemen. So traten unter anderem immer wieder zwischenmenschliche Konflikte zwischen den Teilnehmern auf.<sup>40</sup>

Auch eine Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2021 zeigte unter anderem schlechte Emotionsregulation, verminderte Belastbarkeit, verstärkte Angst und Depressionen über Kommunikationsprobleme innerhalb des Teams bis hin zu Schlafstörungen und kognitiven Funktionseinschränkungen aufgrund von Stress.<sup>41</sup>

Darüber hinaus hat sich unter anderem die Psychologieprofessorin Candice Alfano von der Universität Houston zusammen mit ihrem Team, mit den psychischen Belastungen, die auf Polarforschern lasten, beschäftigt. Denn laut Alfano und ihrem Team haben diese viel gemeinsam mit Astronauten. Sie haben sich also an ihnen orientiert, um herauszufinden, wie sehr künftige Marsmissionen den Körper belasten könnten.

Dafür ließen sie 110 Probanden monatlich einen Fragebogen ausfüllen und Speichelproben nehmen, die später auf das Stresshormon Cortisol untersucht wurden.

Dabei kam heraus, dass es den Probanden im Laufe der Zeit immer schlechter ging. Dazu erklärt sie, dass sich viele Forschungen auf Angst und depressive Symptome bezieht, wobei sie sich auch vermehrt auf positive Emotionen bezieht. Dadurch ließ sich dann auch aufzeigen, dass das eigentliche Problem nicht die negativen Gefühle sind, sondern der beständige Rückgang der positiven Gefühle.

Zusätzlich traten zwar auch negative Emotionen auf, aber diese waren variabler und traten vor allem situationsbedingt auf.

Dabei stellten sie fest, dass die Probanden dazu veranlasst waren, ihre „Emotionsregulationsstrategien“ zu vernachlässigen. Besonders auffällig dabei war jedoch, dass besonders das bewusste Wahrnehmen positiver Momente, also das Genießen, immer seltener wurde. Wahrscheinlich, da sich die Probanden im Laufe der Zeit an ihre Umgebung gewöhnt hatten und diese nicht mehr besondere Reize hervorrief. Daraus schließt Alfano letztlich, dass man dem

---

40 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.15

41 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.17

entgegenwirken könnte, indem man auf eine Verstärkung positiver Emotionen abzielt, um das psychologische Risiko zu reduzieren.<sup>42</sup>

#### **4 Probleme bei der Versorgung**

Auch die Versorgung von Raumstationen und den Astronauten im All stellt eine komplexe Aufgabe mit vielen Hindernissen dar. Von der Logistik bis zur technischen Realisierung gibt es eine Reihe von Problemen.

##### **4.1 Allgemeine Versorgungsprobleme**

Bei der Versorgung von Raumstationen bedarf es einerseits organisierter Logistik sowie komplizierter Lebenserhaltungs- und Betriebssysteme. Dabei sind hunderte Menschen vom Boden aus ständig dabei die Astronauten und Raumstationen zu versorgen, wobei dies von verschiedenen Parametern abhängt. Denn eine Raumstation ist meistens nicht autark, solange es nicht um die Energieversorgung geht. Für eine Versorgung der Raumstation müssen jedoch erst Transporter ins All befördert werden.

Da die Lieferung der Güter aber von vielen verschiedenen Parametern abhängig ist, wie unter anderem der Lage und Größe der Raumstation oder dem Bedarf an Kraftstoff, ist dies ein kompliziertes Problem. Durch Erfahrung an anderen Raumstationen konnte dadurch nun auch voraussehbare Werte für die ISS ermittelt werden. Während die MIR-Raumstation jährlich etwa zehn bis zwölf Tonnen Nachschub braucht, liegt die Prognose für die gesamte ISS bei 42-45 Tonnen. Hierbei muss aber beachtet werden, dass die Mengenangaben weder Experimente, Forschungsgeräte, Verbrauchsgüter, Ersatzteile oder Treibstoff enthalten sind.

Eine andere Möglichkeit hingegen wäre, wie bei den ersten Raumstationen<sup>43</sup> die Versorgungsgüter direkt von der Erde an Bord der Raumstation mitzunehmen. Doch dadurch ist nur ein begrenzter Aufenthalt von Besatzungen möglich. Deshalb wurden die Raumstationen ab dem Start von Saljut 6 mit Transportfrachtern versorgt.

