

Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen?

Greselius-Gymnasium Bramsche

Seminarfach Astronomie

Fachlehrer: Herr Riemer

Schuljahr 2021/2022

Jahrgang 12

Lukas Menger

Bramsche, den 07.03.2022

Inhalt

1. Einleitung - Kommerzialisierung im All.....	2
1.1 Bedeutung von Kommerzialisierung.....	3
1.2 Wo tritt Kommerzialisierung im All auf?	3
2 Bergbau im Weltall	5
3 Satelliten in der Erdumlaufbahn	6
3.1 Starlink	7
4 Private Raumfahrt- Weltraumtourismus.....	10
5 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Industrie?	11
5.1 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Menschheit?	12
5.2 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Umwelt?	13
Literaturverzeichnis.....	15

1. Einleitung - Kommerzialisierung im All

Seit Anbeginn der Zeit träumt die Menschheit davon das Unbekannte und Neue der Erde und ihrer Beschaffenheit zu erkunden und hierfür auch ihr eigenes Leben oder das anderer zu riskieren. Die Erkundung und das damit eingegangene Risiko würde niemand ohne eigenen Nutzen eingehen. Sei es der Gedanke berühmt zu werden oder reich zu werden. Meist sind genau diese Motive die Antreiber solcher Missionen.

Durch diese Motive wird der Kommerz auch in der Raumfahrt immer weiter in den Vordergrund rücken. Daher habe ich das Thema „Kommerzialisierung der Raumfahrt – Fluch oder Segen?“ für meine Seminararbeit gewählt. Im Laufe der Facharbeit werde ich genauer auf die Kommerzialisierung allgemein sowie auch auf jene im All eingehen. Heutzutage sind viele Bereiche der Welt von der Kommerzialisierung und der Profitgier von Menschen beherrscht, als Beispiel hierfür ist der Sport zu nennen, genauer der Profifußball. Wie ist es sonst zu erklären, dass für einen einzelnen Spieler eine Ablösesumme von 222 Millionen Euro fällig wird. Diese Beträge sind utopisch und für die meisten Menschen kaum vorstellbar. Doch auch in der Raumfahrt gibt es zunehmend eine Entwicklung hin zu astronomisch hohen Kosten. Wie kann man diesen Wandel zur Kommerzialisierung erklären, und welche Gründe gibt es für ihn? Auf drei der vielen Gründe werde ich genauer eingehen: Bergbau im Weltall, die private Raumfahrt beziehungsweise genauer dem Weltraumtourismus. Die dritte Möglichkeit bietet der Einsatz von Satelliten, genauer Satellitennetzwerke wie Starlink, welche in der niedrigen Erdumlaufbahn platziert werden. Diese Entwicklungen sind durchaus kritisch zu sehen und stark umstritten. Daher werde ich am Ende meiner Facharbeit bewerten, ob sie als Fluch oder Segen anzusehen sind. Hierfür werde ich 3 Aspekte beachten. Den der Industrie, der Menschheit und zu guter Letzt den der Umwelt; letzterer Themenbereich ist aufgrund des Klimawandel äußerst wichtig und darf aufgrund der Profitabilität dieser Entwicklung nicht in den Hintergrund rücken.^{1 2}

¹ <https://www.starlink.com/satellites>

² <https://www.ardalpha.de/wissen/starlink-spacex-satellit-satelliteninternet-100.html>

1.1 Bedeutung von Kommerzialisierung

Der Aspekt Profit spielt leider eine immer größere Rolle in unserer Gesellschaft – diese Sichtweise fördert die um sich greifende Kommerzialisierung. So versucht der Mensch aus jeder erdenklichen Sache zu profitieren. Die Gier nach Reichtum und Profit rückt immer mehr in den Vordergrund, der soziale Gedanke gerät ins Hintertreffen, deutlich wird es wie schon erwähnt im Profisport, sowie den globalen Aktienmärkten. Die Kommerzialisierung spielt in der Raumfahrt zunehmend eine größere Rolle. Wissenschaftliche Erkenntnisse der Weltraumforschung werden genutzt um daraus finanziell Profit zu ziehen. Sei es die sich verändernde Nutzung des Weltalls, die dazu auffordert sich etwas zu trauen und Risiken einzugehen um ein besseres Leben zu erreichen.³

So sagte Les Brown einmal: „Shoot for the Moon - even if you miss it, you will land among the stars.“⁴

1.2 Wo tritt Kommerzialisierung im All auf?

Der Mond spielt auch in der Kommerzialisierung des Weltalls eine bedeutende Rolle, so werden Auszeichnungen wie der Google Lunar X-Prize mit gewissen Gagen verbunden und so der Entwicklungswettbewerb beschleunigt. Google bietet hier 30 Millionen US-Dollar für die Entwicklung und Herstellung eines Mondrovers, welcher von dort aus HD- Videos liefern kann und insgesamt 500 Meter auf dem Mond zurücklegt. Die Teilnehmer sind privat Unternehmen die aber von verschiedenen Staaten und großen Unternehmen unterstützt werden. Hierbei beteiligen sich zum Beispiel Firmen wie Audi an der Entwicklung und Forschung.⁵

