

# Seminararbeit

## W-Seminar Geschichte

### Wettlauf der Systeme 1989-2025 USA vs. UdSSR/Russland vs. VR China

## Weltraum

Verfasser: Constantin Paech

Seminarleiter: Dr. Jörg Reimann

Abgabetermin: 11.11.2025

Seminararbeit: Erzielte Note: \_\_\_\_\_ Erzielte Punktzahl: \_\_\_\_\_  
(einfache Wertung)

Präsentation: Erzielte Note: \_\_\_\_\_ Erzielte Punktzahl: \_\_\_\_\_

**Gesamtpunktzahl (doppelte Wertung): \_\_\_\_\_**

$((3 \times \text{SA} + \text{PR}) : 2)$

.....  
Unterschrift Seminarleitung

.....  
Unterschrift Schüler bzw. Schülerin

# Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....	3
2. Globale Navigations und Satelliten Systeme .....	4
2.1 USA - GPS.....	4
2.2 Russland - GLONASS.....	4
2.3 China - Beidou.....	5
2.4 GNSS und Soft Power .....	5
3. Raumstationen .....	6
3.1 Sowjetunion und die erfolgreiche Mir.....	6
3.2 Internationale Raumstation.....	6
3.3 Chinas Raumstation - Tiangong .....	7
3.4 USA nach dem Ende der ISS.....	8
3.5 Russlands Trennung vom Westen.....	8
4. Neuer Wettlauf zum Mond .....	9
4.1 USA vs. China - Ein neuer Wettlauf.....	9
4.2 USA - Eine Geschichte der Verzögerungen.....	10
4.3 Technik und Raketen .....	11
4.4 Russlands Hintergrundrolle .....	12
4.5 Mars - Rückblick und Ausblick.....	12
5. Wiederverwendbare Raketen.....	13
5.1 USA - Von Abhängigkeit zu Innovation .....	13
5.2 Russlands Stagnation.....	14
5.3 Chinas Kurswechsel .....	14
5.4 Alternativer Treibstoff Methan.....	15
6. Flächendeckende Satellitennetze.....	16
6.1 Starlink - US-amerikanisches Satelliteninternet.....	16
6.2 China - Qianfan .....	17
6.3 Russland .....	18
7. Fazit.....	19
Anhang.....	21
Anmerkungen .....	21
Literaturverzeichnis.....	25
Schlusserklärung .....	38

# 1. Einführung

Viele kennen oder erinnern sich noch an die erste Landung auf dem Mond im Jahr 1969. Ein monumentaler Schritt in der Entwicklung der Menschheit und ein spannender Wettlauf zweier Systeme. Gut 50 Jahre später ist der Weltraum eine wichtige Grundlage unserer modernen Welt geworden und der ursprüngliche Wettlauf zwischen der Sowjetunion und den USA hat sich weiterentwickelt in einen über unseren Köpfen stattfindenden Dreikampf um militärische, technologische und wirtschaftliche Vorherrschaft zwischen China, Russland und den USA.

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Überblick über diesen Wettlauf im Bereich des Weltraums zwischen den drei Nationen zwischen 1989 und 2025 zu geben. Aufgrund der Tiefe, Komplexität und Vielschichtigkeit des Themas, beschränkt sich die Arbeit auf exemplarisch ausgewählte Teilbereiche, greift wo nötig vorhergegangene Ereignisse auf, um heutige Entwicklungen zu verdeutlichen, und versucht, einen Ausblick in die Zukunft zu geben. Das Ziel war hierbei, einen möglichst großen Querschnitt an Themen abzudecken.

Zunächst beginnt die Arbeit bei etablierten und bekannten Alltagstechnologien wie GPS, die von strategisch so hoher Bedeutung sind, dass ein spannender Wettlauf um Positions- und Zeitbestimmung in vollem Gange ist. Daran anschließend wechselt sie zum Thema Raumstationen, das lange Zeit von der Internationalen Raumstation (ISS) geprägt war. Ein großer Erfolg, der internationale Kooperation demonstrierte, wo aber durch das nahende Ende der Raumstation ein neuer Wettlauf in den Vordergrund rückt. Und parallel dazu gibt es aktuell nach 1969 zum ersten Mal wieder einen neuen Wettlauf zum Mond, bei dem die Akteure im Gegensatz zum vorangegangenen Mondrennen auch eine kontinuierliche Präsenz im All anstreben. Stark geprägt wird der Konkurrenzkampf mittlerweile auch durch die Entwicklung und intensive Nutzung wiederverwendbarer Raketen, welche die Raumfahrt so revolutioniert haben, dass alle Mitstreiter versuchen, sich diese Technologie zu Eigen zu machen. Diese Entwicklung bildet auch die Grundlage von immer stärker wachsenden Satellitennetzen, welche die beteiligten Akteure anstreben und die zunehmend eine wichtige Rolle sowohl im zivilen als auch militärischen Bereich spielen.

## 2. Globale Navigations und Satelliten Systeme

Ob wir das nächste Café finden, ein Paket verfolgen oder Geld abheben<sup>1</sup> wollen: Im Hintergrund spielen GNSS (Global Navigation Satellite Systems) wie GPS eine enorm wichtige Rolle. GNSS bezeichnet Satellitensysteme, die eine genaue Positionsermittlung und Zeitbestimmung durch einen Empfänger auf der Erde ermöglichen. Zusätzlich zur ihrer fundamentalen Rolle für viele wichtige Industrien und Technologien<sup>2</sup>, sind sie von größtem militärischem und strategischem Interesse für die drei Mächte [1].

### 2.1 USA - GPS

GPS, das erste GNSS, wurde ursprünglich vom US-Militär entwickelt und spielt seit dem Zweitem Golfkrieg, welcher folglich „Space War“<sup>3</sup> getauft worden ist, eine entscheidende Rolle in der modernen Kriegsführung [2]. Es ist so bedeutend, dass sich selbst Russland, dessen eigenes System immer dysfunktionaler wird, an der kostenlosen und zivilen Version von GPS für seine Kriegsführung bedient<sup>4</sup> [3], [4], [5]. Auch im zivilen Bereich (Landwirtschaft, Logistik, Banking, Navigation, etc.) ist GPS heutzutage von so fundamentaler Bedeutung, dass ein Ausfall des Systems vermutlich eine Milliarde US-Dollar an Schäden pro Tag verursachen würde [6]. Doch während GPS jahrelang der globale Goldstandard unter den GNSS war, treten mit Russlands GLONASS (ГЛОНАСС - „Globales Satellitennavigationssystem“) und Chinas Beidou (Бéйдóу - „Großer Bär“) neue Systeme auf den Plan, wobei vor allem Beidou rasant aufholt und die globale Balance im All spürbar verändert.

### 2.2 Russland - GLONASS

Wie so viele russische Technologien, hat GLONASS seinen Ursprung in der Rivalität des Kalten Krieges<sup>5</sup>. Für einen zuverlässigen und normalen Betrieb werden 24 Satelliten<sup>6</sup> benötigt. GLONASS lag bis 1995, in welchem Jahr die benötigte Zahl erreicht worden ist, gleichauf mit GPS. Jedoch führte bereits eine sehr frühe Budgetreduktion im Jahre 1990, im Zuge des Zerfalls der Sowjetunion, zu einer allmählichen Degradation des Systems [7]. Im Jahr 1997 wurde daher die kritische Anzahl an Satelliten für ein vollständiges System bereits wieder unterschritten [3]. In der Grafik [8] lässt sich dieser Abstieg erkennen, der 2002 mit sieben Satelliten seinen Tiefpunkt erreichte. Im gleichen Jahr wurde durch das staatliche Programm „Global Navigation System for 2002-2011“ ein Wiederbelebungsversuch gestartet. Tatsächlich stieg die Anzahl an Satelliten auch

wieder langsam an und GLONASS ist seit 2010 wieder operativ<sup>7</sup> [7]. Russland versucht, mit den bestehenden finanziellen Mitteln die Funktionalität der alternden Satellitenflotte instandzuhalten, wobei die Zukunft und das Potential von GLONASS fragwürdig bleiben<sup>8</sup> [9], [5].

## 2.3 China - Beidou

Ernsthafte Konkurrenz für GPS kommt aus China mit dem System Beidou. Nach einer anfänglichen Phase sehr geringen Wachstums<sup>9</sup> erlebte es nach 2018 einen sprunghaften Anstieg von fast 30 Satelliten, wie sich in der Grafik [8] sehen lässt – ein Bestreben motiviert durch Chinas vorherige Abhängigkeit von GPS<sup>10</sup> [10]. Als Ergebnis dieser Ambitionen verfügt China mit aktuell 56 GNSS-Satelliten über mehr als jede andere Nation dieser Welt<sup>11</sup>. Damit zeigt China die massiven Investitionen, um sich als eine der Supermächte im Weltraum zu positionieren [3], [11].

Diese Entwicklung entging auch nicht dem US-amerikanischen Space-Based PNT National Advisory Board<sup>12</sup>, welches in seinem „2023 Summary Report“ schreibt: „*GPS's capabilities are now substantially inferior to those of China's BeiDou.*“ [12] China übertrifft GPS in der Anzahl an Satelliten, Bodenstationen<sup>13</sup> und durch die spätere Entwicklung von neuerer Hardware auch an technischen Funktionen. Zum Beispiel kann Beidou als einziges GNSS eine Zwei-Wege-Kommunikation mit Nutzergeräten herstellen: eine Art SMS, die global funktioniert. Dies ermöglicht den Informationsaustausch in entlegensten Gegenden, Ortung bei Rettungsaktionen oder sogar Spionage durch Tracking von Nutzern [3]. China plant bereits den weiteren Ausbau der Fähigkeiten und Abdeckung des Systems [10].

## 2.4 GNSS und Soft Power

Neben direkten taktischen Vorteilen und einem immensen Industriepotential bringen GNSS auch beträchtliche Soft Power<sup>14</sup> mit sich, denn wer ein gutes GNSS zur Verfügung stellt, kann vor allem Entwicklungsländer von sich und seiner Technologie abhängig machen. Laut [10] vom Februar 2023, waren die Beidou-Satelliten bereits in 130 von 195 UN-Staaten und in 100 von 137 BRI<sup>15</sup> (Belts and Road Initiative) Teilnehmerstaaten häufiger verfügbar als GPS-Satelliten. Damit etabliert China Beidou als das bessere GNSS und macht andere Staaten, die solches benötigen, von sich abhängig. So baute China bereits 120 Bodenkontrollstationen im Ausland und einigen Subsahara-Regionen.

Zum Vergleich: Die USA besaßen im Jahr 2021 insgesamt nur elf Stationen im Ausland [10], [13]. Durch die schrittweise Einbettung von chinesischer Technologie verknüpft China Raumfahrt, Diplomatie und Infrastruktur zu einem umfassenden geopolitischen Machtinstrument<sup>16</sup>. Dies ist Teil von Chinas Strategie, Teilnehmer für das BRI zu gewinnen und somit seinen Einfluss im Weltraum sowie auf der Erde auszuweiten [14]. Besonders Afrika, reich an strategisch wichtigen seltenen Erden, könnte so stärker in Pekings Einflussbereich gezogen werden.

### 3. Raumstationen

Neben den Navigationssystemen wie GPS, haben sich Raumstationen wie die ISS fest im öffentlichen Bewusstsein verankert. Gut beobachtbar, selbst mit bloßem Auge, bilden sie einen wichtigen technologischen Schritt und demonstrieren Fähigkeiten und Kapazitäten autarker Weltraumnationen. Zudem bilden sie, als Plattform für die Erforschung längerer Aufenthalte von Menschen im Weltraum, die Grundlage für zukünftige Mars- und Mondmissionen [15].

#### 3.1 Sowjetunion und die erfolgreiche Mir

Bereits in den 1950er- und 1960er-Jahren, während des ersten „Space Race“<sup>17</sup>, lieferten sich die Sowjetunion und die USA einen Wettlauf um die ersten Raumstationen [16]. Während die USA in dieser Zeit nur eine Raumstation ins All bringen konnten, errichtete die Sowjetunion im Laufe des Kalten Krieges gleich sieben. Der Erfolg der Sowjetunion gipfelte im Bau der ersten modularen Raumstation Mir, die über fast 15 Jahre die einzige Raumstation im Orbit war: einer der großen Erfolge der sowjetischen Raumfahrt [17], [18]. Zu diesem Zeitpunkt war die Sowjetunion deutlich erfolgreicher und verfügte deshalb auch über deutlich mehr Erfahrung mit Raumstationen und langen Aufenthalten im Weltraum [16].

#### 3.2 Internationale Raumstation

Nach dem Ende des Kalten Krieges bot sich erstmals die Möglichkeit für eine Kooperation zwischen der Sowjetunion und den USA [16]. Zusätzlich hatten beide Seiten mit finanziellen Problemen für ihre jeweilige nächste Raumstation zu kämpfen [19], [20]. Deshalb entschied man sich, die bereits gebauten Teile und Pläne der US-amerikanischen Raumstation Freedom, sowie die Pläne für die Mir-2, welche die Mir ablösen sollte, zu

fusionieren, und begann mit einem Austausch von Wissen in Form des Spaceshuttle-Mir-Programms<sup>18</sup> [20], [21]. Die daraus ab 1998 entstehende und Mir ersetzende ISS wird weithin als immenser Erfolg angesehen. Sie ist das größte menschengemachte Objekt im All und ein exemplarisches Beispiel für internationale Kooperation zwischen verschiedenen Staaten, allen voran zwischen den USA und Russland [16]. Ursprünglich war die Station mit einer Laufzeit von 15 Jahren nur bis 2016 vorgesehen, sie wurde aber mehrere Male verlängert und soll noch bis 2030 operieren und dann aus der Umlaufbahn geholt werden [22], [23].