---

42 Welt: Der schleichende Verlust der positiven Gefühle  
<https://www.welt.de/wissenschaft/article230654747/Psychologie-im-Weltall-Der-schleichende-Verlust-der-positiven-Gefuehle.html>

43 Saljut 1 bis 5 und Skylab

Obwohl dies nun als die beste Möglichkeit erscheint, ergibt sich ein anderes Problem aus der Transportfähigkeit, denn obwohl sie mehrfach modernisiert wurden, können Transportfrachter nur bis zu 2,5 Tonnen an Versorgungsmaterialien zu einer Raumstation bringen.<sup>44</sup>

Dies würde als bedeuten, dass Frachter entweder einen sehr weiten Weg auf sich nehmen müssten oder dass man die Astronauten der Marsmission direkt mit allen Gütern versorgen müsste, wobei beide Lösungsmöglichkeiten nicht ideal erscheinen.

## **4.2 Biosphäre 2**

Eine andere Versorgungsmöglichkeit würde eine Biosphäre 2 an Bord der Raumstation darstellen, die ein autarkes Leben auf einer Raumstation ermöglichen würde. Doch wie ist dies möglich und funktioniert so was überhaupt? Dies wurde anhand der Biosphäre 2 getestet, welche im Prinzip eine kleinere Version der Biosphäre 1, also der Erde darstellen sollte.



<sup>45</sup> *Abbildung 2: Die Biosphäre 2*

---

<sup>44</sup> ESA: 1. Versorgung einer Raumstation  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/1.\\_Versorgung\\_einer\\_Raumstation#:~:text=Egal%20ob%20Treibstoff%2C%20Wasser%2C%20Luft,geh%C3%B6rt%20hierzu%20auch%20die%20ISS.](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/1._Versorgung_einer_Raumstation#:~:text=Egal%20ob%20Treibstoff%2C%20Wasser%2C%20Luft,geh%C3%B6rt%20hierzu%20auch%20die%20ISS.)

<sup>45</sup> Wirtschaftswoche: Die Biosphäre 2  
<https://www.wiwo.de/technologie/forschung/biosphaere-2-eine-der-schlechtesten-ideen-des-jahrhunderts/14599390.html>  
Datei:<https://www.wiwo.de/images/forschungsstation-biosphaere-2/14599308/2-formatOriginal.jpg>

Dafür sollten acht Bionauten testen, ob es möglich ist, in der Biosphäre 2 für zwei Jahre autark zu leben, um die ungefähre Zeit einer Marsmission nachzuempfinden.

Dabei erklärt die Projektsprecherin Kathy Dyrh, dass wenn die Biosphäre 2 so lange ohne Luft und Wasser arbeiten würde und die Atmosphäre dann immer noch voll in Ordnung wäre, man sicher sein könnte, dass sich das System selbst erhält.<sup>46</sup>

Doch die Biosphäre hat leider nicht so funktioniert, wie es Dyrh erläutert. Denn es wurde weder genügend Sauerstoff, noch Wasser oder Nahrung produziert.<sup>47</sup> Der Sauerstoff wurde unter anderem im Beton gebunden, mit welchem die Biosphäre 2 errichtet worden ist. Dadurch bekommen die Bionauten nicht genügend Luft, sind übermüdet und auch die Lebensmittel sind knapp. Was zur Folge hatte, dass, wie Bionautin, Jane Poynter berichtete, ihre Gruppe in zwei Teile zerbrach.<sup>34</sup> Woraus deutlich hervorgeht, dass die Versorgungslage eng mit der Psyche des Menschen zusammenhängt.

Aber allgemein schien die Biosphäre 2 schon vor dem Beginn gescheitert zu sein. Denn der Biochemiker David Stumpf von der Arizona Universität sagte, dass das Projekt aus ökologischer Sicht zwar sehr interessant wäre, aber aus wissenschaftlicher Sicht sei es eben wertlos.

Sie wären nicht an herkömmlicher Wissenschaft interessiert, wo versucht werde, Einzelaspekte zu untersuchen und komplett zu verstehen. Sie würden lieber gleich aufs Ganze gehen wollen und dann hoffen, dass alles gut werden würde.

Jedoch war dies die falsche Herangehensweise, denn in der Biosphäre 2 welken die Pflanzen und die Bäume werden morsch. Ebenso sterben fast alle Wirbeltierarten aus. Darüber hinaus vermehren sich die Insekten unkontrolliert. Auch muss der Biosphäre 2 immer wieder künstlich Luft zugeführt werden.

Dennoch halten die Bionauten ihre Zeit in der kleinen Welt aus und verlassen die Biosphäre nach zwei Jahren und 20 Minuten.