Solche Wettbewerbe mit Gagen sind aber durchaus positiv zu sehen, da sie einen Anreiz bieten, sich mit der Entwicklung neuer Technologien zu beschäftigen. Hiervon profitieren einerseits Firmen aufgrund der Sponsoren- und Preisgelder aber auch die Industrie. Jede Entwicklung

³ <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/raumfahrt/kommerzialisierung-im-all-die-private-raumfahrt-holt-auf/>

⁴ <https://www.surfertoday.com/environment/the-best-quotes-about-the-moon>

⁵ <https://www.heise.de/tp/features/Kommerzialisierung-des-Weltraums-3521222.html?seite=all>

bedeutet einen Fortschritt, auch wenn sie zu der Erkenntnis führt, dass eine gewisse Idee nicht umsetzbar ist. Eine weitere Möglichkeit mit den Erkenntnissen aus der Forschung Geld zu verdienen, bietet die private Raumfahrt, sie rückt aufgrund neuester Entwicklungen immer mehr in den Vordergrund. Dem Raumfahrt- Unternehmen von „Tesla-Chef“ Elon Musk gelang mit der Mission „Inspiration 4“ am 16.09.2021 ein großer Schritt in Richtung Weltraumtourismus. Erstmals reisten vier „normalverdienende Menschen“ mit der „Crew Dragon“ ins All, das Besondere der Mission ist, dass dieses Mal keine Berufsastronauten an Bord waren.⁶

Nicht nur SpaceX rüstet sich für die private Raumfahrt und Kommerzialisierung, auch die ISS hat ein weiteres Außenlabor gefertigt. Die Raumplattform „Bartolomeo“ soll die kommerzielle Nutzung der ISS vereinfachen und bietet so eine breite Spanne von Nutzungsmöglichkeiten. So garantiert die ESA 30% der für die ISS eingeplanten Mittel allein für die kommerzielle Nutzung der Raumstation auszugeben.⁷

Diese Entwicklung zeigt, dass Forschung und Erkenntnisse schon lange nicht mehr das eine große Ziel der Raumfahrt sind und sich die „großen Player“ längst umorientieren. Denn heutzutage funktioniert fast nichts im Leben ohne die gewissen finanziellen Mittel. Ein weiterer Schritt in Richtung Zukunft und Reichtum bietet der Bergbau im Weltraum, genauer der Asteroiden- Abbau im Weltraum, die USA preschen in diesem Thema ziemlich voran. Das US-Amerikanische Unternehmen „Planetary Resources“, gehört zu den Vorreitern und als wäre es nicht anders zu erwarten gehört auch hier indirekt Google zu den Hauptinvestoren. Besonders beteiligt sind Larry Page und Eric Schmidt, beide gehören dem Google Mutterkonzern „Alphabet“ an und finanzieren das Projekt. Allgemein ist der Abbau der Asteroiden umstritten auf Grund der im Weltraum geltenden Besitzrechte, welche auf dem Weltraumvertrag der Vereinten Nationen aus dem Jahr 1967 basieren. Der Vertrag macht deutlich, dass kein Staat sich Teile des Weltraums aneignen darf. Doch die USA nutzt diese etwas schwammige Formulierung und erlässt ein Gesetz, dass den US-Bürgern ermöglicht Bergbau im All zu betreiben, da die Besitzrechte auf den abgebauten Rohstoffen beständen und nicht am

⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Inspiration4>

⁷ https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/01/20200304_aussenplattform-bartolomeo-erweitert-die-iss-nutzung.html

Asteroiden selbst. Diese Auslegung der Gesetze wird von vielen kritisiert, aber auch von Staaten wie Luxemburg die selbst so ein Vorhaben planen unterstützt.⁸

2 Bergbau im Weltall

Der Bergbau im All ist ein schwer umzusetzendes Vorhaben, da er sehr kostenintensiv und zugleich sehr zeitintensiv ist. Trotz dieser Hürden nimmt die Debatte um den Bergbau auf Asteroiden wieder einmal Fahrt auf und rückt in den Fokus von Forschungen; so schickt die NASA im August 2022 eine Raumsonde zu „Psyche“, einen zwischen Mars und Jupiter liegenden Asteroiden. Laut ersten Erkenntnissen soll er vollständig aus Eisen und Nickel bestehen. Ein solches Vorkommen von Asteroiden ist sehr selten und wahrscheinlich auf die Zerstörung eines größeren Himmelskörpers zurückzuführen. So soll „Psyche“ ein Kern eines solchen Himmelskörpers sein. Um dies genauer zu untersuchen, soll die gleichnamige NASA Raumsonde „Psyche“ den Asteroiden ab 2026 zwei Jahre lang umkreisen und den Asteroiden weiter erforschen. Eine Landung ist allerdings nicht geplant. Sollte diese Mission positiv verlaufen, könnten weitere Missionen dieser Art folgen.⁹