Mit immer größer werdendem Alter häufen sich aber auch die Probleme der Raumstation<sup>19</sup> [24], [25]. Des Weiteren haben die USA in ihrem Prioritätenwechsel zur Kommerzialisierung, sowie neu gewonnener Priorität für bemannte Raumfahrtmissionen, immer weniger Interesse an einer Weiterführung der ISS<sup>20</sup>. Zudem hat sich Russland lediglich bis zum Jahr 2028 zu einer Beteiligung an dem Gemeinschaftsprojekt ausgesprochen und durch die verschlechterten Beziehungen mit dem Westen bereits die Möglichkeit einer Kündigung des Engagements und eines unkontrollierten Absturzes der Raumstation angedroht<sup>21</sup>, jedoch bisher ohne diese Drohungen zu verwirklichen [26], [27].

### 3.3 Chinas Raumstation - Tiangong

China zeigte bereits im Jahre 2007 Interesse an einer Teilnahme an der ISS [28], was jedoch von den USA abgelehnt wurde. Seit April 2011 erschwert ein Gesetz<sup>22</sup> die wissenschaftliche Kooperation der NASA mit China, sofern keine explizite Zustimmung des Congress vorliegt [29]. Dies und die allgemeine Isolation zum Westen führten vermutlich zu Chinas Unabhängigkeit in seinem Raumfahrtprogramm, mit vom Westen unabhängigen Liefer- und Produktionsketten für Weltraumtechnologie.

Der September 2011 markiert den nächsten wichtigen Schritt im chinesischen Wettlauf zu einer autarken Weltraummacht, als China die erste von zwei kleineren Raumstationen in den Weltraum schickte [30]. Ziel war das Erproben und Erlernen von Fähigkeiten für den Bau und den Betrieb der späteren, permanenten Raumstation Tiangong, mit welcher 2022 die ununterbrochene Präsenz von Taikonauten im Weltraum begann [30].

Tiangong wird oft als Beweis für die Exzellenz und die Geschwindigkeit des chinesischen bemannten Raumfahrtprogramms gesehen, mit der es sich US-amerikanischen und russischen Fähigkeiten annähert [31], [32]. Ein Vergleich der Stationen mithilfe von

Zahlen wie in [33], [34], lässt erkennen, dass die chinesische Raumstation, welche jünger und kleiner ist, deutlich weniger aufwändig<sup>23</sup>, aber innovativer und in Relation zu ihrer Größe leistungsfähiger<sup>24</sup> ist als die ISS.

Und während die ISS nur aufgrund multilateraler Kooperation entstehen konnte, ist die Tiangong momentan die einzige nationale Raumstation im Weltraum, was Chinas Autonomie verdeutlicht [31].

### 3.4 USA nach dem Ende der ISS

Wenn nicht rechtzeitig vor 2030 für einen Ersatz der ISS gesorgt wird, droht Tiangong als einzige Raumstation in der Umlaufbahn zu verbleiben. So ist es den USA bewusst, dass sie ihre Präsenz gegenüber China im Weltraum wahren müssen [35]. Entsprechend gibt es bereits mehrere Pläne für einen Ersatz der ISS.

Im Zuge des Artemis-Programms ist zum einen mit den Partnern der ISS eine Raumstation in der Mondumlaufbahn namens Lunar Gateway<sup>25</sup> geplant. Allerdings sind hier die zukünftige Finanzierung und politische Stabilität unsicher<sup>26</sup> [36].

Für eine nicht internationale Raumstation in der Umlaufbahn der Erde schlagen die USA einen kommerziellen Weg ein, wie sie es bereits mit den Raketen von SpaceX getan haben (siehe Kapitel 5.1). Momentan unterstützt die NASA mehrere verschiedene Firmen, die unterschiedliche Umsetzungen<sup>27</sup> für eine US-amerikanische Raumstation anstreben [37], [38].

Es ist anzunehmen, dass den USA bis zum Ende der ISS irgendeine Form von Ersatz zur Verfügung stehen wird. Dennoch wären voraussichtlich die ISS-Nachfolger ein Rückschritt von der permanent besetzten Raumstation. Denn gemäß aktueller Vorgaben muss lediglich eine Missionsdauer von mindestens 30 Tagen unterstützt werden, während die Missionsdauer auf der ISS 6 Monate beträgt [39].

### 3.5 Russlands Trennung vom Westen

Für Russland ist die Anwesenheit und ununterbrochene Präsenz von Kosmonauten im Weltraum von unglaublichem Prestige und nationalem Stolz, so P. Luzin<sup>28</sup> in [5], [40]. Deshalb versucht Russland unter einem immer stärker schwächelnden Raumfahrtprogramm so gut wie möglich seine bemannte Raumfahrt neben dem militärischen Programm zu behalten [5].



Pläne für eine eigene nationale Raumstationen kamen bereits Mitte 2010 auf, schlussendlich wollte man aber aufgrund technischer Schwierigkeiten<sup>29</sup> vorerst bei einer Kooperation mit ISS-Partnern verbleiben [40], [41]. Immer schlechter werdende Beziehungen zum Westen erschweren dieses Vorhaben jedoch zunehmend<sup>30</sup> [42]. Als vielleicht letzte Möglichkeit, Präsenz im Weltraum zu wahren, kündigte Russland 2021 seine eigene Raumstation RO(S)S (Russian Orbital (Service) Station) an. Dieses Vorhaben ist jedoch mit einer gewissen Skepsis zu betrachten<sup>31</sup> [43]. P. Luzin, der sich kritisch mit der ROSS auseinandersetzt, schreibt zu Russlands Raumstation, dass das optimistischste Szenario eine kleine Raumstation ab dem Jahr 2030 wäre, die ähnlich den sowjetischen Raumstationen Saljut-6 und Saljut-7 aus den späten 1970er- und frühen 1980er-Jahren wäre [44].

Die zunehmenden Probleme mit Russlands Raumfahrtprogramm und die bröckelnden Beziehungen zum Westen deuten aber eher auf einen Rückschlag sowie eine temporäre Unterbrechung Russlands bemannter Raumfahrt<sup>32</sup> und Präsenz im Weltraum hin [5], [44].

## 4. Neuer Wettlauf zum Mond

Nachdem die USA mit Apollo 11 den Wettlauf zum Mond gewonnen hatten, stellte Apollo 17 im Jahr 1972 die letzte Mission überhaupt dar, die Menschen auf den Erdtrabanten brachte [45]. Obwohl wiederholt Pläne für eine Wiederaufnahme des Programms sowie Landungen auf weiteren Planeten, wie dem Mars, aufkamen, konnte bis jetzt keines dieser Vorhaben verwirklicht werden<sup>33</sup> [45].

### 4.1 USA vs. China - Ein neuer Wettlauf

Im Jahr 2017 kam es jedoch durch das Artemis-Mondprogramm<sup>34</sup>, begründet durch die „Space Policy Directive 1“ von Donald Trump, zu einer bedeutenden Veränderung [46]. Sowohl China als auch die USA wollen beide gegen Ende der 2020er-Jahre, in einem neuen Wettlauf, Menschen auf den Mond bringen [47], [48], [49].

Der Wettlauf um den Mond, genauer gesagt um den Südpol des Mondes, ist nicht nur symbolisch [50]: Durch die Vorkommen von Wassereis in schattigen Kratern sowie weiteren Rohstoffen wie Helium-3 oder Platin weckt der Mond bei beiden Nationen großes Interesse<sup>35</sup> [51]. Zudem ist er ein Zwischenschritt für zukünftige bemannte Weltraummissionen, beispielsweise zum Mars, und wird den Wettlauf der Zukunft

maßgebend bestimmen [52]. Die USA schlossen bereits im Jahr 2020 die Artemis-Accords, eine Reihe von multilateralen Vereinbarungen, welche die Interessen der USA beim Rohstoffabbau im Weltraum sichern sollen [53]. Hierzu lassen sich Chinas Pläne zur Errichtung der Internationalen Mond-Forschungsstation (ILRS) nach 2030, mit Partnern wie Russland<sup>36</sup>, Belarus, Pakistan, Südafrika sowie vielen weiteren Nationen, als Gegenbewegung sehen [48].

## 4.2 USA - Eine Geschichte der Verzögerungen

Der erste US-amerikanische Meilenstein im neuen Mondrennen wurde 2022 mit Artemis-1<sup>37</sup>, einem unbemannten Testflug zum Mond, erreicht. Doch mit der bemannten Mission Artemis-2 begannen die eigentlichen Herausforderungen. Der Flug sollte ursprünglich 2024 stattfinden, wurde jedoch aufgrund mehrerer Verzögerungen auf 2026 verschoben. Dieser Trend zieht sich durch das gesamte Artemis-Programm. So war ursprünglich der Missionsplan für die bemannte Artemis-3 Mission, die auf dem Mond landen soll, für das Jahr 2028 vorgesehen. Der Start wurde dann im Jahr 2019 auf das Jahr 2024 vorgezogen, wobei dieser Zeitplan auch nicht gehalten werden konnte. Stand 2025 soll die Mission im Jahr 2027 starten.

Eine interne Risikoanalyse zeigt jedoch, dass die Wahrscheinlichkeit, Artemis-3 bis Februar 2028 nicht zu starten, bei rund einem Drittel liegt [47], [54], [55]. Ein alarmierender Wert für die USA, wenn man bedenkt, dass China im Jahr 2030 auf dem Mond landen möchte [56]. In einer Anhörung des Senatsausschusses für Handel am 3. September 2025 warnte Senator Ted Cruz, dass die USA Gefahr liefen, den Mond an China zu verlieren [57]. Während die konsequente Einheitlichkeit und Zielklarheit der chinesischen Regierung hinsichtlich ihrer Mondmission und Weltraumambitionen ihr größter Vorteil ist, kämpfen die USA mit der wechselhaften Politik ihrer Regierung<sup>38</sup>. Den USA mangelt es an Beständigkeit und Zielstrebigkeit, um Technologien langfristig effektiv zu entwickeln und auszubauen<sup>39</sup> [48]. Als aktuelles Beispiel sieht der „Fiscal Year 2026 Discretionary Budget Request“ der NASA eine Kürzung des Budgets verschiedener Programme von insgesamt rund 25 Prozent vor [38]. Dies wirft laut P. V. Bolaños erhebliche Zweifel hinsichtlich der Zukunftsfähigkeit der aktuellen Strategie der USA auf [58].

### 4.3 Technik und Raketen

Ein Vorteil der USA ist, dass die Entwicklung einiger zum Einsatz kommenden Technologien bereits vor längerer Zeit gestartet wurde. Ein Beispiel hierfür ist das fast fertige Orion-Modul, in dem die Astronauten auf dem Weg zum Mond untergebracht sein werden, und das fertige SLS (Space Launch System) von Boeing, die weltweit einzige superschwere Trägerrakete für Menschen<sup>40</sup>, auf der das Orion-Modul transportiert wird [47]. Für die Artemis-Missionen gibt es jedoch noch einige Technologien, die bisher nicht fertiggestellt worden sind. Dazu gehören das SpaceX-HLS (Human Landing System) für die tatsächliche Landung auf dem Mond, das auf der wiederverwendbaren superschweren Trägerrakete Starship transportiert werden soll, sowie die Raumanzüge von Axiom [47], [59].

Von SpaceX und deren Entwicklung von HLS sowie dem experimentellen Starship geht die größte Unsicherheit hinsichtlich der Ausführung der US-amerikanischen Pläne aus. Experten des Aerospace Safety Advisory Panel warnten am 19. September 2025 bei der SpaceX-Entwicklung vor jahrelangen Verzögerungen [60]. Diese Warnung befindet sich im Einklang mit einem Bericht des United States Government Accountability Office [61], welches auf Verzögerungen bei Mechaniken, wie dem Betanken von Starship im Erdorbit oder der noch nicht demonstrierten Testlandung auf dem Mond, hinweist [62]. Damit verspielen die USA ihren Vorteil des bereits flugfähigen SLS und blockieren sich selbst durch ein unvollständiges Landemodul, während in China der Bau der SLS vergleichbaren Langer Marsch 10 Rakete und des nötigen Landemoduls ohne große Rückschläge verläuft [56], [63]. Entwicklungsbeginn von Langer Marsch 10 war 2017 und erste Testflüge, welche ein weiterer Etappensieg für China im neuen Mondrennen wären, sind für 2026 geplant [64], [65]. Während der Zeitrahmen für das Artemis-Programm nach wie vor unklar und anfällig für Verzögerungen bleibt, arbeitet China unterdessen weitgehend störungsfrei weiter [66], [50], [57].

Auch im Bereich der Mondraumanzüge zeigt sich ein Vorsprung Chinas: Während China bereits 2024 sein Raumanzugsystem präsentiert hatte, kam es bei dem US-amerikanischen Hersteller Axiom zur gleichen Zeit aufgrund von Nachbesserungen im Design zu Verzögerungen [50], [61]. Beobachter wie J. v. Loon fragten bereits im Jahre 2024, ob dies erste Anzeichen einer chinesischen Führung in einzelnen Aspekten des Wettlaufs gewesen seien [50].

China demonstriert seinen Vorsprung auch durch einzigartige Erfolge, wie die erste Rückholung von Gesteinsproben von der Rückseite des Mondes<sup>41</sup> im Jahre 2024 [51].

#### 4.4 Russlands Hintergrundrolle

Was Russland betrifft, so schreibt L. Schäfer, Schüler des Luitpold-Gymnasiums München, in seiner Arbeit [67] über die erste russische Mondsonde nach 47 Jahren: *„Auch Russland versuchte zu zeigen, dass sie trotz des Krieges [immer noch] in der Lage sind [Raketen][...] zu produzieren und ins Weltall zu schicken. Nach dem Versuch die Lunar-25 zu landen kam die Nachricht von Roskosmos. Die Sonde [sei] mit dem Mond kollidiert und ‚Existiere nicht mehr‘.“* Neben diesem katastrophalen Ende kommt hinzu, dass die russischen Mondmissionen der nächsten vier Jahre Leistungen wiederholen, die China bereits zwischen 2007 und 2020 erbracht hat [68]. Die nächste russische Mondmission, Lunar-26, wird erst 2028 mit Verspätung starten und das auch nur in Kooperation mit China [69], [70]. P. Luzin erklärt hierzu, dass Russland bemannte Raumflüge und Weltraumforschung beibehält, um seinen internationalen Status als Weltraum-Supermacht zu erhalten [5]. Aus Nachfragen zu Kooperationen mit Russland aus chinesischer Sicht ergab sich, dass es keine „wirkliche Kooperation“ mit Russland gebe und dass sich China durchaus des Zustandes des russischen Raumfahrtprogrammes bewusst sei. Zusammenarbeit zwischen Russland und China erfolgt also zunehmend unter chinesischer Dominanz und hat vor allem Prestigezwecke, was Russlands deutlichen Rückstand in einem neuen Wettlauf zum Mond zeigt und Russland als einen Akteur im Hinterfeld des neuen Wettlaufs zum Mond einstuft [68], [5].