Aber das Projekt Biosphäre 2 ist trotzdem gescheitert.<sup>48</sup>

## **6 Wie kommt man zum Mars?**

Dadurch, dass der Mars ein bewegliches Ziel ist, erscheint es deutlich schwerer diesen zu erreichen. Denn würde er sich nicht bewegen, bräuchte man gerade

---

46 Deutschlandfunk: Probelauf fürs Leben im All  
<https://www.deutschlandfunk.de/probelauf-fuers-leben-im-all-100.html>

47 Spektrum der Wissenschaft 2.24 Sarah Scoles, S.15

48 Deutschlandfunk: Probelauf fürs Leben im All

einmal 39 Tage, um den Mars zu erreichen, wenn man sich schnell durch den Raum bewegen würde, wie z. B. New Horizons<sup>49</sup>.

Allerdings ist dabei zu beachten, dass nicht nur der Mars in Bewegung ist, sondern natürlich auch die Erde, da sich beide Planeten aber mit einer unterschiedlichen Geschwindigkeit um die Sonne bewegen, wobei der Mars etwa 0,9 Jahre länger braucht, um eine ganze Rotation abzuschließen, ist es also wichtig, dass man den passenden Zeitpunkt erwischt. Hinzu kommt, dass man noch an eine Verlangsamung denken muss, um den Mars als Ziel nicht zu verpassen, da man ansonsten aufgrund des fehlenden Widerstandes an ihm vorbei fliegen würde. Auch muss natürlich die Leistung des Raumschiffs beachtet werden.<sup>50</sup>

### **6.1 Delta-V**

Für die Berechnung von Delta-V, also in diesem Fall das aufzubringende Geschwindigkeitsbudget, um von der Erde zum Mars und zurückzukommen. Dabei müssen viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden.

Einerseits gibt es im Weltraum nichts, was das Raumschiff z. B. durch Reibung verlangsamen könnte. Wenn man dann also an seinem Ziel ankommt, muss man abbremsen, da man ansonsten das Risiko eingeht, über das Ziel hinauszuschießen.

Um Delta-v zu berechnen gibt es zwei verschiedene Wege. Man kann einerseits  $v_e$ <sup>51</sup> oder  $I_{sp}$ <sup>52</sup> nutzen.

Der spezifische Impuls eines Reaktionsmotors ist eine Menge, welche die Effizienz eines Schubes definiert. Dabei entspricht  $I_{sp}$  der Impulsänderung der Kraftstoffmasse. Anders gesagt also die Zeit, über welche ein Motor einen Schub erzeugen kann, der mit seiner Masse gleichzusetzen ist bei  $1g_0$  Beschleunigung.

Mit der effektiven Abgasgeschwindigkeit ist es möglich, das gleiche Problem zu lösen, wenn man  $g_0$  weglässt. Diese setzt sich aus der Geschwindigkeit zusammen, mit welcher die Abgase den Motor verlassen und der Begriff effektiv wird aufgrund der Variation, welche beim Austritt der Gase entsteht, hinzugefügt.

---

49 New Horizons ist eine Raumsonde der NASA, die im Rahmen des New-Frontiers-Programmes am 19. Januar 2006 startete, um das Pluto-System und den Kuipergürtel zu erforschen.

50 Futura: Reise zum Mars – wie lange dauert sie?  
[https://www.futura-sciences.com/de/reise-mars-wie-lange-dauert\\_1194/](https://www.futura-sciences.com/de/reise-mars-wie-lange-dauert_1194/)

51 Effektive Abgasgeschwindigkeit

52 Spezifischer Impuls

Setzt man nun die beiden in Relation zueinander und zieht von dem Treibstoff, welcher am Anfang im Tank zur Verfügung steht, den Treibstoff ab, der am Ende noch im Tank enthalten ist, dann sind die beiden gleich in dem Sinne, dass mehr Kraftstoff gleich mehr Geschwindigkeit bedeutet. Dabei ist es dann möglich den Faktor  $g_0$  herausstreichen.

