

**Astronomie**

# **Seminararbeit**

**Raumstationen –**

**Eine Erfolgsgeschichte mit Zukunft?**

**Paul Barth**

**Greselius Gymnasium Bramsche  
Fachlehrer: Herr Riemer  
Jahrgang 12**

**16.03.2021**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Definition</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Geschichte der Raumstationen</b>	<b>2</b>
3.1	Politische Wirkung	3
3.2	Saljut und Skylab	4
3.3	Mir	4
3.4	Internationale Raumstation ISS	5
3.4.1	Aufbau der ISS	5
3.4.2	Nutzung der ISS	6
3.5	Tiangong 1 und 2	7
<b>4</b>	<b>Herausforderungen beim Bau einer Raumstation</b>	<b>7</b>
4.1	Lebenserhaltungssystem	7
4.2	Luftfeuchtigkeit	8
4.3	Mikroorganismen	8
4.4	Schwerelosigkeit	9
4.5	Strahlung	9
4.6	Weltraumschrott	9
4.7	Instabiler Orbit	10
<b>5</b>	<b>Versorgung einer Raumstation</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Zukünftige Raumstationen</b>	<b>11</b>
6.1	Lunar Gateway	11
6.2	Chinesische Raumstation	12
<b>7</b>	<b>Lohnt sich eine Raumstation?</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Schluss</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>15</b>

## **1 Einleitung**

In meiner Seminararbeit „Raumstationen- Eine Erfolgsgeschichte mit Zukunft“ befasse ich mich mit der Vergangenheit und Zukunft des Einsatzes von Raumstationen sowie der Probleme, die bei der Planung und dem Betrieb einer Raumstation auftreten können. Daraus resultierend beschäftige ich mich mit der Frage, ob das Modell der Raumstation eines für die Zukunft ist oder eher ausläuft.

Seit der ersten Saljut Mission im Jahr 1971 gab es fast immer eine Raumstation im Weltraum<sup>1</sup>. Raumstationen dienen vor allem wissenschaftlichen Aufgaben, können aber auch für militärische Zwecke eingesetzt werden. Sie haben allerdings immer auch einen politischen Nebeneffekt.

Generell sind Raumstationen sehr teuer im Unterhalt<sup>2</sup> und haben eine ziemlich begrenzte Lebensdauer. Gerade in einem Zeitalter der fortschreitenden Automatisierung ist es fraglich, ob sich Raumstationen auch in Zukunft lohnen.

## **2 Definition**

Eine Raumstation definiert zunächst einen Flugkörper, welcher sich „stationär“ im Orbit eines Himmelskörpers bewegt. Heutige Raumstationen dienen meist wissenschaftlichen, aber auch militärischen Zwecken.

## **3 Geschichte der Raumstationen**

Die Idee hinter einer Raumstation oder zumindest einer Basis im All ist in der jungen Geschichte der Raumfahrt schon relativ alt. Bereits 1952 wurde

---

<sup>1</sup> Wikipedia Artikel mit Liste aller sich im All befundenen Raumstationen:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Raumstation#:~:text=Treibstoff%20zur%20Kurskorrektur.-.Die%20Raumstationen%20im%20Einzelnen,in%20internationaler%20Kooperation%20permanent%20bemannt>

<sup>2</sup> The Verge mit Angaben zu den jährlichen Ausgaben der Nasa:  
<https://www.theverge.com/2019/6/7/18656280/nasa-space-station-private-astronautscommercialbusiness#:~:text=lt%20costs%20NASA%20%243%20to,back%20to%20the%20lunar%20surface>

im Magazin „Collier's“ eine Zeichnung von Wernher von Braun veröffentlicht, welche dem heutigen Konzept relativ nah kommt. Die Zeichnung zeigte eine Raumstation, die in einer Höhe von ~1700km die Erde umkreisen sollte. Sie bestand aus einem großen Rad, welches sich um die eigene Achse drehen sollte, um somit Schwerkraft an Board zu erzeugen<sup>3</sup>.



4

*Abbildung 1: Illustration der Idee von Wernher von Braun aus Colliers*

### **3.1 Politische Wirkung**

Die Entwicklung von Raumstationen oder anderen Großprojekten im Weltall hat neben dem wissenschaftlichen Hintergrund meist auch einen politischen oder sorgt zumindest meist für eine politische Wirkung. So beginnt die Entwicklung von Raumstationen im kalten Krieg als Wettlauf der UDSSR und der USA um die erste Raumstation<sup>5</sup>.