Trotz fortschreitender Technologien und immer effizienterer Raketen und neuer Antriebstechnologien ist der Asteroidenbergbau eher Zukunftsmusik als ein aktuelles und sinnvolles Unterfangen. Die hohen anfallenden Kosten der Asteroidenforschung hinsichtlich der Nutzbarkeit für den Bergbau sind als fragwürdig zu bewerten, denn nicht jeder Asteroid ist eine vermeintliche „Goldgrube“. Der zweite kritische Punkt ist, dass es nicht so einfach ist die Rohstoffe zu gewinnen oder zu transportieren, wie man es von der Erde kennt. Daher wird von einigen Wissenschaftlern die Idee in den Raum gestellt die Asteroiden erst in die Umlaufbahn des Mondes zu transportieren, dort abzubauen und auf dem Mond und dessen Umlaufbahn zu verarbeiten. Diese Vorhaben sind sehr kostenintensiv aufgrund der Treibstoffkosten oder benötigen eine lange Zeit und das gewisse Timing

⁸ <https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/asteroiden-warum-firmen-bergbau-im-all-starten-wollen-a-1086040.html>

⁹ LORENZEN, DIRK H., Der neue Wettlauf ins All: Die Zukunft der Raumfahrt, KOSMOS Verlag, 14.10.2021, S.149f.

um durch Umlaufbahnen kostengünstiger und treibstoffsparender zu reisen. Hierfür wären dann auch elektrische Sonden denkbar, welche sich deutlich treibstoffsparender fortbewegen und so auch den Kostenfaktor drücken. Trotzdem ist der Kosten- Nutzen- Faktor noch ziemlich ineffektiv. Außerdem müssen die Technologien um Rohstoffe im Weltall zu verarbeiten, erst noch entwickelt und getestet werden. Insgesamt ist der Bergbau im All eher ein schleichender und langfristiger Prozess der dem teils sehr schädlichen Bergbau auf der Erde nicht sofort ein Ende setzen kann.^{10 11}

3 Satelliten in der Erdumlaufbahn

Eine Technologie die nicht nur Zukunftsmusik ist, sondern schon seit längerem eingesetzt wird, sind die Satelliten. Um genauer zu sein, startete am 4. Oktober 1957 der Satellit Sputnik 1 als erster Satellit ins All. Zur damaligen Zeit löste der Satellit den sogenannten „Sputnik-Schock“ aus, die Welt befand sich zu dieser Zeit im „Kalten Krieg“, die Sowjetunion bewies mit Sputnik, wie weit man schon in den Weltraumforschungen ist und sorgte so für einen regelrechten Wettlauf ins All zwischen der Sowjetunion und der USA.¹²

Heutzutage führt ein einzelner Satellit nicht mehr zu einem Wettlauf und bekommt auch keine große Aufmerksamkeit mehr. Der Satellit gehört zu den Massenprodukten im All und wird im großen Stil produziert. Denn auch für Kommerzialisierung spielen Satelliten wie Starlink eine riesige Rolle. Starlink ist einer der vielen verschiedenen Satelliten, die in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommen. Starlink ist ein von SpaceX entwickelter Satellit, der die Welt auch an abgelegenen Orten mit schnellem Internet versorgen soll hierfür ist ein großes Netz an Satelliten nötig. Auf die Funktionsweise von Starlink werde ich aber auch später noch genauer eingehen. Das häufigste Einsatzgebiet von Satelliten ist das des Wetters; es gibt Satelliten, welche Windmessungen in allen Höhen der Atmosphäre

¹⁰ LORENZEN, DIRK H., Der neue Wettlauf ins All: Die Zukunft der Raumfahrt, KOSMOS Verlag, 14.10.2021, S.151f.

¹¹ https://www.youtube.com/watch?v=Gih8R-f_KMo

¹² https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Sputnik_-_mehr_als_bloss_ein_Satellit

durchführen (ADM-Aeolus, ESA, 2018) oder auf Zentimetergenauigkeit Eisdicken messen können (Cryosat-2, ESA, 2010). Es gibt aber auch Satelliten, welche die allgemeineren Aufgaben übernehmen: wie das Klima, Wetter und die Atmosphäre zu beobachten (MetOP-C, Eumetsat, 2018). So übernehmen die Satelliten einen großen Teil der Erdüberwachung und machen die Menschen auf Veränderungen aufmerksam.¹³

Auch aufgrund dieser wichtigen Funktionen werden die Satelliten immer weiterentwickelt. Das aktuelle Prestigeprojekt der ESA ist das „Copernicus-Programm“. Die Satelliten, im nach Nicolaus Copernicus benannten Programm, beobachten die Erde mit ihren Vorgängen und analysieren ihre Stellung im Universum. Hierfür senden die Satelliten des Programms täglich 12 Terrabyte an Daten zurück zur Erde. Die Satelliten arbeiten mit Radarwellen. Sie ermöglichen Beobachtungen bei jeder erdenklichen Wetterlage und Tageszeit. Diese Satelliten umrunden die Erde in einer Höhe von 693 Kilometern. Durch die niedrigen Höhen der Satelliten wird auch eine genaue Beobachtung der Polarregionen ermöglicht, welche ansonsten aufgrund des zu flachen Winkels nicht einsehbar wären. Durch die niedrige Flughöhe können andere Bereiche wie die Tropenregionen nicht jeden Tag beobachtet werden. So ergänzen sich die vielen verschiedenen Satelliten und Flughöhen perfekt um die Erde zu beobachten und tagesaktuelle Updates zu liefern. Diese Updates beinhalten zum Beispiel den Stand der Vegetation, Forstwirtschaft aber auch den Zustand von Wasseroberflächen oder Küstenregionen. Die Satelliten nehmen ihre Daten in 13 verschiedenen Farben auf so lassen sich zum Beispiel Schädlinge in Wäldern oder der Wassergehalt von Pflanzen bestimmen. Durch diese Technologien können die Schädlinge in Wäldern früh erkannt und vernichtet werden.¹⁴