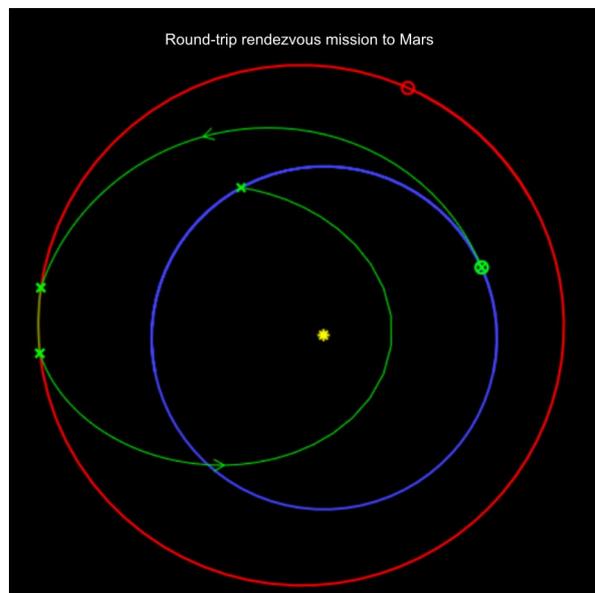
Somit kann man schreiben:  $v_e = I_{sp} \times g_0$

Dies ist nun also alles, was prinzipiell gebraucht wird, um delta-v zu berechnen. Woraus sich dann folgende Formel ergibt:  $\Delta V = v_e \times \ln(M_0 / M_t)$ . Natürlich kann hierbei die effektive Abgasgeschwindigkeit wieder durch den spezifischen Impuls ersetzt werden.<sup>53</sup>

## 6.2. Hohmann-Transfer am Beispiel einer Reise zum Mars

Um den Mars zu erreichen, wird auch der Hohmann-Transfer benötigt.

Dieser lässt sich als ein energetisch günstiger Übergang zwischen zwei Umlaufbahnen von Himmelskörpern beschreiben. Der Übergang, also die Transfer-Ellipse oder eben auch Hohmann-Bahn genannt, verläuft zu beiden der Umlaufbahnen tangential.



54

Abbildung 3: Screenshot der Bahnen für eine Reise zum Mars<sup>55</sup>

53 Omni Calculator: Delta V Calculator  
<https://www.omnicalculator.com/physics/delta-v>

54 NASA Ames Research Center Trajectory Browser: Screenshot der Bahnen für eine Reise zum Mars  
[https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results)

55 Dies bezieht sich auf den theoretischen Start am 16.10.2024

Möchte man nun also von der Erde zum Mars gelangen<sup>56</sup>, muss man, während man sich in der Erdumlaufbahn befindet, zum passenden Zeitpunkt so stark zu beschleunigen, dass man die Erdumlaufbahn verlässt. Erst dadurch gerät man auf die Transfer-Ellipse. Daraufhin schneidet die Hohmann-Bahn die Umlaufbahn des Mars und das Raumfahrzeug trifft an diesem Schnittpunkt auf den Planeten. Allerdings passiert dies an dem langsamsten Punkt des Raumfahrzeugs auf der elliptischen Bahn, wodurch dieses erneut einen Schub braucht, um nun den Mars zu umkreisen.<sup>57</sup>

Eine der wichtigsten Dinge, die man beim Hohmann-Transfer beachten muss, ist die Zeit. Vor dem Start muss also genau bestimmt werden, wann man von welcher Position aus den Mars erreichen würde. Wenn man hierbei nun also den Zeitpunkt verpasst, befindet man sich zwar in der Umlaufbahn, aber trifft nicht auf den Planeten. Jetzt könnte man zwar denken, dass man einfach beschleunigen und dadurch den Mars einholen könnte, doch dies funktioniert nicht, da man hierdurch lediglich die elliptische Bahn vergrößern würde, wodurch man noch mehr Strecke zurücklegen müsste.<sup>58</sup>

## **7 Probleme anhand der Saturn V**

Die Saturn V war eine amerikanische Schwerlastträgerrakete. Sie wurde gebaut, um Menschen zum Mond zu bringen. Dabei wurde die Saturn V in den 1960er und 1970er Jahren für das Apollo-Programm verwendet. Zusätzlich wurde sie auch genutzt, um die Raumstation Skylab in das All zu bringen.<sup>59</sup>

Eine Rakete dieser Art wäre also eine, die am ehesten eine Reise zum Mars verwirklichen könnte.