Selbst die „Mir“, welche als Projekt primär wissenschaftliche Absichten hatte, sorgte für eine politische Demonstration. Diese politische Wirkung wird auch deutlich, wenn man Chinas Pläne für eine Raumstation betrachtet.<sup>6</sup>

---

3 Wernher von Brauns Idee einer Raumstation:  
<https://www.planet-wissen.de/technik/weltraumforschung/raumstationen/index.html>

4 Illustration der Idee der Raumstation von Wernher von Braun:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Von\\_Braun\\_1952\\_Space\\_Station\\_Concept\\_9132079\\_original.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Von_Braun_1952_Space_Station_Concept_9132079_original.jpg)

5 Artikel des Mdr zu dem Wettlauf ins All der USA und UDSSR:  
<https://www.mdr.de/zeitreise/weitere-epochen/zwanzigstes-jahrhundert/raumfahrt-kalter-krieg-im-all100.html>

6 Chinas Projekt zur bemannten Raumfahrt  
<https://china.raumfahrer.net/artikel/projekt921.shtml>

### 3.2 Saljut und Skylab

Die erste reale Raumstation kam aber erst deutlich später in Form der „Saljut 1“, die ihren Start am 19. April 1971 hatte. Diese war das sowjetische Ergebnis in einem Wettlauf mit den Vereinigten Staaten um die erste Raumstation. Die USA startete ihre erste und einzige Raumstation zwei Jahre später in Form von „Skylab“. Skylab blieb, verglichen mit den teilweise von Problemen geplagten „Saljut 1-3“, mit einem Nutzungszeitraums von ungefähr sechs Jahren relativ lange in Betrieb. Im Gegensatz dazu konnte bei „Saljut 1“ z. B. zunächst nicht die Luke geöffnet werden.<sup>7</sup> Erst mit „Saljut 4“ blieb eine sowjetische Raumstation länger als ein Jahr im Orbit.

Allerdings waren diese Raumstationen in ihrem Nutzen und ihrem Nutzungszeitraum, vor allem durch die Größe beschränkt.

### 3.3 Mir

In der späten Phase des „Saljut“-Programms wurde die Nachfolgestation, die Mir, geplant. Ursprünglich als eine Verbindung von vier Saljut-Stationen geplant, wurde die Mir letztendlich in Blockbauweise gebaut.<sup>8</sup> Sie bestand aus einem Basisblock, an den verschiedene Module angebracht werden konnten. Damit war es die bis dahin größte Raumstation mit ungefähr der eineinhalbfachen Masse von Skylab und der sechsfachen Masse der vorherigen Saljut-Stationen.

Die Mir wurde für die Zwecke der Wissenschaft gebaut. Außerdem läutete sie die internationale Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Ländern ein. So besuchte 1990, also noch zur Zeit der Sowjetunion, der japanische Journalist Toyohiro Akiyama die Mir. Auch amerikanische Raumfahrzeuge und Astronauten waren bei verschiedenen Forschungsprojekten beteiligt.<sup>9</sup> Gegen Ende der Lebenszeit der Mir kam es mehrfach zu technischen Defekten, dazu gehörten Stromausfälle und sogar ein Ausfall der

---

<sup>7</sup> Artikel zum Saljut Programm

<https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/saljut.shtml>

<sup>8</sup> Artikel zur Mir

<https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/mir.shtml>

<sup>9</sup> Artikel zur Mir

<https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/mir.shtml>

Sauerstoffversorgung. Außerdem sorgten Bakterienfilme auf Metallflächen<sup>10</sup> dafür, dass bestimmte Teile korrodierten. Zusätzlich führte eine Kollision mit dem Versorgungsraumschiff „M-34“ zu einer temporären Versiegelung des Moduls „Spektr“. Als Resultat wurde die Mir sowohl aus Altersgründen, als auch aus Kostengründen und sich wiederholender Defekte eingestellt. Deshalb wurde sie schließlich aus ihrem Orbit abgebremst und verglühte über dem Pazifik.<sup>11</sup>

### **3.4 Internationale Raumstation ISS**

Auf die Mir folgte die bis heute genutzte Raumstation „International Space Station“ ISS. Ursprünglich planten die USA eine eigenständige Station. Nachdem allerdings die Kosten in immense Höhen schossen, wurde das Projekt in ein internationales umgewandelt, was auch dank dem Ende des kalten Krieges eine Zusammenarbeit mit Russland ermöglichte.<sup>12</sup> Dies beschleunigte die Planung enorm, da Russland bereits Pläne für eine „Mir 2“ hatte. Die ISS ist die größte und teuerste jemals gebaute Raumstation mit mehr als der dreieinhalbfachen Masse der nächstkleineren Raumstation Mir und bisherigen Kosten von 150 Milliarden US-Dollar. Außerdem ist die ISS mit einem bisherigen Nutzungszeitraum von ungefähr 22 Jahren die Raumstation mit der längsten Betriebszeit.