#### 4.5 Mars - Rückblick und Ausblick

Die unbemannte Erforschung des Mars hat schon im historischen Wettlauf zwischen der Sowjetunion und den USA begonnen, wobei es letzteren im Jahr 1964 als erste Nation gelang, ein unbemanntes Raumfahrzeug erfolgreich um den Mars zu schicken, während die Sowjetunion nur begrenzt erfolgreiche Ergebnisse verzeichnen konnte und ihre Missionen im Jahr 1988 nach einer langen Reihe von vorausgegangenen Fehlschlägen beendete [71], [72]. Die USA konnten sich langfristig durchsetzen: Bis 2020 schickten sie als einzige Großmacht kontinuierlich Sonden zum Mars und bauten dabei ein breites Portfolio erfolgreicher Missionen auf [72], [73]. Im Jahr 2011 unternahm China den Versuch, eine Sonde zum Mars zu bringen, der jedoch scheiterte. Gleichzeitig versuchte Russland in den Jahren 1996 sowie 2011 mit seinen Marsmissionen, die Nachfolge der

Sowjetunion anzutreten, was jedoch ebenfalls misslang [71]. Erst 2021 gelang China mit der erfolgreichen Landung von Tianwen-1 eine sehr beeindruckende Mission<sup>42</sup>, wie K. Bergquist<sup>43</sup> auf eine Anfrage betonte. Es konnte seitdem aber keine weitere Mission von chinesischer Seite verzeichnet werden, was bedeutet, dass die USA mittelfristig einen deutlichen Vorsprung behalten werden. Langfristig könnte sich dies jedoch ändern, denn unbemannte Missionen zum Mars wurden im „Fiscal Year 2026 Discretionary Budget Request“ der NASA [38], vorerst als zu kostspielig und nicht wichtig genug eingestuft<sup>44</sup>. Nach aktuellem Zeitplan wird China 2028 vor den USA erstmals Gesteinsproben vom Mars zurückbringen, sofern kein US-amerikanischer Prioritätenwechsel stattfindet [74].

## 5. Wiederverwendbare Raketen

Nachdem es bei der Raketentechnik über viele Jahre keine signifikanten Neuentwicklungen gegeben hat, ist mittlerweile ein neuer Konkurrenzkampf über die Vorherrschaft wiederverwendbarer Raketen entfacht. Dieser wird entscheiden, welche Nation künftig in der Lage sein wird, häufiger sowie schneller Infrastruktur und Menschen in den Weltraum zu bringen.

### 5.1 USA - Von Abhängigkeit zu Innovation

Während traditionelle Trägerraketen nach dem Start weggeworfen werden, was jeden Flug teuer macht, können wiederverwendbare Systeme erneut eingesetzt werden und so Kosten senken und Startintervalle verkürzen. Das Space Shuttle der USA welches 135 Missionen flog, die maßgeblich zum Bau der ISS beitrugen, war eines der wenigen frühen und bekannten wiederverwendbaren Raumfahrzeuge [75]. Trotzdem erfüllte das Programm nicht die Erwartungen, erwies sich als finanziell enttäuschend und wurde 2011 eingestellt [76]. Auch die Sowjetunion betrieb unter dem Namen Buran ein Space Shuttle Programm, welches aber nur einen einzigen Flug, bis zum Zerfall der Sowjetunion, durchführte [77]. Trotz der Pionierleistung des Space Shuttles standen die USA ab 2011 ohne eigenes Transportsystem für Astronauten da und waren von dem Kauf von Sitzplätzen auf den Sojus Raketen der Russen abhängig. Deshalb begann man bereits früh, im Rahmen des „Commercial Crew Program“ in Alternativen, vor allem im privaten Sektor, zu investieren [78]. Dass die USA aber fast ein ganzes Jahrzehnt ohne Raketen dastehen würden, war unerwartet [79]. Eine Position, die Russland im Laufe der Zeit auch durch höhere Preise zunehmend ausnutzte<sup>45</sup>. Erst im Jahre 2020, nach einem Jahrzehnt

der Forschung und Entwicklung, beendete SpaceX diese Abhängigkeit mit der Crew Dragon Mission, die Astronauten auf der wiederverwendbaren Rakete Falcon 9 transportierte [80].

Nach vielen Jahren der Investition ist es den USA gelungen, Innovation hervorzubringen und sich an die Spitze zu katapultieren [81]. Die erfolgreiche Falcon 9 machte fast die Hälfte aller globalen Raketenstarts in den Jahren 2024 und 2025 aus [82] [83]. Bevor SpaceX den Weltraummarkt veränderte hat<sup>46</sup>, waren viele Experten der Idee von wiederverwendbaren Raketen sehr kritisch gegenüber aufgetreten [84]. Doch das US-amerikanische Unternehmen widerlegte diese Zweifel, bewies die ökonomische Machbarkeit der Wiederverwendbarkeit und läutete damit ein neues Zeitalter im Weltraum ein [84] [85]. Dieser frühe technische Fortschritt ist für die USA und deren Weltraumüberlegenheit von so großer Bedeutung, dass das US-Militär die Fähigkeit als essenziell für die eigene nationale Sicherheit einschätzt [86].

## 5.2 Russlands Stagnation

Russland, so wie jede andere Nation, erkannte auch die Vorteile wiederverwendbarer Raketen und verkündete im Jahre 2020 eigene Absichten einer wiederverwendbaren Rakete. Das vorläufige Design und die geplante Projektphase von Amur bzw. Sojuz-7 ähnelten sehr stark der von Falcon 9, kommentierte E. Berger in einem Artikel des Ars Technica des gleichen Jahres [87]. Des Weiteren erläutert E. Berger, dass Dmitry Rogozin, der damalige General Director of Roscosmos, dafür bekannt sei, große Projekte anzukündigen, ohne sie letztlich umzusetzen [87]. Selbst wenn man dem Zeitplan Russlands glaubt, so ist der erste Testflug erst für das Jahr 2030 geplant. Sucht man weiter, so lassen sich nur vereinzelte Artikel über das Programm aus den Jahren 2024 und 2025 finden, in denen jedoch kein substanzieller Fortschritt erwähnt wird [88], [89]. Russland hat nicht die finanziellen Mittel oder technologischen Fähigkeiten, eine derart neuartige Rakete zu bauen, und der Mangel an Berichterstattung zu konkreten Fortschritten scheint dies zu bestätigen [5], [90].

## 5.3 Chinas Kurswechsel

Noch sind nur die USA im Besitz dieser essenziell wichtigen Technologie, doch befürchtet man auf US-amerikanischer Seite ein rapides Aufholen von China. So heißt es im „Space Threat Fact Sheet“ der United States Space Force: „*China has made significant*

*strides in developing reusable space launch vehicles“* [91] Diese Tendenz zeigt sich auch in einer Anhörung vor der U.S.-China Economic and Security Review Commission im Jahre 2025 [92]. So kommt das Wort „reusable“ in Kombination mit Warnung über Chinas Fortschritt an 10 unterschiedlichen Stellen auf den insgesamt 153 Seiten des Transkripts vor.

China ließ nach dem Erfolg von SpaceX nicht lange auf sich warten und mittlerweile arbeiten mehrere private sowie staatliche chinesische Institutionen an wiederverwendbaren Raketen [93]. Einer der prominenten staatlichen Kandidaten, der immer wieder mediale Präsenz erhält, ist die Rakete Langer Marsch 9. Eigentlich als konventionelle, verbrauchbare Rakete entworfen, gab es 2022 einen Kurswechsel zur Wiederverwendbarkeit [94], [95] und 2024 erste Enthüllungen, die dem Design des SpaceX Starships sehr nahe kommen [96], [97]. Auch die in privater Entwicklung befindliche Tianlong 3 Rakete weist sehr starke Ähnlichkeiten zur Falcon 9 auf [98]. Dies legt nahe, dass China US-amerikanische Entwürfe kopiert, um Geld und Zeit in Forschung und Entwicklung zu sparen [99].

Obwohl China noch keine wiederverwendbaren Raketen besitzt, war es im Jahre 2020 dennoch immerhin für ein Drittel aller Raketenstarts verantwortlich und 2024 sowie 2025 für ein Viertel [100], [83], [82], [85]. So ist zu erwarten, dass China, sobald die nötigen Technologien und Kapazitäten erarbeitet worden sind, der Entwicklung der USA in einem viel größeren Stil folgen und somit den US-amerikanischen Vorsprung verkleinern wird [85], [86]. Des Weiteren hat sich die USA sehr abhängig von SpaceX und privaten Firmen gemacht, was bedeutet, dass die USA ihre technologische Unabhängigkeit in Weltraumfragen aufgegeben hat, während in China Firmen und deren Entwicklung stark in staatliche Ziele integriert sind [85], [101], [102].

## 5.4 Alternativer Treibstoff Methan

Eine weitere technologische Entwicklung, an der sowohl China als auch die USA arbeiten, ist die Entwicklung von Raketentriebwerken, die flüssiges Methan und Sauerstoff verbrennen. Dies hat vor allem Vorteile für zukünftige Marsmissionen<sup>47</sup> sowie wiederverwendbare Triebwerken<sup>48</sup> und ist im Vergleich zu klassischen Treibstoffen, wie Kerosin oder Wasserstoff, günstiger [103]. Die Entwicklung in diesem Bereich ist auch hochdynamisch und umkämpft. Im Jahr 2023 wurde in [104] die chinesische Rakete Zhuque-2 mit dem ersten orbitalen Testflug als Gewinner des Methan-Wettlaufs betitelt.



In der Zwischenzeit jedoch sind die USA mit Starship und den methanbetriebenen Raptor Triebwerken ebenfalls suborbitale Tests geflogen. Der kommerzielle Fokus bei SpaceX liegt aktuell stärker auf der Wiederverwendbarkeit und dürfte so die Verzögerung zu Chinas konventionellem Testflug erklären [103].

## 6. Flächendeckende Satellitennetze

Neben GNSS-Satellitennetzen, die sich in MEO (medium earth orbit) von ca. 20.000 Kilometer befinden, gibt es noch eine Reihe anderer Satellitennetze im deutlich niedrigeren LEO (low earth orbit) von ca. 400 Kilometer. Dies erlaubt unter anderem eine höhere Übertragungsgeschwindigkeit zwischen einem Nutzer auf der Erde und dem System, benötigt aber deutlich mehr Satelliten, um eine kontinuierliche Abdeckung aufrecht zu erhalten.

### 6.1 Starlink - US-amerikanisches Satelliteninternet

Starlink ist die weltweit fortschrittlichste Satellitenkonstellation, die eine niedrige Erdumlaufbahn nutzt, um Breitband-Internet zu liefern, das Streaming, Online-Gaming, Videoanrufe und mehr ermöglicht. So bewirbt sich die Webseite von Starlink selbst [105]. Es ist tatsächlich eines der erfolgreichsten kommerziellen Weltraumprodukte und verdankt seinen Durchbruch den niedrigen Startkosten der wiederverwendbaren Rakete Falcon 9 [84], [105]. Dadurch hebt es sich von vorherigen ähnlichen Vorhaben mit großen Satellitenkonstellationen ab, die meist an den hohen Startkosten der Raketen gescheitert sind, und ist von größter Bedeutung für das Wachstum des Betreibers SpaceX [106]. In nur sechs Jahren, seit dem ersten Satelliten Start im Jahre 2019, hat es Starlink geschafft, 9868 Satelliten in den Weltraum zu bringen [107]. Das sind ca. 65,3% aller Satelliten im Weltraum [108], [109]. Starlink weitet seine Präsenz und damit auch den US-amerikanischen Einfluss immer weiter aus und ist mittlerweile in über 150 Ländern verfügbar [105], [110], [111]. Die SpaceX Satellitenkonstellation ist noch einzigartig unter den drei Weltmächten.

Es spielt nicht nur im zivilen Raum als Internetprovider eine wichtige Rolle, sondern auch in militärischen Auseinandersetzungen. Sehr deutlich wurde dies am Beispiel des Ukrainekriegs, in dem sich Starlink als sogenannter „Gamechanger“ entpuppte. So ermöglicht die niedrige Latenz und konstante Verfügbarkeit von Starlink die Kommunikation zwischen Einheiten in mobilfunkgestörten Kampfregionen. Außerdem



wären Drohnenangriffe ohne die Verwendung des Satellitennetzes deutlich schwieriger [112]. Auch für die Zivilbevölkerung ist Starlink unentbehrlich: So kann Russland den Informationsfluss in einigen ukrainischen Regionen nicht stören oder sogar kontrollieren, Reporter können ihre Beiträge direkt von der Front teilen und Familien können untereinander in Kontakt bleiben [113], [114].

Starlink ist von so großem taktischem Wert, dass es sogar Berichte gibt, in denen russische Truppen trotz US-Sanktionen illegal Terminals des Satellitenbetreibers verwendeten [112]. Das Unternehmen arbeitet mit dem United States Department of War zusammen, um die illegale Verwendung von Terminals zu unterbinden [115].

Starlink markiert einen generellen Trend, bei dem die USA zunehmend auf größere und damit auch robustere Satellitennetze in niedriger Erdumlaufbahn setzen<sup>49</sup> [116]. Dies ist die Zukunft des militärischen Weltraums mit immer mehr Nachfrage nach SpaceX und seinen Diensten von militärischen Akteuren in den USA<sup>50</sup> [116]. Sowohl China als auch Russland sind über Starlink und seine Fähigkeiten besorgt und untersuchen weitere Methoden, um dessen Fähigkeiten in Zukunft zu sabotieren oder zu stören<sup>51</sup> [117], [118], [119].