---

56 Es wird davon ausgegangen, dass das Raumfahrzeug bereits um die Erde kreist.

57 Physiksichule: Hohmann-Transfer  
<https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Hohmann-Transfer>

58 Exploring Space: Easy Orbital Mechanics II – Hohmann Transfers  
<https://www.youtube.com/watch?v=pJHluGiM5X4>

59 NASA: What Was the Saturn V?  
<https://www.nasa.gov/learning-resources/for-kids-and-students/what-was-the-saturn-v-grades-5-8/>

## 7.1 Wie viel Delta-V wird benötigt?

Mars		[Solar Sytem Exploration]	
SPK-ID	499	Orbit Condition Code	0
Size	6779 km	Semi-major axis	1.524 AU
Eccentricity	0.093	Inclination	1.85°

Trajectory Itinerary			
	Date	ΔV	
Earth Departure	Oct-16-2024	3.98 km/s	C3 = 17.1 km <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> DLA = 29°
215-day transfer			
Mars Arrival	May-19-2025	1.54 km/s*	
30-day stay			
Mars Departure	Jun-18-2025	4.64 km/s*	
215-day transfer			
Earth reentry	Jan-19-2026	-	22.66 km/s reentry
1.26-yr total mission		6.18 km/s	post-injection ΔV
		10.16 km/s	total ΔV

<sup>60</sup> *Abbildung 4: Screenshot der Daten einer Reise zum Mars*

Für diese Rechnung kann man nun anstatt  $v_e$  wie vorher beschrieben auch  $I_{sp}$  nutzen. Also schreiben wir anstatt:  $\Delta V = v_e \times \ln(M_0 / M_t)$

$$\Delta V = I_{sp} \times g_0 \times \ln(M_0 / M_t)$$

Stufen	$M_0$ (in kg)	$M_t$ (in kg)	$I_{sp}$ (in s)	$\Delta v$ (in m/s)
Stufe 1	2 850 000	773 000	263	3356,3
Stufe 2	636 000	186 000	421	5075,9
Stufe 3	156 000	40 000	421	5618,9
Apollo CSM	30 000	15 000	314,5	2134,4

<sup>61</sup> <sup>62</sup> <sup>63</sup> <sup>64</sup> *Für die gesamte Rechnung werden gerundete Werte verwendet.*

<sup>60</sup> NASA Ames Research Center Trajectory Browser: Screenshot der Bahnen für eine Reise zum Mars  
[https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results)

<sup>61</sup> Wikimedia Commons: F-1 rocket engine.jpg  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-1\\_rocket\\_engine.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-1_rocket_engine.jpg)

<sup>62</sup> web.archive: <http://mix.msfc.nasa.gov/IMAGES/HIGH/9801770.jpg>  
<https://web.archive.org/web/20141111015108/http://mix.msfc.nasa.gov/IMAGES/HIGH/9801770.jpg>

<sup>63</sup> NASA NTRS: AJ10-137  
<https://ntrs.nasa.gov/citations/20100027319>

<sup>64</sup> Gewichte entnommen von Wikipedia:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn\\_V](https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo\\_command\\_and\\_service\\_module](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_command_and_service_module)

Insgesamt ergibt sich also aus den Daten der Saturn V ein gesamt Delta-v mit einem Wert von 16185,5 m/s. Dabei braucht die Saturn V allein 8432,2 m/s davon, um in den Erdorbit zu kommen. Damit blieben noch 7753,3 m/s übrig, um zum Mars zu gelangen. Doch wie aus anderen Rechnungen hervorging, werden für eine Reise mindestens 10 160 m/s.<sup>65</sup>

Fraglich ist nun also, wie man dieses Problem behebt. Eventuell müsste man dabei, während die Rakete sich im Erdorbit befindet, den Tank nachfüllen. Allerdings wurde dies noch nie probiert und es ist nicht genau klar welche Ergebnisse es mit sich bringen würde.

Auch muss man darauf achten, dass hierbei noch nicht das Gewicht der Insassen oder der Ausrüstung an sich miteinbezogen sind.

Eine andere Möglichkeit wäre nun also die Rakete mit größeren Triebwerken zu versehen. Jedoch ist es hierbei unwahrscheinlich, dass das Raumfahrzeug damit noch fliegen könnte, da die Saturn V bereits die größte und leistungsstärkste Schwerlastträgerrakete, welche jemals erfolgreich gewesen ist.

## **7.2 Finanzielle Probleme**

Ein weiteres Problem tritt noch auf, wenn man die Saturn V betrachtet und zwar die Finanzierung. Denn schon damals kostete sie 6,417 Milliarden US-Dollar, was heutzutage etwa 63 842 Milliarden US-Dollar wären<sup>66</sup>. Hierbei sind nun aber noch keine Kosten für den Start mit einberechnet. Dieser Preis lag zuvor bei 185 Millionen Dollar, heute wären dies ungefähr 1,555 Milliarden US-Dollar.<sup>67</sup> Wenn man im Vergleich dazu einmal das Budget der NASA betrachtet, welches für das Jahr 2023 bei circa 25 Milliarden US-Dollar<sup>68</sup> lag, fällt auf, dass dieses Projekt für die NASA zu diesem Zeitpunkt nicht möglich ist. Allein der Bau einer solchen Rakete übersteigt das Budget über mehr als die Hälfte. Auch hierbei ist wieder zu beachten, dass unter anderem die Ausrüstung noch nicht im Preis inbegriffen ist. Aber selbst wenn die NASA ein größeres Budget hätte, ist es unwahrscheinlich, dass ein solches Projekt realisiert wird, da auch die NASA Profit machen möchte, was dabei nicht möglich wäre.