#### **3.4.1 Aufbau der ISS**

Das erste Modul „Zayra“ wurde 1998 in Russland gebaut und gestartet. Das Modul war selber eine autarke Station, hatte also eine eigene Stromversorgung, eine Steuerung und Kommunikationstechnik an Board. Kurz danach kam das US-Modul „Unity“, welches ein reines Verbindungsmodul darstellte, und das Servicemodul „Zvezda“. Das Service-modul beinhaltet lebenswichtige Dinge wie z.B. eine Toilette und

---

10 Mikroben im All und deren Wirkung auf der Mir:  
[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles)

11 Artikel zum Absturz der Mir:  
<https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/triumphaler-absturz-die-mir-versinkt-im-pazifika-124178.html>

12 Wikipedia Artikel ISS:  
[https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale\\_Raumstation](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Raumstation)

Quartiere. Auch ein Labor war integriert. Kurz darauf wurde am Modul „Unity“ das Gerüst für zwei der acht charakteristischen großen Solarpaneele installiert, sowie die Paneele selbst. 2001 wurde das US Modul „Destiny“, an welchem später der „Canadaarm 2“ installiert wurde, sowie Luftschleusen für EVA („extra-vehicular activity“) Einsätze angebaut. Nach dem Unglück des Space Shuttles „Columbia“ im Jahr 2003, bei der die Crew ums Leben kam, wurden die Arbeiten der Station erst einmal auf Eis gelegt. Erst im Jahr 2006 wurden mit Montage der zentralen Gerüstachse, an der zwei weitere Solaranlagen befestigt worden waren, fortgesetzt. 2007 ist dann das Verbindungsmodul „Harmony“ installiert worden. Das europäische Labor „Columbus“ und das japanische Modul „Kibo“ wurden im Jahr 2008 an das Modul „Harmony“ montiert. Danach folgten zwei russische Labore, „Poik“ und „Rassvet“, die „Copula“ und das Robotersystem „Dexter“. Außerdem wurde die Gerüstachse vollständig ausgebaut. Mit der Installation des Verbindungs-moduls „Tranquility“ im Jahr 2010 wurde der Bau der ISS abgeschlossen.<sup>13</sup>

### **3.4.2 Nutzung der ISS**

Die ISS dient der Wissenschaft. Auf ihr werden Forschungen zu verschiedenen Themengebieten durchgeführt. Besonders biologische, physikalische und medizinische Experimente stehen im Vordergrund. Bei diesen stellte sich unter anderem heraus, dass der Mensch in der Schwerelosigkeit nicht nur schnell an Muskelmasse verliert, sondern auch stark an Sehkraft. Dies ist auf eine Deformierung des Augapfels zurückzuführen, was wahrscheinlich an einer Druckänderung von Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit liegt.<sup>14</sup> Solche Experimente liefern wichtige Informationen für zukünftige Missionen, welche unter anderem den Mars anvisieren.

Ursprünglich sollte die ISS nur bis 2020 genutzt werden. Allerdings wurde dieses Datum schon auf das Jahr 2024 verschoben und eine Verlängerung

---

<sup>13</sup> Süddeutsche Zeitung zum Aufbau der ISS  
<https://www.sueddeutsche.de/wissen/iss-raumstation-1.4219132>

<sup>14</sup> Handelsblatt zu Augenerkrankungen bei Raumfahren:  
<https://www.handelsblatt.com/technik/medizin/raumfahrt-schwerelosigkeit-ist-schlecht-fuer-die-augen/5806590.html?ticket=ST-2790307-CAduB5fWlz5XuqPTB1Wd-ap5>

bis 2028 steht in Frage.<sup>15</sup>

### **3.5 Tiangong 1 und 2**

„Tiangong 1“ und „2“ waren beides relativ kleine Raumstationen, welche nur aus einem Modul bestanden. Sie stellen die beiden ersten Raumstationen Chinas dar. „Tiangong 1“ blieb ungefähr sechs Jahre im All. Allerdings meldete die chinesische Raumfahrtbehörde schon zwei Jahre vor dem eigentlichen Absturz, dass man den Kontakt zu der Station verloren habe. Diese stürzte dementsprechend unkontrolliert in den Pazifik.<sup>16</sup> „Tiangong 2“ hingegen stürzte ein Jahr später kontrolliert ab.

Beide Stationen dienten als Prototypen im 3-Stufen-Plan der chinesischen Regierung unter dem Programm „Projekt 921“.<sup>17</sup>

## **4 Herausforderungen beim Bau einer Raumstation**

Eine Raumstation zu bauen und zu betreiben ist ein schwieriges Unterfangen, da das All sehr lebensfeindlich ist. Ohne ausreichende Versorgungsmöglichkeiten ist das Überleben nur schwer möglich.