3.1 Starlink

Elon Musk und SpaceX betiteln Starlink selbst als „Das fortschrittlichste Breitband-Internetsystem der Welt“.¹⁵

¹³ LORENZEN, DIRK H., Der neue Wettlauf ins All: Die Zukunft der Raumfahrt, KOSMOS Verlag, 14.10.2021, S.317ff

¹⁴ LORENZEN, DIRK H., Der neue Wettlauf ins All: Die Zukunft der Raumfahrt, KOSMOS Verlag, 14.10.2021, S.313-S. 330.

¹⁵ <https://www.starlink.com/satellites>

Hierfür wurden bereits rund 2000 Satelliten im All platziert, insgesamt soll die Zahl der Satelliten noch auf bis zu 12000 Satelliten steigen, dieser Wert soll spätestens 2030 erreicht werden. Die Satelliten werden in der niedrigen Erdumlaufbahn in der Höhe zwischen 340 und 1300 Kilometern die Erde umkreisen. Die Satelliten kommunizieren über Laser, die im All Lichtgeschwindigkeit erreichen und so mit einer Geschwindigkeit von 300000 Kilometern pro Sekunde vom einen zum anderen Satelliten gelangen. Durch diese Geschwindigkeit können Nachrichten binnen Sekunden im All übermittelt werden und so entsteht kaum eine Latenz zwischen Erreichen und Verlassen des Alls. Die Kommunikation zur Erde funktioniert via Funk; mithilfe des Funks werden die Starlink-Bodenstationen erreicht. Die Bodenstationen sorgen dann dafür, dass die Nachrichten zum Empfänger gelangen. Dies geschieht entweder über Funk oder Kabel. Umso mehr Satelliten Starlink in der Erdumlaufbahn hat, desto schneller und präziser werden zum Beispiel Nachrichten übermittelt.¹⁶

Die Geschwindigkeit der Übertragungen lässt sich zum Beispiel über Speedtests ermitteln, hier liegt Starlink meist deutlich über dem Durchschnittswert des jeweiligen Landes, der über Glasfaser und DSL ermittelt wird. In Deutschland lag im Quartal 2 2021 die Durchschnittsdownloadgeschwindigkeit von Starlink bei 107,98 Mbps während alle anderen Methoden, wie DSL und Glasfaser im Durchschnitt nur auf 58,17 Mbps Downloadgeschwindigkeit kamen. In Großbritannien und weiteren Ländern kommt ein ähnliches Bild mit vergleichbaren Geschwindigkeiten hervor. In Großbritannien ist die Differenz beider noch einmal etwas größer als in Deutschland mit 108,3 Mbps durch Starlink und 50,14 Mbps durch andere Verbindungsarten. Aus der Sicht der Internetgeschwindigkeiten verbessert Starlink das Resultat deutlich; der Dienst ist mit 573 € Anschaffungskosten und monatlichen Kosten von 99 € derzeit noch sehr kostenintensiv. Dies ist vermutlich auf die enormen Kosten der Satelliten und den stetigen Ausbau des Netzes zurückzuführen. In Zukunft soll Starlink laut Musk aber erschwinglicher werden und alle erdenklichen Winkel der Erde mit schnellem Internet versorgen.^{17 18 19}

¹⁶ http://rockyourgoal.de/starlink/#Kritik_am_Starlink_Projekt

¹⁷ <https://www.speedtest.net/insights/blog/starlink-hughesnet-viasat-performance-q2-2021/>

Aus der Sicht von Astronomen wird Musks Vorhaben jedoch kritisch gesehen, da die Starlink Satelliten bei Himmelsbeobachtungen ein Hindernis darstellen können, da sie so niedrig die Erde umkreisen. Die Satelliten können oft schon mit dem bloßen Auge erkannt werden und durch Teleskope behindern sie die freie Sicht in das Weltall. Dadurch, dass die Satelliten Sonnenlicht reflektieren, sorgen sie auch zeitgleich für Lichtverschmutzung im All, die astronomische Arbeiten weiter erschwert. Auf der Erde kann man die Lichtverschmutzung noch relativ leicht verhindern und beseitigen, doch im Weltall kann man die Sonne nicht einfach „ausknipsen“, und so werden die Satelliten immer für Lichtverschmutzung sorgen. Auch in Aspekten von Weltraumschrott werden Satelliten als sehr kritisch angesehen. Die Satelliten „vermüllen“ die Erdumlaufbahn, wenn sie außer Betrieb genommen werden. Trotzdem kreisen sie immer weiter um die Erde und können so andere Einrichtungen im All beschädigen. Bei den hohen Geschwindigkeiten, welche bei Satelliten erreicht werden, reichen bereits kleine Trümmerteile um einen verhältnismäßig großen Schaden an anderen Satelliten oder Raumstationen zu verursachen. Bei diesem Problem hat Starlink aber für Abhilfe gesorgt. Die Satelliten sind mit einer autonomen Kollisionsvermeidung ausgestattet, sie weichen Trümmern im All aus. Sollten die Starlink Satelliten ihre maximale Lebensdauer erreicht haben verlassen sie die Erdumlaufbahn auf niedrigen Höhen, bis sie endgültig dort verglühen. Dieses Vorgehen wird gefordert, da so eine weitere „Vermüllung“ der Umlaufbahn vermieden wird und sich so weniger unbenutzte Objekte in der Umlaufbahn bewegen.^{20 21 22 23 24 25}