---

65 NASA Ames Research Center Trajectory Browser  
[https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results)

66 Alle Preise für die heutige Zeit sind mit dem Wechselkurs zwischen 1969 und 2024 angegeben.

67 Wikipedia: Saturn V  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn\\_V](https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V)

68 Statista: Entwicklung des Budgets der NASA in den Jahren 2014 bis 2028  
<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36647/umfrage/budget-der-nasa/>

## **8 Schluss**

Zum Schluss lässt sich also zusammenfassend feststellen, dass es mehrere Probleme gibt, die eine Reise zum Mars verhindern. Damit wären wir also wieder bei der Frage vom Anfang.

„Warum waren wir noch nicht auf dem Mars?“

Dazu lässt sich sagen, dass ein großes Problem, welches von einer Reise abhält, die finanzielle Realisierbarkeit ist. Denn auch wenn man alle anderen Probleme lösen könnte, bringt dies die Forschung zwar enorm weiter, aber eine Reise ist dann immer noch nicht möglich. Doch natürlich sollten auch die gesundheitlichen Aspekte nicht unterschätzt werden, egal ob sie physischer oder psychischer Natur sind.

Jedoch erscheint alles nicht ganz hoffnungslos, denn die Forschung ist nicht unbedingt ein linearer Prozess und manchmal lernt man aus Rückschritten besser als aus Fortschritten.

Es bleibt also abzuwarten, wie sich die Wissenschaft in den kommenden Jahren entwickeln wird und ob eine Reise zum Mars oder sogar noch längere Reisen irgendwann Wirklichkeit werden.

## **9 Anhang**

### **9.1 Literaturverzeichnis**

#### **9.1.1 Elektronische Quellen**

Abu-Isa, Janine Inselehospital: Hydrozephalus

URL: <https://neurochirurgie.insel.ch/erkrankungen-spezialgebiete/liquorstoerungen/hydrozephalus> (Stand: 24.02.2024)

Albrecht, Erik Deutschlandfunk: Marsstation auf der Erde (15.07.2009)

URL: <https://www.deutschlandfunk.de/marsstation-auf-der-erde-100.html> (Stand: 24.02.2024)

Borchia, Davide omni calculator: Delta V Calculator

URL: <https://www.omnicalculator.com/physics/delta-v#faqsv> (Stand: 24.02.2024)

Bowman, Abigail NASA: What was the Saturn V? (17.09.2010)

URL: <https://www.nasa.gov/learning-resources/for-kids-and-students/what-was-the-saturn-v-grades-5-8/> (Stand: 24.02.2024)

Boyce, Clay NASA NTRS: Aerojet - AJ10-137 Apollo Service Module Engine (01.11.2009)

URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20100027319> (Stand: 24.02.2024)

Dambowsky, Falk Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt: Kosmische Strahlung auf der ISS in 3D (14.12.2016)

URL: [https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2016/20161214\\_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d\\_20443](https://www.dlr.de/de/aktuelles/nachrichten/2016/20161214_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d_20443) (Stand: 24.02.2024)

Degen, Mareike Deutschlandfunk: Probelauf fürs Leben im All (26.09.2011)

URL: <https://www.deutschlandfunk.de/probelauf-fuers-leben-im-all-100.html> (Stand: 24.02.2024)

Dörhöfer, Pamela Frankfurter Rundschau: Wie der Weltraum auf den Körper wirkt (27.11.2019)

URL: <https://www.fr.de/wissen/raumfahrt-wie-weltraum-auf-koerper-wirkt-zr-13249534.html> (Stand: 24.02.2024)

ESA: 1. Versorgung einer Raumstationen

URL:[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/1.\\_Versorgung\\_einer\\_Raumstation](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/1._Versorgung_einer_Raumstation) (Stand: 24.02.2024)

ESA, ESA kids: Mars\_und Mondgestein als Strahlungsschutz im Test (16.10.2012)