## 6.2 China - Qianfan

Die strategischen und taktischen Vorteile eines großflächigen Satellitennetzes im zivilen sowie militärischen Bereich sind auch China bewusst. So soll zum Beispiel die chinesische Firma Shanghai Spacecom Satellite Technology das starlinkähnliche Satellitennetz Qianfan umsetzen. Vorgesehen sind 648 Satelliten bis Ende 2025 und fast 14.000 Satelliten für das vollständige Netzwerk [120], [121]. Die Hoffnung ist, dass Qianfan zu einem weiteren Soft Power Werkzeug für den chinesischen Einfluss in verschiedenen Entwicklungsländern<sup>52</sup> werden kann. In [122] lässt sich auf der Verfügbarkeitskarte für Starlink erkennen, dass dieses in afrikanischen Ländern noch sehr begrenzt verfügbar ist.

Ob China die Dominanz in Afrika sicher ist, wird sich allerdings noch zeigen [123]. Denn, obwohl China in den Jahren 2024 und 2025 fast 130 Raketen gestartet hat und damit für ein Viertel aller Raketenstarts weltweit in diesem Zeitraum verantwortlich war, trugen nur knapp 4% dieser Starts Satelliten für die ambitionierte Konstellation [83], [82]. Bisher wurden insgesamt lediglich 90 Qianfan-Satelliten gestartet, von denen wiederum nur 76 funktionieren. [124], [125], [126], [120]. Dies lässt stark an dem Ziel von 648 Satelliten

und der weiteren Zukunft des geplanten Satelliteninternets zweifeln. Eines der Hauptprobleme von Qianfan und anderen geplanten Konstellationen ist der Mangel an Trägerraketen. Während SpaceX seine wiederverwendbare Falcon 9 Rakete bis zu zweimal wöchentlich, mit jeweils 24 Satelliten starten kann, hat die nicht wiederverwendbare chinesische CZ-6A Rakete nur Platz für 18 Satelliten [127], [121]. Zusätzlich müssen sich chinesische Firmen die wenigen verfügbaren Slots mit anderen Mitstreitern und Projekten teilen. Von acht CZ-6 Raketenstarts im Jahre 2024 waren drei Starts für Qianfan zugewiesen. Das entspricht weniger als 0,058 Starts pro Woche oder gerade mal einem Satelliten pro Woche [128]. Im Gegensatz dazu startete SpaceX im Jahre 2024 132 Falcon 9 Raketen, von denen ca. 90% Starlinksatelliten beförderten, was ungefähr 2.3 Starts oder ca. 55 Satelliten pro Woche entspricht. Zusätzlich funktioniert Starlink, im Gegensatz zu Qianfan, bereits [83], [129], [121]. China braucht mehr Startplattformen, Raketen und allem voran Technologie: alles Punkte, an denen noch gearbeitet wird [120], [130]. Für die nähere Zukunft werden Starlink und damit die USA wahrscheinlich ungeschlagen bleiben [86].

### 6.3 Russland

Im Vergleich zu China verfügt Russland nicht einmal ansatzweise über die Fähigkeit, Satellitennetze in einer vergleichbaren Form wie die USA aufzubauen. Der Höhepunkt russischer Starts war 1982 mit 108 Raketenstarts [131]. Seitdem sinkt die Zahl der jährlichen Raketenstarts mit nur noch 17 Stück im Jahre 2024, was einem globalen Anteil von 6.5% entspricht. Russland fehlt es also an den Grundfertigkeiten, ein eigenes, riesiges Satellitennetz aufzubauen. Trotzdem zeigt Russland nach Außen Ambitionen, seine Satellitenproduktion hochzufahren und dem US-amerikanischen Beispiel zu folgen [132], [5].

## 7. Fazit

Wie aus den vorangegangenen, exemplarisch ausgewählten Kapiteln deutlich wird, hat sich der frühe Wettlauf zum Mond zwischen den USA und der Sowjetunion mittlerweile in verschiedene, verflochtene und parallel ablaufende Disziplinen weiterentwickelt und erhielt mit China einen weiteren wichtigen Akteur im Wettlauf des 21. Jahrhunderts.

Während vor 1989 der Wettlauf noch durch einen sowjetisch – US-amerikanischen Zweikampf geprägt war, in denen die USA zwar das Mondrennen gewonnen haben, aber die Sowjetunion mit deutlich mehr technologischem Wissen herausgekommen ist und mit der ersten fast permanent besetzten Raumstation Mir über 15 Jahre neue Maßstäbe setzen konnte, lässt der Rivalitätskampf zwischen dem jetzigen Russland und den USA mittlerweile deutlich nach. Es folgte eine Phase gemeinsamer Kooperationspolitik, die an der ISS deutlich wird. Zwar führte Russland durch sein sowjetisches Erbe noch im Bereich Raketentechnologie, besonders als die USA fast ein Jahrzehnt ohne Transport zur ISS dastanden, fielen in anderen Bereichen jedoch deutlich zurück. So konnten die USA mit GPS weltweit über Jahrzehnte den Standard in GNSS setzen und waren jahrelang unangefochtener Taktgeber bei der Erkundung des Mars.

China betrat erst spät die Bühne und hat es nicht leicht, Anschluss zu finden: So wird China beispielsweise von den USA der Zutritt zur ISS verwehrt. Durch konsequente Einheitlichkeit und Zielklarheit holt China aber kontinuierlich den Rückstand auf und besitzt nun mit Tiangong die einzige nationale Raumstation in der Erdumlaufbahn. Dies demonstriert eindrucksvoll die chinesische Raumfahrtkunst und Tiangong könnte nach dem Ende der ISS im Jahre 2030 entweder als einzige oder zumindest beste Raumstation im Weltraum verbleiben. Doch auch im Bereich GNSS demonstriert China seine Stärke und hat mit Beidou durch neuere Technik und größere Satellitenanzahl GPS und damit die USA in den Schatten gestellt.

Zwar sind die USA durch ihre wechselhafte Politik deutlich im Nachteil gegenüber China, haben aber mit der Entwicklung wiederverwendbarer Raketen unter SpaceX seit 2020 einen entscheidenden Vorteil gegenüber allen anderen Nationen. Durch die niedrigeren Startkosten konnten die USA als Erste erfolgreich große und resiliente Satellitennetze in erdnahe Umlaufbahn aufbauen – ein Bereich, in dem China noch sehr hinterherhängt. Doch nach dem Erfolg der USA durch wiederverwendbare Raketen hat auch die China einen Kurswechsel zu wiederverwendbaren Raketen eingeschlagen.

Was das russische Raumfahrtprogramm betrifft, ist dieses bis auf die Zusammenarbeit auf der ISS, in fast allen Teilbereichen ein zunehmend ineffektives Unternehmen geworden. GLONASS befindet sich nach einer versuchten Wiederbelebung zwischen 2002 und 2011 auf einem stetigen Abwärtspfad, mit einer geringen Zuverlässigkeit sogar für das eigene Militär. Auch bei Raumstationen wird Russland nach dem Ende der ISS deutlich hinter den anderen Nationen liegen.

Zum Mond gibt es mittlerweile ebenfalls ein neues Wettrennen, aber statt des ursprünglichen Wettlaufs zwischen USA und Russland ist es nunmehr ein Wettlauf zwischen China und den USA. Während die USA durch ihre Historie und Expertise anfänglich eine gute Startposition hatten, haben sie diese aber durch politische und technologische Fehlentscheidungen mittlerweile einbüßen müssen. Noch ist dieser Wettlauf nicht entschieden, sollte aber China weiterhin ohne große Unterbrechungen arbeiten und die USA weiter zurückfallen, so wird China den Mond für sich beanspruchen können. Der zukünftige Wettlauf bleibt also spannend.

# Anhang

## Anmerkungen

- 
- 1 Banken und Aufsichtsbehörden verlassen sich gleichermaßen auf Zeitstempel, um Transaktionen zu überwachen. Wenn jemand Bargeld an einem Geldautomaten abhebt, muss der Automat den genauen Zeitpunkt der Transaktion ermitteln, um beispielsweise eine Überziehung zu verhindern [148].
  - 2 GPS findet z.B. Verwendung in der Luftfahrt sowie maritimer Navigation und ist sogar Bestandteil jedes mobilen Handys, welches wir mit uns tragen. Selbst Geldüberweisungen benötigen sogenannte Zeitstempel über GPS.
  - 3 Von Historikern manchmal als „der erste Weltraumkrieg“ bezeichnet, da in großem Umfang weltraumgestützte Satelliten und andere technologische Ressourcen zum Einsatz kamen. GPS-Signale ermöglichten es den Streitkräften, zu navigieren, den Feind auszumanoevrieren und mit beispielloser Genauigkeit zu feuern. Die US-amerikanischen Streitkräfte waren tatsächlich in der Lage, Regionen im Irak zu durchqueren, die die Iraker selbst nicht betreten wollten [2].
  - 4 GPS funktioniert durch das Interpretieren von verschiedenen Signalen auf der Empfängerseite. Daher kann das russische Militär die zivile Seite von GPS verwenden, da diese gezwungenerweise ohne Authentifikation oder Verschlüsselung zur Verfügung gestellt werden muss.
  - 5 Das Weltraumprogramm der Sowjetunion brachte eine Vielzahl an Technologien hervor. Unter anderem: erfolgreiche Raumstationen, verschiedenste Satelliten, die sehr oft geflogenen und zuverlässigen Sojus- und Proton Raketen und sehr erfolgreiche Raketentriebwerke wie die RD-170 oder RD-180.
  - 6 Ein GNSS funktioniert auch mit weniger Satelliten (mindestens 4). Jedoch braucht man je nach Einsatzgebiet mehr, um eine höhere Präzision und kontinuierliche Verfügbarkeit sicherzustellen.
  - 7 Im Jahr 2011 umfasste das GLONASS-System knapp über 30 Satelliten und seitdem schwankt die Anzahl zwischen 20 und 30. Es lässt sich jedoch ein erneuter Rückgang erahnen [8].
  - 8 Mehr als die Hälfte der GLONASS Satelliten hat ihre geplante Lebensdauer überschritten [9]. Zudem fällt das Budget für GLONASS in Zukunft deutlich geringer aus als in der Vergangenheit, wie P. Luzin in seiner Analyse russischer Ausgaben für Raumfahrtaktivitäten feststellt [5].
  - 9 Wie in [8] zu sehen ist, ist die anfängliche Phase von Beidou bis zu der sprunghaftigen Erweiterung zeitlich mit der von GPS oder GLONASS vergleichbar ist.
  - 10 Beispielsweise zwischen 1995 und 1996 in der Taiwanstraßenkrise [10].
  - 11 Zum Vergleich: Bei GPS sind es 31 [166], bei Galileo 32 [166] und bei GLONASS 26 Satelliten [166].
  - 12 Das National Space-Based Positioning, Navigation, and Timing Advisory Board berät die US-Regierung unabhängig in Fragen der GPS-bezogenen Politik, Planung, Programmverwaltung und Finanzierung. Es besteht aus 29 externen GPS-Experten aus der Wirtschaft, akademischen Einrichtungen und internationalen Organisationen [163].
  - 13 GNSS benötigen ein globales Netzwerk an Bodenstationen, die die GPS-Satelliten verfolgen, ihre Übertragungen überwachen, Analysen durchführen sowie Befehle und Daten an die Konstellation senden [164].
  - 14 Vom US-amerikanischen Politikwissenschaftler J. S. Nye geprägter Begriff, der eine Machtausübung, bzw. die Fähigkeit eines Akteurs bezeichnet, andere zu einer im eigenen Interesse stehenden Entscheidung zu bewegen, ohne das Anwenden von Zwangsmaßnahmen [135].
  - 15 Die Belt and Road Initiative ist ein von China geleitetes Infrastrukturprojekt, dass sich über den gesamten Globus erstrecken soll. Die Vereinigten Staaten teilen die Besorgnis einiger asiatischer Länder, dass die BRI ein Trojanisches Pferd für die von China angeführte regionale Entwicklung und militärische Expansion sein könnte, wodurch Chinas wirtschaftlicher und politischer Einfluss erheblich erweitert werden würde [166]. *„Es ist [...] [der] Ausdruck des chinesischen Anspruchs, zu einer globalen Wirtschaftsmacht aufzusteigen. So gesehen wird der mögliche Erfolg der BRI China nicht nur wirtschaftspolitisch, sondern auch geopolitisch stärken.“* [137]