¹⁸ <https://www.nzz.ch/wissenschaft/starlink-so-funktioniert-das-satelliteninternet-von-elon-musk-ld.1493375>

¹⁹ <https://www.starlink.com>

²⁰ <https://www.deutschlandfunk.de/kollisionsgefahr-im-orbit-esa-satellit-musste-kurzfristig-100.html>

²¹ <https://www.nzz.ch/wissenschaft/starlink-so-funktioniert-das-satelliteninternet-von-elon-musk-ld.1493375>

²² <https://www.ardalpha.de/wissen/starlink-spacex-satellit-satelliteninternet-100.html>

²³ <https://www.br.de/nachrichten/wissen/keine-ufos-lichterkette-neuer-starlink-satelliten-ist-zu-sehen,Sv3RJ6k>

²⁴ <https://www.starlink.com/satellites>

²⁵ http://rockyourgoal.de/starlink/#Kritik_am_Starlink_Projekt

4 Private Raumfahrt- Weltraumtourismus

Die Private Raumfahrt startet immer mehr Raketen und überholt allmählich die staatliche Raumfahrt mit 58 Raketenstarts in den ersten drei Quartalen von 2021 hat die private Raumfahrt 12 Starts mehr durchgeführt als die staatlichen Unternehmen mit 46 Raketenstarts. Hierbei muss beachtet werden, dass die chinesischen Unternehmen als staatliche Institutionen gewertet werden. So ist zu erkennen, dass die private Raumfahrt die staatliche bereits deutlich überholt hat.²⁶

Durch diese Entwicklung stellt sich berechtigterweise die Frage, wann der Weltraumtourismus populärer wird und wann es für jeden mit dem passenden Budget möglich ist in den Weltraum zu fliegen. Die Prognosen für den Weltraumtourismus zeigen daher auch einen wahrscheinlichen weltweiten Umsatz- Anstieg auf bis zu 605 Millionen US-Dollar im Jahr 2029.²⁷

Aktuell ist der Weltraumtourismus eher etwas für die Finanzielle-Oberklasse trotzdem haben bereits 700 Menschen ein Ticket für einen Weltraumflug und den stolzen Preis von mindestens 450.000 Dollar bereits bezahlt; 600 weitere leisteten bereits eine Anzahlung. Auf den Start der touristischen Weltraumflüge müssen sich letztere noch ein wenig gedulden, die ersten Starts sind für die zweite Jahreshälfte von 2022 angesetzt. Des Weiteren werden die Trägerflugzeuge immer weiter überarbeitet und strapazierfähiger gestaltet. Hierdurch sollen mehr Flüge am Stück ohne eine Wartung absolviert werden, so soll die Bearbeitungszeit eines Weltraumfluges für die Kunden verkürzt werden. Außerdem plant Virgin Galactic eine Art Regelbetrieb entstehen zu lassen, um kommerzielle Flüge zuverlässig und ohne längerfristige Unterbrechungen durchzuführen.^{28 29}

Doch auch die Konkurrenz inform von Blue Origin, dem Unternehmen von Amazon Gründer Jeff Bezos, und SpaceX, das 2002 gegründete Raumfahrt Unternehmen von Tesla Gründer Elon Musk, sind nicht

²⁶ <https://de.statista.com/infografik/25027/anzahl-der-raketenstarts-weltweit/>

²⁷ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1250482/umfrage/umsatz-mit-orbitalem-weltraumtourismus/>

²⁸ <https://www.heise.de/news/Virgin-Galactic-verschiebt-kommerzielle-Weltraumfluege-und-erhoeht-die-Preise-6158280.html>

²⁹ <https://www.handelszeitung.ch/panorama/spacex-boeing-und-virgin-galactic-wo-die-private-raumfahrt-steht>

zurückgeblieben. Blue Origin erreicht sogar mehr Höhe als Virgin Galactic. Mit 107 Kilometern erreicht Blue Origin den Weltraum, dies schafft Virgin Galactic mit 85 Kilometern Höhe nicht ganz, da die Grenze durch die Kármán-Linie bestimmt wird und bei 100 Kilometern Höhe liegt. Auch beim Preis ist Blue Origin Virgin Galactic voraus, die Preise von Blue Origin liegen zwischen 200.000 und 300.000 US-Dollar pro Flug und somit rund 150.000 US-Dollar günstiger als Virgin Galactic. Während sich diese beiden Firmen für die Flüge in den unteren Weltraum duellieren geht SpaceX direkt einen Schritt weiter und bietet touristische Flüge zur in 400 Kilometer Höhe liegenden ISS an. Für diese Reise bittet SpaceX aber auch dementsprechend zur Kasse. Für den Flug mit einem mehrtätigen Besuch der ISS verlangt SpaceX ungefähr 55 Millionen US-Dollar. Aufgrund dieser hohen Preise ist eine Reise ins Weltall für die Mittelklasse, trotz der aktuellen Tendenz in Richtung der touristischen Raumfahrt, immer noch Wunschdenken und kaum realisierbar.^{30 31}

5 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Industrie?