URL:

[https://www.esa.int/kids/de/lernen/Leben\\_im\\_Weltraum/Leben\\_im\\_Weltraum/Mars-\\_und\\_Mondgestein\\_als\\_Strahlungsschutz\\_im\\_Test](https://www.esa.int/kids/de/lernen/Leben_im_Weltraum/Leben_im_Weltraum/Mars-_und_Mondgestein_als_Strahlungsschutz_im_Test) (Stand: 24.02.2024)

ESA: Mars500: Ein erfolgreicher Schritt auf dem Weg zum Mars (06.11.2011)

URL:[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Mars500\\_Ein\\_erfolgreicher\\_Schritt\\_auf\\_dem\\_Weg\\_zum\\_Mars](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Mars500_Ein_erfolgreicher_Schritt_auf_dem_Weg_zum_Mars) (Stand: 24.02.2024)

ESA: Riesiges Forschungsfeld für Psychologen

URL:[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Riesiges\\_Forschungsfeld\\_fuer\\_Psychologen](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Riesiges_Forschungsfeld_fuer_Psychologen) (Stand: 24.02.2024)

Exploring Space YouTube: Easy Orbital Mechanics II – Hohmann Transfers (10.07.2020)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=pJHluGiM5X4> (Stand:24.02.2024)

Foster, Cyrus NASA Ames Research Center Trajectory Browser (26.05.2023)

URL: [https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDT=2.0&DTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results) (Stand: 24.02.2024)

Futura: Reise zum Mars-und wie lange dauert sie? (31.01.2021)

URL: [https://www.futura-sciences.com/de/reise-mars-wie-lange-dauert\\_1194/](https://www.futura-sciences.com/de/reise-mars-wie-lange-dauert_1194/) (Stand: 24.02.2024)

Hennemann, Laura Spektrum.de: mars500-Mission geht zu Ende (04.11.2011)

URL: <https://www.spektrum.de/news/mars500-mission-geht-zu-ende/1127778> (Stand: 24.02.2024)

Horsten, Christina Welt: Dies Zwillinge zeigen, was im All mit dem Körper passiert (29.03.2021)

URL: <https://www.welt.de/gesundheit/article191779495/Nasa-Diese-Zwillinge-zeigen-was-das-All-mit-dem-Koerper-macht.html> (Stand: 24.02.2024)

Laver, Céline Welt: Der schleichende Verlust der positiven Gefühle (12.11.2021)

URL: <https://www.welt.de/wissenschaft/article230654747/Psychologie-im-Weltall-Der-schleichende-Verlust-der-positiven-Gefuehle.html> (Stand: 24.02.2024)

Lossau, Norbert Welt: Darum haben Astronauten ständig Fieber (04.01.2018)

URL: <https://www.welt.de/gesundheit/article172171778/Gesundheit-im-All-Darum-haben-Astronauten-staendig-Fieber.html> (Stand: 24.02.2024)

NASA: webarchie: <http://mix.msfc.nasa.gov/IMAGES/HIGH/9801770.jpg>

URL: <https://web.archive.org/web/20141111015108/http://mix.msfc.nasa.gov/IMAGES/HIGH/9801770.jpg> (Stand: 24.02.2024)

NASA: Wikimedia Commons: F-1 rocket engine.jpg (01.01.1960)

URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-1\\_rocket\\_engine.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:F-1_rocket_engine.jpg) (Stand: 24.02.2024)

Neurochirurgie Basel: Hirnwasserstau (Hydrozephalus)

URL: <https://neurochirurgie-basel.ch/hydrozephalus-2/> (Stand: 24.02.2024)

Paschek, Nicole Spektrum.de: Sind die "grauen Zellen" wirklich grau? (26.08.2016)

URL: <https://www.spektrum.de/frage/sind-die-grauen-zellen-wirklich-grau/1421089>

(Stand: 24.02.2024)

Physikschule: Hohmann-Transfer

URL: <https://www.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Hohmann-Transfer> (Stand: 24.02.2024)

Sample, Ian The Guardian: Fake mission to Mars leaves astronauts spaced out (07.01.2013)

URL: <https://www.theguardian.com/science/2013/jan/07/fake-mission-mars-astronauts-spaced-out> (Stand: 24.02.2024)

Spektrum.de: Einmal zum Mars und zurück (02.06.2010)

URL: <https://www.spektrum.de/news/einmal-zum-mars-und-zurueck/1034997>  
(Stand: 24.02.2024)