- 
- 16 „American officials under appreciate China's efforts to create commercial technology dependencies abroad. The United States has left a vacuum in the developing world that our industry is seemingly unable to fill in the face of competition from Chinese firms that are heavily supported by their government.“, Sarah Sewall, stellvertretende Geschäftsführerin für strategische Angelegenheiten bei IQT [156].
- 17 Das „Space Race“ bezieht sich auf den Wettlauf zwischen den Vereinigten Staaten und der UdSSR ab 1955, bei dem es um die Entwicklung von Fähigkeiten für den Weltraum ging. Allgemein werden die USA mit ihrer Mondlandung 1969 als Gewinner des Wettlaufs gesehen. Jedoch ist zu beachten, dass die Sowjetunion in der gleichen Zeit allgemein und technisch deutlich fortschrittlicher war.
- 18 Das Shuttle-Mir-Programm fand zwischen 1994 und 1998 statt und diente als Vorbereitung für die Internationale Raumstation ISS. Im Rahmen dessen flogen US-amerikanische Astronauten mit dem Space Shuttle zur Mir und übten verschiedene Dockingmanöver. Zusätzlich verbrachten sie einige Zeit auf der Mir mit den Kosmonauten [167].
- 19 Mikrofrakturen, die Luftlecks verursachen, die Fehlzündung eines Triebwerks, das die ISS außer Kontrolle geraten ließ, Kühlmittlecks aus Sojus- und Progress Raumfahrzeugen, sowie ein Kommunikationsausfall [24], [25].
- 20 Am 20. Februar 2025 schrieb Elon Musk in einem Aufruf auf X [162], dass man die ISS terminieren und dann zum Mars fliegen solle. Dies ist im Einklang mit Intentionen, die im „Fiscal Year 2026 Discretionary Budget Request“ der NASA von der Regierung ausgelegt worden sind: „Crew and cargo flights to the station would be significantly reduced. The station's reduced research capacity would be focused on efforts critical to the Moon and Mars exploration programs“ [38]
- 21 Übersetzt aus dem Russischen: „Der Müll, mit dem Ihre talentierten Geschäftsleute die erdnahe Umlaufbahn verschmutzt haben, wird ausschließlich mit Triebwerken russischer Frachtschiffe vom Typ ‚Progress MS‘ beseitigt. Wenn Sie die Zusammenarbeit mit uns blockieren, wer wird dann die ISS vor einem unkontrollierten Absturz aus der Umlaufbahn und einem Aufprall auf das Gebiet der USA oder ...“, Dmitry Rogozin Generaldirektor von Roskosmos am 24. Februar 2022 über X [141].
- 22 Das Wolf Amendment, benannt nach dem Abgeordneten Frank Wolf, verbietet der NASA staatliche Mittel für eine direkte bilaterale Zusammenarbeit mit der chinesischen Regierung und mit China verbundenen Organisationen zu verwenden, bzw. erschwert dieses Vorhaben ungemein [29].
- 23 Während die ISS aus 16 individuellen Modulen besteht, die in einer Zeitspanne von ca. zwölf Jahren zusammengesetzt worden sind, besteht Tiangong nur aus drei Modulen. Auch von der Masse her ist Tiangong mit 69 Tonnen deutlich leichter als die ISS mit fast 420 Tonnen. Genauso beherbergt die ISS permanent sieben Astronauten, während es bei Tiangong nur drei sind. Generell ist die ISS deutlich größer als Tiangong [33], [34].
- 24 Betrachtet man Metriken relativ zur Größe der chinesischen Raumstation („Power to Weight“- und „Load to Weight“- und „Load to Power“-Verhältnisse), wie es X. Wang, Q. Zhang und W. Wang getan haben, so kommt man zu dem Schluss, dass Chinas Raumstation innovativer und performanter ist als die ISS [34].
- 25 Das Lunar Orbital Platform-Gateway ist eine geplante Raumstation, an der die Partner der ISS beteiligt sind. Sie soll als Zwischenstation für bemannte Flüge zum Mond dienen und hat daher eine sehr exzentrische Umlaufbahn um den Mond. Da sie nicht permanent besetzt sein soll, ist sie auch deutlich kleiner als die ISS [168].
- 26 Wie sich dem „Fiscal Year 2026 Discretionary Budget Request“ [38] der NASA entnehmen lässt, ist eine Beendigung des Projektes vorgesehen [57]. Trotzdem wurde dem Gateway in Donald Trumps „One Big Beautiful Bill Act“ im Juli 2025, dann doch noch die fehlende Finanzierung gewährt [151]. Gleichzeitig wird das Projekt intern sowie von externen Experten kontrovers diskutiert. Bevor man die Pläne für die Artemis-Missionen überarbeitete, sollte das Gateway bereits mit der Artemis-3 Mission finalisiert werden [36].
- 27 Axiom-Raumstation: Soll an die ISS gebaut werden und dann abgekoppelt werden. Die ersten beiden Module wurden bereits hergestellt.
- Orbital Reef: Soll von Blue Origins New Glenn gestartet und von Sierra Spaces Raumflugzeug Dreamchaser (beide noch nicht geflogen) bedient werden.
- Starlab: Die Bishop-Luftschleuse von Nanoracks war die erste kommerzielle Erweiterung der ISS. Fertigstellung der Station vermutlich gegen 2028.

- 
- Northrup Grumman Station: Die Module sollen auf dem erfolgreichen Cygnus-Raumschiff basieren. Start der ersten Stufe für Ende 2028 geplant. [37]
- 28 Pavel Luzin ist Senior Fellow im Programm für demokratische Resilienz am Center for European Policy Analysis. P. Luzin hat einen Dokortitel in internationalen Beziehungen. Er ist außerdem Gastwissenschaftler an der Fletcher School of Law and Diplomacy und Senior Fellow bei der Jamestown Foundation. P. Luzin ist Mitarbeiter des Foreign Policy Research Institute und von Riddle Russia. Seine Schwerpunkte sind die Außen- und Verteidigungspolitik Russlands, die Weltraumpolitik und globale Sicherheitsfragen [165].
  - 29 Eigentlich wollte man einige russische ISS-Module abkoppeln und für die neue Station weiterverwenden [40]. Jedoch stellte man bei einer Machbarkeitsstudie fest, dass dies nicht möglich ist [41].
  - 30 Beispielsweise sollte Russland ursprünglich am Lunar Gateway mitarbeiten. Nachdem aber klar wurde, dass aufgrund von Aggressionen gegenüber der Ukraine und mangelnder technischer Fähigkeiten Russlands eine gleichwertige Partnerschaft nicht möglich ist, zog sich Russland 2021 aus dem Projekt zurück [147], [5].
  - 31 Der Hauptbestandteil der modularen Raumstation soll das NEM-Modul bilden, welches eigentlich für die ISS vorgesehen war, aber aufgrund von langjährigen Verzögerungen nie fertig gestellt wurde [40]. Für die ROSS entschied man sich, die bereits bestehenden Pläne des NEMs weiterzuverwenden [43]. Die Herausforderung für Roskosmos bei der Erstellung des NEM-Moduls liegt jedoch darin, dass es das erste Modul ist, welches Russland, ohne auf Sowjetische Technologie zu bauen, entwickelt [159]. Zusätzlich muss das NEM-Modul, welches als Erweiterung zur ISS begonnen wurde, umgeändert werden, um als Hauptmodul der neuen Station zu agieren. Der aktuelle Entwicklungsstatus des NEM-Moduls ist noch unklar [44].
  - 32 Selbst wenn Russland seine Raumstation vollenden sollte, sehen die Pläne für die russische Orbitalstation statt einer permanenten Mannschaft an Bord, nur zwei Wartungsflüge im Jahr vor [44], [161]. Eine deutliche Abwertung zum jetzigen Status russischer Präsenz auf der ISS.
  - 33 Nachdem die USA den Wettlauf zum Mond gewonnen hatten, fehlte es lange Zeit an öffentlicher Unterstützung, um das hohe NASA-Budget weiterhin zu rechtfertigen [136]. Heutzutage versucht man, mit deutlich geringeren finanziellen Mitteln bei gleichzeitig höheren Sicherheitsanforderungen zum Mond zu kommen [45]. Zusätzlich hat das wechselhafte politische Umfeld solche Vorhaben erschwert.
  - 34 Bestreben des Artemis-Programm ist es, Menschen in drei Missionen zurück auf den Mond zu bringen und darüber hinaus eine permanente US-amerikanische Präsenz zu etablieren. Dabei sollen die Technologien für Langzeitaufenthalte weiterentwickelt werden.
  - 35 Das Wasser könnte beispielsweise zur Lebenserhaltung auf einer Mondbasis genutzt oder zu Raketentreibstoff umgewandelt werden [51].
  - 36 Ziel ist es, eine erweiterte Präsenz auf dem Mond unter der Beteiligung von Russland zu etablieren. Die Vereinbarung zur Errichtung wurde von China und Russland zusammen unterschrieben. Obwohl sich die Frage stellt, ob Russland überhaupt ein zuverlässiger Partner für China ist. Denn ein Jahr nach den Vereinbarungen folgte die Invasion der Ukraine durch Russland. China vermied es erstmal, über die Beteiligung Russlands in gemeinsamen Projekten zu reden [158]. Dennoch wurden im Jahr 2025 neue Absichtserklärungen über den Bau von Kernreaktoren auf dem Mond unterzeichnet [144].
  - 37 Es handelte sich um einen Flug um den Mond mit Rückkehr zur Erde, um die Systeme SLS und Orion zu testen.
  - 38 In den USA ändern sich Ziele und Prioritäten oftmals mit jedem amtierenden Präsidenten, sodass Projekte frühzeitig annulliert oder deren Budget massiv reduziert werden.
  - 39 Dies bedeutet nicht, dass es den USA unmöglich ist, jedoch sind sie in besonderem Maße auf den inneren Zusammenhalt einer Demokratie angewiesen. Im Hinblick auf die zunehmende Polarisierung der USA ist eine positive Entwicklung eher unwahrscheinlich.
  - 40 Superschwere Trägerlastraketen sind nach US-Definition Raketen, die über 50 Tonnen an Nutzlast in die Erdumlaufbahn bringen können [166]. Sie sind meist von großer Wichtigkeit für Mondmissionen, da sich zum einen die maximale Nutzlast bis zum Mond reduziert und planetare Missionen oft viel Ausrüstung benötigen.

- 
- 41 Im Rahmen der Chang'e 6 Mission wurden von der Rückseite des Mondes Gesteinsproben mit einem Gewicht von rund zwei Kilogramm zurückgebracht. Diese Mission zeigt das Engagement Chinas im Bereich der Mondmissionen und dient der Erprobung zukünftige chinesischen Präsenz. Des Weiteren demonstriert China der Welt, dass es sich ebenfalls als führende Weltraumnation versteht. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, dass China weitere Weltraumpolitik formen kann [51].
  - 42 China hat es als einzige Nation geschafft, beim ersten Start eines Marsrovers diesen erfolgreich zu landen. Dies ist das erste Mal, dass die Umrundung, Landung und Erkundung des Mars in einer einzigen Mission erfolgreich durchgeführt worden sind [166]. Beachtlich, wenn man bedenkt, dass die durchschnittliche Erfolgsquote für Marsmissionen 50% ist.
  - 43 Karl Bergquist, ESA-Administrator für die Abteilung Internationale Beziehungen, zuständig für die Entwicklung der Zusammenarbeit mit China im Weltraum [166].
  - 44 Im „Fiscal Year 2026 Discretionary Budget Request“ der NASA, konzentriert das Budget Ressourcen auf einen Wettlauf zum Mond: *„In line with the Administration's objectives of returning to the Moon before China and putting a man on Mars, the Budget would reduce lower priority research and terminate unaffordable missions such as the Mars Sample Return mission [...]“* [38]
  - 45 Wie in Grafik [139] zu erkennen ist, stiegen die Kosten pro Sitz von knapp über 20 Millionen US-Dollar im Jahre 2011 auf zuletzt ca. 90 Millionen US-Dollar im Jahre 2020 [142].
  - 46 Schaut man sich die Grafik [140] zur chronologischen Verteilung von Nutzlasten, die in den Weltraum gestartet wurden, an, so sieht man zusätzlich, dass ein erheblicher Teil dieser Starts auf die letzten Jahre entfällt und dass mitunter ausschließlich SpaceX der Grund dafür ist. Und die Tendenz ist weiterhin steigend.
  - 47 Obwohl es sich hierbei noch um einen experimentellen Bereich handelt, könnte man mithilfe einiger Verfahren, an denen noch geforscht wird, Methan, Sauerstoff und Wasser an der Mondoberfläche herstellen [138].
  - 48 Eine Treibstoffmischung aus Methan und flüssigem Sauerstoff bietet Leistungsvorteile und reduziert Probleme mit Rußbildung und Verkokung, was Vorteilhaft für wiederverwendbare Raketen ist [103].
  - 49 In [166] empfiehlt das Department of War zur Verteidigung von Satelliten eine erhöhte Proliferation. Das bedeutet den Schutz durch eine hohe Zahl kostengünstigerer Satelliten anstelle von wenigen teuren und großen Satelliten. Dies wird erst durch wiederverwendbare Raketen möglich gemacht [145], [146]. Die Eliminierung einer geringen Anzahl großer Satelliten reicht für die Gegner folglich nicht mehr aus, um denselben Schaden zu verursachen [166], [143]. Zusätzlich besteht durch die hohe Startkapazität wiederverwendbarer Raketen im Ernstfall die Möglichkeit, Satelliten in angemessener Zeit zu ersetzen [86].
  - 50 Nicht lange nach dem russischen Angriff bildete Starlink extra für den militärischen Bereich und die Nutzung durch Staaten Starshield. Dieses unterscheidet sich in Grundfähigkeiten nicht wesentlich von Starlink und soll den Service in zwei Produkte mit verschiedenen Anwendungen teilen. Es soll sich um ein sichereres System handeln [160].
  - 51 Russland demonstrierte zu Beginn des russisch-ukrainischen Angriffskrieges seine umfangreichen Hackerangriffsfähigkeiten, indem es das ukrainische Kommunikationsnetz Viasat lahmlegte und Starlink angriff [143]. Letzteres wurde jedoch relativ schnell von den USA durch ein Softwareupdate unterbunden. Russland hat in der Vergangenheit beträchtliche Fähigkeiten im Bereich Cyberangriffe sowie die Bereitschaft zu deren Einsatz unter Beweis gestellt [149]
  - 52 Die afrikanischen Länder profitieren teilweise bereits von der Belts and Road Initiative und könnten so zu Chinas Gunsten tendieren [157]. Parallel arbeitet China in seine weiteren Infrastrukturmaßnahmen, Abhängigkeiten zu Beidou ein.