Die Kommerzialisierung stellt eine große Chance für die Industrie dar. Durch die in meiner Seminararbeit gezeigte Orientierung im All ergeben sich für die Firmen neue Verdienstmöglichkeiten und weitere Möglichkeiten ihre erforschten Technologien zu testen und einzusetzen. Außerdem gibt es einen neuen Wettbewerb und so können auch andere Firmen sich mit dem Weltraum befassen und vielleicht sogar eines Tages die heutigen „Big Player“ in der Raumfahrtindustrie verdrängen. Durch die Kommerzialisierung wird der Markt neu belebt und es entfacht ein neuer Wettbewerb. Davon profitiert auch die Wissenschaft, welche gezwungen wird, neue und effizientere Antriebe und Transportmöglichkeiten zu entwickeln, um die Kosten von Raumfahrtmissionen zu senken. Auch die schnellere und effizientere Entwicklung zum Beispiel von Satelliten oder

³⁰ <https://www.heise.de/news/Virgin-Galactic-verschiebt-kommerzielle-Weltraumfluege-und-erhoeht-die-Preise-6158280.html>

³¹ <https://www.nationalgeographic.de/reise-und-abenteuer/2021/08/der-hohe-preis-des-weltraumtourismus>

Raumschiffen, ist als Segen zu betrachten, da so der technische Fortschritt beschleunigt wird und vielleicht Ziele wie Marsmissionen mit Astronauten an Bord möglich werden. Die Digitalisierung, die zum Beispiel über Dienste wie Starlink immer weiter fortschreitet und sich dementsprechend auch in den Weltraum verlagert, ist ein weiterer positiver Aspekt der Kommerzialisierung und die daraus resultierenden Aufträge für Firmen ergeben ebenfalls neue Verdienstmöglichkeiten. Insgesamt ist die Kommerzialisierung in diesem Bereich als sehr positiv und als Segen zu sehen, da durch Wettbewerbe wie dem Google Lunar Prize auch neue Firmen die Chance bekommen, sich einen Namen in der Raumfahrtindustrie zu erarbeiten.^{32 33}

5.1 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Menschheit?

Für die Menschheit stellt die Kommerzialisierung auch eine große Chance dar, da die Menschen durch die genauere Erforschung des Weltalls für zum Beispiel den Bergbau, neue Entdeckungen mit sich bringen kann und so die Menschen auch neue Erfahrungen sammeln und die Wissenschaft vorangetrieben wird. Auch die neuen Innovationen welche durch den ständigen Wettbewerb in der Raumfahrt hervorgebracht werden können sich positiv auf das Leben der Menschen auswirken. Auch wird zum Beispiel durch die Verlagerung des Bergbaus in den Weltraum auf der Erde mehr nutzbare Fläche entstehen und so können sich die Menschen weiter auf der Erde ausdehnen oder die neuen Flächen anderweitig nutzen. Auch die Produktivität und Vernetzung der Menschen würde sich durch das sich stetig ausbauende Satellitennetz von zum Beispiel Starlink immer weiter verbessern und die Kommunikation zwischen verschiedenen Kontinenten würde immer weiter vorangebracht. Doch für die Astronomen und weltrauminteressierten Bürger der Erde gibt es ein sehr gravierendes Problem, die Lichtverschmutzung. Durch zum Beispiel die Starlink-

³² https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/bmwi-new-space-geschaeftsmodelle-an-der-schnittstelle-von-raumfahrt-und-digitaler-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=9

³³ <https://www.swr.de/wissen/article-swr-20140.html>

Satelliten wird der Nachthimmel weiter aufgehellert und es wird immer schwieriger gute Weltraumaufnahmen zu erstellen oder den Nachthimmel zu beobachten. Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Kommerzialisierung der Raumfahrt eher ein „Spielplatz“ für die Oberklasse ist und diese sich so immer weiter von der Mittelklasse und der Unterschicht abhebt. Dieses Problem ist aber eher ein generelles Problem des Kapitalismus und nicht nur auf die Raumfahrt zurückzuführen. Insgesamt überwiegen daher die positiven Aspekte der Kommerzialisierung und diese kann auch als Segen für die Menschheit angesehen werden.