### **4.1 Lebenserhaltungssystem**

Am offensichtlichsten ist es, dass es im All keine Luft zum Atmen gibt. Die Luft ins Weltall zu bekommen, ist ein relativ simples Unterfangen. Diese kann man schließlich von der Erde mitnehmen. Jedoch ergibt sich dann das Problem, dass beim Atmen der Sauerstoffgehalt stets sinkt, während der Kohlenstoffdioxidgehalt steigt. Somit reicht es nicht aus, die Luft für einen längeren Aufenthalt einfach mitzunehmen und die Luft einfach zu verbrauchen. Deshalb geschieht dies auf der ISS Mithilfe des „Advanced Closed Loop System“ (ACLS). Dabei wird der benötigte Sauerstoff aus Wasser mithilfe der Elektrolyse gewonnen und mit dem Gasgemisch, der

---

<sup>15</sup> Space.com Artikel zum Ende der ISS

<https://www.space.com/international-space-station-20-years-commercialization.html>

<sup>16</sup> Spektrum Artikel zum unkontrollierten Absturz von Tiangong 1

<https://www.spektrum.de/news/chinas-raumstation-tiangong-1-stuerzt-unkontrolliert-zur-erde/1540017>

<sup>17</sup> Raumfahrer.net Artikel zu Projekt 921

<https://china.raumfahrer.net/artikel/projekt921.shtml>



normalen Atemluft in der Kabine, vermischt. Gleichzeitig wird in der Kabine der Kohlenstoffdioxid aus der Luft gefiltert. Ein Teil dessen ist Abfall und wird von der Station entfernt. Der andere Teil reagiert mit Wasserstoff, welches auch bei der Elektrolyse entsteht. Mithilfe eines Katalysators im „Sabatier Reaktor“ entstehen dann aus dem Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid Methan und Wasser. Das Wasser wird dann wieder zurück in das System gegeben. Das Methan ist aktuell, wie ein Teil des Kohlenstoffdioxid, ein Abfallprodukt. Es könnte jedoch in Zukunft zur Herstellung von Treibstoff verwendet werden. Dennoch ist der Kohlenstoffdioxidgehalt auf der ISS ca. zehnmal höher als auf der Erde. Das Wasser wird dabei aus dem Urin und der Luftfeuchtigkeit, sowie, wie oben erwähnt, als Produkt des „Sabatier Reaktors“ genommen.<sup>18</sup> Jedoch kann man damit nur 40% des Wasserhaushalts sicherstellen. 60% des Wassers muss von der Erde geliefert werden. Mittlerweile wird versucht noch mehr Sauerstoff zurückzugewinnen, indem man einen Photobioreaktor in das System mit einbindet. In diesem leben Algen, welche Photosynthese betreiben und somit zusätzlich helfen, die Station autarker zu machen. Allerdings befindet sich dieser Bioreaktor noch in einem Prototypenstadium.<sup>19</sup>

## **4.2 Luftfeuchtigkeit**

Die Angesprochene Luftfeuchtigkeit wird auf der ISS stark kontrolliert. So darf diese nicht zu trocken sein, damit es nicht zu elektrischen Aufladungen kommt, aber auch nicht zu feucht, da sich sonst Bakterien bilden.<sup>20</sup>

## **4.3 Mikroorganismen**

Bakterien und andere Mikroorganismen sind ein weiteres Problem auf einer

---

<sup>18</sup> Lebenserhaltungssystem Artikel von Evonik  
<https://corporate.evonik.de/de/katalysator-versorgt-astronauten-auf-iss-mit-sauerstoff-97992.html>

<sup>19</sup> DLR Photobioreaktor PBR:  
<https://www.dlr.de/content/de/artikel/missionen-projekte/horizons/experimente-horizons-photobioreaktor.html>

<sup>20</sup> ESA Artikel zu der Luftfeuchtigkeit auf der ISS  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Schutz\\_gegen\\_blinde\\_Weltraum-Passagiere](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Schutz_gegen_blinde_Weltraum-Passagiere)

Raumstation. Diese sollte nämlich möglichst sauber gehalten werden, da das Staubsaugen im All sehr anstrengend ist und zum anderen, weil die Möglichkeit zum Lüften gänzlich fehlt. Auf der Mir sorgten z.B. Mikroorganismen für Stromausfälle, da diese das Metall auf der Station „anfressen“ oder korrodieren ließen.<sup>21</sup>

#### **4.4 Schwerelosigkeit**

Ein weiteres Problem stellt die Schwerelosigkeit selbst dar. Sie sorgt für starken Muskelschwund bei den Astronauten. Um dem entgegenzuwirken, bedarf es Fitnessgeräte, die auch in der Schwerelosigkeit wirken, wie z.B. ein Laufband an dem man festgezurrst ist. Auch der Rest des Alltags ist schwieriger zu lösen als auf der Erde. So muss man sich auf der Toilette anschnallen und auch das Hantieren mit Flüssigkeiten ist sehr umständlich.