## Literaturverzeichnis

- [1] G. Elefteriu FRAeS, „The role of space power in geopolitical competition,“ Council on Geostrategy, London, England, Rep. GPPR01, Januar 2024. [Online]. Available: <https://www.geostrategy.org.uk/app/uploads/2024/02/The-role-of-space-power-in-geopolitical-competitionGPPR01.pdf>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [2] Space and Missile Systems Center and SMC History Office, „Evolution of GPS: From Desert Storm to today's users,“ United States Air Force, 24. März 2016. [Online]. Available: <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/703894/evolution-of-gps-from-desert-storm-to-todays-users/>. [Zugriff am 14. September 2025].
- [3] A. Kriezis, „GPS Faces Growing Competition from China's BeiDou,“ Payload Space, 4. September 2024. [Online]. Available: <https://payloadspace.com/gps-faces-growing-competition-from-chinas-beidou/>. [Zugriff am 1. November 2025].
- [4] J. Khalil, „China's BeiDou challenges US GPS dominance,“ GPS World, 26. Oktober 2023. [Online]. Available: <https://www.gpsworld.com/chinas-beidou-challenges-u-s-gps-dominance/>. [Zugriff am 7. September 2025].
- [5] P. Luzin, „Russia's Space Program After 2024,“ Foreign Policy Research Institute, Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.fpri.org/article/2024/07/russias-space-program-after-2024/>. [Zugriff am 24. September 2025].
- [6] A. C. O'Connor, M. P. Gallaher, K. B. Clark-Sutton, D. Lapidus, Z. Oliver, T. J. Scott, D. W. Woord und E. G. Brown, „Economic benefits of the Global Positioning System (GPS),“ RTI Report Report Number 0215471, Research Triangle Park. RTI International, Junni 2019. [Online]. Available: <https://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2019-11/gallaher.pdf>. [Zugriff am 19. September 2025].
- [7] Прикладной потребительский центр ГЛОНАСС, „About GLONASS,“ Glonass-iac.ru, [Online]. Available: [https://glonass-iac.ru/en/about\\_glonass/](https://glonass-iac.ru/en/about_glonass/). [Zugriff am 25. September 2025].
- [8] „<https://payloadspace.com/wp-content/uploads/2024/09/image-7.png>“; zul. Bes. 16. September 2025“.
- [9] P. Luzin, „Russian Space Spending for 2023,“ Eurasia Daily Monitor, Bd. 20, Nr. 25, 2023. [Online]. Available: <https://jamestown.org/program/russian-space-spending-for-2023/>. [Zugriff am 7. September 2025].
- [10] S. Sewall, T. Vandenberg und K. Malden, „China's BeiDou: New Dimensions of Great Power Competition,“ Belfer Center, HKS, Cambridge, MA, Februar 2023. [Online]. Available: [https://www.belfercenter.org/sites/default/files/pantheon\\_files/files/publication/Chinas-BeiDou\\_V10.pdf](https://www.belfercenter.org/sites/default/files/pantheon_files/files/publication/Chinas-BeiDou_V10.pdf). [Zugriff am 16. September 2025].
- [11] N2YO, „BEIDOU NAVIGATION SYSTEM SATELLITES,“ [Online]. Available: <https://www.n2yo.com/satellites/?c=35&p=A>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [12] National Space-Based Positioning, Navigation and Timing (PNT) Advisory Board, „Summary Report of the 27th National Space-Based PNT Advisory Board Meeting held 1617 November 2022,“ 27. Januar 2023. [Online]. Available: <https://www.gps.gov/sites/default/files/2025-06/2023-01-PNTAB-27-chair-memo.pdf>. [Zugriff am 16. September 2025].

- [13] T. Tsunashima, „In 165 countries, China's Beidou eclipses American GPS,“ *asia.nikkei.com*, 25. November 2020. [Online]. Available: <https://asia.nikkei.com/politics/international-relations/in-165-countries-china-s-beidou-eclipses-american-gps>. [Zugriff am 14. September 2025].
- [14] U.S.-China Economic AND Security Review Commission, „2019 Annual Report to Congress: Chapter 4 Section 3 - China's Ambitions in Space - Contesting the Final Frontier,“ 2019. [Online]. Available: <https://www.uscc.gov/sites/default/files/2019-11/Chapter%204%20Section%203%20-%20China%E2%80%99s%20Ambitions%20in%20Space%20-%20Contesting%20the%20Final%20Frontier.pdf>. [Zugriff am 28. September 2025].
- [15] Space Media Network, „How the International Space Station is helping us get to the Moon,“ 23. Oktober 2019. [Online]. Available: [https://www.spacedaily.com/reports/How\\_the\\_International\\_Space\\_Station\\_is\\_helping\\_us\\_get\\_to\\_the\\_Moon\\_999.html](https://www.spacedaily.com/reports/How_the_International_Space_Station_is_helping_us_get_to_the_Moon_999.html). [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [16] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, „The story of the ISS,“ DLR, [Online]. Available: <https://www.dlr.de/en/research-and-transfer/projects-and-missions/iss/the-story-of-the-iss>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [17] Fédération Aéronautique Internationale, „History of Manned Spaceflight - part 4: space stations,“ FAI, [Online]. Available: <https://www.fai.org/page/icare-history-space-stations>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [18] NASA, „Mir Space Station,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/history/SP-4225/mir/mir.htm>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [19] W. E. Leary, „Fate of Space Station Is in Doubt As All Options Exceed Cost Goals,“ *The New York Times*, 8. Juni 1993. [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/1993/06/08/science/fate-of-space-station-is-in-doubt-as-all-options-exceed-cost-goals.html>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [20] M. Wade, „Mir-2,“ *astronautix.com*, [Online]. Available: <http://www.astronautix.com/m/mir-2.html>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [21] NASA, „Shuttle-Mir - NASA,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/space-shuttle/shuttle-mir/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [22] NASA, „The International Space Station Transition Plan,“ 18. Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/faqs-the-international-space-station-transition-plan/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [23] NASA Office of Inspector General - Office of Audits, „Extending the Operational Life of the International Space Station Until 2024,“ 18. September 2014. [Online]. Available: <https://oig.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/02/IG-14-031.pdf>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [24] S. Blair, „What will replace the International Space Station?,“ *BBC Sky at Night Magazine*, 7. Dezember 2023. [Online]. Available: <https://www.skyatnightmagazine.com/space-missions/replace-international-space-station>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [25] J. Foust, „Air leak persists on Russian ISS segment,“ *Space News*, 31. Juli 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/air-leak-persists-on-russian-iss-segment/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].

- [26] J. Foust, „Russia commits to ISS extension to 2028,“ Space News, 27. April 2023. [Online]. Available: <https://spacenews.com/russia-commits-to-iss-extension-to-2028/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [27] M. Brown, „Russia official warns of 'uncontrolled deorbit' of ISS, a beacon of international space science,“ Inverse, 25. Februar 2022. [Online]. Available: <https://www.inverse.com/innovation/iss-ukraine-roscosmos>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [28] Itwire, „China wants to help with Space Station,“ Itwire.com, 17. Oktober 2007. [Online]. Available: <https://itwire.com/science-news/space/14908-china-wants-to-help-with-space-station>. [Zugriff am 15. September 2025].
- [29] U.S. House, 119er Congress, 1. Sitzung (07/10/2025), H.R.4360 - Frank Wolf Space Security Act, [Online]. Available: <https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/4360/text>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [30] D. Dobrijevic und A. Jones, „China's space station, Tiangong: A complete guide,“ Space.com, 15. August 2023. [Online]. Available: <https://www.space.com/tiangong-space-station>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [31] T. Woodal, „How Tiangong station will make China a force in the space race,“ Popular Science, 8. September 2022. [Online]. Available: <https://www.popsoci.com/science/tiangong-chinese-space-station/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [32] P. J. Kiger und D. Bowie, „Exploring the Chinese Space Station Project,“ science.howstuffworks.com, 20. September 2023. [Online]. Available: <https://science.howstuffworks.com/international-space-station.htm>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [33] NASA, „International Space Station Facts and Figures,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/international-space-station/space-station-facts-and-figures/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [34] X. Wang, Q. Zhang und W. Wang, „Design and Application Prospect of China's Tiangong Space Station,“ Space Sci. Technol., Juni 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34133/space.0035>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [35] J. Foust, „Redwire to provide solar arrays for Axiom space station module,“ Space News, 25. September 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/redwire-to-provide-solar-arrays-for-axiom-space-station-module/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [36] T. Fernholz, „Turn Up the Sustain: The Gateway's Demise,“ Payload Space, 29. Mai 2025. [Online]. Available: <https://payloadspace.com/turn-up-the-sustain-the-gateways-demise/>. [Zugriff am 2. November 2025].
- [37] S. Blair, „9 space stations of the future that will carry the baton once the International Space Station is deorbited,“ BBC Sky at Night Magazine, 8. Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.skyatnightmagazine.com/space-missions/future-space-stations-replace-iss>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [38] Executive Office of the President, „President Trump's Fiscal Year 2026 Discretionary Funding Request,“ Office of Management and Budget, Washington D.C 20503, 2. Mai 2025. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2025/05/fiscal-year-2026-discretionary-budget-request-nasa-excerpts.pdf?emrc=68db957a2af68>. [Zugriff am 30. September 2025].

- [39] J. Foust, „NASA releases details on revised next phase of commercial space station development,“ Space News, 6. September 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/nasa-releases-details-on-revised-next-phase-of-commercial-space-station-development/>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [40] P. Luzin, „Russia’s Manned Space Program Disrupted by War in Ukraine,“ Eurasia Daily Monitor, Bd. 20, Nr. 174, 2023. [Online]. Available: <https://jamestown.org/program/russias-manned-space-program-disrupted-by-war-in-ukraine/>. [Zugriff am 7. September 2025].
- [41] J. Foust, „International partners in no rush regarding future of ISS,“ Space News, 25. September 2017. [Online]. Available: <https://spacenews.com/international-partners-in-no-rush-regarding-future-of-iss/>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [42] A. Jones, „Russia’s war on Ukraine has caused lasting damage to international spaceflight cooperation,“ Space.com, 7. März 2023. [Online]. Available: [https://www.space.com/russia-war-ukraine-damage-international-spaceflight-cooperation?mc\\_cid=ff2742aaf6](https://www.space.com/russia-war-ukraine-damage-international-spaceflight-cooperation?mc_cid=ff2742aaf6). [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [43] TASS, „Russia to rework ISS research and power module for new national orbital station,“ TASS, 21. April 2021. [Online]. Available: <https://tass.com/science/1280793>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [44] P. Luzin, „The Dubious Future of Russia’s Proposed Orbital Station,“ Eurasia Daily Monitor, Bd. 21, Nr. 105, 2024. [Online]. Available: <https://jamestown.org/program/the-dubious-future-of-russias-proposed-orbital-station/>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [45] S. Scole, „Why is it So Hard to Go Back to the Moon,“ Scientific American, 17. September 2024. [Online]. Available: <https://www.scientificamerican.com/article/why-is-it-so-much-harder-for-nasa-to-send-people-to-the-moon-now-than-it-was-during-the-apollo-era/>. [Zugriff am 29. September 2025].
- [46] NASA, „New Space Policy Directive Calls for Human Expansion Across Solar System,“ 11. Dezember 2017. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/news-release/new-space-policy-directive-calls-for-human-expansion-across-solar-system/>. [Zugriff am 27. Oktober 2025].
- [47] L. Rachel, „Artemis: NASA’s Program to Return Humans to the Moon,“ U.S. Congress, [Online]. Available: <https://www.congress.gov/crs-product/IF11643>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [48] J. Kluger, „Why China Might Beat the U.S. Back to the Moon,“ Time, 1. April 2024. [Online]. Available: <https://time.com/6962362/china-space-program-moon/>. [Zugriff am 18. September 2025].
- [49] B. Blanchard, „China prepares first manned mission to the moon,“ The Independent, 15. November 2017. [Online]. Available: <https://www.independent.co.uk/news/world/asia/china-moon-landing-manned-mission-space-exploration-programme-lunar-programme-a7776566.html>. [Zugriff am 27. Oktober 2025].
- [50] J. van Loon, „The US Risks Losing to China in the Race to Send People Back to the Moon’s Surface,“ The Diplomat, 29. Oktober 2024. [Online]. Available: <https://thediplomat.com/2024/10/the-us-risks-losing-to-china-in-the-race-to-send-people-back-to-the-moons-surface/>. [Zugriff am 18. September 2025].
- [51] N. Goswami, „China’s Chang’e 6 Moon Mission Is a Game Changer,“ The Diplomat, 13. Mai 2024. [Online]. Available: <https://thediplomat.com/2024/05/chinas-change-6-moon-mission-is-a-game-changer/>. [Zugriff am 20. September 2025].

- [52] NASA, „Artemis - NASA,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/humans-in-space/artemis/>. [Zugriff am 28. September 2025].
- [53] J. Holmes, „The Artemis Accords: A Critical Legal Analysis of Space Mining Reforms and Their Alignment with Current Space Law,“ Anzsilperspective.com, [Online]. Available: <https://anzsilperspective.com/the-artemis-accords-a-critical-legal-analysis-of-space-mining-reforms-and-their-alignment-with-current-space-law/>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [54] NASA, „Artemis III - Launch Schedule,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/event/artemis-iii-launch/>. [Zugriff am 18. September 2025].
- [55] J. Foust, „NASA assessment suggests potential additional delays for Artemis 3 lunar lander,“ Space News, 3. Juli 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/nasa-assessment-suggests-potential-additional-delays-for-artemis-3-lunar-lander/>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [56] L. David, „China is making serious progress in its goal to land astronauts on the moon by 2030,“ Space.com, 27. August 2025. [Online]. Available: <https://www.space.com/astronomy/moon/china-is-making-serious-progress-in-its-goal-to-land-astronauts-on-the-moon-by-2030>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [57] J. Dinner, „US in real danger of losing the moon race to China, experts tell Senate,“ Space.com, 4. September 2025. [Online]. Available: <https://www.space.com/astronomy/moon/us-in-real-danger-of-losing-the-moon-race-to-china-experts-tell-senate>. [Zugriff am 18. September 2025].
- [58] P. V. Bolaños, „China’s Steady Ascent to the Moon: How Beijing Is Rewriting Lunar Geopolitics,“ thediplomat.com, 2. Juli 2025. [Online]. Available: <https://thediplomat.com/2025/07/chinas-steady-ascent-to-the-moon-how-beijing-is-rewriting-lunar-geopolitics/>. [Zugriff am 18. September 2025].
- [59] C. E. Williams, „Artemis III: NASA’s First Human Mission to Lunar South Pole,“ NASA, 13. Januar 2023. [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/missions/artemis/artemis-iii/>. [Zugriff am 29. September 2025].
- [60] J. Foust, „NASA safety panel warns Starship lunar lander could be delayed by years,“ Space News, 20. September 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/nasa-safety-panel-warns-starship-lunar-lander-could-be-delayed-by-years/>. [Zugriff am 29. September 2025].
- [61] U.S. Gov. Accountability Office, „NASA Artemis Programs - Crewed Moon Landing Faces Multiple Challenges,“ U.S. Gov. Accountability Office, Washington DC., USA, Rep. GAO-24-106256, November 2023. [Online]. Available: <https://www.gao.gov/assets/d24106256.pdf>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [62] M. Smith, „At Least 15 Starship Launches Needed to Execute Artemis III Lunar Landing,“ Spacepolicy Online, 17. November 2023. [Online]. Available: <https://spacepolicyonline.com/news/at-least-15-starship-launches-to-execute-artemis-iii-lunar-landing/>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [63] E. Berger, „After recent tests, China appears likely to beat the United States back to the Moon,“ Ars Technica, 18. August 2025. [Online]. Available: <https://arstechnica.com/space/2025/08/after-recent-tests-china-appears-likely-to-beat-the-united-states-back-to-the-moon/>. [Zugriff am 20. September 2025].