5.2 Kommerzialisierung der Raumfahrt - Fluch oder Segen für die Umwelt?

Aus der Sicht der Umwelt betrachtet sieht es dann etwas kritischer aus. Angefangen beim Weltraumschrott welcher durch unsere Erdumlaufbahn kreist und so Beschädigungen an Satelliten oder anderen Vorrichtungen verursachen kann. Dadurch entstehen häufig große Schäden welche dann repariert müssen und dadurch auch wieder Rohstoffe der Erde benötigt werden. Auch der Fakt allein, dass der Schrott in der Umlaufbahn kreist ist als sehr kritisch anzusehen. Daher hat das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt auch das Projekt RETALT ins Leben gerufen. Das Projekt soll dafür sorgen, dass mehr wiederverwendbare Teile in der Raumfahrt verwendet werden können und so auch weniger Schrott in der Erdumlaufbahn landen wird. Ein weiterer sehr kritisch gesehener Punkt ist der CO₂- Ausstoß eines Raketen Starts dieser ist mit 300 Tonnen pro Start nämlich doppelt so hoch wie der CO₂- Ausstoß eines Langstreckenflugs von circa 10000km Flugdistanz. Da in einer Rakete meist nur vier Personen ins Weltall reisen und in einem Flugzeug rund 300 Personen reisen, könnte man für jeden Raketenstart 150 Fernflüge fliegen um auf denselben CO₂- Ausstoß zu gelangen. So sollte man durchaus in Betracht ziehen ob nicht andere Antriebsmöglichkeiten für Raketen sinnvoll wären oder man den Weltraumtourismus aufgrund des immer stärker werdenden Umweltfaktors lieber nicht zu einem Massenprodukt werden lässt. Ein weiterer stark

negativer Aspekt ist die durch Raketenflüge angegriffene Ozonschicht, die durch die Emissionen verändert wird. Aluminium und Chlor reflektieren zum Beispiel das Sonnenlicht und sorgen zwar für eine Abkühlung der Erde, dies ist aber gleichbedeutend mit einer Erhitzung der Stratosphäre, die dann denselben negativen Effekt auf die Ozonschicht hat wie eine Erwärmung der Erde. Auch der von Bezos und Blue Origin genutzte Wasserstoff und Sauerstoff Antrieb konnte das Problem nicht lösen, da auch das entstehende H₂O die Ozonschicht angreift. Außerdem entstehen bei der Herstellung von Wasserstoff und der Fertigung von Raketen ebenfalls Emissionen, daher stellt die Umstellung auf Wasserstoff kaum eine Lösung des Problems dar. Dies gilt auch für die Verwendung von elektrischen Antrieben, hierbei sind dann eher die Batterien das umweltliche Problem. Insgesamt lässt sich also sagen, dass die kommerzielle Raumfahrt für die Umwelt und den Klimawandel eine riesige Katastrophe darstellt und somit als Fluch betitelt werden kann.^{34 35 36 37}

³⁴ <https://www.nationalgeographic.de/reise-und-abenteuer/2021/08/der-hohe-preis-des-weltraumtourismus>

³⁵ <https://csp.aerospace.org/papers/policy-and-science-rocket-emissions>

³⁶ <https://www.ardalpha.de/wissen/weltraum-tourismus-raketen-umwelt-co2-bilanz-100.html>

³⁷ https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/02/20190618_mit-europaeischen-recycling-raketen.html

Literaturverzeichnis

bmwi new space geschaeftsmodelle an der schnittstelle von raumfahrt und digitaler wirtschaft.pdf. (kein Datum). Von

https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/bmwi-new-space-geschaeftsmodelle-an-der-schnittstelle-von-raumfahrt-und-digitaler-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=9 abgerufen

Der hohe Preis des Weltraumtourismus. (02. September 2021). Von

NATIONALGEOGRAPHIC:

<https://www.nationalgeographic.de/reise-und-abenteuer/2021/08/der-hohe-preis-des-weltraumtourismus> abgerufen

Future, C. S. (14. Februar 2022). *Die Zukunft der Raumfahrt ist da: SpaceX Starship - Start nächsten Monat möglich!* Von YouTube:

<https://www.youtube.com/watch?v=BsB-FFNIZro> abgerufen

Inspiration4. (04. März 2022). Von Wikipedia:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Inspiration4> abgerufen

Knupfer, G. (10. August 2020). *SpaceX, Boeing und Virgin Galactic: Wo die private Raumfahrt steht.* Von Handelszeitung:

<https://www.handelszeitung.ch/panorama/spacex-boeing-und-virgin-galactic-wo-die-private-raumfahrt-steht> abgerufen

Kommerzialisierung. (kein Datum). Von Wikipedia:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kommerzialisierung> abgerufen

Konitzer, F. (25. Oktober 2021). *Himmlicher Störfaktor oder digitale*

Chance? Von ardalpha: <https://www.ardalpha.de/wissen/starlink-spacex-satellit-satelliteninternet-100.html> abgerufen

Krag, H., & Seynsche, M. (04. September 2019). *Kollisionsgefahr im*

OrbitESA-Satellit musste kurzfristig seine Bahn räumen. Von Deutschlandfunk: <https://www.deutschlandfunk.de/kollisionsgefahr-im-orbit-esa-satellit-musste-kurzfristig-100.html> abgerufen

Kurzgesagt, D. E. (11. März 2020). *Unermesslicher Reichtum - Bergbau im*

All. Von YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=Gih8R-f_KMo abgerufen

Les Brown. (04. März 2022). Von Google:

<https://www.google.com/search?client=opera-gx&q=les+Brown&sourceid=opera&ie=UTF-8&oe=UTF-8> abgerufen