Spektrum.de: kosmische Strahlungsschutz

URL: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/kosmische-strahlung/8412> (Stand: 24.02.2024)

Statista Research Department Statista: Entwicklung des Budgets der NASA in den Jahren 2014-2028 (02.01.2024)

URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/36647/umfrage/budget-der-nasa/>  
(Stand: 24.02.2024)

Volkman, Anne gesundheitsstadt berlin: Welche Folgen hat ein Langzeitaufenthalt im Weltall für die Gesundheit? (18.04.2019)

URL: <https://archiv.gesundheitsstadt-berlin.de/welche-folgen-hat-ein-langzeitaufenthalt-im-weltall-fuer-die-gesundheit-13252/> (Stand: 24.02.2024)

WDR Quarks: Darum kann ein Flug ins All furchtbar ungesund sein (21.02.2021)

URL: <https://www.quarks.de/weltall/raumfahrt/flug-ins-weltall-ungesund/> (Stand: 24.02.2024)

Wikipedia: Apollo

URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo\\_command\\_and\\_service\\_module](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_command_and_service_module) (Stand: 24.02.2024)

Wikipedia: Saturn V

URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn\\_V](https://en.wikipedia.org/wiki/Saturn_V) (Stand: 24.02.2024)

Zuckerman, Catherine National Geographic: Einzigartige Zwillingsstudie zeigt Gesundheitsrisiken von Weltraumreisen (15.04.2019)

URL: <https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2019/04/einzigartige-zwillingsstudie-zeigt-gesundheitsrisiken-von-weltraumreisen> (Stand: 24.02.2024)

### **9.1.2 Schriftliche Quellen**

Kernagis, Dawn N. (et al), Life Sciences in Space Research 35: Medical countermeasures for the hematopoietic.-subsyndrome of acute radiation syndrome in space, November 2022, S.36-43

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214552422000372>

Scoles, Sarah, Raumfahrt, Keine Zukunft im All? In: Lingenhöhl, Daniel, Spektrum der Wissenschaft 2.24, Menschen im All, Februar 2024, S.14-17

## **9.2 Abbildungsverzeichnis**

### Abbildung 1

Urheber: S. Corvaja

Das Mars500-Habitat in Moskau

Veröffentlicht von der ESA

URL: [https://www.esa.int/Space in Member States/Germany/Das Moskauer Mars-Habitat](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Das_Moskauer_Mars-Habitat) (Stand: 24.02.2024)

### Abbildung 2

Die Biosphäre 2

Veröffentlicht von der Wirtschafts Woche (26.09.2016)

URL: <https://www.wiwo.de/technologie/forschung/biosphaere-2-eine-der-schlechtesten-ideen-des-jahrhunderts/14599390> (Stand.24.02.2024)

### Abbildung 3

Screenshot der Bahnen für eine Reise zum Mars

Veröffentlicht von Foster, Cyrus NASA Ames Research Center Trajectory Browser (26.05.2023)

URL: [https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results) (Stand: 24.02.2024)

### Abbildung 4

Screenshot der Daten einer Reise zum Mars

Veröffentlicht von Foster, Cyrus NASA Ames Research Center Trajectory Browser (26.05.2023)

URL: [https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj\\_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk\\_maxMag=on&maxMag=25&chk\\_maxOCC=on&maxOCC=4&chk\\_target\\_list=on&target\\_list=Mars&mission\\_class=roundtrip&mission\\_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw\\_width=365&submit=Search#a\\_load\\_results](https://trajbrowser.arc.nasa.gov/traj_browser.php?NEAs=on&NECs=on&chk_maxMag=on&maxMag=25&chk_maxOCC=on&maxOCC=4&chk_target_list=on&target_list=Mars&mission_class=roundtrip&mission_type=rendezvous&LD1=2020&LD2=2040&maxDTunit=yrs&maxDV=15.0&min=DV&wdw_width=365&submit=Search#a_load_results) (Stand: 24.02.2024)

### **9.3 Abkürzungen**

ESA: European Space Agency

ISS: International Space Station

NASA: National Aeronautics and Space Administration

PNAS: Proceeding of the national Academy of Sciences

SANS: Spaceflight Associated Neuro-Ocular Syndrome

z. B.: Zum Beispiel

## **9.4 Erklärungen**

### **9.4.1 Versicherung der selbstständigen Erarbeitung und Anfertigung**

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den 24.02.24

C. Barth

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

### **9.4.2 Einverständniserklärung zur Veröffentlichung**

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den 24.02.24

C. Barth

Unterschrift der Schülerin / des Schülers