- [64] A. Jonnes, „China’s new rocket for crew and moon to launch in 2026,“ Space News, 6. November 2024. [Online]. Available: <https://spacenews.com/chinas-new-rocket-for-crew-and-moon-to-launch-in-2026/>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [65] C. McFadden, „China tests its most powerful rocket yet, produces 990-ton thrust for moon mission,“ Interestingengineering.com, 16. August 2025. [Online]. Available: <https://interestingengineering.com/innovation/china-most-powerful-rocket-for-moon>. [Zugriff am 20. September 2025].
- [66] J. Seibert, „Human Landing System (HLS)- Everything you need to know,“ Space Insider, 7. Januar 2024. [Online]. Available: [https://spaceinsider.tech/2023/09/21/human-landing-system/#elementor-toc\\_\\_heading-anchor-5](https://spaceinsider.tech/2023/09/21/human-landing-system/#elementor-toc__heading-anchor-5). [Zugriff am 20. September 2025].
- [67] L. Schäfer, *Unendliche Weiten; Der Mensch und das Universum - Die Geschichte der Menschheit mit den Raketen*, München: Luitpold Gymnasium.
- [68] P. Luzin, „Russian-Chinese Cooperation in Space,“ Eurasia Daily Monitor, Bd. 18, Nr. 52, 2021. [Online]. Available: <https://jamestown.org/program/russian-chinese-cooperation-in-space/>. [Zugriff am 12. September 2025].
- [69] Tagesspiegel Online, „Luna-26 wird erst 2028 ins All geschickt,“ 22. August 2025. [Online]. Available: <https://www.tagesspiegel.de/internationales/luna-26-wird-erst-2028-ins-all-geschickt-moskau-verschiebt-mond-und-venusmission-14216750.html>. [Zugriff am 16. September 2025].
- [70] A. Jones, „China, Russia to cooperate on lunar orbiter, landing missions,“ Space News, 19. September 2019. [Online]. Available: <https://spacenews.com/china-russia-to-cooperate-on-lunar-orbiter-landing-missions/>. [Zugriff am 16. September 2025].
- [71] V. Stein und E. Howell, „Mars missions: A brief history,“ Space.com, 1. März 2022. [Online]. Available: <https://www.space.com/13558-historic-mars-missions.html#section-early-mars-missions>. [Zugriff am 26. Oktober 2025].
- [72] J. Letourneau, „Every Mission to Mars in One Visualization,“ Visual Capitalist, 12. August 2022. [Online]. Available: <https://www.visualcapitalist.com/cp/every-mission-to-mars/>. [Zugriff am 26. Oktober 2025].
- [73] NASA, „Mars Exploration - NASA Science,“ science.nasa.gov, [Online]. Available: <https://science.nasa.gov/planetary-science/programs/mars-exploration/>. [Zugriff am 26. Oktober 2025].
- [74] C. Swope, „Can NASA Win the Mars Space Race?,“ Center for Strategic and International Studies, 24. September 2024. [Online]. Available: <https://www.csis.org/analysis/can-nasa-win-mars-space-race>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [75] NASA, „Space Shuttle - NASA,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/space-shuttle/>. [Zugriff am 1. November 2025].
- [76] The Planetary Society, „Space Shuttle, the World’s First Reusable Spacecraft,“ [Online]. Available: <https://www.planetary.org/space-missions/space-shuttle>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [77] M. Wade, „Buran,“ astronautix.com, [Online]. Available: <http://www.astronautix.com/b/buran.html>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].

- [78] NASA, „Commercial Crew Program Essentials,“ [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/humans-in-space/commercial-space/commercial-crew-program/commercial-crew-program-essentials/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [79] J. Stromberg, „How NASA became utterly dependent on Russia for space travel,“ Vox, 5. Mai 2014. [Online]. Available: <https://www.vox.com/2014/5/5/5674744/how-nasa-became-utterly-dependent-on-russia-for-space-travel>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [80] M. Bertels, „SpaceX's 1st astronaut launch will be a 'unique moment' for America, NASA chief says,“ Space.com, 26. Mai 2020. [Online]. Available: <https://www.space.com/spacex-nasa-astronaut-launches-american-spaceflight-moment.html>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [81] K. Maksymov, „Falcon 9 2010 vs Falcon 9 2025: Fifteen Years of Development,“ Universe Space Tech, 3. Juli 2025. [Online]. Available: <https://universemagazine.com/en/falcon-9-2010-vs-falcon-9-2025-fifteen-years-of-development>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [82] G. D. Krebs, „Orbital Launches of 2025,“ Gunter's Space Page, [Online]. Available: [https://space.skyrocket.de/doc\\_chr/lau2025.htm](https://space.skyrocket.de/doc_chr/lau2025.htm). [Zugriff am 30. September 2025].
- [83] G. D. Krebs, „Orbital Launches of 2024,“ Gunter's Space Page, [Online]. Available: [https://space.skyrocket.de/doc\\_chr/lau2024.htm](https://space.skyrocket.de/doc_chr/lau2024.htm). [Zugriff am 30. September 2025].
- [84] P. Lionnet, „SpaceX and the categorical imperative to achieve low launch cost,“ Space News, 7. Juni 2024. [Online]. Available: <https://spacenews.com/spacex-and-the-categorical-imperative-to-achieve-low-launch-cost/>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [85] P. W. Singer und A. Nova, „China is working on reusable rockets—and a strategic leap in space power,“ Defense One, 14. August 2025. [Online]. Available: <https://www.defenseone.com/ideas/2025/08/china-working-reusable-rocketsand-strategic-leap-space-power/407453/>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [86] S. Erwin, „U.S. military sees China's reusable rocket push as a space security concern,“ Space News, 23. September 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/u-s-military-sees-chinas-reusable-rocket-push-as-a-space-security-concern/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [87] E. Berger, „Russian space corporation unveils planned 'Amur' rocket—and it looks familiar,“ Ars Technica, 6. Oktober 2020. [Online]. Available: <https://arstechnica.com/science/2020/10/russian-space-corporation-unveils-planned-amur-rocket-and-it-looks-familiar/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [88] B. J. Weichert, „Russia Is Building a Reusable Methane-Powered Rocket for Space Missions,“ The National Interest, 14. Juli 2025. [Online]. Available: <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russia-building-reusable-methane-powered-rocket-space-bw>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [89] E. Berger, „With a new Soyuz rocket, Russia seeks to break its Ukrainian dependency,“ Ars Technica, 25. August 2025. [Online]. Available: <https://arstechnica.com/space/2025/08/with-a-new-soyuz-rocket-russia-seeks-to-break-its-ukrainian-dependency/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [90] P. Luzin, „A Russian orbital station: Dreams or plans?,“ Ridl.io, 31. Mai 2021. [Online]. Available: <https://ridl.io/a-russian-orbital-station-dreams-or-plans/>. [Zugriff am 6. Oktober 2025].

- [91] U.S. Space Force, „Space Threat Fact Sheet,“ September 2025. [Online]. Available: <https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Fact-Sheet-Display/Article/4297159/space-threat-fact-sheet/>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [92] U.S.-China Economic and Security Review Commission, „Hearing on the Rocket's Red Glare: China's Ambition to Dominate Space,“ 3. April 2025. [Online]. Available: [https://www.uscc.gov/sites/default/files/2025-04/April\\_3\\_2025\\_Hearing\\_Transcript\\_0.pdf](https://www.uscc.gov/sites/default/files/2025-04/April_3_2025_Hearing_Transcript_0.pdf). [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [93] A. Jones, „China to debut new Long March and commercial rockets in 2025,“ Space News, 2. Januar 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/china-to-debut-new-long-march-and-commercial-rockets-in-2025/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [94] A. Jones, „China scraps expendable Long March 9 rocket plan in favor of reusable version,“ Space News, 9. November 2022. [Online]. Available: <https://spacenews.com/china-scraps-expendable-long-march-9-rocket-plan-in-favor-of-reusable-version/>. [Zugriff am 3. November 2025].
- [95] A. Jones, „China wants its new rocket for astronaut launches to be reusable,“ Space.com, 6. März 2022. [Online]. Available: <https://www.space.com/china-reusable-rockets-for-astronaut-launches>. [Zugriff am 3. November 2025].
- [96] V. Sankaran, „China unveils new heavy rocket that looks eerily similar to SpaceX Starship,“ The Independent, 6. November 2024. [Online]. Available: <https://www.independent.co.uk/space/china-rocket-spacex-starship-copy-b2642236.html>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [97] A. Jones, „China unveils fully reusable Starship-like rocket concept,“ Space News, 14. November 2024. [Online]. Available: <https://spacenews.com/china-unveils-fully-reusable-starship-like-rocket-concept/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [98] I. Hrinko, „China's Space Pioneer company builds a 'copy' of the Falcon 9,“ Universe Space Tech, 1. November 2023. [Online]. Available: <https://universemagazine.com/en/chinas-space-pioneer-company-builds-a-copy-of-the-falcon-9/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [99] E. Berger, „China reveals a new heavy lift rocket that is a clone of SpaceX's Starship,“ Ars Technica, 4. November 2024. [Online]. Available: <https://arstechnica.com/space/2024/11/chinas-long-term-lunar-plans-now-depend-on-developing-its-own-starship/>. [Zugriff am 4. Oktober 2025].
- [100] G. D. Krebs, „Orbital Launches of 2020,“ Gunter's Space Page, [Online]. Available: [https://space.skyrocket.de/doc\\_chr/lau2020.htm](https://space.skyrocket.de/doc_chr/lau2020.htm). [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [101] M. Petrova, „How the U.S. space industry became dependent on SpaceX,“ CNBC, 24. August 2025. [Online]. Available: <https://www.cnbc.com/2025/08/24/spacex-how-us-space-industry-became-dependent.html>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [102] J. Trevithick und T. Rogoway, „This Is How U.S. National Security Has Become Dependent On SpaceX,“ The War Zone, 6. Juni 2025. [Online]. Available: <https://www.twz.com/space/this-is-how-the-u-s-national-security-apparatus-is-dependent-on-spacex>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [103] A. Jones, „China's Landspace reaches orbit with methane-powered Zhuque-2 rocket,“ Space News, 12. Juli 2023. [Online]. Available: <https://spacenews.com/chinas-landspace-reaches-orbit-with-methane-powered-zhuque-2-rocket/>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].



- [104] A. Beil, „LandSpace claims win in the methane race to orbit via second ZhuQue-2 launch,“ NASASpaceflight, 11. Juli 2023. [Online]. Available: <https://www.nasaspaceflight.com/2023/07/zhuque-2-launch2/>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [105] Starlink, „Starlink Technology,“ [Online]. Available: <https://www.starlink.com/technology>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [106] J. Foust, „Starlink’s disruption of the space industry,“ The Space Review, 28. Mai 2024. [Online]. Available: <https://www.thespacereview.com/article/4801/1>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [107] J. McDowell, „Starlink Launch Statistics,“ [Online]. Available: <https://planet4589.org/space/con/star/stats.html>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [108] „How many satellites are orbiting the Earth in 2025?,“ Pixalytics, 14. Mai 2025. [Online]. Available: <https://www.pixalytics.com/satellites-in-space-2025/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [109] T. Pultarova, „Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy,“ Space.com, 25. September 2025. [Online]. Available: <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [110] N. D. Vivek, „From Starlink to High Strategy: Musk’s Growing Role in US Foreign Policy,“ 25. November 2024. [Online]. Available: <https://www.geopoliticalmonitor.com/from-starlink-to-high-strategy-musks-role-in-us-foreign-policy/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [111] Starlink, „Starlink Stories,“ [Online]. Available: <https://www.starlink.com/stories>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [112] N. P. Walsh, A. Marquardt, F. Davey-Attlee und K. Gak, „Ukraine relies on Starlink for its drone war. Russia appears to be bypassing sanctions to use the devices too,“ CNN.com, 26. März 2024. [Online]. Available: <https://edition.cnn.com/2024/03/25/europe/ukraine-starlink-drones-russia-intl-cmd>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [113] T. Withington, „Ukraine’s Favourite Dish,“ Euro-sd.com, 30. Mai 2023. [Online]. Available: <https://euro-sd.com/2023/05/articles/30035/ukraines-favourite-dish/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [114] J. Süß, „Weltraumkapazitäten im Ukraine Krieg,“ SIRIUS – Zeitschrift für Strategische Analysen, Bd. 8, Nr.1, pp. 58-66, März 2024. [Online]. Available: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/sirius-2024-1006/html>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [115] K. Wilhelm, „Die Macht von Musks Internet-Satelliten,“ Tageschau, 26. April 2024. [Online]. Available: <https://www.tagesschau.de/ausland/amerika/starlink-internet-musk-100.html>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [116] S. Erwin, „Pentagon embracing SpaceX’s Starshield for future military satcom,“ Space News, 11. Juni 2024. [Online]. Available: <https://spacenews.com/pentagon-embracing-spacexs-starshield-for-future-military-satcom/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [117] M. Law, „Why is China Taking Measures to Counter SpaceX’s Starlink?,“ cybermagazine.com, 11. August 2025. [Online]. Available: <https://cybermagazine.com/news/lasers-and-submarines-chinas-plan-to-counteract-starlink>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].