- Lindner, R. (16. 09 2021). *SpaceX lässt Touristen abheben*. Von Frankfurter Allgemeine: <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/spacex-in-usa-erstmals-vier-laien-alleine-ins-weltall-gestartet-17539260.html#:~:text=SpaceX%20hat%20einen%20weiteren%20Meilens tein%20erreicht.&text=Für%20SpaceX%20ist%20es%20die,in%20den%20Orbit%20hinein%20führt. abgerufen>
- Lorenzen, D. H. (2021). *Der neue Wettlauf ins All: Die Zukunft der Raumfahrt*. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Mit europäischen Recycling-Raketen zu mehr Nachhaltigkeit in der Raumfahrt*. (18. Juni 2019). Von Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt: https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2019/02/20190618_mit-europaeischen-recycling-raketen.html abgerufen
- NewSpace - die neue Kommerzialisierung in der Raumfahrt*. (2022). Von BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Technologie/new-space-kommerzialisierung-in-der-raumfahrt.html abgerufen>
- NewSpace - Geschäftsmodelle an der Schnittstelle von Raumfahrt und digitaler Wirtschaft*. (2022). Von BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND KLIMASCHUTZ: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/bmwi-new-space-geschaeftsmodelle-an-der-schnittstelle-von-raumfahrt-und-digitaler-wirtschaft.html abgerufen>
- Päch, S. (30. November 2016). *Kommerzialisierung des Weltraums*. Von Telepolis von heise online: <https://www.heise.de/tp/features/Kommerzialisierung-des-Weltraums-3521222.html?seite=all abgerufen>
- Schoenebeck, G. v. (22. Juli 2019). *Kommerzialisierung im All – die private Raumfahrt holt auf*. Von Ingenieur.de: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/raumfahrt/kommerzialisierung-im-all-die-private-raumfahrt-holt-auf/ abgerufen>
- Science meets Fiction: Frühe Visionäre der Raumfahrt*. (kein Datum). Von wissen.de: <https://www.wissen.de/science-meets-fiction-fruehe-visionaere-der-raumfahrt abgerufen>

- Seidler, C. (11. April 2016). *Bergbau im Weltraum*. Von Spiegel
Wissenschaft:
<https://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/asteroiden-warum-firmen-bergbau-im-all-starten-wollen-a-1086040.html> abgerufen
- SpaceX gelingt erster Tourismus-Flug ins Weltall*. (16. September 2021).
Von Der Tagesspiegel:
<https://www.tagesspiegel.de/wissen/autopilot-steuert-laien-astronauten-durch-den-orbit-spacex-gelingt-erster-tourismus-flug-ins-weltall/27617446.html> abgerufen
- Sputnik - mehr als bloß ein Satellit*. (26. September 2017). Von The
European Space Agency:
https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Sputnik_-_mehr_als_bloss_ein_Satellit abgerufen
- Starlink – Satelliten Internet kommt und verändert die Welt*. (09. Februar
2022). Von RockYourGoal:
http://rockyourgoal.de/starlink/#Kritik_am_Starlink_Projekt
abgerufen
- Starlink Satellites*. (2022). Von <https://www.starlink.com/satellites> abgerufen
- Start frei für die Kommerzialisierung Außenplattform Bartolomeo erweitert die ISS-Nutzung*. (04. März 2020). Von Deutsches Zentrum für Luft-
und Raumfahrt:
https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/01/20200304_aussenplattform-bartolomeo-erweitert-die-iss-nutzung.html abgerufen
- The best quotes about the moon*. (18. August 2020). Von SurferToday:
<https://www.surfertoday.com/environment/the-best-quotes-about-the-moon> abgerufen
- The Policy and Science of Rocket Emissions*. (31. März 2018). Von
Aerospace: <https://csps.aerospace.org/papers/policy-and-science-rocket-emissions> abgerufen
- VideoSpaceNews. (10. März 2021). *Was ist das Problem mit Asteroidenbergbau? - Rohstoffe aus dem All | VSN Special*. Von
YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=w4DgRYF8sOk>
abgerufen
- Virgin Galactic verschiebt kommerzielle Weltraumflüge und erhöht die Preise*. (09. August 2021). Von heise online:

<https://www.heise.de/news/Virgin-Galactic-verschiebt-kommerzielle-Weltraumfluege-und-erhoeht-die-Preise-6158280.html> abgerufen

Was ist Kommerzialisierung einfach erklärt? (04. März 2022). Von Google:
https://www.google.com/search?client=opera-gx&hs=l2F&sxsrf=APq-WBs4HI8dT3hpCt5VYGxPKFylZJdg:1644748335347&q=Was+ist+Kommerzialisierung+einfach+erklärt%3F&sa=X&ved=2ahUKEwilpZeCvfz1AhUoS_EDHRHrAioQzmd6BAgYEAU&biw=1879&bih=939&dpr=1 abgerufen

WELTRAUMTOURISMUS Den höchsten Preis bezahlt die Umwelt. (22. 10 2021). Von ardalphabet: <https://www.ardalpha.de/wissen/weltraum-tourismus-raketen-umwelt-co2-bilanz-100.html> abgerufen

Westram, H. (20. 01 2022). *Keine Ufos: Lichterkette neuer Starlink-Satelliten ist zu sehen.* Von Br24:
<https://www.br.de/nachrichten/wissen/keine-ufos-lichterkette-neuer-starlink-satelliten-ist-zu-sehen,Sv3RJ6k> abgerufen

Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit

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

Bramsche, den _____

Unterschrift der Schülerin / des Schülers

Einverständniserklärung zur Veröffentlichung

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

Bramsche, den _____

Unterschrift der Schülerin / des Schülers