#### **4.5 Strahlung**

Im Weltraum stellt kosmische Strahlung, welche ca. 200mal höher ist als am Boden, eine zusätzliche Belastung für die Astronauten dar. So wurde eine höhere Wahrscheinlichkeit eines Grauen Stars bei Astronauten und Kosmonauten beobachtet, was möglicherweise strahlungsbedingt ist.<sup>22</sup>

#### **4.6 Weltraumschrott**

Im Erdorbit gibt es allerdings noch ein Risiko für eine Raumstation. Weltraumschrott, also alte Satelliten oder andere Objekte, stellen eine enorme Kollisionsgefahr dar, mit fatalen Folgen für eine Raumstation. Dieser Schrott kann so ziemlich alles beschädigen, was außen an der Station angebracht ist, von den Hüllen einer Raumkapsel bis zur Beschädigung der Station selbst. In der Vergangenheit mussten deshalb immer wieder Ausweichmanöver getätigt werden, um einen Zusammenstoß zu vermeiden.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Mikroben im All

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles)

<sup>22</sup> DLR Artikel zu kosmischer Strahlung auf der ISS

[https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2016/20161214\\_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d\\_20443.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2016/20161214_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d_20443.html)

<sup>23</sup> Artikel von Deutschlandfunk zu einem Ausweichmanöver

#### 4.7 Instabiler Orbit

Ein weiteres Problem stellt oftmals der Orbit selbst dar. Denn wenn dieser sehr exzentrisch ausfällt, kann er sehr instabil sein. Außerdem kann eine geringe Höhe dafür sorgen, dass die Station auf kurze oder lange Zeit von der sehr geringen, aber existierenden Atmosphäre abgebremst wird und langsam ihren Orbit verlässt. In den dichteren Atmosphärenschichten würde die Raumstation dann verglühen. Dieses Phänomen ist zum Beispiel bei der ISS der Fall. Deshalb muss sie immer wieder angeschoben werden, damit sie nicht wortwörtlich vom Himmel fällt. Dies geschieht meist beim Andocken von Raumfahrzeugen, welche die Station dann anschieben.<sup>24</sup>

### 5 Versorgung einer Raumstation

Heutzutage kann noch keine Raumstation komplett autark operieren, wie schon zuvor erwähnt. So benötigt die ISS und ihre Astronauten zum Beispiel Wasser und Nahrungsmittel. Allein der zuzuführende Jahresbedarf von diesen wird auf ca. 32 Tonnen geschätzt. Zusätzlich müssen Dinge für den Reparaturbedarf und zum Beispiel medizinische Güter zur ISS gebracht werden. Da aber die aktuellen Raumfahrzeuge „Dragon 2“ und „Cygnus“ nur maximal sechs Tonnen Kapazität für einen Flug haben, muss mehrfach pro Jahr geflogen werden.<sup>25</sup>

Diese Aufträge werden mittlerweile von Privatunternehmen geflogen. Einerseits wird dies getan um Kosten zu reduzieren andererseits um die Wirtschaft für diesen Markt zu stärken.

Aber die ISS produziert, wie jeder andere Ort an dem Menschen leben, auch Abfälle. Diese bestehen zum Großteil aus alter Kleidung, weil es auf der ISS keine Waschmaschine gibt, defekten technischen Geräten, aber auch Fäkalien oder anderem Müll. Die Entsorgung selber ist relativ leicht, da der Müll, wenn dieser nicht zu groß ist, in der Atmosphäre verglüht und

---

[https://www.deutschlandfunk.de/iss-muss-weltraumschrott-ausweichen-die-raumstation-am.732.de.html?dram:article\\_id=486315](https://www.deutschlandfunk.de/iss-muss-weltraumschrott-ausweichen-die-raumstation-am.732.de.html?dram:article_id=486315)

24 Quarks Artikel zu dem Orbit der ISS

<https://www.quarks.de/weltall/raumfahrt/darum-muss-die-iss-immer-wieder-auf-kurs-gebracht-werden>

25Wikipedia Artikel zur ISS:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale\\_Raumstation](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Raumstation)

nicht einmal am Boden ankommt.<sup>26</sup> Zudem gibt es mit dem „Dragon 2“ Raumfrachter auch die Möglichkeit, Dinge wieder zurück zur Erde zu bringen, ohne dass sie verglühen.

Dies war auf amerikanischer Seite, nach dem Aus des „Space Shuttle“, eine ganze Zeit nicht möglich.

## **6 Zukünftige Raumstationen**

Raumstationen haben grundlegende Arbeit bezüglich des Lebens und Arbeitens im All bewiesen. Gerade die medizinischen Erkenntnisse sind vor allem für zukünftige Missionen interessant. Das Raumstationen dabei eine große Rolle spielen, zeigt die Verlängerung des Nutzungszeitraums der ISS ziemlich gut. Während ursprünglich zwischen der Fertigstellung und dem Ende der Raumstation nur sechs Jahre geplant waren, sind es heute schon zehn mit der Überlegung, den Zeitraum um weitere vier Jahre zu verlängern. Auch für zukünftige Missionen werden Raumstationen deshalb eine große Rolle spielen.