- [118] E. Kinetz und E. Chen, „Chinese researchers suggest lasers and sabotage to counter Musk’s Starlink satellites“, Apnews.com, 31. Juli 2025. [Online]. Available: <https://apnews.com/article/spacex-musk-starlink-china-satellites-759e53143378357ce3af21ca8a6916df>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [119] S. Kuthunur, „Russia and China are threatening SpaceX's Starlink satellite constellation, new report finds“, Space.com, 8. April 2025. [Online]. Available: <https://www.space.com/space-exploration/tech/russia-and-china-are-threatening-spacexs-starlink-satellite-constellation-new-report-finds>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [120] A. Jones, „Can China Challenge SpaceX's Starlink?“, IEEE, 27. August 2024. [Online]. Available: <https://spectrum.ieee.org/satellite-internet>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [121] C. Kahle, „Kein Erfolgsprojekt: Chinas Starlink-Konkurrent hat große Probleme“, WinFuture, 28. Juli 2025. [Online]. Available: <https://winfuture.de/news,152533.html>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [122] Starlink, „Starlink Availability Map“, [Online]. Available: <https://www.starlink.com/map>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [123] P. Bell, „Starlink Expanding in Africa“, telegeography.com, 14. Oktober 2025. [Online]. Available: <https://blog.telegeography.com/starlink-expanding-in-africa>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [124] L. Xin, „Has the Qianfan satellite network – China’s Starlink rival – run into trouble?“, South China Morning Post, 23. Juli 2025. [Online]. Available: <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3319163/has-qianfan-satellite-network-chinas-starlink-rival-run-trouble>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [125] J. McDowell, „Qianfan Launch Statistics“, [Online]. Available: <https://planet4589.org/space/con/qf/stats.html>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [126] G. D. Krebs, „Qianfan Jigui“, Gunter's Space Page, [Online]. Available: [https://space.skyrocket.de/doc\\_sdat/qianfan.htm](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/qianfan.htm). [Zugriff am 30. September 2025].
- [127] SpaceXNow, „SpaceX Statistics“, SpaceXNow, [Online]. Available: <https://spacexnow.com/stats>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [128] G. D. Krebs, „CZ-6 (Chang Zheng-6)“, Gunter's Space Page, [Online]. Available: [https://space.skyrocket.de/doc\\_lau/cz-6.htm](https://space.skyrocket.de/doc_lau/cz-6.htm). [Zugriff am 30. September 2025].
- [129] J. Kuhr, „2024 Orbital Launch Attempts by Country“, Payload Space, 3. Januar 2025. [Online]. Available: <https://payloadspace.com/2024-orbital-launch-attempts-by-country/>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [130] M. Smith, „Chinese launch cadence picks up as Tianlong-3 prepares for launch“, NASASpaceflight, 8. August 2025. [Online]. Available: <https://www.nasaspaceflight.com/2025/08/china-roundup-08072025/>. [Zugriff am 30. September 2025].
- [131] Space Stats, „Orbital launches by Russia“, Space Stats, [Online]. Available: <https://spacestatsonline.com/launches/country/rus>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].
- [132] P. Luzin, „The Future and Present of Roskosmos“, Ridl.io, 1. Mai 2024. [Online]. Available: <https://ridl.io/the-future-and-present-of-roskosmos/>. [Zugriff am 2. Oktober 2025].

- [133] U.S. House, 119er Congress, H.R.1 - One Big Beautiful Bill Act, [Online]. Available: <https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/1/text>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [134] National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing, „Advisory Board,“ [Online]. Available: <https://www.gps.gov/advisory-board>. [Zugriff am 7. November 2025].
- [135] National Coordination Office for Space-Based Positioning, Navigation, and Timing, „Control Segment,“ [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20250911064905/https://www.gps.gov/systems/gps/control/>. [Zugriff am 29 September 2025].
- [136] N2YO, „GALILEO SATELLITES,“ [Online]. Available: <https://www.n2yo.com/satellites/?c=22>. [Zugriff am 6. November 2025].
- [137] N2YO, „GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS) OPERATIONAL SATELLITES,“ [Online]. Available: <https://www.n2yo.com/satellites/?c=20>. [Zugriff am 6. November 2025].
- [138] N2YO, „GLONASS OPERATIONAL SATELLITES,“ [Online]. Available: <https://www.n2yo.com/satellites/?c=21>. [Zugriff am 6. November 2025].
- [139] The European Space Agency, „Karl Bergquist presents to Zhang Chi the ESA pavilion,“ [Online]. Available: [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Images/2015/06/Karl\\_Bergquist\\_presents\\_to\\_Zhang\\_Chi\\_the\\_ESA\\_pavilion](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2015/06/Karl_Bergquist_presents_to_Zhang_Chi_the_ESA_pavilion). [Zugriff am 7. November 2025].
- [140] „Musk [@elonmusk], Elon,“ X (ehemalig Twitter), 20. Februar 2025. [Online]. Available: <https://x.com/elonmusk/status/1892621691060093254>. [Zugriff am 10. Oktober 2025].
- [141] NASA Office of Inspector General - Office of Audits, „NASA's Management of Crew Transportation to the International Space Station,“ 14. November 2019. [Online]. Available: <https://oig.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/02/IG-20-005.pdf>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [142] Center for European Policy Analysis, „Pavel Luzin,“ [Online]. Available: <https://cepa.org/author/pavel-luzin/>. [Zugriff am 7. November 2025].
- [143] Fortune Business Insights, „Reusable Launch Vehicle Market,“ 20. Oktober 2025. [Online]. Available: <https://www.fortunebusinessinsights.com/reusable-launch-vehicle-market-106803>. [Zugriff am 26. Oktober 2025].
- [144] Global Market Insights, „Reusable Launch Vehicles Market - By Vehicle Type, By Orbit Type, By Payload Capacity, By Configuration, By Application, By End use – Global Forecast, 2025 – 2034,“ März 2025. [Online]. Available: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/reusable-launch-vehicles-market>. [Zugriff am 26. Oktober 2025].
- [145] UAWire, „Russia removed from Lunar Gateway project,“ 26. Januar 2021. [Online]. Available: <https://uawire.org/russia-removed-from-lunar-gateway-project>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [146] U.S. Department of War, „Space Policy Review and Strategy on Protection,“ September 2023. [Online]. Available: <https://media.defense.gov/2023/Sep/14/2003301146/1/1/0/COMPREHENSIVE-REPORT-FOR-RELEASE.PDF>. [Zugriff am 19. September 2025].

- [147] European Space Policy Institute, „Super Heavy Lift Launch Vehicles: Global Status and European Perspectives,“ [espi.eu](https://www.espi.eu/briefs/super-heavy-lift-launch-vehicles-global-status-and-european-perspectives/), 18 November 2017. [Online]. Available: <https://www.espi.eu/briefs/super-heavy-lift-launch-vehicles-global-status-and-european-perspectives/>. [Zugriff am 5. Oktober 2025].
- [148] International Astronautical Federation, „Tianwen-1 Spacecraft Development Team,“ [Iafastro.org](https://www.iafastro.org/activities/honours-and-awards/iaf-world-space-award/tianwen-1-spacecraft-development-team.html), [Online]. Available: <https://www.iafastro.org/activities/honours-and-awards/iaf-world-space-award/tianwen-1-spacecraft-development-team.html>. [Zugriff am 3. November 2025].
- [149] D. C. Atilgan und E. Veronika, „Belt and Road Initiative“: Chinas neue Seidenstrasse im Mittelmeer,“ [Online]. Available: [https://www.kas.de/c/document\\_library/get\\_file?groupId=252038&uuid=1d5a14e0-27c9-cd16-9565-88493215fb6b](https://www.kas.de/c/document_library/get_file?groupId=252038&uuid=1d5a14e0-27c9-cd16-9565-88493215fb6b). [Zugriff am 16. September 2025].
- [150] T. Fernholz, „The entire global financial system depends on GPS, and it’s shockingly vulnerable to attack,“ Quartz, 20 Juli 2022. [Online]. Available: <https://qz.com/1106064/the-entire-global-financial-system-depends-on-gps-and-its-shockingly-vulnerable-to-attack>. [Zugriff am 3 November 2025].
- [151] J. Foust, „NASA signs deal for additional Soyuz seat,“ Space News, 12. Mai 2025. [Online]. Available: <https://spacenews.com/nasa-signs-deal-for-additional-soyuz-seat/>. [Zugriff am 3. Oktober 2025].
- [152] R. Fox O’Loughlin, „Orbital ambitions: LEO satellite constellations and strategic competition,“ International Institute for Strategic Studies, 27. Mai 2025. [Online]. Available: <https://www.iiss.org/online-analysis/six-analytic-blog/2025/05/orbital-ambitions-leo-satellite-constellations-and-strategic-competition/>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [153] D. Goward, „China’s BeiDou, GPS and great power competition,“ GPS World, 7. August 2023. [Online]. Available: <https://www.gpsworld.com/chinas-beidou-gps-and-great-power-competition/>. [Zugriff am 17. September 2025].
- [154] J. McBride, N. Berman und A. Chatzky, „China’s Massive Belt and Road Initiative,“ Council on Foreign Relations, 2. Februar 2023. [Online]. Available: <https://www.cfr.org/backgrounder/chinas-massive-belt-and-road-initiative>. [Zugriff am 16. September 2025].
- [155] J. McDowell, „Satellite statistics: Payloads Satellites launched by Country,“ [Online]. Available: <https://planet4589.org/space/stats/pay.html>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
- [156] J. Parks, „Financial Constraints Have Kept Humans From Returning to the Moon – Until Now,“ [discovermagazine.com](https://www.discovermagazine.com/financial-constraints-have-kept-humans-from-returning-to-the-moon-until-now-46577), 4. September 2024. [Online]. Available: <https://www.discovermagazine.com/financial-constraints-have-kept-humans-from-returning-to-the-moon-until-now-46577>. [Zugriff am 28. September 2025].
- [157] D. Rogzin [@Rogzin], X (ehemalig Twitter), 24. Februar 2022. [Online]. Available: <https://x.com/Rogzin/status/1496934100363587587>. [Zugriff am 2. November 2025].
- [158] J. Ryan, „Russia unveils timeline for building its new space station, starting in 2027,“ Space.com, 23. Juli 2024. [Online]. Available: <https://www.space.com/russia-space-station-timeline-2027>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
- [159] V. Samson und L. Cesari, „2025 Global Counterspace Capabilities Report,“ Secure World Foundation, Juni 2025. [Online]. Available:

- [https://drive.google.com/file/d/1FA8aLXiQeAEK1Z8mTpHFIs\\_c27Ne50qa/view](https://drive.google.com/file/d/1FA8aLXiQeAEK1Z8mTpHFIs_c27Ne50qa/view). [Zugriff am 20. September 2025].
- [160] F. Schwaller, „China and Russia plan to build nuclear power station on moon,“ Deutsche Welle, 19. Mai 2025. [Online]. Available: <https://www.dw.com/en/china-and-russia-plan-to-build-nuclear-power-station-on-moon/a-72565465>. [Zugriff am 13. Oktober 2025].
  - [161] J. Siegel, „Commercial satellites are on the front lines of war today. Here’s what this means for the future of warfare,“ Atlantic Council, 30. August 2022. [Online]. Available: <https://www.atlanticcouncil.org/content-series/airpower-after-ukraine/commercial-satellites-are-on-the-front-lines-of-war-today-heres-what-this-means-for-the-future-of-warfare/>. [Zugriff am 19. Oktober 2025].
  - [162] J. Suess und J. Crawford, „Russia and China Reaffirm Their Space Partnership,“ The Royal United Services Institute for Defence and Security Studies, 12. April 2024. [Online]. Available: <https://www.rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/russia-and-china-reaffirm-their-space-partnership>. [Zugriff am 13. Oktober 2025].
  - [163] B. Tingley, „SpaceX wins \$70 million Space Force contract for Starshield military satellites,“ Space.com, 3. Oktober 2023. [Online]. Available: <https://www.space.com/spacex-starshield-space-force-contract>. [Zugriff am 1. Oktober 2025].
  - [164] H. von Voss-Wittig, „Soft Power,“ Deutscher Bundestag - Wissenschaftliche Dienste, 3. November 2006. [Online]. Available: [https://www.bundestag.de/resource/blob/189706/8c40cb75069889f8829a5a0db838da1f/soft\\_power-data.pdf](https://www.bundestag.de/resource/blob/189706/8c40cb75069889f8829a5a0db838da1f/soft_power-data.pdf). [Zugriff am 28. September 2025].
  - [165] A. Zak, „Science and Power Module for ISS,“ Russian Space Web, 11. September 2024. [Online]. Available: <https://www.russianspaceweb.com/nem.html>. [Zugriff am 7. Oktober 2025].
  - [166] P. Zhang, W. Dai, G. Zhang, G. Liu, X. Liu, Z. Bo, Z. Wang, H. Zheng, C. Liu, H. Yang, Y. Bai, Y. Zhang, D. Yan, K. Zhou und M. Gao, „Overview of the Lunar In Situ Resource Utilization Techniques for Future Lunar Missions,“ *Space Sci Technol.*, Bd. 3, 2023.

## Schlusserklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Seminararbeit persönlich verfasst, sämtlich hierfür zu Hilfe genommenen gedruckte sowie digitale Quellen im Literaturverzeichnis angegeben und die aus diesen Quellen stammenden Zitate oder Belegstellen für sinngemäß wiedergegebene Inhalte in meiner Seminararbeit als solche kenntlich gemacht habe.

.....,

.....

.....

Ort

Datum

Unterschrift des Schülers/der Schülerin