### **6.1 Lunar Gateway**

Eine Raumstation namens „Lunar Gateway“ im Mondorbit als Teil des US-Amerikanischen „Artemis“-Programms geplant. Sie soll 2024 mit dem Start von „Artemis 3“ in Betrieb gehen. Die Station soll wissenschaftliche Daten in den Bereichen Medizin, Biologie, Physik und Planetologie bringen. Die Raumstation arbeitet also ähnlich wie die ISS. Allerdings soll die Station in Verbindung mit einer Mondbasis auch als Zwischenstopp zwischen Mond und Erde dienen. Wie die ISS ist auch der „Lunar Gateway“ als internationales Projekt geplant. Jedoch hat „Roscosmos“, die russische Weltraumorganisation, bereits den Rückzug aus dem Projekt angekündigt, da es zu „US-Zentrisch“ sei. Damit ist gemeint, dass die Station zu sehr auf Seiten der NASA entwickelt wurde.<sup>27</sup> Dies macht das Projekt effektiv zu

---

<sup>26</sup> Spektrum Artikel zur Müllentsorgung auf der ISS:  
<https://www.spektrum.de/news/muellentsorgung-auf-der-iss/862716>

<sup>27</sup> Artikel von Caspian News zu der Haltung von Roscosmos:  
<https://caspiannews.com/news-detail/roscosmos-not-interested-in-joining-nasa-led-lunar-program-2021-1-26-0/>

einer Gemeinschaftsarbeit der ESA, CSA, NASA und JAXA.<sup>28</sup>

Die Station soll außerdem eine stark exzentrische Bahn haben, bei der die Station zwischen 70.000km und 3000km vom Mond entfernt ist. Die Bahn wurde gewählt, um die Anzahl der Eklipsen, also der Punkte wo die Station durch den Schatten des Mondes oder der Erde fliegt, zu verringern.<sup>29</sup> Außerdem sorgt die Bahn für eine einfache Erreichbarkeit sowohl vom Mond aus als auch von der Erde.

Zusätzlich hat der Orbit den Vorteil, dass eine dauerhafte Kommunikations-Verbindung besteht, da die Station, anders als die Apollo Missionen, nie ganz hinter dem Mond verschwindet. Allerdings ist diese Bahn nicht hundertprozentig stabil, weshalb der Kurs der Station immer wieder korrigiert werden muss. Als Triebwerk soll hier ein Ionentriebwerk zum Einsatz kommen, da diese verglichen mit anderen Raketenmotoren sehr effizient laufen.

## 6.2 Chinesische Raumstation

Auch China will nach den beiden eher kurzlebigen Stationen „Tiangong 1“ und „Tiangong 2“ eine größere Raumstation ins All bringen. Diese soll sowohl wissenschaftliche als auch militärische Zwecke erfüllen. 2022 soll die erste Ausbaustufe fertig gestellt sein.<sup>30</sup> Dann besteht diese aus drei Modulen, einem Kernmodul und zwei Wissenschaftsmodulen, welche in einer T-Form miteinander verbunden sind. Die Station ist dann für eine Besatzung von drei Personen gedacht. Sie kann dann allerdings noch um ein zweites „T“ verdoppelt werden, in dem an die Versorgungsluke für Raumfrachter noch ein Modul mit einem T-Stück montiert wird. Auf diese Weise können auch sechs Personen auf der Raumstation bleiben.

Diese Station geht aus dem „Projekt 921“ der Kommunistischen Partei Chinas hervor, welches in einem dreistufigen Plan eine dauerhafte Station im Weltraum als Ziel vorsieht.

---

<sup>28</sup> Siehe Abkürzungen im Anhang

<sup>29</sup> ESA Artikel zu der Umlaufbahn von Luna Gateway  
[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/NASA\\_und\\_ESA\\_einigen\\_sich\\_auf\\_die\\_Lunar\\_Gateway-Umlaufbahn](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/NASA_und_ESA_einigen_sich_auf_die_Lunar_Gateway-Umlaufbahn)

<sup>30</sup> Space.com Artikel zum Bau der chinesischen Raumstation  
<https://www.space.com/china-space-station-module-tianhe-ready>

## 7 Lohnt sich eine Raumstation?

Trotz der für die Zukunft geplanten Raumstationen stellt sich die Frage, ob sich Raumstationen, also bemannte Außenposten im All, überhaupt noch lohnen. Schließlich ist es zunehmend einfacher Experimente ohne Menschen im All durchzuführen. Außerdem sind Stationen sowohl im Aufbau, als auch im Unterhalt sehr teuer. So verschlingt die ISS allein bei der NASA drei bis vier Milliarden Jährlich, und auch die Partnerstaaten müssen Gelder aufbringen.<sup>31</sup>

Bei diesen enormen Geldbeträgen stellt sich jedoch die Frage, ob der Nutzen so einer Station überhaupt in einem gerechtfertigten Zusammenhang steht. Schließlich sind Experimente, wie sich der menschliche Körper im Schwere-losen verhält, nur bedingt nützlich auf der Erde.

Allerdings sind solche Experimente in jedem Bereich der Wissenschaft der Fall. So ist z.B. die Erforschung der Tiefsee ähnlich irrelevant. Außerdem sind viele Experimente auch auf der Erde nutzbar. So zeigt eine Raumstation selber, wie mit Ressourcenknappheit von zum Beispiel Wasser umgegangen werden kann. Auch andere Experimente, wie die Erforschung von neuen Möglichkeiten zur Filterung von Kohlenstoffdioxid aus der Luft, um Sauerstoff zu gewinnen, sind nicht nur sehr interessant für die Raumfahrt, sondern auch für die Anwendung auf der Erde. Außerdem sind die Kosten so einer Raumstation Verhältnismäßig gering, wenn man einerseits bedenken würde, wie teuer einzelne Flüge für ein Experiment wären oder wie hoch die Rüstungsausgaben verschiedener Staaten sind. Des Weiteren sind wir auch heute noch nicht in der Lage alle Experimente ohne Menschen durchzuführen, so dass sie nicht durch unbemannte Flüge ersetzt werden können.

---

<sup>31</sup> The Verge Artikel zu den Ausgaben der NASA für die ISS  
<https://www.theverge.com/2019/6/7/18656280/nasa-space-station-private-astronauts-commercial-business#:~:text=It%20costs%20NASA%20%243%20to,back%20to%20the%20lunar%20surface.>

## **8 Schluss**

Die Geschichte der Raumstationen ist insgesamt eine Erfolgsgeschichte. Sie spiegeln nicht nur politische Entscheidungen und Prestige wider, sondern sorgen auch für die Erforschung des Menschen und der Umwelt unter eigentlich lebensfeindlichen Umständen.

Die Nutzung für die Anwendung von militärischen Aufgaben ist zwar zwiespältig zu sehen, kann aber die Vorteile, die sich aus der wissenschaftlichen Forschung ergeben nicht ersetzen.

Außerdem sind die Kosten für eine Raumstation, wie zuvor schon ausgeführt, verhältnismäßig gering. Besonders wenn man diese im Zusammenhang mit den wissenschaftlichen Ergebnissen sieht.

Somit ist das Modell Raumstation auch eines für die Zukunft. Denn es hilft bei der Grundlagenforschung, die Menschheit nicht nur auf einen Planeten zu beschränken und die Ressourcen möglichst effektiv und effizient zu nutzen.

## 9 Anhang

### Quellen

Wikipedia

Titel: „Raumstation“

Link:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Raumstation#:~:text=Treibstoff%20zur%20Kurskorrektur-,Die%20Raumstationen%20im%20Einzelnen,in%20internationaler%20Kooperation%20permanent%20bemannt>

The Verge

Titel: NASA is opening the space station too commercial business and more private astronauts

Autor: Loren Grush

Link:

<https://www.theverge.com/2019/6/7/18656280/nasa-space-station-private-astronautscommercialbusiness#:~:text=It%20costs%20NASA%20%243%20to,back%20to%20the%20lunar%20surface>

Planet Wissen

Titel: Raumstationen

Autor: Michael Hänel

Link:

<https://www.planet-wissen.de/technik/weltraumforschung/raumstationen/index.html>

MDR

Titel: Wettlauf ins All – Der kalte Krieg im Orbit

Autor: Dr. Daniel Niemetz

Link:

<https://www.mdr.de/zeitreise/weitere-epochen/zwanzigstes-jahrhundert/raumfahrt-kalter-krieg-im-all100.html>

Raumfahrer.net

Titel: Projekt 921 – Chinas Neuanfang

Autor: Felix Korsch

Link:

<https://china.raumfahrer.net/artikel/projekt921.shtml>

Raumfahrer.net

Titel: Saljut: Der Weg zur russischen Raumstation

Link:

<https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/saljut.shtml>

Raumfahrer.net

Titel: Raumstation Mir

Autor: Karl Urban

Link:

<https://www.raumfahrer.net/raumfahrt/raumstationen/mir.shtml>



NASA

Titel: Study finds space station microbes are no more harmful than those found in similar ground environments

Autor: Michael Johnson

Link:

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/space-station-microbes-no-more-harmful-than-those-on-earth-extremophiles)

Spiegel

Titel: Die Mir versinkt im Pazifik

Link:

<https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/triumphaler-absturz-die-mir-versinkt-im-pazifik-a-124178.html>

Süddeutsche Zeitung

Titel: So wurde die Internationale Raumstation gebaut

Autor: Sophie Rotgeri

Link:

<https://www.sueddeutsche.de/wissen/iss-raumstation-1.4219132>

Handelsblatt

Titel: Schwerelosigkeit schlecht für die Augen

Autor: Daniele Zeibig

Link:

<https://www.handelsblatt.com/technik/medizin/raumfahrt-schwerelosigkeit-ist-schlecht-fuer-die-augen/5806590.html?ticket=ST-2790307-CAduB5fWlz5XuqPTB1Wd-ap5>

Space.com

Titel: International Space Station at 20: ...

Autor: Elizabeth Howell

Link:

<https://www.space.com/international-space-station-20-years-commercialization.html>

Spektrum.de

Titel: Rücksturz zur Erde

Autor: Alexander Stirn

Link:

<https://www.spektrum.de/news/chinas-raumstation-tiangong-1-stuerzt-unkontrolliert-zur-erde/1540017>

Evonik

Titel: Katalysator versorgt Astronauten auf ISS mit Sauerstoff

Link:

<https://corporate.evonik.de/de/katalysator-versorgt-astronauten-auf-iss-mit-sauerstoff-97992.html>

DLR

Titel: Photobioreaktor PBR: aus Kohlenstoffdioxid wird Sauerstoff

Link:

<https://www.dlr.de/content/de/artikel/missionen-projekte/horizons/experimente-horizons-photobioreaktor.html>

ESA

Titel: Schutz gegen blinde Weltraum-Passagiere

Autor: Dr. Petra Rettberg

Link:

[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/Schutz\\_gegen\\_blinde\\_Weltraum-Passagiere](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Schutz_gegen_blinde_Weltraum-Passagiere)

DLR

Titel: Kosmische Strahlung auf der ISS in 3D

Link:

[https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2016/20161214\\_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d\\_20443.html](https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2016/20161214_kosmische-strahlung-auf-der-iss-in-3d_20443.html)

Deutschlandfunk

Titel: Die Raumstation am Himmel mit viel Müll

Autor: Dirk Lorenzen

[https://www.deutschlandfunk.de/iss-muss-weltraumschrott-ausweichen-die-raumstation-am.732.de.html?dram:article\\_id=486315](https://www.deutschlandfunk.de/iss-muss-weltraumschrott-ausweichen-die-raumstation-am.732.de.html?dram:article_id=486315)

Quarks

Titel: Darum muss die ISS immer wieder auf Kurs gebracht werden

Link:

<https://www.quarks.de/weltall/raumfahrt/darum-muss-die-iss-immer-wieder-auf-kurs-gebracht-werden>

Spektrum.de

Titel: Müllentsorgung auf der ISS

Link:

<https://www.spektrum.de/news/muellentsorgung-auf-der-iss/862716>

Wikipedia

Titel: Internationale Raumstation

Link:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale\\_Raumstation](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Raumstation)

Caspian News

Titel: Roscosmos „not interested“ in joining NASA-led lunar program

Autor: Vusala Abbasova

Link:

<https://caspiannews.com/news-detail/roscosmos-not-interested-in-joining-nasa-led-lunar-program-2021-1-26-0/>

ESA

Titel: NASA und ESA einigen sich auf die Lunar Gateway Umlaufbahn

Link:

[https://www.esa.int/Space\\_in\\_Member\\_States/Germany/NASA\\_und\\_ESA\\_einigen\\_sich\\_auf\\_die\\_Lunar\\_Gateway-Umlaufbahn](https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/NASA_und_ESA_einigen_sich_auf_die_Lunar_Gateway-Umlaufbahn)

Space.com

Titel: China's first space station module is ready for flight

Autor: Andrew Jones

Link:

<https://www.space.com/china-space-station-module-tianhe-ready>

### **Abkürzungen**

EVA: extra-vehicular activity

ISS: International Space Station

ACLS: Advanced Closed Loop System

z. B.: Zum Beispiel

NASA: North American Space Agency

ESA: European Space Agency

JAXA: Japanese Aerospace Exploration Agency

CSA: Canadian Space Agency

### **Grafiken und Bilder**

Illustrator: Chesley Bonestell

Titel: von Braun 1952 Space Station Concept

Veröffentlicht im Magazin „Collier's“

Link:

[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Von\\_Braun\\_1952\\_Space\\_Station\\_Concept\\_9132079\\_original.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Von_Braun_1952_Space_Station_Concept_9132079_original.jpg)

**Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig 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, mitgenauer 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 16.03.2021

Paul Barth

---

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

**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 16.03.2021

Paul Barth

---

Unterschrift der Schülerin / des Schülers